

ВЕСТНИК
САРАТОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА
2010

№ 2 (45)

Научно-технический журнал

Издается с 2003 г.

Выходит один раз в квартал

Май 2010 г.

Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых журналов и научных изданий, утвержденный президиумом ВАК Министерства образования и науки РФ, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Главный редактор

д.и.н., профессор И.Р. Плеве

Зам. главного редактора

д.т.н., профессор А.А. Сытник

Ответственный секретарь

д.т.н., профессор А.А. Игнатъев

Редакционный совет: д.э.н. В.Р. Атоян, д.т.н. В.И. Волчихин, д.т.н. В.А. Голенков, д.и.н. В.А. Динес, д.х.н. В. Зеленский (Польша), д.т.н. В.А. Игнатъев, д.т.н. В.В. Калашников, д.т.н. И.А. Новаков, д.и.н. И.Р. Плеве (председатель), д.т.н. А.Ф. Резчиков, д.социол.н. С.Б. Суровов, д.т.н. А.А. Сытник (заместитель председателя), д.ф.-м.н. Ян Авреичевич (Польша), д.э.н. Улли Арнольд (Германия), д.ф.-м.н. Энтони Мерсер (Великобритания), д.э.н. Э.де Соуза Феррейра (Португалия), д.т.н. Т. Чермак (Чехия), д.э.н. Ю.В. Шленов.

Редакционная коллегия: д.т.н. К.П. Андрейченко, д.т.н. Ю.С. Архангельский, д.ф.н. А.С. Борщов, д.т.н. А.С. Денисов, д.т.н. Ю.Г. Иващенко, д.т.н. Ю.Н. Климошкин, д.т.н. В.А. Коломейцев, д.т.н. А.В. Королев, д.т.н. В.А. Крысько, д.и.н. Г.В. Лобачева, д.т.н. В.И. Лысак, д.т.н. В.Н. Лясников, д.т.н. А.И. Финаенов, д.т.н. М.А. Щербаков.

Редактор О.А. Панина

Компьютерная верстка Ю.Л. Жупиловой

Перевод на английский язык А.М. Руста

Адрес редакции:

Саратов, 410054, ул. Политехническая, 77

Телефон: (845 2) 99-86-38

E-mail: vestnik @ sstu. ru

<http://dni.sstu.ru/vestnik.nsf>

Факс: (845 2) 52-53-02

Подписано в печать 05.05.10

Формат 60×84 1/8 Бум. офсет.

Усл. печ. л. 42,0 Уч.-изд. л. 41,5

Тираж 500 экз. Заказ 170

Отпечатано в Издательстве СГТУ,
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

Полная электронная версия журнала размещена в системе РИНЦ
в открытом доступе на платформе eLIBRARY.RU

Подписной индекс 18378

(каталог «Газеты. Журналы» на 2-е полугодие 2010 г.)

ISSN 1999-8341

© Саратовский государственный
технический университет, 2010

**VESTNIK
SARATOV
STATE
TECHNICAL
UNIVERSITY
2010**

№ 2 (45)

Scientific Journal

Since 2003
Once in a quarter
May 2010

This journal is included into the list of leading reviewed journals and scientific publications approved by the presidium of Ministry of Education and Sciences of Russian Federation where major scientific thesis's results for academic degree competition for a doctor and a candidate of sciences

Editor-in-chief	Doctor of Historical Sciences, Pr. I.R. Pleve
Editor-in-chief assistant	Doctor of Technical Sciences, Pr. A.A. Sytnik
Executive secretary	Doctor of Technical Sciences, Pr. A.A. Ignatyev

Drafting committee: Pr. V.R. Atoyan, Pr. V.I. Volchihin, Pr. V.A. Golenkov, Pr. V.A. Dines, Pr. V. Zelensky (Poland), Pr. V.A. Ignatyev, Pr. V.V. Kalashnikov, Pr. I.A. Novakov, Pr. I.R. Pleve (Chairman), Pr. A.F. Rezhnikov, Pr. A.A. Sytnik (Vice of the Chairman), Pr. S.B. Surovov, Pr. Yan Avreytsevich (Poland), Pr. Ulli Arnold (Germany), Pr. Anthony Merser (UK), Pr. E. D'Sousa Ferreira (Portugal), Pr. T. Chermak (Chezh Republic), Pr. Y.V. Shlenov.

Editorial board: Pr. K.P. Andreychenko, Pr. Y.S. Arkhangelsky, Pr. A.S. Borshov, Pr. A.S. Denisov, Pr. Y.G. Ivashenko, Pr. Y.N. Klimochkin, Pr. V.A. Kolomeitsev, Pr. A.V. Korolyov, Pr. V.A. Krysko, Pr. G.V. Lobatcheva, Pr. V.I. Lysak, Pr. V.N. Lyasnikov, Pr. A.I. Finaenov, Pr. M.A. Sherbakov.

Editor O.A. Panina
Computer-based page-proof J.L. Zhupilova
Rendering A.M. Rust

Editorial office: 77, Politechnicheskaya Street
Saratov, 410054
Russia
Telephone: +8452/99-86-38
E-mail: vestnik @ sstu. ru
<http://dni.sstu.ru/vestnik.nsf>
Fax: +8452/52-53-02

Signed for publishing: 05.05.10
Format 60×84 1/8 Paper offset.
Apr. tp. l. 42,0 Acc.-pbl. l. 41,5
Edition 500 psc. Order 170
Printed in EPC of SSTU,
77, Politechnicheskaya St., Saratov, 410054, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Гавва С.П., Сальников А.Н. Аналитические модели в колебательной спектроскопии многоатомных молекул. Часть II	7
Гестрин С.Г., Сальникова Е.А. Математическое моделирование спиновых волн, локализованных на дислокации в ферродизэлектрике (макроскопический подход)	19
Кузнецова Е.Л. Аналитическое исследование задач типа Стефана в композиционных материалах с двумя нестационарно подвижными границами	24
Филатов В.Н., Абросимов А.А., Саенко И.С. Напряженно-деформированное состояние и устойчивость пологих оболочек постоянной и переменной толщины	32
Юдин Ф.Ф. Теоретический анализ рассеяния ультразвука высокой частоты в полупроводниках с примесью на выделениях вдоль дислокаций	38

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Бржозовский Б.М., Захаров О.В., Балаев А.Ф. Механизм образования погрешностей формы заготовок в партии при бесцентровом суперфинишировании	41
Виноградов А.Н., Лутохов М.А., Мешков В.В., Кузнецов Д.В. Способ и устройство для восстановления наплавкой поверхностей тел вращения	49
Годунов Н.Б., Рудик Ф.Я., Богатырев С.А., Магомедов Р.Я. Оснастка для восстановления сложнопрофильных шлицевых поверхностей накаткой	54
Горбунов Д.Е. К вопросу об эффективности использования аппаратов для пиролиза древесины с внутренним нагревом	58
Денисов А.С., Коркин А.А., Гафиятуллин А.А., Асоян А.Р. Оценка эффективности гидроаккумулятора для смазки турбокомпрессора	63
Куранов В.Г., Виноградов М.В., Куранов В.В. Совершенствование и результаты применения методики и аппаратуры для диагностирования трибосопряжений методом контактного сопротивления	69
Никитин А.А., Цимбалов Г.М. Математическая модель динамических нагрузок, действующих на внутреннюю поверхность кольца со стороны тел качения	75
Норченко П.А. Устройство для резания с опережающим пластическим деформированием встречно-направленного действия	80
Подвойский А.О., Боровских В.Е. Правило исчерпания предела выносливости объекта для случая аддитивно-мультипликативной модели нестационарного стохастического процесса	83
Усакин К.С., Игнатъев А.А. Моделирование динамического состояния шпиндельного узла прецизионного токарного модуля для выявления ситуаций, при которых необходима дополнительная балансировка для минимизации уровня вибрации	89

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Перинская И.В. Электротехнологический анализ применений аргонно-лучевой пассивирующей обработки металлов	98
Подвигалкин В.Я. Физические эффекты в процессах синтеза и формирования нанокompозитных сред	100

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Иващенко В.А., Колоколов М.В., Васильев Д.А. Прогнозирование электропотребления промышленных предприятий на основе статистических методов и искусственных нейронных сетей	110
Комлева О.А. Динамические характеристики электромагнитожидкостного управляющего элемента робототехники	116
Малышева Е.Н., Гольдштейн С.Л., Кузнецова Н.Л. Пакет полужормализованных моделей автоматизированного рабочего места врача-травматолога	121
Самойлова Е.М., Игнатъев А.А. Интеграция искусственного интеллекта в автоматизированные системы управления и проектирования технологических процессов	127
Усакин К.С., Виноградов М.В. Устройство автоматизированной балансировки шпинделя прецизионного токарного модуля в условиях эксплуатации	132

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Безруков А.И., Жилина М.А., Кац А.М. Использование математических методов для оценки качества классификации объектов стандартизации	138
Дрогайцев В.С., Ушаков В.А., Пименов М.Ю. Поддержка средствами интеллектуальных систем процессов диагностирования технических объектов	144

Мартынов В.В., Мартынов П.В. Способ оценки закона распределения выборочных данных.....	153
Сивяков Б.К., Слаповская Ю.П. Математическая модель кольцевого резонатора микроволнового гироскопа при возбуждении импульсным сигналом	162

ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Конюшков В.Г., Балакин А.Н. Перспективный метод соединения неметаллических материалов электронной техники	171
Корнев Р.А., Ушаков Н.М. Электроакустический многоэлементный преобразователь бегущей волны как аналог фазированной антенной решетки	175
Львов П.А. Применение многополюсных рефлектометров специального вида для решения ряда прикладных задач	181
Мазеев Е.В., Фурсаев М.А. Определение параметров пассивных элементов СВЧ-транзисторного генератора с перестройкой частоты.....	193

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Спирин А.В., Малая Э.М. Снижение надежности систем централизованного теплоснабжения при несоблюдении температурного графика	199
--	-----

ЭКОЛОГИЯ

Яковлев Б.Н., Белов А.В. Организационные и технические мероприятия по уменьшению загрязнения воздушной среды канализационными очистными сооружениями предприятий химической промышленности.....	204
--	-----

ЭКОНОМИКА

Биккеньев Р.Ф. Системный подход к формированию модели транспортной системы	207
Бурматова В.В. Анализ эффективности маркетинговой деятельности производственного предприятия в условиях кризиса	212
Вернигор М.И., Волков М.А., Богданова В.А., Ильченко А.А., Чугунов И.С., Шерстнев А.В. Система экологического менеджмента ОАО «Саратовский НПЗ» и эффективность ее функционирования.....	215
Гордашникова О.Ю. Развитие маркетингового потенциала системы менеджмента качества	219
Гусев С.А., Красникова Д.А., Лозовая В.В. Логистические подходы к организации производства.....	226
Захарченко Е.С. Экологические аспекты функционирования кластеров в Саратовской области	231
Крайнюков А.Н. Получение многокритериальной рейтинговой оценки результатов работы преподавателя как основы формирования новой системы оплаты его труда.....	235
Лопухин В.Ю. Анализ факторов, влияющих на систему человеческих ресурсов в ходе развития экономической системы России как инновационного общества	238
Милехина Л.А. Совершенствование бизнес-процессов промышленного предприятия	245
Орлова Н.В. Инструменты формирования инновационного производства России.....	251
Петрунина Е.А. Малые инновационные предприятия. Границы невозможного	254
Ружейников А.Н. Изменение условий частного финансирования инноваций под воздействием экономического кризиса в Российской Федерации	261
Шевченко С.В. Лизинг персонала в комплексном обслуживании инвестиционного проекта	265
Янченко Е.В. Экономика знаний и особенности социально-трудовых отношений.....	272

СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ

Борщов Н.А. Информационное насилие в современном обществе	281
Бочарова О.В. Роль социального института транспорта в социальном пространстве города	289
Гатина М.Р. Религия и возникновение науки в Англии XVII в.	293
Кац Ю.В. Стереотипизированная модель старения: гендерный аспект	300
Лысыков М.В. Стратегия формирования культуры управленческого персонала промышленной организации. Социологический анализ.....	308
Суркова И.Ю., Щеглова Е.С. «Дар войны» или испытание человеческого духа: социальное конструирование военного синдрома	312
Шнейдер Е.Н., Филатова Е.Ю., Фаина Г.В. Образ жизни современной российской семьи	319

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Филиппова В.А. Народная, элитарная и массовая культуры: сущность, характер, соотношения и влияние на развитие театра танца.....	328
--	-----

CONTENTS
PROBLEMS OF NATURAL SCIENCES

Gavva S.P., Salnikov A.N. Analytical models in vibration spectroscopy analyses of polyatomic molecules. Part II.....	7
Gestrin S.G., Salnikova E.A. Mathematical modelling of the spin waves localized on the dislocation in ferro-dielectric (the macroscopical approach).....	20
Kuznetsova Ye.L. Stephan type problems' analytical research in composite materials with two non-stationary movable borders.....	25
Filatov V.N., Abrosimov A.A., Sayenko I.S. Stress-strain state and stability shallow shells constant and variable thickness.....	32
Yudin F.F. Theoretical analysis of ultrasound dispersion of high frequency in semiconductors with an impurity on lattice defects along dislocations.....	38

MACHINE-BUILDING

Brzhozovsky B.M., Zakharov O.V., Balaev A.F. Mechanism of inaccuracy formation of details' form in parties at centerless superfinishing.....	41
Vinogradov A.N., Lutakhov M.A., Meshkov V.V., Kuznetsov D.V. Ways and devices for weld deposit restoration of rotation bodies surfaces.....	50
Godunov N.B., Rudik F.Ya., Bogatyryov S.A., Magomedov R.Ya. Equipment for non-uniform splined surfaces restoration by knurling.....	54
Gorbunov D.Ye. Internal heating wood pyrolysis devices usage efficiency.....	59
Denisov A.S., Korkin A.A., Gafiyatullin A.A., Asoyan A.R. Hydroaccumulator efficiency estimation for greasing turbo-compressor.....	63
Kuranov V.G., Vinogradov M.V., Kuranov V.V. Technique and equipment perfection for oxidising deterioration research by contact resistance method.....	69
Nikitin A.A., Tshymbalov G.M. Dynamic loadings mathematical model operating on the internal surface of the ring from outside of sliding bodies.....	75
Norchenko P.A. Cutting device with advancing plastic deformation of the opposite-directed operation.....	80
Podvoyskiy A.O., Borovskikh V.E. Object endurance limit exhaustion rule for the case of additive-multiplicate model of non-stationary stochastic process.....	84
Usakin K.S., Ignatyev A.A. Simulation of dynamic machining unit precision turning module for identification of situations in which additional balance is necessary for vibration minimization.....	89

NEW MATERIALS AND TECHNOLOGIES

Perinskaya I.V. Electrotechnological analysis of the argon-beam processing of metals passivating.....	98
Podvigalkin V.Ya. Physical effects in processes of synthesis and forming of a nanocomposite media.....	101

AUTOMATION AND MANAGEMENT

Ivaschenko V.A., Kolokolov M.V., Vasilyev D.A. Industrial enterprises power consumption forecasting on the basis of statistical methods and artificial neural networks.....	110
Komleva O.A. Dynamic characteristic of electromagnetic liquid managing element of robotechnics.....	116
Malysheva Ye.N., Goldshteyn S.L., Kuznetsova N.L. Half formalized models package of doctor-traumatologist's automated workplace.....	121
Samoylova Ye.M., Ignatyev A.A. Artificial intellect integration into automated control systems and designing of technological processes.....	127
Usakin K.S., Vinogradov M.V. Spindle automatically balancing device of precision turning module within production conditions.....	133

INFORMATION TECHNOLOGIES

Bezrukov A.I., Zhilina M.A., Kats A.M. Mathematical methods use for a quality rating of classification objects standardization.....	138
--	-----

Drogaytsev V.S., Ushakov V.A., Pimenov M.Yu. Technical objects diagnostics processes support by means of intellectual systems	145
Martynov V.V., Martynov P.V. Sample data distribution assessment method	153
Sivakov B.K., Slapovskaya Yu.P. Mathematical model of the ring resonator of the microwave gyroscope with excistence by pulsed signal	163

ELECTRONICS, RADIOENGINEERING AND INSTRUMENT MARKING

Konyushkov V.G., Balakin A.N. Perspective method of binding nonmetallic materials of electronic technics	171
Kornev R.A., Ushakov N.M. The electricacoustic multielement traveling-wave converter as phased array analog	176
Lvov P.A. Special construction MR usage in some practical applications	182
Mazeyev E.V., Fursayev M.A. Transistor generator microwave passive elements parameters calculation with frequency reorganization	193

POWER ENGINEERING AND ELECTRICAL ENGINEERING

Spirin A.V., Malaya E.M. Centralized heat-supply system reliability reduction at non-observance of temperature graph.....	199
--	-----

ECOLOGY

Yakovlev B.N., Belov A.V. Air pollution reduction by chemical industry enterprises' sewer treatment facilities.....	204
--	-----

ECONOMICS

Bikkenyayev R.F. Transport system models shaping system approach	207
Burmatova V.V. A manufacturing company's marketing efficiency analysis within crisis conditions.....	212
Vernigor M.I., Volkov M.A., Bogdanova V.A., Ilchenko A.A., Chugunov I.S., Sherstnev A.V. Environmental management system of JSC «Saratov Refinery» and its operation efficiency	215
Gordashnikova O.Yu. Marketing potential development of the quality management system	219
Gusev S.A., Krasnikova D.A., Lozovaya V.V. Logistics in production organization	226
Zakharchenko E.S. Environmental aspects of clusters functioning in the Saratov region	231
Kraynyukov A.N. Multi criteria estimation of higher educational employees labour results as basic of new system of payment.....	235
Lopuhin V.Yu. Analysis of factors influencing human resources system in Russia's economic system process as of an innovational society	239
Milekhina L.A. Business processes elaboration	246
Orlova N.V. Russia's innovative production formation instruments	252
Petrulina E.A. Small innovational enterprises. Limits of impossible	255
Ruzheinikov A.N. Innovations' private financing conditions changes within the economic crisis in Russia.....	261
Shevchenko S.V. Personnel leasing for of an investment project complex service	265
Yanchenko E.V. Economics of knowledge and social and labor relations features	272

SOCIAL PROBLEMS OF THE PRESENT

Borshchov N.A. Information violence in a modern society.....	281
Bocharova O.V. Social transport institute role within a city social space	289
Gatina M.R. Religion and modern science origin in 17 th century England	294
Kats Yu.V. The stereotyped model of aging: gender aspect	301
Lysikov M.V. Administrative personnel culture formation strategy of an industrial organization.....	308
Surkova I.Yu., Scheglova Ye.S. «The war gift» or the test of human spirit: social construction of the war syndrome	313
Schneyder Ye.N., Filatova Ye.Yu., Fadina G.V. The way of the modern russian family	319

HUMANITIES

Filippova V.A. National, elite and mass culture: essence, character, parities and influences on the dance theatre development	328
--	-----

ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

УДК 539.194:519.86

С.П. Гавва, А.Н. Сальников

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ МНОГОАТОМНЫХ МОЛЕКУЛ

Часть II

Предложен аналитический операторный метод исследования возбужденных колебательно-вращательных состояний молекул. Метод основывается на теории возмущений линейных операторов. Он применяется для построения трансформирующей операторной функции при моделировании возбужденных колебательно-вращательных состояний молекул, описываемых возмущенными волновыми функциями и значениями возмущенных уровней энергии.

Колебательно-вращательный гамильтониан, волновые функции, уровни энергии, аналитические возмущения, трансформирующая функция, линейные операторы.

S.P. Gavva, A.N. Salnikov

ANALYTICAL MODELS IN VIBRATION SPECTROSCOPE ANALYSES OF POLYATOMIC MOLECULES

Part II

The authors present an analytical operator method for studying the excited vibrational-rotational states of molecules. The method is based on the linear operators perturbation theory. It is applied to the construction of transforming operator function on modeling the excited vibrational-rotational states of the molecules described by the perturbed wave functions and the excited energy levels' values.

Vibrational-rotational Hamiltonian, wave functions, energy levels, analytical perturbations, transforming function, linear operators.

Введение. Теория возмущений линейных операторов, изложенная в монографии Т. Като [1], тесно связана с современной теоретической физикой. В настоящей работе на ней основывается решение фундаментальной задачи квантово-механической теории колебаний

молекул по исследованию и моделированию колебательно-вращательных взаимодействий и получению аналитических представлений возмущенных волновых функций и соответствующих значений колебательной энергии.

В квантовой механике ряды теории возмущений использовались, начиная с Рэлея и Шредингера. Они применили и развили метод теории возмущений по определению собственных значений для возмущенного гамильтониана при решении разных задач, возникающих в квантовой механике, содержащихся, например, в [2]. Однако с математической точки зрения эти исследования были весьма формальными и неполными: гамильтониан определялся в виде суммы невозмущенного \mathbf{H}_0 и небольшого возмущения $\mathbf{H} = \mathbf{H}_0 + \Delta\mathbf{H}$; не существовали утверждения о возможности разложения в степенные ряды собственных значений и собственных волновых функций, которые обычно записывались по вещественному параметру; не было утверждений, доказывающих их сходимость.

Теория возмущений линейных операторов [1], применяемая в настоящей работе, включает все основные достижения функционального анализа и является самостоятельной областью спектральной теории операторов, в которой получены новые и важные результаты со своим кругом прикладных задач. Один из ее разделов содержит теорию возмущений линейных операторов, действующих в конечномерном пространстве. В случае конечномерного пространства довольно хорошо подтверждаются основные характерные свойства и фундаментальные утверждения общей теории, в особенности теории возмущений изолированных собственных значений, а также применения вычислительных методов линейной алгебры. Главной решаемой задачей является доказательство существования преобразования подобия невозмущенного оператора T и аналитически возмущенного $T(\alpha)$, то есть существование такого обратимого голоморфного оператора $W(\alpha)$, что имеет место равенство $T(\alpha) = W^{-1}(\alpha)TW(\alpha)$. На основании этого фундаментального результата исследуется проблема, состоящая в том, каким образом изменения линейного оператора в случае, когда он аналитически зависит от достаточно малого комплексного параметра, влияют на собственные значения, собственные векторы и проекторы. Несмотря на то, что эта задача рассматривается для конечного варианта более общей теории возмущений операторов, действующих в бесконечномерном пространстве, она представляет интерес в силу нетривиальности теории, поскольку в ней используется метод, основанный на теоретико-функциональном исследовании резольвенты возмущенного оператора, представление собственного проектора через возмущенную резольвенту, процесса редукции для возмущенных собственных значений, а также разных способов и методов оценки сходимости рядов и более эффективного применения к вычислениям в специальных прикладных задачах теоретической функции.

Целью работы является применение основных теоретических утверждений и результатов аналитической теории возмущений линейных операторов для построения операторной голоморфной функции $W_v(\alpha)$ и обратной для нее $Z_v(\alpha)$, с помощью которых осуществляются преобразования подобия волновых функций невозмущенного колебательного гамильтониана $\{\Psi_k, k = 1, 2, \dots, 3N-6\}$ в искомые волновые функции колебательно-вращательного гамильтониана $\{\Psi_k(\alpha), k = 1, 2, \dots, 3N-6\}$ для получения определяющих выражений вкладов от возмущений в волновые функции и соответствующих значений энергии возбужденных колебательных состояний молекул.

Для решения этих задач предложен метод исследования возбужденных колебательных состояний молекул на основании аналитической теории возмущений линейных операторов, согласно которой преобразование подобия тотального проектора и построение трансформирующей функции позволяют получить аналитические представления собственных векторов, а в процессе редукции – и собственных значений возмущенного оператора. Теоретические утверждения и формулы вкладов аналитических возмущений применяются для составления алгоритмов, математического моделирования и исследования колебательно-

вращательных взаимодействий, определения волновых функций и соответствующих значений энергии возбужденных колебательных состояний молекул.

Преобразования подобия собственных подпространств и собственных векторов.

В аналитической теории возмущений [1] исходят из того, что возмущенный оператор $T(\varkappa)$ представляется сходящимся степенным рядом

$$T(\varkappa) = T + \varkappa T^{(1)} + \varkappa^2 T^{(2)} + \varkappa^3 T^{(3)} + \dots, \quad (1)$$

где \varkappa – комплексный достаточно малый параметр. Невозмущенный оператор $T = T(0)$ имеет простые собственные значения $\{\lambda_i, i = 1, 2, \dots, m\}$ и соответствующие собственные векторы $\{\varphi_i, i = 1, 2, \dots, m\}$, которые образуют базис собственного подпространства $\mathbf{M} = \mathbf{M}(0)$ оператора T . Тотальный проектор P невозмущенного оператора T записывается через проекторы P_i ($i = 1, 2, \dots, m$), определенные для каждого собственного вектора согласно выражениям

$$P = \sum_{i=1}^m P_i, \quad P_i P_k = \delta_{ik} P_k, \quad (2)$$

из которых следуют утверждения, что собственные проекторы оператора T ортогональны и для них выполняются равенства

$$P^2 = P, \quad TP = PT = PTP = \sum_{i=1}^m \lambda_i P_i. \quad (3)$$

В [1] доказывається, что собственный тотальный проектор $P(\varkappa)$ возмущенного оператора $T(\varkappa)$ голоморфный по \varkappa и существует его разложение в степенной ряд

$$P(\varkappa) = \sum_{n=0}^{\infty} \varkappa^n P^{(n)}, \quad P^{(0)} = P(0) = P. \quad (4)$$

Коэффициенты $P^{(n)}$ определяются по формулам из [1] через элементы $T^{(1)}, T^{(2)}, T^{(3)}, \dots, T^{(n)}$ ряда (1) и приведенную резольвенту S оператора T . Требуется определить m собственных векторов $\{\varphi_i(\varkappa), i = 1, 2, \dots, m\}$, голоморфных по \varkappa и образующих базис в собственном подпространстве $\mathbf{M}(\varkappa)$ оператора $T(\varkappa)$.

Для построения такого возмущенного базиса доказывається существование операторной функции $U(\varkappa)$, называемой трансформирующей для $P(\varkappa)$, которая удовлетворяет условиям:

- 1) обратный оператор $U^{-1}(\varkappa)$ существует и голоморфен вместе с оператором $U(\varkappa)$;
- 2) выполняется равенство $U(\varkappa) P(0) U^{-1}(\varkappa) = P(\varkappa)$.

Последнее условие означает, что трансформирующая функция $U(\varkappa)$ взаимно однозначно отображает базис собственного подпространства $\mathbf{M}(0)$ невозмущенного оператора T на базис собственного подпространства $\mathbf{M}(\varkappa)$ возмущенного оператора $T(\varkappa)$. Если $\{\varphi_k(0), k = 1, 2, \dots, m\}$ – базис в $\mathbf{M}(0)$, то возмущенные векторы $\varphi_k(\varkappa)$ получаются в результате действия операторной функции $U(\varkappa)$ на невозмущенный базис

$$\varphi_k(\varkappa) = U(\varkappa) \varphi_k, \quad k = 1, 2, \dots, m. \quad (5)$$

Они являются определяемым базисом в собственном подпространстве $\mathbf{M}(\varkappa)$ возмущенного оператора $T(\varkappa)$ (1). При построении трансформирующей операторной функции $U(\varkappa)$ для заданного возмущенного проектора $P(\varkappa)$ сначала дифференцируют равенство

$$P^2(\varkappa) = P(\varkappa), \quad (6)$$

после этого получают уравнение

$$P(\varkappa) P'(\varkappa) + P'(\varkappa) P(\varkappa) = P'(\varkappa). \quad (7)$$

Если умножить (7) на $P(\varkappa)$ слева, а затем справа, то следует равенство

$$P(\varkappa) P'(\varkappa) P(\varkappa) = 0. \quad (8)$$

Далее вводится коммутатор $Q(\varkappa)$ для проектора $P(\varkappa)$ и его производной $P'(\varkappa)$ следующим образом:

$$Q(\mathfrak{x}) = [P'(\mathfrak{x}), P(\mathfrak{x})] = P'(\mathfrak{x}) P(\mathfrak{x}) - P(\mathfrak{x}) P'(\mathfrak{x}). \quad (9)$$

Отметим, что $P'(\mathfrak{x})$ и коммутатор $Q(\mathfrak{x})$ голоморфны. Это утверждение следует из голоморфности тотального возмущенного проектора $P(\mathfrak{x})$. Из (6), (8) и (9) в результате преобразований доказываются формулы

$$\begin{aligned} P(\mathfrak{x}) Q(\mathfrak{x}) &= -P(\mathfrak{x}) P'(\mathfrak{x}), \\ Q(\mathfrak{x}) P(\mathfrak{x}) &= P'(\mathfrak{x}) P(\mathfrak{x}). \end{aligned} \quad (10)$$

Следовательно, уравнение (7) переписывается в следующем виде:

$$P'(\mathfrak{x}) = [Q(\mathfrak{x}), P(\mathfrak{x})]. \quad (11)$$

Если рассмотреть линейное дифференциальное уравнение относительно неизвестной операторной функции $X(\mathfrak{x})$

$$X'(\mathfrak{x}) = Q(\mathfrak{x}) X(\mathfrak{x}), \quad (12)$$

то доказываются, что такое уравнение (12) имеет единственное голоморфное решение с заданным начальным условием $X(0)$. Пусть $U(\mathfrak{x})$ – решение уравнения (12) с начальным условием $U(0) = 1$, тогда общим его решением (12) является операторная функция

$$X(\mathfrak{x}) = U(\mathfrak{x}) X(0). \quad (13)$$

Функция (13) удовлетворяет операторному уравнению (12) и заданному начальному условию. На основании теоремы из [1] о единственности решения линейного дифференциального уравнения (12) получается, что возмущенный оператор $X(\mathfrak{x})$ (13) является искомым его решением.

Рассмотрим дифференциальное уравнение, аналогичное (12) относительно неизвестной операторной функции $Y(\mathfrak{x})$:

$$Y'(\mathfrak{x}) = -Y(\mathfrak{x}) Q(\mathfrak{x}). \quad (14)$$

Такое уравнение также имеет единственное решение $Y(\mathfrak{x})$ с заданным начальным условием $Y(0)$. Пусть решением уравнения (14) будет функция $V(\mathfrak{x})$, и начальное условие для нее $V(0) = 1$. Общее решение уравнения (14) записывается в виде

$$Y(\mathfrak{x}) = -V(\mathfrak{x}) Y(0), \quad (15)$$

и по теореме о единственности решения уравнения (14) операторная функция $Y(\mathfrak{x})$ (15) является искомым решением.

Необходимо показать, что операторы $U(\mathfrak{x})$ и $V(\mathfrak{x})$ взаимно обратные. Для этого найдем производную от их произведения и выполним преобразования, используя дифференциальные уравнения (12) и (14), и получим

$$(VU)' = V'U + VU' = -VQU + VQU = 0. \quad (16)$$

Из результата (16) следует, что произведение (VU) не зависит от переменной \mathfrak{x} , а в силу выполнения для них начальных условий уравнение

$$V(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x}) = V(0) U(0) = 1 \quad (17)$$

доказывает, что $V(\mathfrak{x}) = U^{-1}(\mathfrak{x})$. Следовательно, оператор $V(\mathfrak{x})$ является обратным для $U(\mathfrak{x})$, и для них выполняются равенства:

$$U(\mathfrak{x}) V(\mathfrak{x}) = 1; \quad V(\mathfrak{x}) = U^{-1}(\mathfrak{x}). \quad (18)$$

В приведенном доказательстве используется конечномерность линейного пространства \mathbf{X} . Однако в [1] показано, что существует доказательство взаимной обратимости операторов $U(\mathfrak{x})$ и $V(\mathfrak{x})$ в общем бесконечномерном случае.

Для полученной операторной функции $U(\mathfrak{x})$ необходимо проверить выполнение условий (1) и (2), которым должна удовлетворять трансформирующая функция. Существование обратного и голоморфного оператора для $U(\mathfrak{x})$ следует из (18) $U^{-1}(\mathfrak{x}) = V(\mathfrak{x})$. Чтобы проверить условие (2), используем функцию, равную произведению $(P(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x}))$, для которого из (11) и (12) получают уравнение

$$\begin{aligned} (P(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x}))' &= P'(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x}) + P(\mathfrak{x}) U'(\mathfrak{x}) = \\ &= (P'(\mathfrak{x}) + P(\mathfrak{x}) Q(\mathfrak{x})) U(\mathfrak{x}) = Q(\mathfrak{x}) P(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x}), \end{aligned} \quad (19)$$

записанное в окончательном более компактном виде

$$(P(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x}))' = Q(\mathfrak{x}) (P(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x})). \quad (20)$$

Следовательно, операторная функция $(P(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x}))$ есть решение уравнения (12) с начальным значением для $P(0) = P$. Поэтому на основании (13) можно записать равенство

$$P(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x}) = U(\mathfrak{x}) P(0), \quad (21)$$

которое эквивалентно условию (2) для операторной функции.

Заметим, что трансформирующая функция $U(\mathfrak{x})$ определяется также в случае вещественного параметра \mathfrak{x} теории возмущений. В [1] утверждается, что для вещественного \mathfrak{x} не требуется, чтобы возмущенный проектор $P(\mathfrak{x})$ был голоморфной функцией. В этом случае достаточно требовать для $P(\mathfrak{x})$ непрерывной (или кусочно-непрерывной) дифференцируемости. Следовательно, функция $U(\mathfrak{x})$ будет иметь непрерывную (кусочно-непрерывную) производную и для нее будут выполняться условия (1) и (2), определяющие трансформирующую функцию, за исключением голоморфности $U(\mathfrak{x})$ и $U(\mathfrak{x})^{-1}$. Трансформирующая функция $U(\mathfrak{x})$ впервые была введена и построена Секефальви-Надем [3], но в иной форме.

Однако определение аналитических представлений трансформирующей функции $U(\mathfrak{x})$ и обратной для нее $U^{-1}(\mathfrak{x})$ является непростой задачей, как показывают примеры из [1, 3]. В данной работе был применен другой способ, предложенный Като [1]. Поскольку в теоретическом утверждении для построения операторной функции $U(\mathfrak{x})$ с условиями (1) и (2) по сути основным является изоморфизм собственных подпространств операторов T и $T(\mathfrak{x})$, осуществляемый функцией $U(\mathfrak{x})$, для этой цели достаточно определить операторозначную функцию $W(\mathfrak{x}) = U(\mathfrak{x}) P(0) = P(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x})$ вместо $U(\mathfrak{x})$. Преобразуем уравнение (20), подставив в него второе равенство из (10) и применив свойства проектора (20), получим

$$(P(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x}))' = P'(\mathfrak{x}) (P(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x})). \quad (22)$$

Дифференциальное уравнение (22) через введенную функцию $W(\mathfrak{x})$ переписется в следующем виде:

$$W'(\mathfrak{x}) = P'(\mathfrak{x}) W(\mathfrak{x}). \quad (23)$$

Операторная функция $W(\mathfrak{x})$ удовлетворяет дифференциальному уравнению (23) с начальным условием $W(0) = P(0) = P$ и записывается в виде сходящегося степенного ряда

$$W(\mathfrak{x}) = P + \sum_{n=1}^{\infty} \mathfrak{x}^{nW(n)}. \quad (24)$$

После подстановки производной тотального проектора $P'(\mathfrak{x})$, вычисленной при дифференцировании ряда в (4), и разложения (24) в уравнение (23) получают рекуррентные формулы относительно $W^{(n)}$

$$n W^{(n)} = n P^{(n)} P + (n-1) P^{(n-1)} W^{(1)} + \dots P^{(1)} W^{(n-1)}, \quad (n = 1, 2, 3, \dots), \quad (25)$$

из которых вместе с известными выражениями для $P^{(n)}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$), последовательно определяются коэффициенты ряда (24). Они получились равными операторным выражениям

$$\begin{aligned} W^{(1)} &= P^{(1)} P, \\ W^{(2)} &= P^{(2)} P + \frac{1}{2} (P^{(1)})^2 P, \\ W^{(3)} &= P^{(3)} P + \frac{2}{3} P^{(2)} P^{(1)} P + \frac{1}{3} P^{(1)} P^{(2)} P + \frac{1}{6} (P^{(1)})^3 P, \end{aligned} \quad (26)$$

в которых используются обозначения $(P^{(1)})^2 = P^{(1)} P^{(1)}$, $(P^{(1)})^3 = (P^{(1)})^2 (P^{(1)})$.

Операторная функция $Z(\mathfrak{x}) = P(0)U^{-1}(\mathfrak{x})$, обратная $W(\mathfrak{x})$, определяется в результате применения операции обращения к коэффициентам ряда (24) или при решении дифференциального уравнения

$$Z'(\mathfrak{x}) = Z(\mathfrak{x}) P'(\mathfrak{x}) \quad (27)$$

способом, аналогичным тому, каким решалось уравнение (23). Из этих утверждений получаются выражения для $Z^{(n)}$ ($n = 1, 2, 3, \dots$) следующего вида:

$$\begin{aligned} Z^{(1)} &= PP^{(1)}, \\ Z^{(2)} &= PP^{(2)} + \frac{1}{2}P(P^{(1)})^2, \\ Z^{(3)} &= PP^{(3)} + \frac{2}{3}PP^{(1)}P^{(2)} + \frac{1}{3}PP^{(2)}P^{(1)} + \frac{1}{6}P(P^{(1)})^3. \end{aligned} \quad (28)$$

Таким образом, для собственных векторов операторов T и $T(\mathfrak{x})$ существует взаимно однозначное преобразование

$$\varphi_i(\mathfrak{x}) = W(\mathfrak{x}) \varphi_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (29)$$

осуществляемое функцией $W(\mathfrak{x})$ (24) с членами, записанными в (26).

При определении возмущенных собственных значений оператора $T(\mathfrak{x})$ основываются на утверждении, что они совпадают с собственными значениями оператора $U^{-1}(\mathfrak{x})T(\mathfrak{x})U(\mathfrak{x})$, полученного в результате преобразования подобия $T(\mathfrak{x})$ с помощью трансформирующей функции $U(\mathfrak{x})$, затем, согласно процессу редукции, предложенному в [1], задача на собственные значения преобразованного оператора эквивалентна такой же задаче для оператора

$$PU^{-1}(\mathfrak{x}) T(\mathfrak{x}) U(\mathfrak{x})P = Z(\mathfrak{x}) T(\mathfrak{x}) W(\mathfrak{x}). \quad (30)$$

Поэтому простые собственные значения возмущенного оператора являются голоморфными и определяются через след оператора (30)

$$\lambda(\mathfrak{x}) = \text{tr } Z(\mathfrak{x}) T(\mathfrak{x}) W(\mathfrak{x}) \quad (31)$$

в базисе волновых функций невозмущенного оператора T . После подстановки в (31) выражений для коэффициентов разложений $W(\mathfrak{x})$, $Z(\mathfrak{x})$, $T(\mathfrak{x})$, приравнивая их при соответствующих степенях \mathfrak{x} , получают вклады возмущений в собственные значения, определяемые выражениями

$$\begin{aligned} \lambda^{(1)} &= \text{tr } T^{(1)}P, \\ \lambda^{(2)} &= \text{tr } [T^{(2)}P - T^{(1)}ST^{(1)}P], \\ \lambda^{(3)} &= \text{tr } [T^{(3)}P - T^{(1)}ST^{(2)}P - T^{(2)}ST^{(1)}P + T^{(1)}ST^{(1)}ST^{(1)}P - T^{(1)}S^{(2)}T^{(1)}PT^{(1)}P], \end{aligned} \quad (32)$$

в которых P – невозмущенный тотальный проектор, S – приведенная резольвента оператора T .

Алгоритмы определения аналитических возмущений волновых функций и уровней энергии. В современной квантовой теории возмущенные колебательные состояния молекул определяются колебательно-вращательными взаимодействиями и описываются соответствующим оператором Гамильтона. Этот гамильтониан является достаточно сложной функцией колебательных операторов и операторов момента импульса. Полный колебательно-вращательный гамильтониан рассматривался и получен в работах Вильсона [4, 5], а преобразованный Уотсоном [6], эквивалентно и упрощенно записывается следующим образом

$$\mathbf{H} = \frac{1}{2} \sum_{\alpha\beta} (\mathbf{J}_\alpha - \boldsymbol{\pi}_\alpha) \mu_{\alpha\beta} (\mathbf{J}_\beta - \boldsymbol{\pi}_\beta) + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{3N-6} \omega_k \mathbf{p}_k^2 + U - \frac{1}{8} \sum_{\alpha} \mu_{\alpha\alpha}. \quad (33)$$

В теории колебаний молекул гамильтониан (33) принято называть колебательно-вращательным гамильтонианом Вильсона – Говарда в форме Уотсона [6], в записи которого кроме колебательных операторов q_k , p_k используются безразмерные операторы \mathbf{J}_α , являющи-

еся координатами полного углового момента: $\mathbf{J}_\alpha = i \left(\frac{\partial}{\partial \beta} - \frac{\partial}{\partial \gamma} \right)$, $\alpha, \beta, \gamma = x, y, z$. Координаты оператора колебательного момента импульса π_α ($\alpha = x, y, z$) задаются выражением

$$\pi_\alpha = \sum_s \sum_{s'}^{3N-6} \zeta_{ss'}^\alpha \left(\frac{\omega_{s'}}{\omega_s} \right) q_s p_{s'}, \quad (34)$$

где $\zeta_{ss'}^\alpha$ – коэффициенты кориолисова взаимодействия. Величины $\mu_{\alpha\beta}$ ($\alpha, \beta, \gamma = x, y, z$) в (33) являются элементами тензора μ , обратного модифицированному тензору инерции $\mu = (I')^{-1}$, определяемому выражением

$$I' = I^0 - \sum_s \sum_{s'} \left(\sum_{s''} \zeta_{ss'} \zeta_{s's''} \right) q_s q_{s'},$$

где I^0 – равновесный момент инерции молекулы с элементами $I_{\alpha\alpha}, I_{\alpha\beta}, I_{\beta\gamma}$ ($\alpha, \beta, \gamma = x, y, z$).

Обратный для I' тензор μ имеет своими элементами величины

$$\begin{aligned} \mu_{\alpha\alpha} &= (I'_{\alpha\alpha} I'_{\gamma\gamma} - (I'_{\beta\alpha})^2) \det \mu, \\ \mu_{\alpha\beta} &= (I'_{\alpha\alpha} I'_{\alpha\beta} + I'_{\alpha\gamma} I'_{\alpha\beta}) \det \mu. \end{aligned} \quad (35)$$

Разложение в ряд по безразмерным нормальным координатам элементов $\mu_{\alpha\beta}$ имеет вид

$$\mu_{\alpha\beta} = 2B_e^{(\alpha)} \delta_{\alpha\beta} + 2(B_e^{(\alpha)} B_e^{(\beta)})^{\frac{1}{2}} \sum_s d_s^{\alpha\beta} q_s + 2(B_e^{(\alpha)} B_e^{(\beta)})^{\frac{1}{2}} \sum_s \sum_{s'} d_{ss'}^{\alpha\beta} q_s q_{s'} + \dots, \quad (36)$$

где величины

$$B_e^{(\alpha)} = \frac{h}{8\pi^2 c} I_{\alpha\alpha}, \quad (\alpha, \beta = x, y, z)$$

представляют собой постоянные вращения для равновесной структуры молекулы. Следующие безразмерные коэффициенты в (36) определяются выражениями

$$d_s^{\alpha\beta} = -a_s^{\alpha\beta} \left(\frac{hc}{\hbar^2} \right)^{\frac{1}{2}} (I_{\alpha\alpha} I_{\beta\beta} \omega_s)^{\frac{1}{2}}, \quad (37)$$

$$d_{ss'}^{\alpha\beta} = \frac{3}{4} \sum_{\xi} d_s^{\alpha\xi} d_{s'}^{\beta\xi}, \quad (\alpha, \beta = x, y, z). \quad (38)$$

Потенциальная энергия U из (33) также представляется в виде ряда по нормальным координатам, который записывается через безразмерные нормальные координаты и имеет вид

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2} \sum_s \sum_{s'} K_{ss'} q_s q_{s'} + \frac{1}{3!} \sum_s \sum_{s'} \sum_{s''} K_{ss's''} q_s q_{s'} q_{s''} + \\ &+ \frac{1}{4!} \sum_s \sum_{s'} \sum_{s''} \sum_{s'''} K_{ss's''s'''} q_s q_{s'} q_{s''} q_{s'''} + \dots \end{aligned} \quad (39)$$

В (39) коэффициентами в первой сумме являются силовые постоянные, а в других суммах они называются ангармоническими силовыми постоянными.

Выражения (34), (35)-(39), подставленные в (33), показывают сложность операторного выражения колебательно-вращательного гамильтониана. Полученный гамильтониан описывает все колебательно-вращательные состояния молекулы в невыраженном изолированном электронном состоянии, а решение с таким гамильтонианом операторного уравнения позво-

ляет получить полную информацию об уровнях энергии и свойствах молекулярных систем в заданном ровибронном состоянии.

В квантовой теории решение колебательного уравнения с гамильтонианом (33) начинается с классификации всех его членов, которые появляются после подстановки разложений тензора μ (36) и потенциальной энергии U (39), по порядку степеней параметра Борна – Оппенгеймера ε . Все операторы в этом эффективном колебательно-вращательном гамильтониане являются безразмерными величинами, поэтому задача сводится к оценке соответствующих коэффициентов, классификация которых основывается на борн-оппенгеймеровском приближении с параметром теории возмущений ε , поскольку он является характерным параметром малости в задачах молекулярной спектроскопии. Элементы разложения тензора μ в (37), (38) и потенциала U (39), которые имеют степень, большую единицы, уменьшаются пропорционально соответствующим степеням ε . Порядок членов эффективного колебательно-вращательного гамильтониана складывается из степеней колебательных операторов q_s, p_s ($s = 1, 2, \dots, 3N-6$) и степеней операторов координат момента импульса \mathbf{J}_α ($\alpha = x, y, z$), согласно выражению [6]

$$(q_s, p_s)^n (J_\alpha^m) \approx \varepsilon^{h+2m-2} v_k, \quad (40)$$

в котором v_k – частота нормальных колебаний молекул. Члены разложения гамильтониана, содержащие произведения операторов вида (40), обозначаются \mathbf{H}_{nm} , к которым для учета порядка возмущения добавляется верхний индекс $\mathbf{H}_{nm}^{(k)}$ ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$).

Существуют разные схемы группировки членов в разложении колебательно-вращательного гамильтониана. Все они отличаются условиями, которым должны удовлетворять порядки величин колебательных q_s, p_s и вращательных операторов \mathbf{J}_α , а также выполняются соответствующие для них коммутаторные соотношения. В настоящей работе применяется схема, предложенная Алиевым и Уотсоном [7], согласно которой колебательно-вращательный гамильтониан представляется в виде суммы следующих вкладов:

$$\begin{aligned} \mathbf{H}^{(0)} &= \mathbf{H}_0 = \mathbf{H}_{20}, \\ \mathbf{H}^{(1)} &= \mathbf{H}_{12}^{(1)} + \mathbf{H}_{21}^{(1)} + \mathbf{H}_{30}^{(1)} + \mathbf{H}_{02}, \\ \mathbf{H}^{(2)} &= \mathbf{H}_{22}^{(2)} + \mathbf{H}_{31}^{(2)} + \mathbf{H}_{40}^{(2)}, \\ \mathbf{H}^{(3)} &= \mathbf{H}_{32}^{(3)} + \mathbf{H}_{41}^{(3)} + \mathbf{H}_{50}^{(3)}, \\ \mathbf{H}^{(4)} &= \mathbf{H}_{42}^{(4)} + \mathbf{H}_{51}^{(4)} + \mathbf{H}_{60}^{(4)}, \end{aligned} \quad (41)$$

где первый \mathbf{H}_{20} является оператором Гамильтона для колебаний молекул в приближении гармонических осцилляторов и совпадает с \mathbf{H}_0 . Оператор \mathbf{H}_{02} есть гамильтониан вращательного движения молекулы в приближении жесткого ротатора. Он определяется выражением, записанным через безразмерные координаты углового момента, следующего вида:

$$\mathbf{H}_{02} = \sum_{\alpha} B_e^{(\alpha)} J_{\alpha}^2, \quad (\alpha = x, y, z), \quad (42)$$

в котором $B_e^{(\alpha)}$ – вращательная постоянная, совпадающая с величиной, определенной в (36). Вклад в возмущения первого порядка $\mathbf{H}^{(1)}$ равен сумме трех членов: $\mathbf{H}_{12}^{(1)}$ есть операторное выражение, связанное с зависимостью тензора μ от колебаний, следовательно определяющее центробежное искажение при нормальных колебаниях молекул; $\mathbf{H}_{21}^{(1)}$ – член, позволяющий оценить вклад за счет кориолисова взаимодействия, $\mathbf{H}_{30}^{(1)}$ – кубический вклад в ангармоническую потенциальную энергию.

Возмущения второго порядка $\mathbf{H}^{(2)}$ определяют члены, только два из которых представляют диагональные элементы: $\mathbf{H}_{22}^{(2)}$ – это операторное выражение, которое описывает

квадратичную зависимость тензора μ от колебаний; $\mathbf{H}_{40}^{(2)}$ – вклад четвертой степени в ангармонический потенциал. Кроме этого, при определении колебательно-вращательной энергии во втором порядке теории возмущений появляется дополнительный член $\mathbf{H}_{04}^{(2)}$ за счет деформации молекулы под действием центробежных сил. Подробный анализ вкладов в возмущенный колебательно-вращательный гамильтониан более высокого порядка содержится в [6, 7]. Явные выражения членов преобразованного колебательно-вращательного гамильтониана по схеме (41) имеют вид

$$\begin{aligned}
 \mathbf{H}_{12}^{(1)} &= \sum_k R_k q_k, \\
 \mathbf{H}_{21}^{(1)} &= \sum_{kl} R_k^l q_k p_l = \frac{1}{2} \sum_k \sum_l R_k^l (q_k p_l + p_l q_k), \\
 \mathbf{H}_{30}^{(1)} &= \frac{1}{6} \sum_k \sum_l \sum_m K'_{klm} q_k q_l q_m, \\
 \mathbf{H}_{22}^{(2)} &= \sum_k \sum_l R_{kl} q_k q_l, \\
 \mathbf{H}_{31}^{(2)} &= \sum_k \sum_l \sum_m R_{k,l}^m (q_k q_l p_m + p_m q_k q_l) = \frac{1}{2} \sum_k \sum_l \sum_m (R_{k,l}^m + R_{l,k}^m) (q_k q_l p_m + p_m q_k q_l), \\
 \mathbf{H}_{40}^{(2)} &= \frac{1}{12} \sum_k \sum_l \sum_m \sum_n K'_{klmn} q_k q_l q_m q_n + \sum_k \sum_l \sum_m \sum_n B_{k,l}^{mn} (q_k q_l p_m p_n + p_m p_n q_k q_l) = \\
 &= \frac{1}{12} \sum_k \sum_l \sum_m \sum_n K'_{klmn} q_k q_l q_m q_n + \frac{1}{2} \sum_k \sum_l \sum_m \sum_n (B_{k,l}^{mn} + B_{l,k}^{nm}) (q_k q_l p_m p_n + p_m p_n q_k q_l), \\
 \mathbf{H}_{32}^{(3)} &= \sum_k \sum_l \sum_m R_{kl,m} q_k q_l p_m = \frac{1}{3} \sum_k \sum_l \sum_m (R_{kl,m} + R_{lm,k}) q_k q_l p_m,
 \end{aligned} \tag{43}$$

в которых коэффициенты определяются соотношениями

$$\begin{aligned}
 B_{k,l}^{n,m} &= B_{l,k}^{nm} = -\left(\frac{\omega_m}{\omega_k}\right) B_{m,l}^{k,n} = -\left(\frac{\omega_n}{\omega_l}\right) B_{k,n}^{m,l} = \left(\frac{\omega_m \omega_n}{\omega_k \omega_l}\right)^{\frac{1}{2}} \sum_{\alpha} B_{\alpha} \xi_{km}^{\alpha} \xi_{ln}^{\alpha}, \\
 B_{k,l}^{k,n} &= B_{k,l}^{m,l} = 0 \quad \xi_{km}^{\alpha} = -\xi_{mk}^{\alpha}, \\
 K'_{kkk} &= 6K_{kkk}, \quad K'_{kkl} = 2K_{kkl} \quad (k \neq l), \\
 K'_{klm} &= K_{klm}, \quad (k \neq l \neq m).
 \end{aligned}$$

Определяющие выражения для операторов вращательного движения R_k , R_k^l , R_{kl} , R_{kl}^m и $R_{kl,m}$ соответственно равны:

$$\begin{aligned}
 R_0 &= \sum_{\alpha} B_e^{(\alpha)} J_{\alpha}^2 = \mathbf{H}_{02}, \\
 R_k &= \sum_{\alpha} \sum_{\beta} B_k^{\alpha,\beta} J_{\alpha} J_{\beta}, \\
 R_k^l &= -\left(\frac{\omega_l}{\omega_k}\right) R_l^k = -2\left(\frac{\omega_l}{\omega_k}\right)^{\frac{1}{2}} \sum_{\alpha} B_{\alpha} \zeta_{kl}^{\alpha} J_{\alpha}, \\
 R_{kl} &= R_{lk} = \frac{3}{8} \sum_{\alpha} \sum_{\beta} \sum_{\gamma} (B_k^{\gamma\alpha} B_l^{\gamma\beta} + B_k^{\alpha\beta} B_l^{\gamma\alpha}) B_{\gamma}^{-1} J_{\alpha} J_{\beta},
 \end{aligned}$$

$$R_{k,l}^m = -\left(\frac{\omega_l}{\omega_k}\right) R_{m,l}^k = -\left(\frac{\omega_l}{\omega_k}\right)^{\frac{1}{2}} \sum_{\alpha} \sum_{\beta} B_l^{\alpha\beta} \zeta_{km}^{\beta} J_{\alpha},$$

$$R_{kl,m} = R_{lk,m} = \frac{1}{4} \sum_{\alpha} \sum_{\beta} \sum_{\gamma} \sum_{\delta} (B_k^{\delta\alpha} B_l^{\delta\gamma} + B_l^{\delta\gamma} B_k^{\delta\alpha}) B_m^{\gamma\beta} B_{\delta}^{-1} B_{\gamma}^{-1} J_{\alpha} J_{\beta}. \quad (44)$$

Все индексы k, l, m – в формулах – колебательные; α, β, γ являются компонентами операторов углового момента.

Таким образом, преобразованный колебательно-вращательный гамильтониан представляется сходящимся степенным рядом

$$\mathcal{H} = \mathbf{H}^{(0)} + \varepsilon \mathbf{H}^{(1)} + \varepsilon^2 \mathbf{H}^{(2)} + \varepsilon^3 \mathbf{H}^{(3)} + \dots, \quad (45)$$

здесь ε – параметр малости теории возмущений ($\varepsilon = \mathfrak{a}$), вклады n -го порядка $\mathbf{H}^{(n)}$ определяются из схемы (41) и формул (43) и (44). Применим основные результаты метода преобразования соответственных подпространств и собственных векторов аналитической теории возмущений линейных операторов к эффективному колебательно-вращательному гамильтониану (45). Отметим, что впервые метод построения трансформирующей функции и использование процесса редукции для возмущенного преобразованного колебательно-вращательного гамильтониана $\mathcal{H}(\mathfrak{a})$ (45) были предложены и применялись в [8].

Следовательно, на основании соотношений (29) можно утверждать, что существуют взаимно однозначные преобразования между волновыми функциями $\{\Psi_k, k = 1, 2, \dots, 3N-6\}$ гамильтониана гармонических осцилляторов \mathbf{H}_{20} и волновыми функциями $\{\Psi_k(\mathfrak{a}), k = 1, 2, \dots, 3N-6\}$ эффективного колебательно-вращательного гамильтониана $\mathcal{H}(\mathfrak{a})$ (45). Они осуществляются через операторную функцию $W_v(\mathfrak{a})$, построенную теперь для $\mathcal{H}(\mathfrak{a})$, согласно соотношениям

$$\Psi_k(\mathfrak{a}) = W_v(\mathfrak{a}) \Psi_k, \quad k = 1, 2, \dots, 3N-6. \quad (46)$$

Выражения для вкладов в возмущенные волновые функции колебательно-вращательного гамильтониана определяются в [8] через коэффициенты ряда (24) следующим образом:

$$\Psi_k^{(1)} = W_v^{(1)} \Psi_k = -S \mathbf{H}^{(1)} P \Psi_k \quad (47)$$

$$\Psi_k^{(2)} = W_v^{(2)} \Psi_k = (-S \mathbf{H}^{(2)} P + S \mathbf{H}^{(1)} S \mathbf{H}^{(1)} P - S^2 \mathbf{H}^{(1)} P \mathbf{H}^{(1)} P - \frac{1}{2} P \mathbf{H}^{(1)} S^2 \mathbf{H}^{(1)} P) \Psi_k, \quad (48)$$

$$\begin{aligned} \Psi_k^{(3)} = W_v^{(3)} \Psi_k = & (-S \mathbf{H}^{(3)} P + S \mathbf{H}^{(1)} S \mathbf{H}^{(2)} P + S \mathbf{H}^{(2)} S \mathbf{H}^{(1)} P - S^2 \mathbf{H}^{(1)} P \mathbf{H}^{(2)} P - \\ & - S^2 \mathbf{H}^{(2)} P \mathbf{H}^{(1)} P + S^2 \mathbf{H}^{(1)} S \mathbf{H}^{(1)} P \mathbf{H}^{(1)} P + S^2 \mathbf{H}^{(1)} S \mathbf{H}^{(1)} P \mathbf{H}^{(1)} P - S^3 \mathbf{H}^{(1)} P \mathbf{H}^{(1)} P \mathbf{H}^{(1)} P + \\ & + \frac{1}{3} (P \mathbf{H}^{(1)} S \mathbf{H}^{(1)} S^2 \mathbf{H}^{(1)} P - P \mathbf{H}^{(2)} S^2 \mathbf{H}^{(1)} P - - P \mathbf{H}^{(1)} P \mathbf{H}^{(1)} S^3 \mathbf{H}^{(1)} P) + \end{aligned} \quad (49)$$

$$+ \frac{2}{3} (S \mathbf{H}^{(1)} P \mathbf{H}^{(1)} S^2 \mathbf{H}^{(1)} P + P \mathbf{H}^{(1)} S^2 \mathbf{H}^{(1)} S \mathbf{H}^{(1)} P - P \mathbf{H}^{(1)} S^2 \mathbf{H}^{(2)} P - P \mathbf{H}^{(1)} S^3 \mathbf{H}^{(1)} P \mathbf{H}^{(1)} P) \Psi_k.$$

На основании формулы (29), полученной с использованием трансформирующей функции и применения процесса редукции, выражение, определяющее энергию возмущенных колебательных состояний молекулярных систем, получается равным

$$E(\mathfrak{a}) = \text{tr } Z_v(\mathfrak{a}) \mathcal{H}(\mathfrak{a}) W_v(\mathfrak{a}). \quad (50)$$

Операторные функции $W_v(\mathfrak{a})$ и $Z_v(\mathfrak{a})$ определяются в (50) через члены эффективного гамильтониана (44), приведенную резольвенту S оператора \mathbf{H}_{20} и его тотальный проектор P . После подстановки в (50) аналитических представлений колебательно-вращательного га-

мильтониана $\mathcal{H}(\mathfrak{a})$ (44) с элементами, определенными по схеме (41), операторных функций $W_v(\mathfrak{a})$ и $Z_v(\mathfrak{a})$ с членами разложения, соответственно равными (26) и (28), и объединения членов возмущений при одинаковых степенях параметра \mathfrak{a} получаем аналитическое разложение энергии $E(\mathfrak{a})$ возбужденных колебательных состояний молекул. Энергия невозмущенных колебательных состояний в операторной форме через след запишется согласно формуле $E_0 = tr(P \mathbf{H}_{20} P)$.

Вклад в энергию колебательных состояний, соответствующий возмущению первого порядка, равен

$$E_1 = tr(P \mathbf{H}^{(1)} P + P \mathbf{H}_{20} W_v^{(1)} + Z_v^{(1)} \mathbf{H}_{20} P). \quad (51)$$

Возмущение энергии второго порядка определяется выражением

$$E_2 = tr(P \mathbf{H}^{(2)} P + Z_v^{(2)} \mathbf{H}_{20} P + P \mathbf{H}_{20} W_v^{(2)} + Z_v^{(1)} \mathbf{H}^{(1)} P + Z_v^{(1)} \mathbf{H}_{20} W_v^{(1)} + P \mathbf{H}^{(1)} W_v^{(1)}). \quad (52)$$

Для третьего порядка вклад в возмущение энергии, определяемый колебательно-вращательным взаимодействием, имеет вид

$$E_3 = tr(P \mathbf{H}^{(3)} P + Z_v^{(1)} \mathbf{H}^{(2)} P + Z_v^{(2)} \mathbf{H}^{(1)} P + Z_v^{(3)} \mathbf{H}_{20} P + Z_v^{(1)} \mathbf{H}^{(1)} W_v^{(1)} + P \mathbf{H}_{20} W_v^{(3)} + Z_v^{(2)} \mathbf{H}_{20} W_v^{(1)} + Z_v^{(1)} \mathbf{H}_{20} W_v^{(2)} + P \mathbf{H}^{(1)} W_v^{(2)} + P \mathbf{H}^{(2)} W_v^{(1)}). \quad (53)$$

Если расписать (51)-(53) в базисе волновых функций гармонических осцилляторов, учитывая определение следа от произведения $tr(AP)$ любого оператора A и его тотального проектора P через базис собственного подпространства $\{\varphi_i\}$ ($i = 1, 2, \dots, m$) в \mathbf{M} и сопряженного с ним $\{\varphi_i^*\}$ ($i = 1, 2, \dots, m$) в \mathbf{M}^* как разложение $tr(AP) = \sum_{i=1}^m (A\varphi_i, \varphi_i^*)$, то получим для

k -го нормального колебания молекулы, что вклады в энергию возмущенных колебательных состояний определяются выражениями [8]

$$E_k^{(1)} = (\mathbf{H}^{(1)} \Psi_k, \Psi_k^*), \quad (54)$$

$$E_k^{(2)} = (\mathbf{H}^{(2)} \Psi_k, \Psi_k^*) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{3N-6} (E_j - E_k)^{-1} (\mathbf{H}^{(1)} \Psi_k, \Psi_k^*) (\mathbf{H}^{(1)} \Psi_j, \Psi_j^*), \quad (55)$$

$$E_k^{(3)} = (\mathbf{H}^{(3)} \Psi_k, \Psi_k^*) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{3N-6} (E_j - E_k)^{-1} (\mathbf{H}^{(1)} \Psi_k, \Psi_k^*) (\mathbf{H}^{(2)} \Psi_j, \Psi_j^*) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{3N-6} (E_j - E_k)^{-1} (\mathbf{H}^{(2)} \Psi_k, \Psi_k^*) (\mathbf{H}^{(1)} \Psi_j, \Psi_j^*) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{3N-6} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^{3N-6} (E_j - E_k)^{-1} (E_i - E_k)^{-1} (\mathbf{H}^{(1)} \Psi_k, \Psi_k^*) \times (\mathbf{H}^{(1)} \Psi_i, \Psi_k^*) - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^{3N-6} (E_j - E_k)^{-2} (\mathbf{H}^{(1)} \Psi_k, \Psi_k^*) \times (\mathbf{H}^{(1)} \Psi_j, \Psi_k^*) (\mathbf{H}^{(1)} \Psi_k, \Psi_k^*), \quad (56)$$

где E_k – значение энергии k -го гармонического осциллятора; Ψ_k^* – комплексно-сопряженная волновая функция.

Сравнивая предложенный в работе метод исследования возбужденных колебательных состояний молекул, выполненный с использованием аналитической теории возмущений [1], с применяемым в [9] методом контактных преобразований, следует отметить, что в методе контактных преобразований поиск точного оператора $T = T_\infty \dots T_2 T_1$ заменяется процедурой последовательной диагонализации эффективного колебательно-вращательного гамильтониана, который предварительно преобразуется еще с помощью унитарных операторов $T_k = \exp(-i \mathfrak{a}^k S_k)$. Затем из условия диагонализации гамильтониана получают громоздкие

рекуррентные коммутаторные уравнения для определения S_k -функций. При этом по схеме метода контактных преобразований сначала необходимо решить уравнения и получить выражения для всех предыдущих S_k -функций операторов, а потом определить последующие. В результате последовательной диагонализации колебательно-вращательного и решения коммутаторных уравнений появляются дополнительные сторонние члены в выражениях для S_k -генераторов метода контактных преобразований. Метод КП операторной теории возмущений [9] применяется только для диагонализации колебательно-вращательного гамильтониана в квантовой теории колебаний молекул. Предложенный в работе метод позволяет определить выражения возмущенных вкладов для каждого порядка теории возмущений без предварительных расчетов меньших порядков для возмущенных волновых функций и собственных значений колебательно-вращательного гамильтониана до n -го порядка теории возмущений. Он может применяться не только при определении возмущенных волновых функций и уровней энергии возбужденных колебательных состояний молекул, но и для решения других прикладных задач теоретической физики при условии, если есть аналитическое представление возмущенного исходного оператора с явным выражением членов, определяющих его возмущения соответствующего порядка.

Выводы. На основании того, что молекула является квантовой системой, а колебательная энергия ее в соответствии с законами квантовой механики квантуется, и она определяется набором дискретных уровней энергии, с применением аналитической теории возмущений линейных операторов для колебательно-вращательного гамильтониана разработана квантово-механическая аналитическая модель возбужденных колебательно-вращательных состояний многоатомных молекул. В рамках модели получены строгие доказательства существования аналитических представлений возмущенных волновых функций и уровней энергии колебательно-вращательного гамильтониана. Предложен метод определения вкладов возмущений с использованием преобразования подобия проекторов для собственных волновых функций (46) и процесса редукции для соответствующих вкладов в энергию (50). Получены формулы, определяющие явные выражения вкладов в аналитические представления волновых функций (47)-(49) и значения энергии (51)-(56) возбужденных колебательно-вращательных состояний молекул, которые могут быть продолжены до n -го любого достаточно высокого n -го порядка аналитической теории возмущений. Результаты выполненных теоретических исследований показывают, что квантово-механическая аналитическая модель возбужденных колебательных состояний молекул, определяемых колебательно-вращательными взаимодействиями, позволяет описать особенности, наблюдаемые в достаточно тонких эффектах спектроскопического эксперимента. Разработка квантово-механической аналитической модели возбужденных колебательно-вращательных состояний многоатомных молекул является актуальной не только в теоретических исследованиях колебательной спектроскопии, но и для выяснения границ применимости построенной модели с целью получения информации о строении молекул, расчета вероятностей колебательно-вращательных переходов, осуществления вычислительного эксперимента для интенсивностей ИК-полос поглощения, а также в практическом применении для достоверного описания существующих и предсказания новых эффектов в ИК-спектрах молекул, определяемых возбужденными и высоковозбужденными колебательными состояниями, при идентификации спектров межзвездных сред, планетарных атмосфер, высокотемпературных газовых сред и плазмы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Като Т. Теория возмущений линейных операторов / Т. Като; пер. с англ. М.: Мир, 1972. 740 с.
2. Ландау Л.Д. Квантовая механика. Нерелятивистская теория / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. М.: Наука, 1989. 768 с.

3. Рисс Д. Лекции по функциональному анализу / Ф. Рисс, Б. Секенфальви-Надь; пер. с франц. М.: Мир, 1979. 590 с.
4. Вильсон Е. Теория колебательных спектров молекул / Е. Вильсон, Дж. Дешиус, П. Кросс. М.: ИЛ, 1960. 357 с.
5. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия / М.А. Ельяшевич. М.: Физматгиз, 1962. 790 с.
6. Watson J.K. G. Simplification of the Molecular Vibration-Rotation Hamiltonian / J.K.G. Watson // Molecular Physics. 1968. Vol. 15. P. 479-490.
7. Aliev M.R. Calculated Sextic Centrifugal Distortion Constants of polyatomic Molecules / M.R. Aliev, J.K.G. Watson // Journal Molecules Spectroscopic. 1976. Vol. 61. P. 29-52.
8. Гавва С.П. Аналитические возмущения уровней энергии и волновых функций / С.П. Гавва // Оптика и спектроскопия. 2009. Т. 106. № 4. С. 533-536.
9. Amat G. Rotation-vibration of Polyatomic Molecules / G. Amat, Н.Н. Nielsen, G. Torrago. New-York: M. Dekker. Inc., 1971. 520 p.

Гавва Светлана Павловна –
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры «Прикладная физика»
Саратовского государственного
технического университета

Gavva Svetlana Pavlovna –
Candidate of Sciences in Physics
and Mathematics, Assistant Professor
of the Department of «Applied Physics»
of Saratov State Technical University

Сальников Александр Николаевич –
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Прикладная физика»
Саратовского государственного
технического университета

Salnikov Aleksandr Nikolayevich –
Doctor of Technical Science, Professor,
Head of the Department of «Applied Physics»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.02.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 538.911

С.Г. Гестрин, Е.А. Сальникова

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПИНОВЫХ ВОЛН, ЛОКАЛИЗОВАННЫХ НА ДИСЛОКАЦИИ В ФЕРРОДИЭЛЕКТРИКЕ (МАКРОСКОПИЧЕСКИЙ ПОДХОД)

На основе анализа уравнения движения магнитного момента получено дисперсионное уравнение для спиновых волн, локализованных на дислокации в ферродиелектрическом кристалле. Рассмотрены осесимметричные и винтовые возмущения. Исследована зависимость амплитуды локализованных волн от расстояния до линейного дефекта. Изучена поляризация локализованных спиновых волн.

Дислокации, спиновые волны, ферродиелектрики, магнитный момент, локализация волн.

S.G. Gestrin, E.A. Salnikova

**MATHEMATICAL MODELLING OF THE SPIN WAVES LOCALIZED
ON THE DISLOCATION IN FERRODIELECTRIC
(THE MACROSCOPICAL APPROACH)**

On the base of the analysis of the equation of the movement the magnetic moment is received the dispersion equation for the spin waves, localized on a dislocation in the ferroelectric crystal. Axis-symmetric and screw indignations are considered. Dependency of the amplitude of the localized waves from distance before linear defect is researched. The polarization of the localized spin waves is studied.

Dislocation, spin waves, ferroelectric, magnetic moment, waves' localization.

В ряде работ [1-8] было показано, что наличие в кристаллах дефектов структуры приводит к локализации на них различных типов волн. Их амплитуда убывает с удалением от одномерного дефекта (дислокации) в основном по экспоненциальному закону $\sim (kr)^{-1/2} \exp(-kr)$, где k – поперечное волновое число, r – расстояние до дислокации; а частота отделена конечным интервалом от спектра объемных колебаний. В [1] подробно исследованы локализованные звуковые колебания. В работе [2] получены дисперсионные уравнения для двух ветвей поляритонов, локализованных на дислокациях в ионных кристаллах. Законы дисперсии осесимметричных и винтовых плазменных волн, распространяющихся вдоль заряженных дислокаций в полупроводниках, найдены в [3, 4]. Влияние дефектов кристаллической структуры на экситоны Френкеля рассмотрено в [5].

Как известно, в ферромагнетиках существуют элементарные возбуждения спиновой системы, имеющие характер волн и называемые спиновыми волнами (магнонами). Они представляют собой колебания относительной ориентации спинов в решетке [6]. В [7, 8] показано, что наличие одномерного дефекта в ферродиелектрике (CrBr_3 , EuO , EuS) приводит к возможности локализации на нем данного типа возмущений. Кристалл представлялся в виде решетки, в узлах которой находятся атомы, все спины которых в основном состоянии параллельны. Для энергии взаимодействия двух атомов, обладающих спинами \vec{S}_i и \vec{S}_j , использовалась модель Гейзенберга: $U = -J\vec{S}_i\vec{S}_j$, где J – обменный интеграл (микроскопическое рассмотрение).

Ниже предполагается, что длина спиновой волны велика по сравнению с постоянной решетки a . В этом случае закон дисперсии волн $\omega(\vec{k})$ будет выражен через феноменологические параметры (материальные константы), входящие в макроскопические уравнения движения магнитных моментов [9].

Уравнение движения прецессирующего магнитного момента [10]:

$$\frac{\partial \vec{M}}{\partial t} = \frac{g|e|}{2mc} [\vec{H}_{\text{эф}}, \vec{M}]. \quad (1)$$

Здесь напряженность «эффективного поля»:

$$\vec{H}_{\text{эф}} = \alpha_{ik} \frac{\partial^2 \vec{M}}{\partial x_i \partial x_k} + \vec{H}, \quad (2)$$

\vec{M} – плотность магнитного момента (намагниченность), тензор α_{ik} определяется симметрией кристалла. В одноосных кристаллах симметричный тензор второго ранга α_{ik} имеет компо-

ненты $\alpha_{xx} = \alpha_{yy} \equiv \alpha_1, \alpha_z \equiv \alpha_2$ (ось Z – ось симметрии кристалла); в кубическом кристалле $\alpha_{ik} = \alpha \delta_{ik}$.

Если тело не находится во внешнем магнитном поле, то поле внутри него целиком связано с распределением намагниченности и представляет собой, вообще говоря, величину того же порядка, что и \vec{M} . В этом смысле член \vec{H} в (2) представляет собой релятивистский эффект. Поэтому если рассматривать чисто обменное приближение, второй член в (2) следует опустить, так что уравнение движения приобретает вид:

$$\frac{\partial \vec{M}}{\partial t} = \frac{g|e|}{2mc} \alpha_{ik} \left[\frac{\partial^2 \vec{M}}{\partial x_i \partial x_k}, \vec{M} \right]. \quad (3)$$

Если предположить, что в кристалле имеется дислокация, расположенная вдоль оси Z , то уравнение (3) примет вид:

$$\frac{\partial \vec{M}}{\partial t} = \frac{g|e|}{2mc} \alpha_{ik} \left[\frac{\partial^2 \vec{M}}{\partial x_i \partial x_k}, \vec{M} \right] - a^2 \delta(\vec{\rho}) \beta \frac{g|e|}{2mc} \left[\frac{\partial^2 \vec{M}}{\partial z^2}, \vec{M} \right]. \quad (4)$$

Здесь a – постоянная решетки, β – характеризует обменное взаимодействие атомов, расположенных вдоль оси дислокации, $\delta(\vec{\rho})$ – двумерная дельта-функция.

Применим полученное уравнение к распространению волн, в которых плотность магнитного момента совершает малые колебания, прецессируя относительно своего равновесного значения \vec{M}_0 , направленного вдоль оси Z . Положим $\vec{M} = \vec{M}_0 + \vec{m}$, где \vec{m} – малая величина, и линеаризуем уравнение, отбросив члены второго порядка по \vec{m} . Поскольку абсолютная величина $M = M_0$, то в этом приближении $\vec{m} \perp \vec{M}_0$. Будем в дальнейшем рассматривать волны, распространяющиеся вдоль оси Z , $\vec{m} \propto \exp i(kz - \omega t)$. Из (4) для кристалла с кубической симметрией находим:

$$-i\omega \vec{m} = \frac{g|e|}{2mc} \alpha \left[\left(-k^2 + \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \vec{m}, \vec{M}_0 \right] + a^2 k^2 \delta(\vec{\rho}) \beta \frac{g|e|}{2mc} [\vec{m}(0), \vec{M}_0]. \quad (5)$$

Из (5) находим:

$$-i\omega m_x = \frac{g|e|}{2mc} \alpha M_0 \left(-k^2 + \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) m_y + a^2 k^2 \delta(\vec{\rho}) \beta M_0 \frac{g|e|}{2mc} m_y(0), \quad (6)$$

$$-i\omega m_y = -\frac{g|e|}{2mc} \alpha M_0 \left(-k^2 + \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) m_x - a^2 k^2 \delta(\vec{\rho}) \beta M_0 \frac{g|e|}{2mc} m_x(0). \quad (7)$$

Согласно (6) и (7) находим:

$$m_x = -im_y, \quad (8)$$

т.е. решение описывает волну, поляризованную по кругу.

Из (7) и (8) имеем уравнение для m_x :

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) m_x - \left(k^2 - \omega \frac{2mc}{g|e|\alpha M_0} \right) m_x = -\frac{\beta}{\alpha} a^2 k^2 \delta(\vec{\rho}) m_x(0). \quad (9)$$

Переходя в (9) к цилиндрическим координатам, получим:

$$\frac{\partial^2 m_x}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial m_x}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 m_x}{\partial \varphi^2} - \left(k^2 - \omega \frac{2mc}{g|e|\alpha M_0} \right) m_x = -\frac{\beta}{\alpha} a^2 k^2 \delta(\vec{\rho}) m_x(0). \quad (10)$$

Будем предполагать далее, что зависимость m_x и m_y от азимутального угла φ определяется множителем $\exp in\varphi$, где $n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, тогда из (10):

$$\frac{\partial^2 m_x}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial m_x}{\partial \rho} - \left(k^2 - \omega \frac{2mc}{g|e|\alpha M_0} + \frac{n^2}{\rho^2} \right) m_x = -\frac{1}{2\pi\alpha} \beta a^2 k^2 \frac{\delta(\rho)}{\rho} m_x(0). \quad (11)$$

Решение уравнения (11) имеет вид:

$$m_{n,x}(\rho) = \frac{1}{2\pi\alpha} \beta a^2 k^2 m_{n,x}(0) K_n \left(\sqrt{k^2 - \omega \frac{2mc}{g|e|\alpha M_0}} \rho \right). \quad (12)$$

Равенство (12) характеризует зависимость амплитуды волны от расстояния до дислокации ($K_n(x)$ – функция Макдональда). Как видно из (12), амплитуда волны с удалением от дислокации убывает в основном по экспоненциальному закону ($K_n(x) \approx \sqrt{\pi/2x} \exp(-x)$, при $x \gg 1$) [3].

Рассмотрим вначале осесимметричное возмущение ($n = 0$) и воспользуемся интегральным представлением функции $K_0(x)$:

$$m_{0,x}(\rho) = \frac{1}{2\pi\alpha} \beta a^2 k^2 m_{0,x}(0) K_0 \left(\sqrt{k^2 - \omega \frac{2mc}{g|e|\alpha M_0}} \rho \right) = -\beta a^2 k^2 \frac{g|e|M_0}{2mc} m_{0,x}(0) \times \\ \times \frac{1}{(2\pi)^2} \int_0^\infty \frac{\kappa d\kappa}{\omega - \frac{g|e|\alpha M_0}{2mc} (k^2 + \kappa^2)} \int \cos(\kappa r \cos \varphi) d\varphi. \quad (13)$$

Заменим верхний бесконечный предел интегрирования в (13) на конечное значение $\kappa_0 \sim 1/a$. То обстоятельство, что предел интегрирования в формуле (13) определяется лишь по порядку величины и имеет характер некоторого параметра «обрезания», связано с модельным предположением о δ -образной локализации возмущения на оси дислокации в уравнении (4). Полагая в (13) $\rho = 0$, находим дисперсионное уравнение для осесимметричных волн, локализованных на дислокации:

$$1 + \frac{\beta}{2\pi} a^2 k^2 \frac{g|e|M_0}{2mc} \int_0^{\kappa_0} \frac{\kappa d\kappa}{\omega - \frac{g|e|\alpha M_0}{2mc} (k^2 + \kappa^2)} = 0. \quad (14)$$

Выполняя интегрирование в (14) и пренебрегая малыми членами порядка величины

$$\frac{g|e|\alpha M_0}{2mc} k^2 - \omega << 1, \quad (15)$$

$$\frac{g|e|\alpha M_0}{2mc} \kappa_0^2$$

находим

$$\omega_0 \approx \frac{g|e|\alpha M_0}{2mc} k^2 - \frac{g|e|\alpha M_0}{2mc} \kappa_0^2 \exp \left(-\frac{4\pi\alpha}{\beta a^2 k^2} \right). \quad (16)$$

Первое слагаемое в правой части (16) задает закон дисперсии объемных спиновых волн [10].

Рассмотрим теперь винтовые возмущения с $n = 1$. Из (12) находим:

$$m_{1,x}(\rho) = \frac{1}{2\pi\alpha} \beta a^2 k^2 m_{1,x}(0) K_1 \left(\sqrt{k^2 - \omega \frac{2mc}{g|e|\alpha M_0}} \rho \right). \quad (17)$$

Воспользуемся известным интегральным представлением модифицированной функции Бесселя второго рода:

$$\frac{a^{\lambda-\mu} u^{\mu+\frac{1}{2}}}{2^\mu \Gamma(\mu+1)} K_{\lambda-\mu}(au) = \int_0^\infty t^{\lambda+\frac{1}{2}} (t^2 + a^2)^{-\mu-1} J_\lambda(ut) \sqrt{ut} dt. \quad (18)$$

Полагая в (18) $\lambda=1$, $a = \chi$, $t = \chi'$, $u = \rho$, $\mu = 0$, переходя к новой безразмерной переменной интегрирования $x = \chi'\rho$, а также заменяя верхний бесконечный предел интегрирования на $\chi_0\rho$, находим:

$$K_1(\chi\rho) = \frac{1}{\chi\rho} \int_0^{\chi_0\rho} \frac{x^2}{x^2 + \chi^2\rho^2} J_1(x) dx. \quad (19)$$

Учитывая, что функция $J_1(x) \sim x/2$ при $x \ll 1$, а $x^2/x^2 + \chi^2\rho^2 \approx 1$ при $x \gg \chi\rho$, представим приближенно (14) в виде суммы двух интегралов, вычисление которых дает:

$$K_1(\chi a) \approx \frac{\chi a}{8} + \frac{\chi_0 - \chi}{\chi} J_1(\chi_0 a) \approx \frac{\chi_0}{\chi} J_1(\chi_0 a), \quad (\chi \ll \chi_0). \quad (20)$$

Из (17) и (20) получим закон дисперсии спиновой волны при $n = 1$:

$$\omega_1 \approx \frac{g|e|\alpha M_0}{2mc} k^2 - \frac{g|e|\alpha M_0}{2mc} \chi_0^2 \left(\frac{\beta a^2 k^2}{\alpha} J_1(\chi_0 a) \right)^2. \quad (21)$$

Приведем также окончательное выражение, характеризующее колебания в локализованных на дислокации волнах:

$$m_{n,x}(\rho, z, \varphi; t) = \frac{1}{2\pi} \frac{\beta}{\alpha} a^2 k^2 m_{n,x}(0) K_n \left(\sqrt{k^2 - \omega_n \frac{2mc}{g|e|\alpha M_0}} \rho \right) \exp i(kz + n\varphi - \omega t). \quad (22)$$

Таким образом, нами проанализировано уравнение движения магнитного момента, на основе чего в рамках макроскопического подхода получены дисперсионные уравнения для осесимметричных (16) и винтовых (21) спиновых волн, локализованных на дислокации в ферродиелектрике. Показано, что найденные решения представляют собой волны, поляризованные по кругу. Также исследована зависимость амплитуды локализованных волн от расстояния до дефекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косевич А.М. Основы механики кристаллической решетки / А.М. Косевич. М.: Наука, 1972. 280 с.
2. Гестрин С.Г. Локализация поляритонов вблизи дислокаций в ионных кристаллах / С.Г. Гестрин // Известия вузов. Физика. 1996. № 10. С. 45-50.
3. Гестрин С.Г. Локализация плазменных колебаний вблизи заряженных дислокаций и дислокационных стенок в полупроводниках / С.Г. Гестрин // Известия вузов. Физика. 1998. № 2. С. 92-95.
4. Гестрин С.Г. Винтовые колебания, локализованные на заряженных дислокациях в полупроводниковых кристаллах / С.Г. Гестрин, А.Н. Сальников, Е.В. Щукина // Известия вузов. Физика. 2006. № 10. С. 66-69.
5. Гестрин С.Г. Локализация экситонов Френкеля на дислокациях / С.Г. Гестрин, А.Н. Сальников // Известия вузов. Физика. 2005. № 7. С. 23-25.
6. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. М.: Наука, 1978. 792 с.

7. Гестрин С.Г. Математическое моделирование взаимодействия спиновых волн с дислокациями в ферромагнетиках / С.Г. Гестрин, Е.А. Сальникова // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. № 2(38). С. 17-23.

8. Гестрин С.Г. Локализация спиновых волн на дислокациях в ферромагнетиках (микроскопическое рассмотрение) / С.Г. Гестрин, Е.А. Сальникова // Физика твердого тела: материалы Российско-немецкой конф. Астрахань: АГУ, 2009.-С.69-71.

9. Гестрин С.Г. Локализация спиновых волн на дислокациях в ферромагнетиках (макроскопическое рассмотрение) / С.Г. Гестрин, Е.А. Сальникова // Физика твердого тела: материалы Российско-немецкой конф. Астрахань: АГУ, 2009. С. 67-69.

10. Ландау Л.Д. Теоретическая физика: в 12 т. Т. IX. Статистическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. М.: Наука, 1978. 447 с.

Гестрин Сергей Геннадьевич –
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры «Прикладная физика»
Саратовского государственного
технического университета

Gestrin Sergey Gennadyevich –
Doctor of Technical Science,
Professor of the Department of «Applied Physics»
of Saratov State Technical University

Сальникова Екатерина Александровна –
студентка
Саратовского государственного
университета им. Н.Г. Чернышевского

Salnikova Yekaterina Aleksandrovna –
a student
of Saratov State University in the name
of N.G. Chernyshevskiy

Статья поступила в редакцию 05.02.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 539.3

Е.Л. Кузнецова

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧ ТИПА СТЕФАНА В КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ С ДВУМЯ НЕСТАЦИОНАРНО ПОДВИЖНЫМИ ГРАНИЦАМИ

Поставлена и аналитически решена задача типа Стефана о теплопереносе с двумя нестационарно подвижными границами, ограничивающими подвижную область разложения связующих композиционных материалов с известными температурами и тепловыми эффектами начала и окончания фазовых превращений. Получены аналитические решения для температурного поля в трех фазах и на их основе определены координаты подвижных границ фазовых превращений. Предложенный подход можно применить к задачам типа Стефана с тремя и более нестационарно подвижными границами. Обсуждаются результаты.

Теплоперенос, задача Стефана, границы подвижные, материалы композиционные, связующих разложение, решения аналитические.

Ye. L. Kuznetsova

**STEPHAN TYPE PROBLEMS' ANALYTICAL RESEARCH
IN COMPOSITE MATERIALS WITH TWO NON-STATIONARY
MOVABLE BORDERS**

A Stephan's type problem of heat transfer in the area of binding agent's thermal destruction with two non-steady moving boundaries is formulated when the temperatures and calorific effects of start and end points of phase transformations are initially known. The temperature fields in three phases are derived analytically and the phase transform area's moving boundaries are found.

The developed approach can be applied for Stephan's type problems with three and more moving boundaries.

Heat transfer, Stephan's problem, moving boundaries, composites, binding agent's destruction, analytical solutions.

Введение

Известно значительное число физико-химических процессов, в которых под воздействием тепловых источников возникают нестационарно подвижные границы фазовых превращений, положения которых а priori найти невозможно, а можно определить только после нахождения температурного поля. Такие процессы наблюдаются при разложении связующих композиционных материалов под действием тепловых потоков, в химических аккумуляторах энергии, при оплавлении-затвердевании тел и т.п. Тепловое состояние тел в таких процессах можно описать, используя условия Стефана на подвижных границах фазовых превращений. Сложность моделирования таких задач заключается в том, что они нелинейны, хотя сами дифференциальные уравнения, описывающие теплоперенос, являются линейными. Ранее на основе общего подхода к моделированию теплового состояния композиционных материалов при высокотемпературном нагружении проблема рассматривалась в [1-5]. Однако в этих работах рассматривалось численное решение задач типа Стефана со многими подвижными границами.

В данной статье поставлена и аналитически решена задача типа Стефана об определении распределения температур в полубесконечной области с двумя нестационарно подвижными границами с использованием следующих предположений: газообразные компоненты на подвижных границах отсутствуют; подвижные границы не пересекаются; скорость движения границ положительна; температуры, тепловые эффекты и теплофизические характеристики (ТФХ) постоянны.

1. Математическая модель

Рассматривается аналитическое решение следующей задачи теории теплопроводности с двумя нестационарно подвижными границами фазовых превращений, моделирующей теплоперенос в композиционных материалах с температурой T^{**} фазовых превращений исходной фазы с теплофизическими характеристиками (ТФХ) $\lambda^{(1)}, c^{(1)}, \rho^{(1)}, a^{(1)}$ (фаза 1) и образованием новой (второй) фазы с характеристиками $\lambda^{(2)}, c^{(2)}, \rho^{(2)}, a^{(2)}$, а также с температурой T^* фазовых превращений второй фазы в третью с ТФХ $\lambda^{(3)}, c^{(3)}, \rho^{(3)}, a^{(3)}$ (рис. 1):

$$\frac{\partial^2 T^{(3)}}{\partial x^2} - \frac{1}{a^{(3)}} \frac{\partial T^{(3)}}{\partial t} = 0, \quad 0 < x < x^*(t), \quad t > 0; \quad (1)$$

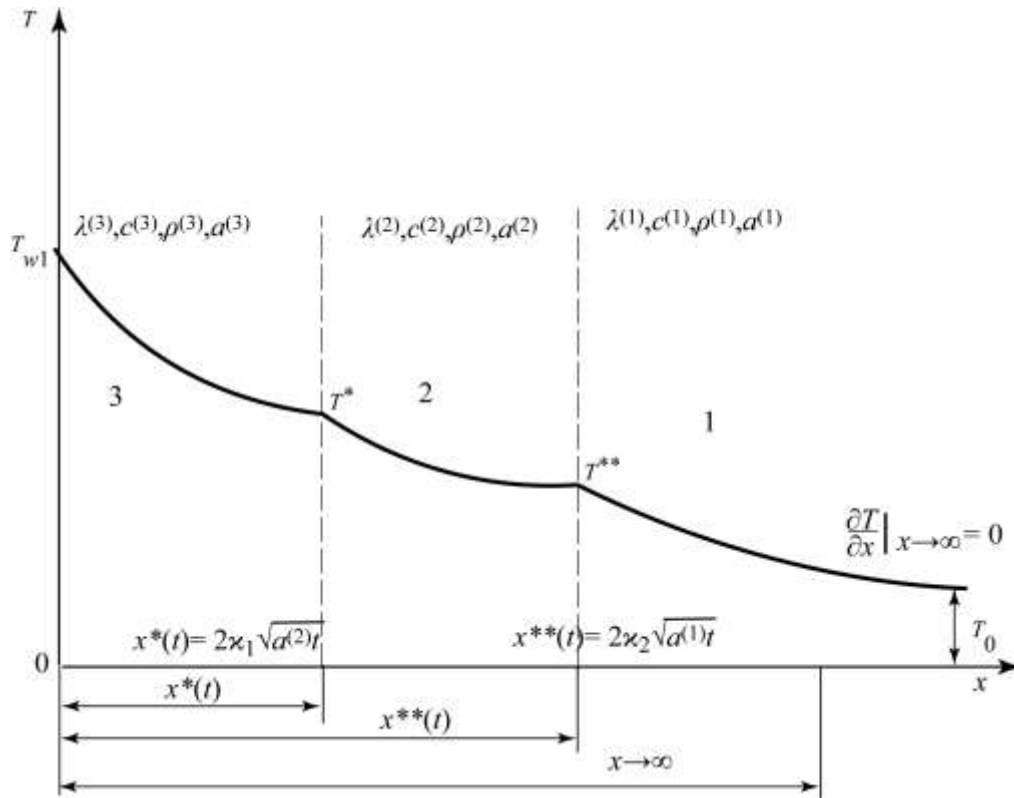


Рис. 1. Расчетная схема

$$\frac{\partial^2 T^{(2)}}{\partial x^2} - \frac{1}{a^{(2)}} \frac{\partial T^{(2)}}{\partial t} = 0, \quad x^*(t) < x < x^{**}(t), \quad t > 0; \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 T^{(1)}}{\partial x^2} - \frac{1}{a^{(1)}} \frac{\partial T^{(1)}}{\partial t} = 0, \quad x^{**}(t) < x < \infty, \quad t > 0; \quad (3)$$

$$-\lambda^{(3)} \frac{\partial T^{(3)}}{\partial x} \Big|_{x=x^*(t)-0} + \lambda^{(2)} \frac{\partial T^{(2)}}{\partial x} \Big|_{x=x^*(t)+0} = Q^* \rho^{(2)} \dot{x}^*(t), \quad x = x^*(t), \quad t > 0; \quad (4)$$

$$-\lambda^{(2)} \frac{\partial T^{(2)}}{\partial x} \Big|_{x=x^{**}(t)-0} + \lambda^{(1)} \frac{\partial T^{(1)}}{\partial x} \Big|_{x=x^{**}(t)+0} = Q^{**} \rho^{(1)} \dot{x}^{**}(t), \quad x = x^{**}(t), \quad t > 0; \quad (5)$$

$$T^{(3)} \Big|_{x=x^*(t)-0} = T^{(2)} \Big|_{x=x^*(t)+0} = T^*, \quad x = x^*(t), \quad t > 0; \quad (6)$$

$$T^{(2)} \Big|_{x=x^{**}(t)-0} = T^{(1)} \Big|_{x=x^{**}(t)+0} = T^{**}, \quad x = x^{**}(t), \quad t > 0; \quad (7)$$

$$T(0,t) = T_{w1}, \quad x = 0, \quad t > 0; \quad (8)$$

$$T(\infty,t) = T_0, \quad x = \infty, \quad t \geq 0; \quad (9)$$

$$T(x,0) = T_0, \quad x \in (0, \infty); \quad x^*(0) = 0; \quad x^{**}(0) = 0, \quad t = 0. \quad (10)$$

Здесь $\lambda, c, \rho, a, T, Q$ – теплопроводность, теплоемкость, плотность, температуропроводность, температура, теплота фазовых превращений соответственно.

Полагая известными функции $x^*(t), x^{**}(t)$, решение задачи (1)-(3), (6)-(10) будет иметь вид:

$$T^{(1)}(x,t) = T^{**} \frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a^{(1)}t}}\right)}{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x^{**}(t)}{2\sqrt{a^{(1)}t}}\right)} + T_0 \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a^{(1)}t}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{x^{**}(t)}{2\sqrt{a^{(1)}t}}\right)}{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x^{**}(t)}{2\sqrt{a^{(1)}t}}\right)}, \quad (11)$$

$$x^{**}(t) < x < \infty, t > 0;$$

$$T^{(2)}(x,t) = \frac{T^{**} \operatorname{erf}\left(\frac{x^*(t)}{2\sqrt{a^{(2)}t}}\right) - T^* \operatorname{erf}\left(\frac{x^{**}(t)}{2\sqrt{a^{(2)}t}}\right) + (T^* - T^{**}) \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a^{(2)}t}}\right)}{\operatorname{erf}\left(\frac{x^*(t)}{2\sqrt{a^{(2)}t}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{x^{**}(t)}{2\sqrt{a^{(2)}t}}\right)}, \quad (12)$$

$$x^*(t) < x < x^{**}(t), t > 0;$$

$$T^{(3)}(x,t) = T_{w1} - (T_{w1} - T^*) \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a^{(3)}t}}\right)}{\operatorname{erf}\left(\frac{x^*(t)}{2\sqrt{a^{(3)}t}}\right)}, \quad 0 < x < x^*(t), t > 0. \quad (13)$$

В зависимостях (11)-(13) координаты $x^*(t)$, $x^{**}(t)$ подвижных границ неизвестны. Для их определения имеются два краевых условия стефановского типа (4) и (5). Из представления решений (11)-(13) ясно, что зависимости $x^{**}(t)$ и $x^*(t)$ должны быть пропорциональны \sqrt{t} , т.е.

$$x^{**}(t) = \chi_2 \cdot 2\sqrt{a^{(1)}t}, \quad (14)$$

$$x^*(t) = \chi_1 \cdot 2\sqrt{a^{(2)}t}, \quad (15)$$

причем, поскольку $x^{**}(t) > x^*(t)$ для любых моментов времени, то постоянные χ_1 и χ_2 должны удовлетворять неравенству $\chi_2 > \chi_1$. В случае представления (14), (15) решения (11)-(13) теперь примут форму

$$T^{(1)}(x,t,\chi_2) = T^{**} \frac{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a^{(1)}t}}\right)}{1 - \operatorname{erf}(\chi_2)} + T_0 \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a^{(1)}t}}\right) - \operatorname{erf}(\chi_2)}{1 - \operatorname{erf}(\chi_2)}, \quad (16)$$

$$x^{**}(t) < x < \infty, t > 0;$$

$$T^{(2)}(x,t,\chi_1,\chi_2) = \frac{T^{**} \operatorname{erf}(\chi_1) - T^* \operatorname{erf}\left(\chi_2 \sqrt{\frac{a^{(1)}}{a^{(2)}}}\right) + (T^* - T^{**}) \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a^{(2)}t}}\right)}{\operatorname{erf}(\chi_1) - \operatorname{erf}\left(\chi_2 \sqrt{\frac{a^{(1)}}{a^{(2)}}}\right)}, \quad (17)$$

$$x^*(t) < x < x^{**}(t), t > 0;$$

$$T^{(3)}(x,t,\chi_1) = T_{w1} - (T_{w1} - T^*) \frac{\operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a^{(3)}t}}\right)}{\operatorname{erf}\left(\chi_1 \sqrt{\frac{a^{(2)}}{a^{(3)}}}\right)}, \quad 0 < x < x^*(t), t > 0. \quad (18)$$

Для нахождения χ_1 и χ_2 подставим решения (16)-(18) в краевые условия (4), (5), получим следующую систему двух трансцендентных уравнений относительно χ_1 , χ_2 :

$$F_I(\chi_1, \chi_2) = C \frac{\exp\left(-\chi_1^2 \frac{a^{(2)}}{a^{(3)}}\right)}{\operatorname{erf}\left(\chi_1 \sqrt{\frac{a^{(2)}}{a^{(3)}}}\right)} - D \frac{\exp(-\chi_1^2)}{\operatorname{erf}\left(\chi_2 \sqrt{\frac{a^{(1)}}{a^{(2)}}}\right) - \operatorname{erf}(\chi_1)} - \chi_1 = 0, \quad (19)$$

$$F_{II}(\chi_1, \chi_2) = E \frac{\exp\left(-\chi_2^2 \frac{a^{(1)}}{a^{(2)}}\right)}{\operatorname{erf}\left(\chi_2 \sqrt{\frac{a^{(1)}}{a^{(2)}}}\right) - \operatorname{erf}(\chi_1)} - F \frac{\exp(-\chi_2^2)}{1 - \operatorname{erf}(\chi_2)} - \chi_2 = 0, \quad (20)$$

$$E = \sqrt{\frac{\lambda^{(2)} c^{(2)} \rho^{(2)} c^{(1)}}{\pi \lambda^{(1)} \rho^{(1)}}} \frac{T^* - T^{**}}{Q^{**}}; F = \frac{c^{(1)} T^{**} - T_0}{\sqrt{\pi} Q^{**}};$$

$$C = \sqrt{\frac{\lambda^{(3)} c^{(3)} \rho^{(3)} c^{(2)}}{\pi \lambda^{(2)} \rho^{(2)}}} \frac{T_{w1} - T^{**}}{Q^*}; D = \frac{c^{(2)} T^* - T^{**}}{\sqrt{\pi} Q^*}.$$

Поскольку $F_I(\chi_1, \chi_2)$, $F_{II}(\chi_1, \chi_2)$ – дифференцируемые функции, то для нахождения χ_1, χ_2 можно применить итерационный процесс Ньютона (при условии, что на каждой итерации якобиевы матрицы системы (19), (20) – невырожденны). Однако для применения итерационных процедур необходимо найти начальное приближение вектора неизвестных $(\chi_1^{(0)}, \chi_2^{(0)})^T$. Для системы двух уравнений это можно сделать графически, построив кривые $F_I(\chi_1, \chi_2) = 0$, $F_{II}(\chi_1, \chi_2) = 0$ и найдя точку их пересечения; при этом каждую точку на плоскости $\chi_1 \chi_2$ для каждой кривой необходимо находить итерационным методом из соответствующего уравнения (19) или (20). Найденную точку пересечения принимаем в качестве начального вектора $(\chi_1^{(0)}, \chi_2^{(0)})^T$.

Подставляя далее найденные значения χ_1, χ_2 и теплофизические характеристики в решения (16)-(18), получим нестационарное температурное поле в трех областях с двумя нестационарно подвижными границами.

Сложность решения системы (19), (20) двух трансцендентных уравнений заключается в том, что компоненты якобиевой матрицы

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial F_I(\chi_1, \chi_2)}{\partial \chi_1} & \frac{\partial F_I(\chi_1, \chi_2)}{\partial \chi_2} \\ \frac{\partial F_{II}(\chi_1, \chi_2)}{\partial \chi_1} & \frac{\partial F_{II}(\chi_1, \chi_2)}{\partial \chi_2} \end{bmatrix}$$

имеют очень большие значения производных в окрестности вектора-решения $(\chi_1, \chi_2)^T$ и незначительные колебания итерационных значений χ_1, χ_2 приводят к значительным колебаниям элементов этой матрицы, что может уводить расчеты от решения $(\chi_1, \chi_2)^T$ и приводить к аварийному останову. Поэтому компоненты начального вектора $(\chi_1^{(0)}, \chi_2^{(0)})^T$ необходимо вычислять с высокой точностью с отклонением от точного вектора $(\chi_1, \chi_2)^T$ в несколько процентов.

Для варьируемых значений Q^*, Q^{**}, T^*, T^{**} и следующей системы входных данных:

$$\lambda^{(1)} = \lambda^{(2)} = \lambda^{(3)} = \lambda = 0,01 \text{ кВт/мК};$$

$$c^{(1)} = c^{(2)} = c^{(3)} = c = 1,5 \text{ кДж/кг·К};$$

$$\rho^{(1)} = \rho^{(2)} = \rho^{(3)} = \rho = 2000 \text{ кг/м}^3;$$

$$a^{(1)} = a^{(2)} = a^{(3)} = a = \frac{\lambda}{c\rho} = \frac{1}{3} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$T_0 = 300 \text{ К}; T_{w1} = 2000 \text{ К};$$

$x^*(0) = 0 \text{ м}; x^{**}(0) = 0 \text{ м}$, получены результаты решения задачи (1)-(10) в виде распределения температур и координат $x^*(t)$, $x^{**}(t)$ подвижных границ, представленных на рис. 2-5.

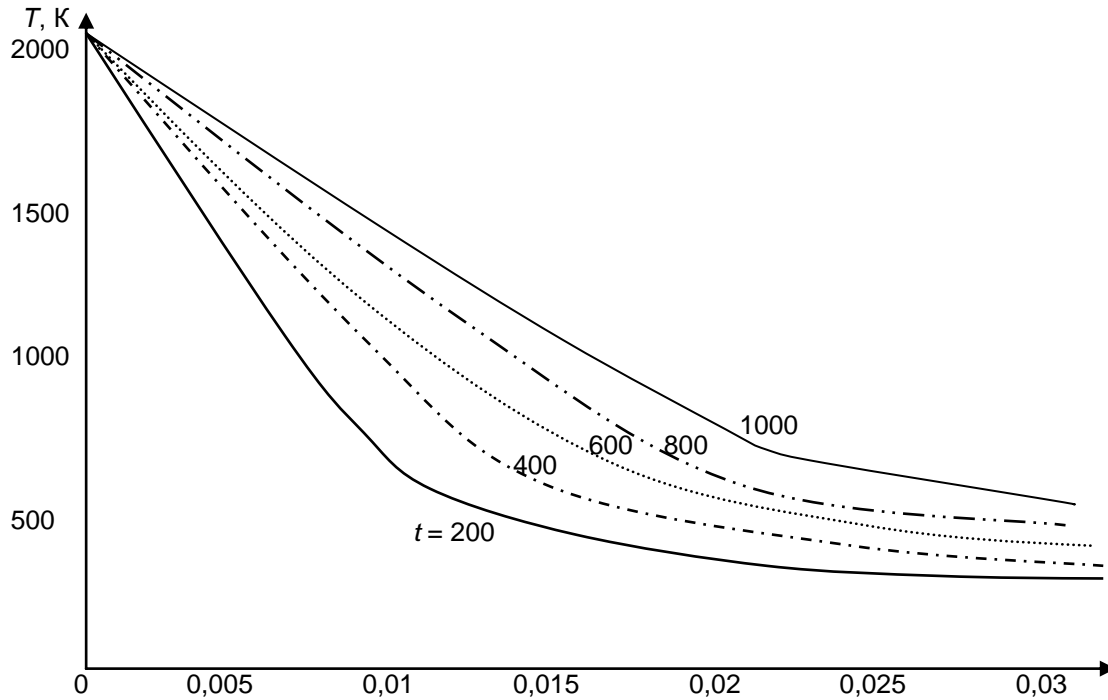


Рис. 2. Распределение температур в трех областях, ограниченных подвижными границами $Q = Q^* = Q^{**} = 100 \text{ кДж/кг}$, $T^* = 900 \text{ К}$, $T^{**} = 600 \text{ К}$

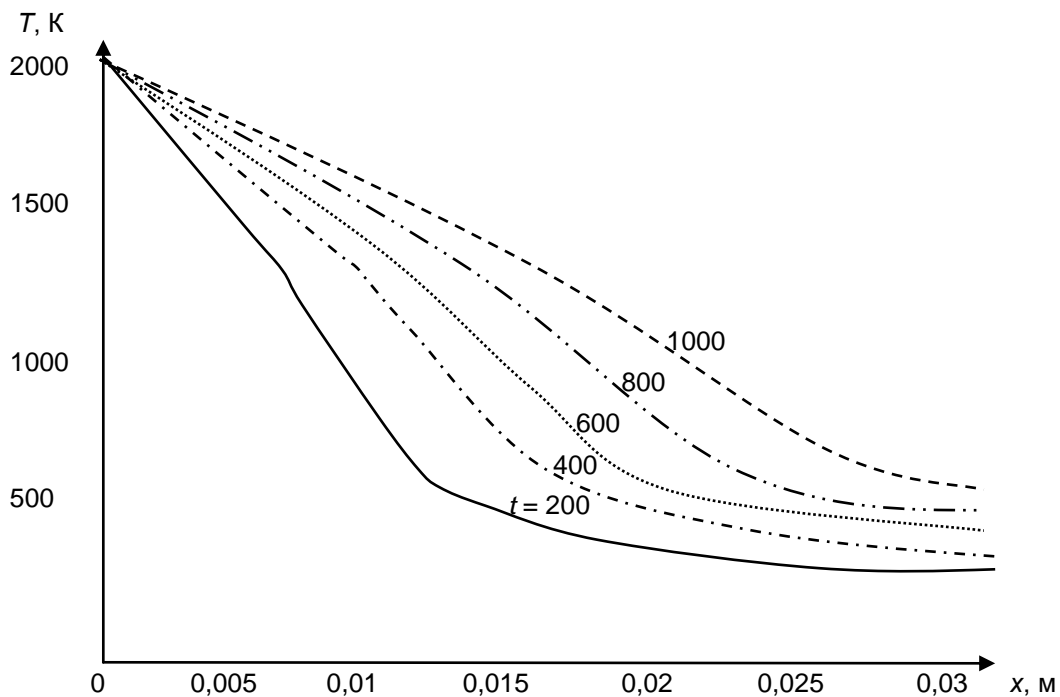


Рис. 3. Распределение температур в трех областях, ограниченных подвижными границами $x^*(t)$, $x^{**}(t)$: $Q = Q^* = Q^{**} = 100 \text{ кДж/кг}$, $T^* = 1300 \text{ К}$, $T^{**} = 600 \text{ К}$

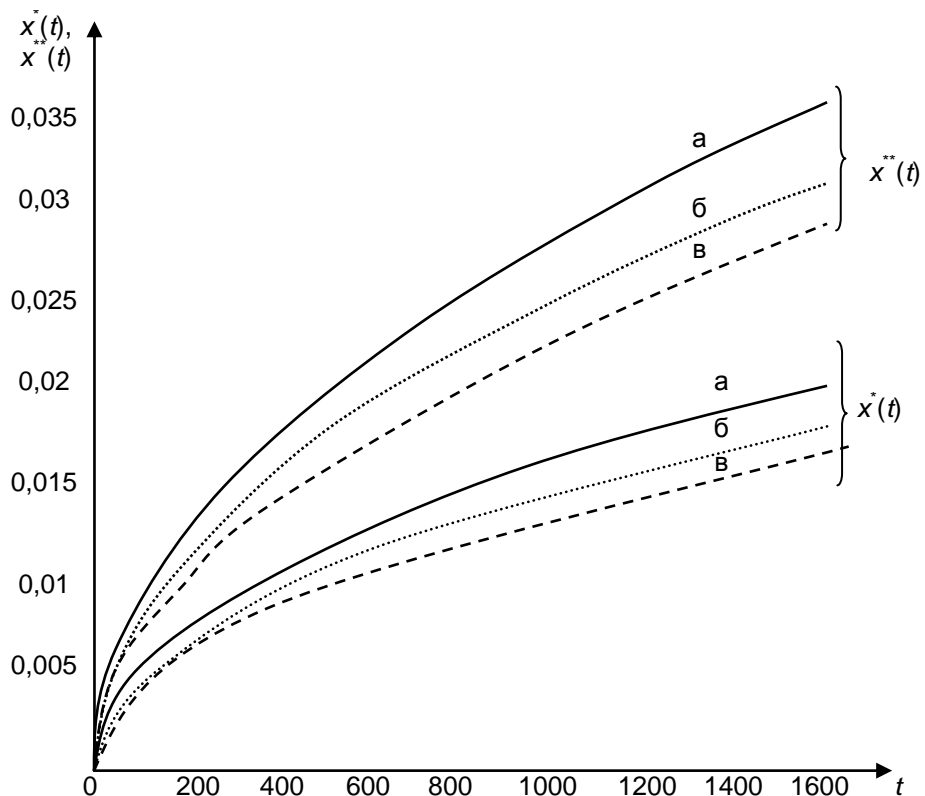


Рис. 4. Изменение координат нестационарно подвижных границ $x^*(t)$, $x^{**}(t)$ при $T^* = 1200$ К, $T^{**} = 600$ К:
 а – $Q = Q^* = Q^{**} = 600$ кДж/кг; б – $Q = Q^* = Q^{**} = 1000$ кДж/кг; в – $Q = Q^* = Q^{**} = 1400$ кДж/кг

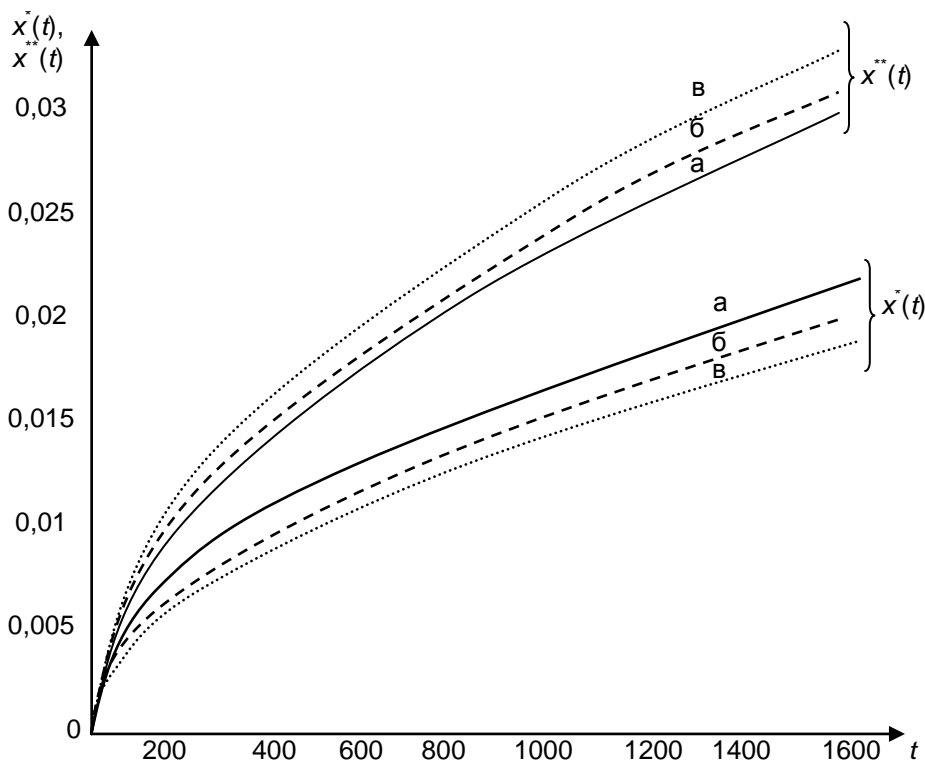


Рис. 5. Изменение координат нестационарно подвижных границ $x^*(t)$, $x^{**}(t)$
 при $Q = Q^* = Q^{**} = 1000$ кДж/кг:
 а – $T^* = 900$ К, $T^{**} = 600$ К; б – $T^* = 1100$ К, $T^{**} = 600$ К; в – $T^* = 1300$ К, $T^{**} = 600$ К

На рис. 2, 3 представлены температурные поля в трех областях для случая $Q = Q^* = Q^{**} = 1000$ кДж/кг при различных температурах T^* и T^{**} в различные моменты времени. На рисунках четко прослеживаются положения границ $x^*(t)$ и $x^{**}(t)$ по разрыву касательных к графикам функций, причем если разница $\Delta T^{**} = T^* - T^{**}$ мала ($\Delta T^{**} = 300$ К на рис. 2), то профили температур находятся на более близком расстоянии друг от друга по сравнению со случаем $\Delta T^{**} = 700$ К на рис. 3. При этом скорость движения границ в существенной степени зависит от уровня температур T^* и T^{**} и теплот фазовых превращений Q^* и Q^{**} .

На рис. 4, 5 представлены координаты подвижных границ $x^*(t)$ и $x^{**}(t)$, причем на рис. 4 приведены результаты при фиксированных T^* и T^{**} и варьируемых значениях $Q = Q^* = Q^{**}$, а на рис. 5 – аналогичные результаты при фиксированном значении $Q = Q^* = Q^{**}$ и варьируемых значениях T^* и T^{**} . Из рисунков видно, что при фиксированных значениях T^* и T^{**} и монотонно возрастающих значениях $Q = Q^* = Q^{**}$ (рис. 4) скорости движения границ $x^*(t)$ и $x^{**}(t)$ монотонно убывают.

Наоборот, при фиксированных значениях $Q = Q^* = Q^{**}$, T^{**} и монотонно возрастающих T^* (рис. 5) скорость движения границы $x^*(t)$ монотонно убывает, а скорость движения границы $x^{**}(t)$ монотонно возрастает (несмотря на то, что $T^* = 600$ К = const), что является неожиданным результатом.

Выводы

Поставлена и аналитически решена задача типа Стефана с двумя нестационарно подвижными границами. Анализ полученных результатов показал, что температурные профили в точках $x^*(t)$ и $x^{**}(t)$ имеют изломы касательных в соответствии с условиями Стефана, а скорости движения границ в существенной степени влияют друг на друга.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 08-08-00880-а и грантов Президента Российской Федерации МК-646.2008.8, НШ-4337.2008.8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Формалев В.Ф. Общий подход к моделированию теплового состояния композиционных материалов при высокотемпературном нагружении / В.Ф. Формалев, Г.В. Федотенков, Ек.Л. Кузнецова // Механика композиционных материалов и конструкций. 2006. Т. 12. № 1. С. 141-156.
2. Карслоу Г. Теплопроводность твердых тел / Г. Карслоу, Д. Егер. М.: Наука, 1964. 487 с.
3. Формалев В.Ф. Моделирование теплового состояния композиционных материалов / В.Ф. Формалев, С.А. Колесник, С.В. Миканев // Теплофизика высоких температур. 2003. Т. 41. № 6. С. 335-341.
4. Кузнецова Ек.Л. Математическое моделирование тепломассопереноса в композиционных материалах при высокоинтенсивном нагреве: дис. ... канд. техн. наук / Ек.Л. Кузнецова. М., 2006. 138 с.
5. Формалев В.Ф. Многомерный теплоперенос при наличии фазовых переходов в анизотропных композиционных материалах / В.Ф. Формалев, Ек.Л. Кузнецова // Механика композиционных материалов и конструкций. 2007. Т. 13. № 4. С. 129-141.

Кузнецова Екатерина Львовна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Прикладная математика и механика» Московского авиационного института (государственного технического университета)(State Technical University)

Kuznetsova Yekaterina Lvovna – Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, Assistant Professor of the Department of «Applied Mathematics and Mechanics» of Moscow Aviation Institute

Статья поступила в редакцию 09.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

В.Н. Филатов, А.А. Абросимов, И. С. Саенко

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК ПОСТОЯННОЙ И ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ

Исследуется напряженно-деформированное состояние гибких пологих подъемистых оболочек прямоугольного плана, жестко заделанных по сторонам прямоугольного контура. Приводятся сравнения напряженно-деформированного состояния оболочек переменной и постоянной толщины, говорящие в пользу оболочек переменной толщины.

Оболочки, переменная толщина, потеря устойчивости, аппроксимирующие функции.

V.N. Filatov, A.A. Abrosimov, I.S. Sayenko

STRESS-STRAIN STATE AND STABILITY SHALLOW SHELLS CONSTANT AND VARIABLE THICKNESS

This is a study of stress-strain state of flexible shallow shells of rectangular shape rigidly clamped to the sides of rectangular contour. A comparison of stress-strain state of shells of variable and constant thickness, speaking in favor of shells of variable thickness.

Shells, tapered thickness, instability of equilibrium, approximating functions.

Совершенствование расчетов оболочечных конструкций, имеющих применение в различных областях техники, является актуальным. В работах [1, 2] приводится методика решения нелинейных уравнений теории гибких пологих оболочек, базирующаяся на комплексном методе линеаризации исходных систем дифференциальных уравнений, с последующим сведением их к системам алгебраических уравнений с использованием высоких приближений метода Бубнова – Галеркина, при аппроксимировании составляющих перемещения подобранными нами полными системами функций полиномиального или тригонометрического вида [3, 4]. Исследованы принципиальная возможность и эффективность использования подобранных систем функций, аппроксимирующих составляющие перемещения. Исследованы напряженно-деформированное состояние (НДС) и устойчивость пологих оболочек постоянной толщины с разной кривизной как шарнирно-неподвижно закрепленных, так и жестко заделанных по контуру. Показано, что НДС оболочек большой кривизны (подъемистых оболочек) значительно отличается от такового для весьма пологих оболочек. В отличие от весьма пологих оболочек, которые от действия внешней равномерно распределенной возрастающей нагрузки получают все больший прогиб в центре, подъемистые оболочки на графике «нагрузка-прогиб в центре» имеют петлеобразования, получающиеся за счет того, что такая оболочка за счет резкого увеличения прогиба в четвертях в центре не прогибается, а вспучивается.

В настоящей работе, с использованием методики, описанной выше, анализируются НДС и устойчивость пологих оболочек переменной толщины. Переменность толщины оболочки задается ограничивающими оболочку в вертикальном направлении поверхностями $z_n(x, y)$ и $z_g(x, y)$. Уравнения теории гибких пологих оболочек переменной толщины в перемещениях имеют вид [5, 6]:

$$\begin{aligned}
 & \{D_0[U_x - k_1W + 0,5W_x^2 + \mu(V_y - k_2W + 0,5W_y^2)]\}'_x + \mu_1 \{D_0(U_y + V_x + W_xW_y)\}'_y = 0, \\
 & \{D_0[\mu(U_x - k_1W + 0,5W_x^2) + V_y - k_2W + 0,5W_y^2]\}'_y + \mu_1 \{D_0(U_y + V_x + W_xW_y)\}'_x = 0, \\
 & (k_1 + W_{xx}) \cdot \{D_0[U_x - k_1W + 0,5W_x^2 + \mu(V_y - k_2W + 0,5W_y^2)]\}' + \\
 & + (k_2 + W_{yy}) \cdot \{D_0[\mu(U_x - k_1W + 0,5W_x^2) + V_y - k_2W + 0,5W_y^2]\}' + 2\mu_1 W_{xy} \{D_0(U_y + V_x + W_xW_y)\}' - \\
 & - [D_2(W_{xx} + \mu W_{yy})]''_{xx} - [D_2(\mu W_{xx} + W_{yy})]''_{yy} - 4\mu_1 [D_2W_{xy}]''_{xy} = -(1 - \mu^2)q.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь μ – коэффициент Пуассона, $\mu_1 = 0,5 \cdot (1 - \mu)$; $U = U(x, y)$, $V = V(x, y)$ и $W = W(x, y)$ – искомые компоненты перемещения соответственно в направлении взаимно ортогональных координатных осей OX и OY , направленных по линиям главных кривизн координатной поверхности оболочки прямоугольного плана (размеров $a \times b$), и оси OZ , направленной по нормали к координатной поверхности в сторону вогнутости (вниз); k_1, k_2 – кривизны оболочки соответственно в направлении осей OX и OY ; $q = q(x, y)$ – распределенная нагрузка, перпендикулярная плану оболочки; $D_0 = \int_{Z_e}^{Z_n} E dz = 0$, $D_2 = \int_{Z_e}^{Z_n} E(z - z_n)^2 dz = 0$, E – модуль упругости материала оболочки. Индексы x и y при искомым составляющих перемещения означают дифференцирование по соответствующей координате.

Согласно [7], вводится начальная поверхность таким образом, что если обозначить аппликату этой поверхности, относительно ранее введенной координатной поверхности, через $z_n(x, y)$, то начальную поверхность определит уравнение $\int_{Z_e}^{Z_n} E(z - z_n) dz = 0$.

Напряжения через перемещения определяются по формулам

$$\begin{aligned}
 \sigma_{11} &= \frac{E}{1 - \mu^2} [U_x + \mu V_y - (k_1 + \mu k_2)W + 0,5(W_x^2 + \mu W_y^2) - (z - z_n)(W_{xx} + \mu W_{yy})], \\
 \sigma_{22} &= \frac{E}{1 - \mu^2} [\mu U_x + V_y - (\mu k_1 + k_2)W + 0,5(\mu W_x^2 + W_y^2) - (z - z_n)(\mu W_{xx} + W_{yy})], \\
 \sigma_{12} &= \frac{E}{2(1 + \mu)} [U_y + V_x + W_xW_y - 2(z - z_n)W_{xy}].
 \end{aligned} \tag{2}$$

Нами были рассмотрены НДС пологих оболочек, как в линейной постановке, так и в геометрически нелинейной постановке, когда толщина оболочки менялась только вдоль одной оси OX по параболическому закону симметрично относительно центра плана оболочки, достигая максимума в центре оболочки:

$$z_n = h \cdot 0,5 = h \cdot \bar{z}_n; \quad z_e = h \left(4 \frac{H}{h} \cdot \frac{x^2}{a^2} - 4 \frac{H}{h} \cdot \frac{x}{a} - \frac{1}{2} \right) = h \cdot (4\bar{H} \cdot \xi^2 - 4\bar{H} \cdot \xi - 0,5) = h \cdot \bar{z}_e.$$

При этом показано, что и в том и в другом случаях напряжения вдоль оси OX распределяются более рационально, чем вдоль оси OY . Напряженное состояние вдоль оси OX более близко к равнонапряженному, чем вдоль оси OY . Кроме того, в геометрически нелинейной постановке подъемистые оболочки с безразмерной кривизной $\bar{k}_1 = (a^2/h) k_1 = \bar{k}_2 = \bar{k} = 32; 64$ не имеют петель на графике «безразмерная нагрузка $\bar{q} = (a^4/Eh^4)q$ – безразмерный прогиб в центре оболочки $\bar{W}(y) = (1/h)W(0,5a; 0,5a)$ », что, как будет показано ниже, ведет к значительному увеличению критической нагрузки на оболочку.

Ниже приводятся расчеты квадратного плана оболочек переменной толщины, когда толщина изменяется по синусоидальному закону и в направлении оси OX , и в направлении оси OY :

$$z_u = \frac{h_1}{2}, \quad z_g = -\frac{h_1}{2} - H \cdot \sin \frac{\pi x}{a} \cdot \sin \frac{\pi y}{a}. \quad (3)$$

При этом параметры распределения толщины (h_1 и H) таковы, что объем материала, затрачиваемый на изготовление оболочки переменной толщины, равен объему материала оболочки постоянной толщины (рис. 1).

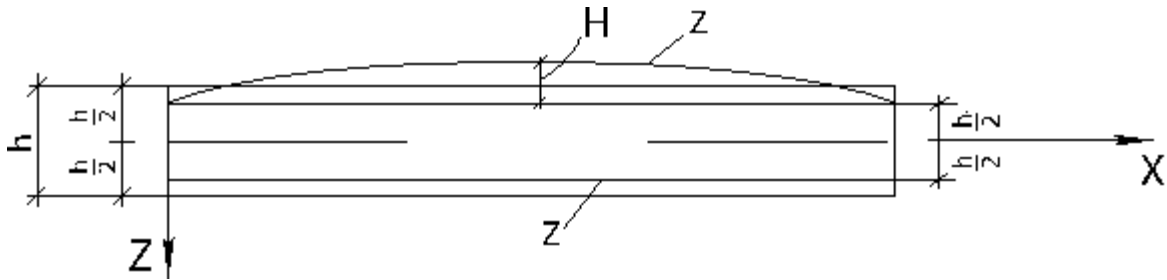


Рис. 1

Объем материала оболочки постоянной толщины $V = a^2 h$. В случае, если оболочка переменной толщины определена по уравнению (3), то ее объем

$$V_1 = \int_0^a \left\{ \int_0^a \left[\int_{z_g}^{z_u} dz \right] dy \right\} dx = \left(h_1 a x - 2 \frac{H a^2}{\pi^2} \cos \frac{\pi x}{a} \right) \Big|_0^a = h_1 a^2 + \frac{4}{\pi^2} H a^2 = (h_1 + 0,405 \cdot H) a^2$$

или, при $H = K h_1$, $V_1 = (h_1 + 0,405 \cdot K h_1) a^2 = h_1 (1 + 0,405 K)$. Теперь, если объем материала одинаков, то $V_1 = V \Rightarrow h_1 (1 + 0,405 K) = h \Rightarrow$

$$\bar{h}_1 = h_1 / h = 1 / (1 + 0,405 K). \quad (4)$$

Полагая в последнем соотношении коэффициент $K = 1$ (оболочка в центре в два раза толще, чем на краях), имеем $\bar{h}_1 = 1 / 1,405 = 0,712$. При $K = 0,5$ (оболочка в центре в полтора раза толще, чем на краях) – $\bar{h}_1 = 1 / 1,2025 = 0,832$. В случае $K = 0$ имеем оболочку постоянной толщины с $\bar{h}_1 = 1 \Rightarrow h_1 = h$.

На рис. 2 приводятся графики « $\bar{q} - \bar{W}(u)$ » для квадратных в плане, жестко заделанных по контуру оболочек кривизны $\bar{k} = 32$, находящихся под действием равномерно распределенной нагрузки \bar{q} , перпендикулярной плану оболочки. Линия с $K = 0$ соответствует оболочке постоянной толщины. Линии с $K = 0,5$ и $K = 1$ соответствуют оболочкам переменной толщины со значениями параметра K в формуле (4). Расчеты здесь проводились в 16-м приближении метода Бубнова – Галеркина, когда

$$\bar{U} = (a/h^2) U = \sum_m \sum_n A_{mn} \cdot X_{1m}(\xi) \cdot Y_{1n}(\eta), \quad \bar{V} = (a/h^2) V = \sum_m \sum_n B_{mn} \cdot X_{2m}(\xi) \cdot Y_{2n}(\eta),$$

$$\bar{W} = W/h = \sum_m \sum_n C_{mn} X_{3m}(\xi) \cdot Y_{3n}(\eta),$$

с аппроксимацией составляющих перемещения по системам, образующими которых являются системы синусов:

$$X_{1m}(\xi) = X_{2m}(\xi) = \text{Sin}(m\pi\xi),$$

$$X_{3m}(\xi) = \text{Sin}(m\pi\xi) - m\pi(1 + (-1)^m)\xi^3 + m\pi(2 + (-1)^m)\xi^2 - m\pi\xi.$$

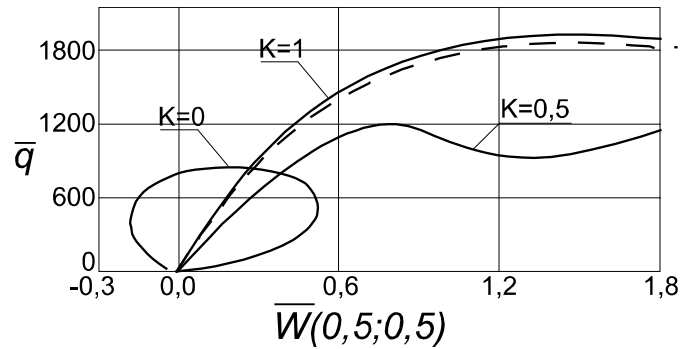


Рис. 2

Аппроксимирующие функции перпендикулярного направления записываются аналогично.

Видно, что кривые оболочек переменной толщины идут без петлеобразования. Верхняя критическая нагрузка у кривой с $K = 0,5$ стала больше таковой для оболочки постоянной толщины почти в полтора раза (1200 против 840). У оболочки с $K = 1$ верхняя критическая нагрузка более чем в два раза превосходит верхнюю критическую нагрузку аналогичной оболочки постоянной толщины (1900 против 840).

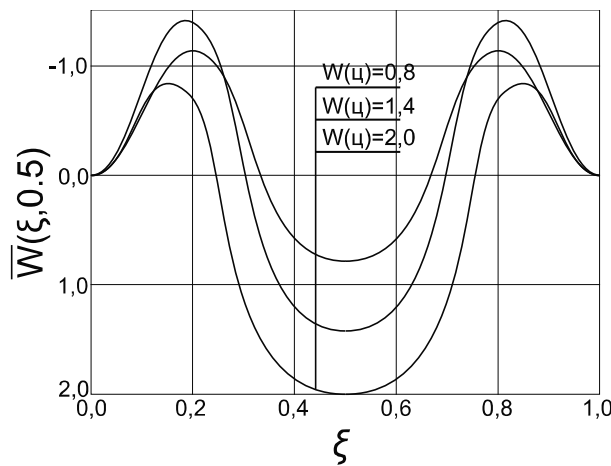


Рис. 3

На рис. 3 приводятся эпюры прогибов по сечению $\eta = y/a = 0,5$ для оболочки с $K = 1$. Здесь линия с $\bar{W}(u) = 0,8$ соответствует докритической точке, когда прогиб в центре $\bar{W}(0,5; 0,5) = \bar{W}(u) \approx 0,8$; линия с $\bar{W}(u) = 1,4$ соответствует верхней критической точке; линия с $\bar{W}(u) = 2,0$ – закритической точке. Видно, что во всех трех случаях оболочка переменной толщины в центре под действием приложенной равномерно распределенной нагрузки прогибается, а не вспучивается, как оболочка постоянной толщины [2] под действием той же нагрузки.

На рис. 4 приводятся эпюры суммарных напряжений на верхней поверхности оболочек ($\bar{z} = \frac{z}{h} = \bar{z}_g$) по сечению $\eta = 0,5$ в верхних критических точках соответственно для оболочки постоянной ($K = 0$) и переменных ($K = 0,5$ и $K = 1$) толщин. Из этого рисунка видно, что хотя критическая нагрузка для оболочки переменной толщины с $K = 1$ более чем в два раза выше, чем для оболочки постоянной толщины, напряжения в верхней критической точке меньше у оболочки переменной толщины. Здесь меньше и напряжения сжатия, и напря-

жения растяжения. Характер распределения напряжений у оболочки переменной толщины с $K = 0,5$ подобен характеру распределения напряжений у оболочки постоянной толщины. Совсем другой характер распределения напряжений у оболочки переменной толщины с $K = 1$.

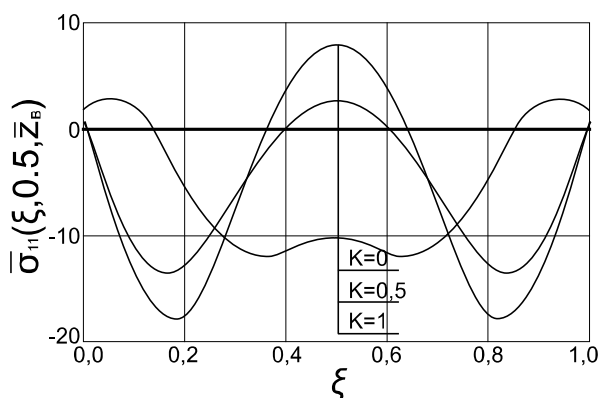


Рис. 4

Штриховая линия на рис. 2 соответствует расчету для оболочки переменной толщины по (3) с $K = 1$ в (4), выполненному с системами полиномиального вида:

$$X_{1m}(\xi) = X_{2m}(\xi) = (2\xi - 1)^{m+2} - 0,5\left(\left(1 - (-1)^m\right)(2\xi - 1) + \left(1 + (-1)^m\right)\right).$$

$$X_{3m}(\xi) = (2\xi - 1)^{m+4} + 0,25\left\{(m+3)\left((-1)^m - 1\right)(2\xi - 1)^3 - (m+4)\left((-1)^m + 1\right)(2\xi - 1)^2 - (m+1)\left((-1)^m - 1\right)(2\xi - 1) + (m+2)\left((-1)^m - 1\right)\right\}.$$

Видно, что это решение практически повторяет решение сплошной линии с $K = 1$ на этом рисунке, выполненное с аппроксимирующими функциями, образующими которых являются синусы. Таким образом, разные системы функций, подобранные нами, одинаково хорошо работают в рассматриваемых задачах.

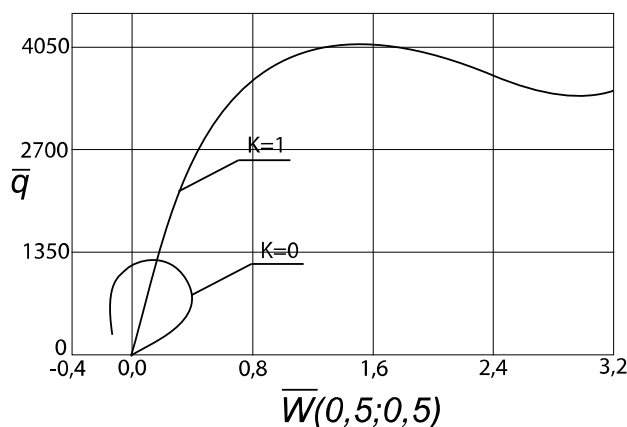


Рис. 5

На рис. 5 приводятся графики « $\bar{q} - \bar{W}(u)$ » для квадратных в плане, жестко заделанных по контуру оболочек кривизны $\bar{k} = 64$, находящихся под действием равномерно распределенной нагрузки \bar{q} , перпендикулярной плану оболочки, соответственно постоянной ($K = 0$) и переменной ($K = 1$) толщины. Расчеты здесь проводились в 16-м приближении метода Бубнова – Галеркина с аппроксимацией составляющих перемещения по системам, обра-

зующими которых являются системы синусов. Здесь также демонстрируется, что утолщение оболочки в центре дает график « $\bar{q} - \bar{W}(u)$ » без петлеобразования и приводит к значительно большим значениям верхней критической нагрузки по сравнению с оболочкой постоянной толщины. При этом разница в значениях верхних критических нагрузок здесь еще более значительна, чем у оболочек с $\bar{k} = 32$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абросимов А.А. Потеря устойчивости и закритическое поведение пологих оболочек, различным образом закрепленных на прямоугольном контуре / А.А. Абросимов, Г.А. Айрапетьянц, В.Н. Филатов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2007. № 3(26). Вып. 1. С. 7-12.
2. Филатов В.Н. Расчеты подъемистых оболочек с разными системами аппроксимирующих функций / В.Н. Филатов, А.А. Абросимов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. № 2(38). Вып. 1. С. 49-55.
3. Филатов В.Н. Построение систем аппроксимирующих функций с помощью модификации статического метода В.З. Власова, служащих для решения задач теории гибких пластин / В.Н. Филатов / Сарат. политехн. ин-т. Саратов, 1985. 26 с. Деп. в ВИНТИ 20.10.85. № 7427-B85.
4. Филатов В.Н. Исследование НДС пологих оболочек переменной толщины с использованием разных систем аппроксимирующих функций / В.Н. Филатов, А.А. Абросимов, К.В. Молодчиков // Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: межвуз. темат. сб. тр. Вып. 11. СПб.: СПбГАСУ, 2005. С. 89-103.
5. Игнатъев О.В. Вариационно-параметрический метод в нелинейной теории оболочек ступенчато-переменной толщины / О.В. Игнатъев, В.В. Карпов, В.Н. Филатов. Волгоград: ВолГАСА, 2001. 210 с.
6. Граничная задача для уравнений термоупругости гибких пологих оболочек переменной толщины при зависимости механических характеристик материала от температуры / В.Н. Филатов, Е.А. Попов, А.А. Абросимов, К.В. Молодчиков // Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ: межвуз. темат. сб. тр. Вып. 11. СПб.: СПбГАСУ, 2005. С. 89-103.
7. Безухов Н.И. Расчеты на прочность, устойчивость и колебания в условиях высоких температур / Н.И. Безухов. М.: Машиностроение, 1965. 587 с.

Филатов Валерий Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Математика и моделирование» Саратовского государственного технического университета

Filatov Valeriy Nikolayevich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Mathematics and Modeling» of Saratov State Technical University

Абросимов Алексей Анатольевич – руководитель отдела разработки ООО «Линкорн», г. Саратов

Abrosimov Aleksey Anatolyevich – Head of Development Department, Linkorn Ltd., Saratov

Саенко Иван Станиславович – аспирант кафедры «Математика и моделирование» Саратовского государственного технического университета

Sayenko Ivan Stanislavovich – Post-graduate student of the Department of «Mathematics and Modeling» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 03.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

Ф.Ф. Юдин

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАССЕЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКА
ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ С ПРИМЕСЬЮ
НА ВЫДЕЛЕНИЯХ ВДОЛЬ ДИСЛОКАЦИЙ**

Наличие в твердых телах областей неоднородности плотности или упругих свойств образца приводит к рассеянию энергии ультразвуковой волны высокой частоты. Это явление широко используется в физике твердого тела для определения размеров неоднородностей и их концентрации. Проведено теоретическое исследование механизма рассеяния ультразвука на выделениях в области ядра дислокаций. Получено выражение для энергии рассеяния.

Рассеяние, полупроводники, примесь, дислокации.

F.F. Yudin

**THEORETICAL ANALYSIS OF ULTRASOUND DISPERSION
OF HIGH FREQUENCY IN SEMICONDUCTORS WITH AN IMPURITY
ON LATTICE DEFECTS ALONG DISLOCATIONS**

Presence in firm bodies of areas of heterogeneity of density or elastic properties of a sample results in dispersion of energy of a ultrasonic wave of high frequency. This phenomenon is widely used in physics of a firm body for definition of the sizes defects and their concentration. Theoretical research of the mechanism of dispersion of ultrasound on defects in the field of a nucleus of dispositions is spent. Expression for energy of dispersion is received.

Dispersion, semiconductors, impurity, dislocations.

Распространение упругих волн в твердых телах характеризуется затуханием и скоростью этих волн. Изменения характеристик распространения можно определить, измеряя затухание и скорость как функцию переменных, представляющих интерес. В настоящее время можно указать более десятка различных типов взаимодействий, которые влияют на распространение упругих волн.

Сильное влияние на свойства решётки оказывают различные дефекты в кристаллах, или изменение типа дефектов или их концентрации. Некоторые из них, например, взаимодействие с дислокациями, оказываются существенными для низкочастотных ультразвуковых волн, другие, например, взаимодействия с электронами проводимости в металлах и полупроводниках, проявляются на высоких частотах [1, 2, 3].

В настоящее время широкое использование находят высокие частоты (0,10-10 ГГц). Этому диапазону частот соответствуют в твёрдых телах длины волн, ещё далёкие от атомных размеров. Этот факт позволяет рассматривать рассеяние акустической энергии на точечных дефектах лишь в приближении Релея.

Рассеяние упругих волн в твердом теле вызывается пространственными различиями в упругих свойствах и плотности. Эти различия могут быть связаны с дефектами или группами дефектов: от таких, как границы зерен, включение другой фазы, и до дефектов атомных размеров. В общем случае любая неоднородность будет представлять собой центр рассеяния и с повышением частоты упругих волн появляется возможность обнаружить дефекты всё меньших и меньших размеров и в меньшем количестве.

Рассеяние в упругих средах изучалось только для простых форм рассеивающих центров, как сфера и цилиндр. В работе [6] даётся обзор состояния вопроса, как в теоретическом, так и в экспериментальном аспектах. Изменения скорости упругих волн при облучении образцов быстрыми нейтронами [2, 3] хорошо согласуются с предсказанными теорией, несмотря на то, что форма дефектных областей в этом случае отличается от сферической формы. Измерения затухания и скорости на частотах до 1 ГГц в облучённом нейтронами кремнии показали, что размеры центров рассеяния составляют 100 Å.

В легированных полупроводниках эффективными центрами закрепления дислокации являются атомы примеси.

Неоднородность напряжений в области ядра дислокации приводит к возникновению сил взаимодействия между дислокацией и точечными дефектами. Эти силы в общем случае могут быть как силами притяжения, так и отталкивания. Сила взаимодействия точечного дефекта с дислокацией характеризуется энергией связи данного дефекта и дислокации.

При наличии сил притяжения атомы примеси и другие точечные дефекты создают атмосферу точечных дефектов в области ядра дислокации порядка нескольких межатомных расстояний кристаллической решётки [4].

Точечные дефекты в атмосфере взаимодействуют с атомами примеси, так как атомы примеси отличаются от атомов основного материала физическими и химическими свойствами. При этом надо учитывать, что средняя концентрация атомов примеси остаётся постоянной и не зависит от температуры, а средняя концентрация вакансий и межузельных атомов возрастает с увеличением температуры образца. В области ядра дислокации атомы примеси, взаимодействуя с другими точечными дефектами, создают в атмосфере точечных дефектов области (выделения), отличающиеся сжимаемостью от областей кристалла, свободных от дислокаций.

Концентрацию атомов примеси в облаке точечных дефектов можно оценить по формуле [4]:

$$n = n_0 e^{-w/KT}, \quad (1)$$

где n_0 – равновесная концентрация атомов примеси в областях, свободных от дислокаций; w – энергия связи атома примеси и дислокации; K – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура.

В этой формуле притяжению атомов примеси к дислокации соответствует отрицательное значение энергии связи.

Предположим, что атомы примеси и окружающие их атомы и вакансии создают вблизи дислокации сферические области, отличающиеся от основного материала кристалла только сжимаемостью. Тогда эти области будут являться рассеивающими центрами монопольного типа. Энергия, рассеянная каждой такой областью, определится по формуле [5]:

$$J = \frac{1}{2\pi} \rho c k^2 V^2, \quad (2)$$

где ρ – средняя плотность образца; c – фазовая скорость продольной волны; k – волновое число, $V = 4\pi r^2 v$ – объёмная скорость (v – колебательная скорость).

Учитывая, что $k = \omega/c$, получаем

$$J_s = \frac{2\pi}{c} \rho \omega^2 r^4 v^2. \quad (3)$$

Средняя плотность потока мощности в падающей ультразвуковой волне:

$$W = \frac{1}{2} \rho c v^2. \quad (4)$$

Тогда сечение рассеяния для одного рассеивающего центра определится по формуле

$$\sigma_1 = \frac{J_s}{W} = \frac{4\pi}{c^2} \omega^2 r^4 = 4\pi k^2 r^4. \quad (5)$$

Микронеоднородную среду принято характеризовать удельным сечением рассеяния, определяющим рассеивающую способность единицы объёма.

Продольная бегущая волна с плотностью потока мощности W потеряет в виде рассеянных волн на единице длины пробега мощность $N\sigma_1 W$, т.е.

$$\frac{dW}{dx} = -N\sigma_1 W. \quad (6)$$

Из выражения (6), интегрируя, найдём

$$W = W_0 e^{-N\sigma_1 x}. \quad (7)$$

Пусть длина дислокаций в единице объёма кристалла L . Тогда объём, занимаемый облаками в единице объёма кристалла

$$V_L = \pi R^2 L, \quad (8)$$

где R – радиус облака.

Число рассеивающих центров в единичном объёме кристалла при предположении о случайном расположении дислокаций

$$N = nV_L = n\pi R^2 L. \quad (9)$$

Здесь n – концентрация атомов примеси в облаке, определяемая соотношением (1).

Тогда удельное сечение рассеяния

$$\sigma = N\sigma_1 = n\pi R^2 L\sigma_1. \quad (10)$$

Подставляя это значение в выражение (7), получим

$$W = W_0 e^{-n\pi R^2 L\sigma_1 x}. \quad (11)$$

Согласно соотношениям (5) и (11), затухание, обусловленное рассеянием энергии, пропорционально плотности дислокаций, квадрату частоты и радиусу области с отличающейся сжимаемостью в четвёртой степени.

Убывание потока мощности волны вследствие рассеяния происходит по тому же закону, что и при поглощении ультразвука, поэтому на опыте трудно определить, вызвано ли затухание действием рассеяния или поглощением энергии упругой волны вследствие других причин.

Действие рассмотренного механизма рассеяния можно оценить экспериментально, только используя образцы, имеющие разные плотности дислокации и различные концентрации примеси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бонч-Бруевич В.Л. Физика полупроводников / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. М.: Наука, 1990. 685 с.
2. Применение физической акустики в квантовой физике и физике твёрдого тела // Физическая акустика: в 4 т. / под ред. У. Мэзона. М.: Мир, 1969. Т. 4. Ч. А. 436 с.
3. Троуэл Р. Ультразвуковые методы в физике твёрдого тела / Р. Троуэл, Ч. Эльбаум, Б. Чик. М.: Мир, 1972. 307 с.
4. Фридель Ж. Дислокации / Ж. Фридель. М.: Мир, 1967. 456 с.
5. Исакович М.А. Общая акустика / М.А. Исакович. М.: Наука, 1973. 495 с.
6. Влияние дефектов на свойства твёрдых тел // Физическая акустика: в 4 т. / под ред. У. Мэзона. М.: Мир, 1969. Т. 3. Ч. А. 578 с.

Юдин Фёдор Фёдорович –
кандидат технических наук,
доцент кафедры «Прикладная физика»
Саратовского государственного
технического университета

Yudin Fyodor Fyodorovich –
Candidate of technical Sciences,
Assistant Professor of the Department
of «Applied Physics»
of Saratov state Technical University

Статья поступила в редакцию 24.11.09, принята к опубликованию 25.03.10

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.923

Б.М. Бржозовский, О.В. Захаров, А.Ф. Балаев

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОРМЫ ЗАГОТОВОК В ПАРТИИ ПРИ БЕСЦЕНТРОВОМ СУПЕРФИНИШИРОВАНИИ

Рассмотрен геометрический механизм образования погрешностей формы заготовок при бесцентровом суперфинишировании. Предложена методология обеспечения точности в партии заготовок на основе статистического моделирования Монте-Карло. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по оптимальной наладке суперфинишного станка.

Бесцентровое суперфиниширование, обеспечение точности базирования деталей, оптимальная наладка оборудования.

B.M. Brzhozovsky, O.V. Zakharov, A.F. Balaev

MECHANISM OF INACCURACY FORMATION OF DETAILS' FORM IN PARTIES AT CENTERLESS SUPERFINISHING

A geometrical mechanism of details forms' errors is considered at centerless superfinishing. The methodology of the provision of accuracy in a batch of details is offered on the basis of Monte Carlo statistical modeling. Theoretical and experimental researches results on optimum adjustment of superfinishing machine tool are given.

Centerless superfinishing, provision to accuracy of the details bearing, optimum adjustment of the equipment.

Бесцентровое суперфиниширование – один из наиболее эффективных методов окончательной обработки наружных поверхностей деталей в виде тел вращения, эксплуатируемых в условиях трения качения под действием циклических нагрузок. К таким деталям относят ролики и кольца подшипников, плунжеры, распределительные валы и т.д. Очевидные преимущества данного метода заключаются в снижении шероховатости и геометрических отклонений формы заготовок. Особенность бесцентрового суперфиниширования состоит в базировании обрабатываемой заготовки на непрерывно вращающихся в процессе обработки валках. При этом происходит перенос отклонений формы, полученных на предыдущих операциях, на обрабатываемую поверхность и формирование новых из-за погрешностей базирования.

Практический опыт эксплуатации бесцентровых суперфинишных станков указывает на то, что процесс формообразования управляем за счет геометрической наладки, но теоретические основы для этого недостаточно разработаны. Математическая модель базирования при бесцентровом суперфинишировании рассмотрена в работе [1]. Однако наличие некоторых упрощений при постановке задачи привело к погрешности расчета. Кроме того, отсутствие адекватного критерия для оценки погрешности базирования и соответственно отклонений формы заготовок не позволило получить практические рекомендации по оптимальной наладке станков.

Приведенные факты говорят о том, что целесообразно пересмотреть теоретические аспекты формообразования поперечного сечения заготовок при бесцентровом суперфинишировании, в том числе исследовать точность обработки в партии заготовок с помощью статистического моделирования Монте-Карло.

Рассмотрим схему базирования заготовки на валках в процессе бесцентрового суперфиниширования (рис. 1). Центр заготовки O в ее требуемом положении может быть определен радиусом r и углами контакта α_1 и α_2 соответственно с левым и правым валками, найденными из решения задачи расчета формообразующей траектории [2].

Профиль поперечного сечения заготовки с отклонениями формы может быть описан тригонометрическим полиномом:

$$r(\varphi) = r_0 + \sum_{n=2}^p a_n \sin(n\varphi - \varphi_n), \quad (1)$$

где r_0 – радиус номинальной окружности профиля заготовки; n – круговая частота или порядок гармоники; a_n – амплитуда n -й гармоники; φ – угловой параметр; φ_n – начальная фаза n -й гармоники; p – максимальное число гармоник.

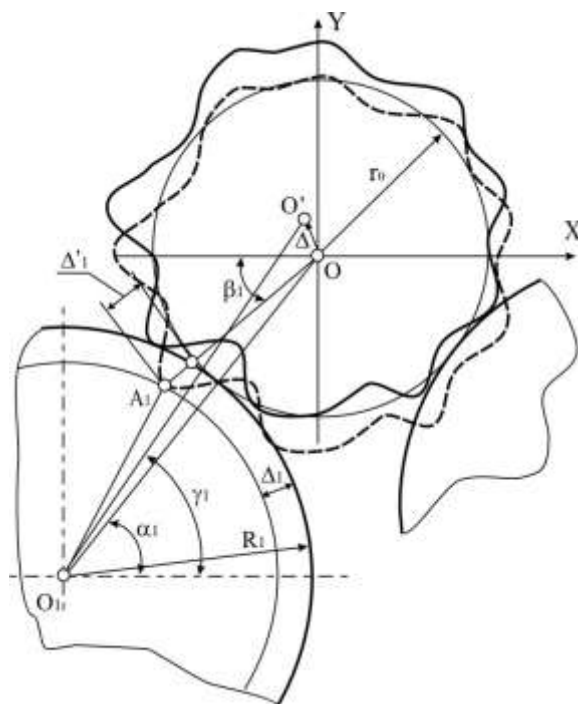


Рис. 1. Расчетная схема для определения смещения центра заготовки Δ

Поперечный профиль левого валака представим окружностью в полярной системе координат с помощью радиуса-вектора \vec{r}_1 , который может быть определен из геометрических соотношений как одна из сторон треугольника O_1OA_1 :

$$r_1^2 - 2r_1(R_1 + r_0)\cos(\beta_1 - \alpha_1) + r_0(r_0 + 2R_1) = 0, \quad (2)$$

где R_1 – радиус вала; r_1 – радиус-вектор, описывающий окружность вала в полярной системе координат; β_1 – угол, определяющий положение наиболее удалённой от центра заготовки точки профиля.

Уравнение (2) имеет два решения, соответствующих наиболее приближенной и удалённой точкам, проходящим через одну прямую. Согласно геометрическому смыслу, выбираем решение с наименьшим значением r_1 :

$$r_1 = (R_1 + r_0)\cos(\beta_1 - \alpha_1) - \sqrt{(R_1 + r_0)^2\cos^2(\beta_1 - \alpha_1) - r_0(r_0 + 2R_1)}. \quad (3)$$

Для правого вала выражения (1) и (2) записываются аналогичным образом с заменой индексов 1 на 2.

Определим точки контакта заготовки с валками, поместив ее в номинальное положение. Очевидно, что искомыми будут те точки на профиле заготовки, которые или наиболее близко расположены к опоре (имеется зазор), или в наибольшей степени стремятся внедриться в опору (создается натяг). Установим зазор (натяг), выраженный модулем Δ' и полярным углом β , на основе минимизации функционала:

$$\left. \begin{aligned} \Delta'_1(\beta_1) &= \{r(\beta_1 + 180^\circ) - r_1(\beta_1)\} \rightarrow \max \\ \Delta'_2(\beta_2) &= \{r(360^\circ - \beta_2) - r_2(\beta_2)\} \rightarrow \max \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

Проекцию Δ'_1 на направление угла α_1 находим из решения треугольника O_1OA_1 :

$$(R_1 - \Delta_1)^2 = r_1^2 + (R_1 + r_0)^2 - 2r_1(R_1 + r_0)\cos(\beta_1 - \alpha_1),$$

откуда

$$\Delta_1 = R_1 - \sqrt{r_1^2 + (R_1 + r_0)^2 - 2r_1(R_1 + r_0)\cos(\beta_1 - \alpha_1)}. \quad (5)$$

Положение центра левого вала в проекциях на оси X и Y системы координат XOY соответственно равны:

$$\left. \begin{aligned} X_{O_1} &= -(R_1 + r_0)\cos\alpha_1 \\ Y_{O_1} &= -(R_1 + r_0)\sin\alpha_1 \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

После смещения центра заготовки на Δ расстояние между этим центром и центрами валков станет равно $O_1O' = R_1 + r_0 + \Delta_1$ и $O_2O' = R_2 + r_0 + \Delta_2$ для левого и правого валков соответственно.

Перемещение центра заготовки в точку O' может быть представлено как последовательное перекачивание заготовки по правому и левому валкам. Центр заготовки при перекачивании её по левому валку будет совершать движение по дуге окружности с радиусом O_1O' и при перекачивании заготовки по правому валку по дуге окружности с радиусом O_2O' . Точка пересечения дуговых траекторий будет новым положением центра заготовки. Положение этого центра определяется углами наклона γ_1 и γ_2 соответствующих векторов O_1O' и O_2O' к оси OX . Разность проекций радиусов-векторов положения центра вала в системе координат XOY и положения нового центра O' заготовки относительно центра вала O_1 (для левого) и O_2 (для правого) равно проекции смещения детали Δ на соответствующие оси координат:

$$\left. \begin{aligned} -(R_1 + r_0)\cos\alpha_1 + (R_1 + r_0 + \Delta_1)\cos\gamma_1 &= (R_2 + r_0)\cos\alpha_2 - (R_2 + r_0 + \Delta_2)\cos\gamma_2 \\ -(R_1 + r_0)\sin\alpha_1 + (R_1 + r_0 + \Delta_1)\sin\gamma_1 &= -(R_2 + r_0)\sin\alpha_2 + (R_2 + r_0 + \Delta_2)\sin\gamma_2 \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Проведя преобразования системы (7), получим выражения для расчёта величины смещения $OO' = \Delta$ центра O' заготовки:

$$\left. \begin{aligned} \gamma_1 = \arccos \left[\frac{-ac - \sqrt{(ac)^2 - (c^2 - b^2)(a^2 + b^2)}}{2(a^2 + b^2)} \right] \\ \Delta = \sqrt{[(R_1 + r_0 + \Delta_1) \cos \gamma_1 - (R_1 + r_0) \cos \alpha_1]^2 + [(R_1 + r_0 + \Delta_1) \sin \gamma_1 - (R_1 + r_0) \sin \alpha_1]^2} \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

где $a = (R_2 + r_0) \cos \alpha_2 + (R_1 + r_0) \cos \alpha_1$; $b = (R_2 + r_0) \sin \alpha_2 - (R_1 + r_0) \sin \alpha_1$;

$$c = \frac{(R_2 + r_0 + \Delta_2)^2 - (a^2 + b^2) - (R_1 + r_0 + \Delta_1)^2}{2(R_1 + r_0 + \Delta_1)}.$$

Выражение (8) позволяет определить смещение заготовки Δ в конкретном её положении, заданном значением начальной фазы φ . При непрерывном вращении заготовка последовательно занимает множество положений, и для оценки точности базирования может быть применен критерий в виде среднего арифметического радиусов траектории центра заготовки за полный оборот [3]:

$$K = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \Delta(\varphi_i), \quad (9)$$

где φ_i – угол поворота заготовки при вращении; i – число расчетных точек траектории, или последовательных положений заготовки.

Для расчёта положения центра заготовки, повернутой на угол $\Delta\varphi$ относительно исходного положения, в выражение (1) вносится дополнение:

$$r(\varphi + \Delta\varphi) = r_0 + \sum_{n=2}^p a_n \sin(n(\varphi + \Delta\varphi) - \varphi_n).$$

Соответственно для моделирования процесса вращения заготовки $\Delta\varphi$ будет дискретно изменяться в зависимости от числа последовательных положений k за один оборот.

При вращении заготовки с реальным профилем радиус-вектор смещения центра $\bar{\Delta}$ будет описывать некоторый контур. При этом траекторией движения каждой точки профиля будет кривая, конгруэнтная траектории центра с учетом радиуса r_0 . Таким образом, поперечный профиль заготовки, формируемый в процессе суперфиниширования, определяется формой траектории центра O' . Для построения графика траектории центра заготовки число точек k следует брать наибольшим (ограничение обусловлено лишь производительностью вычислительной машины) кратным порядку полинома, в противном случае происходит перекося графика полученной траектории относительно реальной, что практически не влияет на величину коэффициента базирования.

Из рис. 1 видно, что форма траектории центра может зависеть от суммарного угла $\alpha_\Sigma = \alpha_1 + \alpha_2$, а положение этой кривой относительно полярной системы координат – от отдельных значений α_1 и α_2 , поэтому для удобства примем $\alpha_1 = \alpha_2$ при начальных фазах гармоник, равных нулю ($\varphi = 0$).

Для анализа изменений величины K (рис. 2) и формы траектории центра заготовки (рис. 3) в зависимости от суммарного угла контакта по представленной модели были проведены численные эксперименты. При этом расчеты проводились для гармоник со 2-й по 5-ю, полагая значения всех амплитуд гармоник равными 1 мкм. Первая гармоника не рассматривалась, поскольку она характеризует эксцентриситет, обусловленный точностью установки заготовки в измерительном приборе.

Выбор диапазона варьирования значений угла $\alpha_\Sigma = 60^\circ$ при базировании обусловлен кинематическими, силовыми и конструктивными ограничениями при наладке станка [4]. Минимальное значение угла α_Σ ($\alpha_\Sigma = 20^\circ$ для 2-й гармоники; $\alpha_\Sigma = 15^\circ$ для 4-й гармоники; $\alpha_\Sigma = 10^\circ$ для 3-й и 5-й гармоник) принято из условия, что при меньших значениях происходит выпадение заготовки между валками.

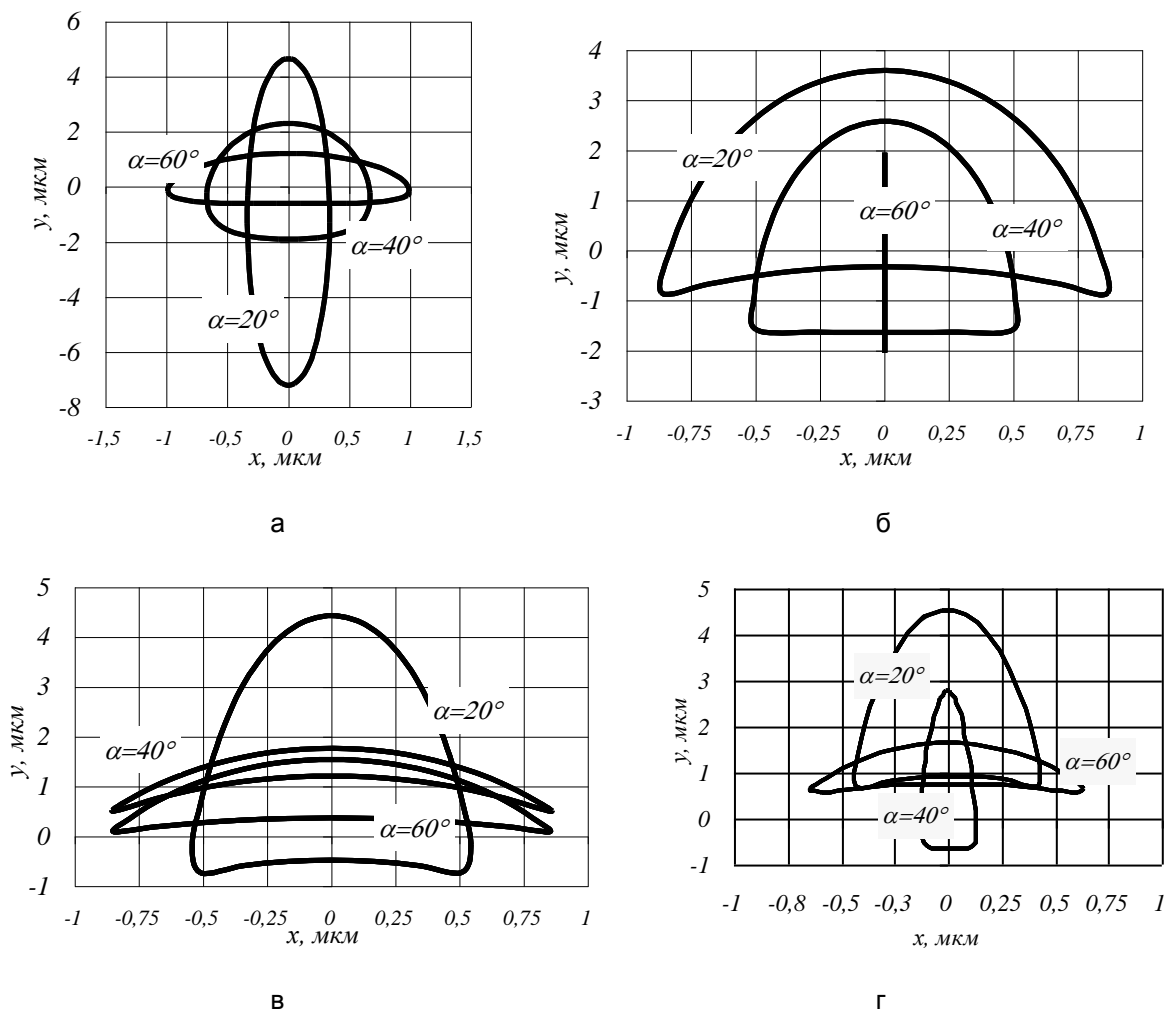


Рис. 2. Траектории движения центра заготовки: а – вторая гармоника; б – третья гармоника; в – четвертая гармоника; г – пятая гармоника

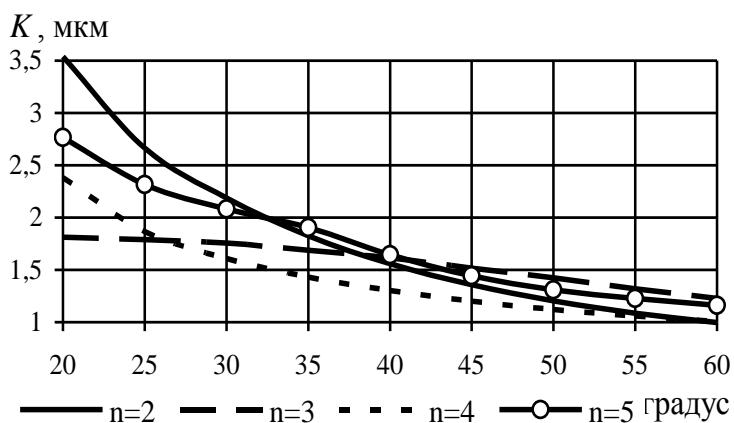


Рис. 3. Зависимость критерия K от суммарного угла контакта α

Проведенные расчеты позволили установить, что траектории движения центра заготовки имеют симметричный вид относительно вертикальной оси OY . В силу периодичности отклонений, полученные траектории центра, при полном обороте заготовки повторяются число раз, равное номеру рассматриваемой гармоника. С изменением суммарного угла про-

исходит вытягивание формы траектории вдоль одной из осей, в частности при увеличении α_2 для 2-, 4-, 5-й гармоник происходит вытягивание кривой вдоль горизонтальной оси OX , для 3-й гармоники – вытягивание кривой вдоль вертикальной оси OY .

Для большинства гармоник при различных параметрах наладки преобладают траектории овальной и трехгранной формы, что подтверждается данными производственных исследований – для всей партии заготовок, прошедших суперфинишную обработку, наблюдаются только три первых гармоники, остальные гармоники наблюдаются менее чем в половине объема партии. Кроме того, это наблюдение позволяет сделать предположение о независимости числа граней заготовки после обработки (овальность, трехгранность) от номера порядка исходных гармоник, преобладающих в профиле заготовки до обработки. В то же время анализ формы траектории и углов контакта не позволил выявить между ними явной связи.

Исследование критерия K показало, что для 2-, 3-, 4-, 5-й гармоник оптимальным углом наладки в диапазоне $\alpha = 10-60^\circ$ является максимальное значение 60° . Для приведенных примеров при $\alpha = 10-60^\circ$ значение критерия K изменяется от 1,0 до 4,5. Для рассчитанного диапазона наладок критерий K принимает значения только больше единицы, что говорит о копировании погрешностей базовой поверхности и наличии тенденции к созданию новых погрешностей. При уменьшении отношения радиусов валков и заготовки наблюдается некоторое уменьшение критерия K .

При оптимизации процесса бесцентрового суперфиниширования по критерию точности микробазирования следует учитывать геометрические, кинематические и силовые ограничения [3, 4]. Геометрические ограничения накладываются исходя из расчета профиля валков на этапе профилирования или расчета формообразующей траектории при наладке станка. Ограничения по силовым параметрам имеют нелинейный характер и выявляются при решении задачи силового замыкания контакта. Область работоспособности в координатах углов α_1 , α_2 контакта заготовки с валками приведена на рис. 4, где показаны: 1 – геометрические, 2 – кинематические, 3 – силовые ограничения.

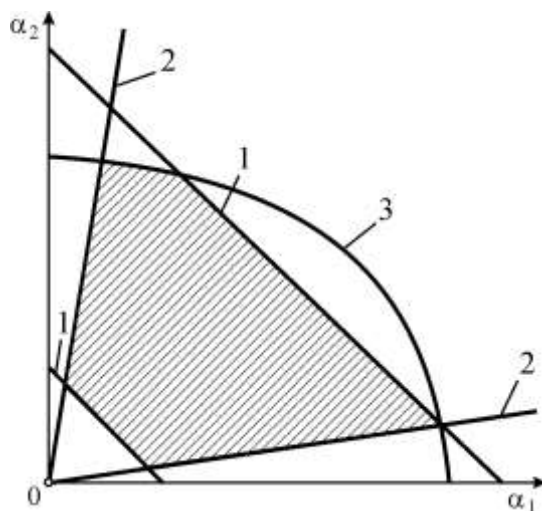


Рис. 4. Область работоспособности углов α_1 , α_2 контакта заготовки с валками

Налаживать бесцентровые шлифовальные и суперфинишные станки на обработку одной конкретной заготовки нецелесообразно, а в партии отклонения формы заготовок имеют стохастический характер. Выявить одну доминирующую гармонику не всегда возможно, так как обычно имеются несколько гармоник со сравнительно большими амплитудами. Кроме того, наличие случайных начальных фаз и корреляционных связей между амплитудами гармоник существенным образом усложняет задачу.

Для решения подобных задач предназначен метод статистического моделирования, также называемый методом статистических испытаний Монте-Карло [5]. Он базируется на применении случайных чисел некоторой случайной величины с заданным распределением вероятности. Сущность метода статистического моделирования сводится к построению моделирующего алгоритма, его реализации с помощью программно-технических средств ЭВМ и обработке данных методами математической статистики.

Применительно к задаче базирования основная идея метода Монте-Карло заключается в моделировании стохастических входных данных (отклонений формы заготовок), многократной реализации аналитической модели базирования и получении вероятностных характеристик, численные значения которых совпадают с результатом решения детерминированной задачи. В результате получают серию частных значений искомой погрешности базирования, статистическая обработка которых дает сведения о влиянии параметров наладки станка при обработке партии заготовок. Исходные данные о погрешностях формы заготовок получают экспериментальным путем, а законы и параметры распределения рассчитывают по формулам математической статистики. Если количество реализаций достаточно велико, то полученные результаты моделирования приобретают статистическую устойчивость и с достаточной точностью принимаются в виде оценок искомых параметров.

Исходными данными при моделировании являются параметры заготовки (радиус r_0 , число n гармоник, параметры распределения и границы интервала изменения амплитуд и начальных фаз гармоник), параметры наладки станка (углы базирующих элементов α_1, α_2 , радиусы валков R_1, R_2) и количество m заготовок в партии. Число m заготовок в партии назначают, исходя из трудоемкости моделирования, а не из реального технологического процесса. Очевидно, что с увеличением числа реализаций m возрастают точность и достоверность получаемых статистических оценок.

Для формирования базы данных по законам и параметрам распределения отклонений формы заготовок в партиях были проведены экспериментальные исследования в условиях ОАО «Саратовский подшипниковый завод». Объектами исследования служили партии роликов подшипников, обработанные на бесцентровых шлифовальных станках мод. SASL-200×500 и затем на суперфинишных станках мод. SZZ-3. В ходе экспериментов подтверждена склонность методов бесцентровой абразивной обработки к геометрическому наследованию погрешностей формы. Проведенные исследования выявили, что амплитуды a гармоник распределены по закону Пирсона первого типа, а начальные фазы φ – по закону равной вероятности.

С учетом экспериментальных данных проведено моделирование критерия точности базирования для партии из 200 заготовок для бесцентрового суперфиниширования. Статистическая обработка результатов показала, что наилучшим образом критерий K описывается нормальным законом. Функция плотности вероятности однозначно определена двумя параметрами – математическим ожиданием m и среднеквадратическим отклонением σ . Графики плотности вероятности f для трех рассчитанных вариантов наладки изображены на рис. 5.

Обработка результатов статистического моделирования представлена в таблице. Рассчитаны первые четыре статистических момента (m_1, m_2, m_3, m_4), среднеквадратическое отклонение σ , показатели асимметрии α_3 и эксцесса α_4 для распределения критерия K .

Начальные моменты распределения критерия K в партии заготовок

α_2	m_1	m_2	σ	m_3	α_3	m_4	α_4
15	1,400	0,123	0,351	0,012	0,277	0,043	2,858
30	0,809	0,049	0,221	0,004	0,007	0,393	2,790
45	0,603	0,020	0,141	0,001	0,001	0,306	3,154

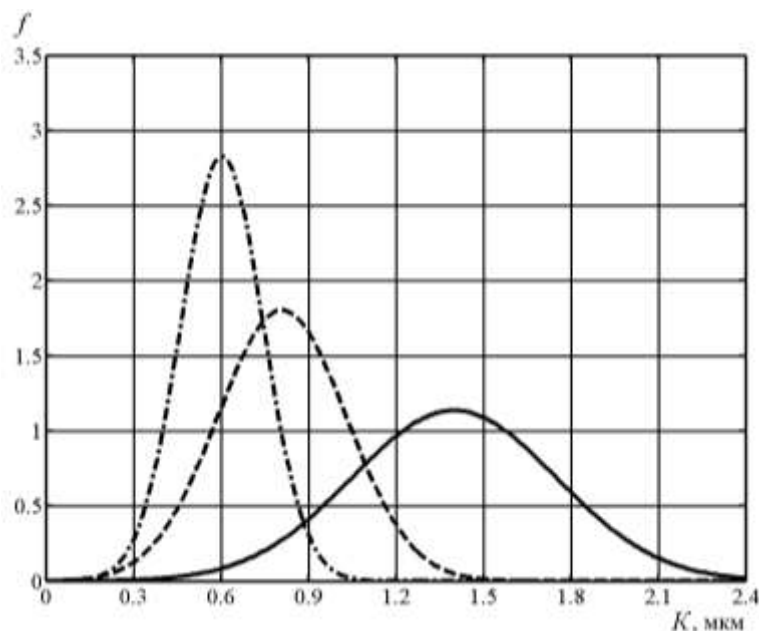


Рис. 5. Плотность вероятности критерия K в зависимости от настройки станка: сплошная линия – $\alpha_{\Sigma} = 15^{\circ}$; штриховая – $\alpha_{\Sigma} = 30^{\circ}$; штрихпунктирная – $\alpha_{\Sigma} = 45^{\circ}$

Анализ таблицы показал, что все варианты настройки характеризуются положительным показателем асимметрии и показателем эксцесса, равным трем и более. При бесцентровом суперфинишировании наиболее нерациональный угол $\alpha_{\Sigma} = 15^{\circ}$ (математическое ожидание погрешности базирования равно 1,4 мкм и среднеквадратическое отклонение 0,351 мкм). При наилучшем угле настройки $\alpha_{\Sigma} = 45^{\circ}$ среднеарифметическое отклонение уменьшается примерно в 2,3 раза и среднеквадратическое отклонение – в 2,5 раза. Столь большие различия статистических оценок критерия K объясняются тем, что оптимальный вариант настройки находится вне исследуемого диапазона угла $\alpha_{\Sigma} = 15^{\circ} \dots 45^{\circ}$. При наличии ограничений на максимальное значение угла α_{Σ} уменьшение среднеарифметического и среднеквадратического отклонений составит 50%.

Сравнение оценок математического ожидания для критерия базирования с величиной отклонения от круглости показало, что оптимальные варианты настройки суперфинишного станка способствуют активному исправлению профиля поперечного сечения. Кроме того, наименьшему математическому ожиданию также соответствует наименьшее среднеквадратическое отклонение.

Таким образом, разработанные математические модели позволили выявить основные закономерности формирования отклонений формы заготовок вследствие погрешностей базирования при бесцентровом суперфинишировании, а предложенная методика оптимальной настройки станка – обеспечить точность обработки в партии заготовок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров О.В. Математическая модель базирования при бесцентровом суперфинишировании / О.В. Захаров, А.Ф. Балаев // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: межвуз. науч. сб. Саратов: СГТУ, 2004. С. 55-59.
2. Захаров О.В. Обобщенная геометро-аналитическая модель для расчета формирующей траектории при бесцентровом суперфинишировании / О.В. Захаров, Б.М. Бржозовский, А.Ф. Балаев // Известия вузов. Машиностроение. 2006. № 10. С. 11-15.
3. Захаров О.В. Минимизация погрешностей формообразования при бесцентровой абразивной обработке / О.В. Захаров. Саратов: СГТУ, 2006. 152 с.

4. Бржозовский Б.М. Кинематические и силовые аспекты бесцентрового суперфиниширования / Б.М. Бржозовский, О.В. Захаров, А.Ф. Балаев // СТИН. 2006. № 11. С. 2-5.

5. Обеспечение точности обработки партии заготовок при бесцентровой абразивной обработке на основе статистического моделирования Монте-Карло / О.В. Захаров, Б.М. Бржозовский, М.Б. Бровкова и др. // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2006. № 4. Вып. 1. С. 12-17.

Бржозовский Борис Максович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование и компьютерное моделирование технологического оборудования в машино- и приборостроении» Саратовского государственного технического университета

Brzhozovskiy Boris Maksovič – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Designing and Computer Modeling of Technological Equipment in Machine and Instrument Building» of Saratov State Technical University

Захаров Олег Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и компьютерное моделирование технологического оборудования в машино- и приборостроении» Саратовского государственного технического университета

Zakharov Oleg Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Designing and Computer Modeling of Technological Equipment in Machine and Instrument Building» of Saratov State Technical University

Балаев Андрей Федорович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и компьютерное моделирование технологического оборудования в машино- и приборостроении» Саратовского государственного технического университета

Balayev Andrey Fyodorovich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Designing and Computer Modeling of Technological Equipment in Machine and Instrument Building» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 30.10.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 629.113.004.67

А.Н. Виноградов, М.А. Лутахов, В.В. Мешков, Д.В. Кузнецов

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАПЛАВКОЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

Приводится описание способа и устройства для наплавки, в котором в дополнение к плавящемуся электроду в наплавочную ванну вводят заземленную присадочную проволоку – стальную легированную или из цветных металлов и сплавов. Применение легирующих материалов и цветных сплавов, по отдельности или совместно, позволяет значительно увеличивать

твердость и износостойкость, а также за счет отбора тепла снизить склонность наплавленного слоя к образованию микротрещин.

Восстановление поверхностей, наплавка.

A.N. Vinogradov, M.A. Lutakhov, V.V. Meshkov, D.V. Kuznetsov

WAYS AND DEVICES FOR WELD DEPOSIT RESTORATION OF ROTATION BODIES SURFACES

The article presents the description of a way and the device for weld deposit in which in addition to melting down to an electrode in the weld pool induct the earthed filler wire – steel alloyed or from nonferrous metals and alloys. It is shown that the application of alloying materials and nonferrous metal alloys, separately or in common, allows to increase considerably hardness and wear resistance, and also at the expense of selection is warm to lower propensity the built-up layer to formation of micro cracks.

Surface reconditioning, surfacing.

Существующие способы восстановления наплавкой изношенных поверхностей деталей предполагают получение твердости наплавленного слоя в пределах 20...45 HRC, без дополнительной обработки. Причем, если наплавлять проволоками из сталей, подверженных термообработке (например, 30ХГСА), то возможно упрочнение наплавленного слоя введением дополнительной термической операции. Некоторые наплавочные покрытия (например, Св-08 Х20Н9Г7Т), обладающие антикоррозионными свойствами, не воспринимают закалку и могут быть упрочнены только пластическим деформированием (обкаткой шариками или роликами). Применение дополнительной обработки не всегда возможно, а в некоторых случаях недопустимо. Кроме того, даже применив рассмотренные способы поверхностного упрочнения наплавленного слоя, не всегда удается достичь заданных физико-механических характеристик рабочих поверхностей.

Предлагаемый способ сварки и наплавки может быть применен для восстановления как поверхностей тел вращения, так и плоских поверхностей, в том числе деталей автомобилей из легированных сталей с высоким содержанием углерода.

Существуют способы дуговой сварки мартенситных сталей [1,2], при которых сварку осуществляют аустенитным электродом, и присадочную проволоку подают на расстоянии от электрода, равном не менее 0,25 длины сварочной ванны, а металл присадочной проволоки выбирают с температурой солидуса не менее температуры солидуса металла электрода и нагревают присадочную проволоку до температуры нижней границы температурного интервала хрупкости.

Недостатками этих способов является то, что не регулируется скорость подачи проволоки, а также требуется дополнительный нагрев присадочной проволоки электрическим током.

Известен также способ получения наплавленного металла с заданными свойствами при автоматической дуговой наплавке [3], предполагающий изготовление материала для наплавки, содержащего флюс с введенными в его состав износостойкими порошковыми ферросплавами для легирования наплавленного металла. Материал для наплавки изготавливают путем механического смешивания ферросплавов и флюса с одновременным добавлением в качестве связующего вещества натриевого жидкого стекла, последующей просушки при температуре до 50°C, прокалки при 300°C и его грануляции. Недостатком этого способа является то, что получение материала для наплавки (флюса) – процесс трудоемкий и дорогостоящий, а компоненты не всегда качественные.

За рубежом нашло применение устройство для наплавки с двойной подачей сварочной проволоки, разработанное Вильямом Р. Глисоном, рис. 1 [4]. Суть его в том, что в сварочный аппарат установлены одновременно две сварочные проволоки с различными характеристиками. Таким образом, обеспечивается быстрая замена одной проволоки на другую, что позволяет получать покрытия с разными свойствами. Однако в процессе наплавки всегда участвует только одна из проволок, что существенно ограничивает возможность управления свойствами наплавочных покрытий.

Наиболее близким по технической сущности является способ восстановления наплавкой поверхностей катания [5], при котором наплавка ведется в среде защитных газов аустенитным электродом, образующим наплавочную ванну, с дополнительной горячей присадкой (ДГП), которая вводится в кристаллизующуюся часть наплавочной ванны на расстоянии от плавящегося электрода. Недостатками этого способа является то, что ДГП требует подогрева электрическим током, кроме того, в данном способе не предусмотрена регулировка угла, под которым подается присадка, относительно плавящегося электрода, а также не обеспечивается подача присадки попарно перед плавящимся электродом и после него.

Учитывая недостатки рассмотренных выше способов и устройств, была поставлена задача – разработать способ наплавки, позволяющий получать наплавочные покрытия, различные по физико-механическим и трибологическим свойствам, а также по химическому составу. Это достигается тем, что в разработанном способе осуществляется автоматическая наплавка под слоем флюса плавящимся электродом, с подачей дополнительной присадки, которая заземлена. Расстояние от присадки до плавящегося электрода, угол её наклона α или α' относительно плавящегося электрода, ее материал – стальная легированная проволока или проволока из цветных металлов и сплавов, а также расположение присадки относительно плавящегося электрода – перед плавящимся электродом или после него по ходу движения – выбираются в зависимости от требуемых физико-механических свойств наплавленного металла. Подача присадки может осуществляться перед плавящимся электродом и после него.

Присадка полностью изолирована от тока и подается отдельным подающим механизмом, обеспечивающим стабильную скорость подводимой проволоки, а также имеющим возможность плавной ее регулировки. Присадочная проволока не вносит дополнительных возмущений в наплавочную ванну и исключает возникновение дугового разряда между заземленной присадкой (ЗП) и наплавочной ванной. Применение легирующих материалов и цветных сплавов, по отдельности или совместно, позволяет значительно увеличивать твердость и износостойкость, а также за счет отбора тепла снизить склонность наплавленного слоя к образованию микротрещин. Повышение технологической прочности и износостойкости швов

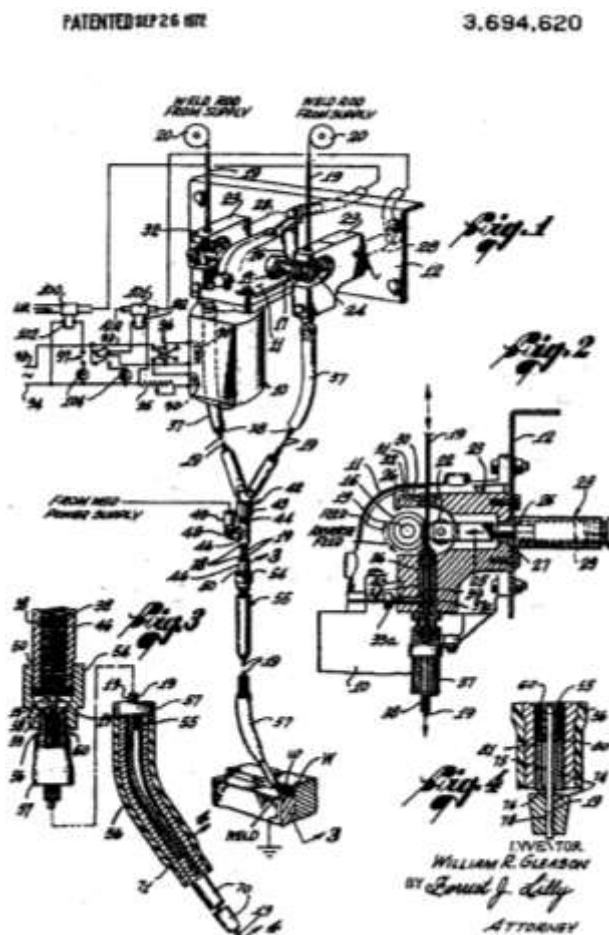


Рис. 1. Устройство для наплавки с двойной подачей сварочной проволоки, разработанное Вильямом Р. Глисоном

достигается как технологическими, так и металлургическими методами, обеспечивающими формирование твердых карбидов и ферритного подслоя по границе сплавления.

Основная проволока формирует ферритный подслоя в сварочной ванне, а ЗП формирует легирующую структуру, либо твердые карбиды в центре шва, предотвращая появление горячих трещин. Кроме того, при наплавке с ЗП благоприятно изменяется термический цикл шва и околошовной зоны (ОШЗ). Уменьшается степень перегрева сварочной ванны и увеличивается скорость охлаждения в области температур кристаллизации шва, что обеспечивает повышение его сопротивляемости образованию горячих трещин.

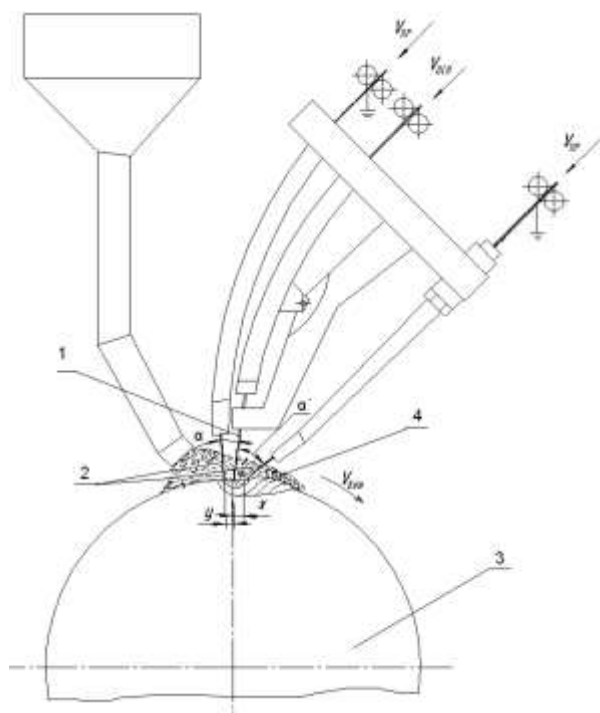


Рис. 2. Схема подачи проволок при наплавке тремя проволоками, основной и двумя присадочными (вид сбоку): 1 – основная проволока; 2 – присадочная проволока; 3 – деталь; 4 – флюс

При наплавке швами переменного состава с использованием ЗП наблюдается снижение максимальных температур термического цикла наплавки, что способствует повышению сопротивляемости шва образованию горячих трещин, а возможность подачи ЗП перед и после электрода предполагает получение швов различных химических составов с различными физико-механическими свойствами. Появляется возможность отказа от операций предварительного подогрева, а также закалки током высокой частоты, либо иного другого метода упрочнения, после наплавки. Процесс наплавки представлен на схеме (рис. 2).

В ОШЗ под определенным углом и на определенном расстоянии, равном от 0,5 до 2,5 мм, относительно основной проволоки подается дополнительная присадка, в количестве 0,18-0,88 от массы основной проволоки. Выбранное расстояние объясняется разницей температур в ОШЗ, чем ближе к центру, тем выше температура. При этом дополнительная присадка полностью заземлена и может подаваться как спереди, так и сзади, относительно основной проволоки, поочередно или вместе.

На рис. 2 приняты следующие обозначения: $V_{осн}$ – скорость подачи основной проволоки; $V_{пр}$ – скорость подачи присадочной проволоки; $V_{дет}$ – скорость вращения детали; α – угол между основной проволокой и передней присадочной; α' – угол между основной проволокой и задней присадочной; y – расстояние между основной проволокой и передней присадочной; x – расстояние между основной проволокой и задней присадочной.

Схема расположения основного плавящегося электрода и заземленных присадок по отношению к нему представлена на рис. 3.

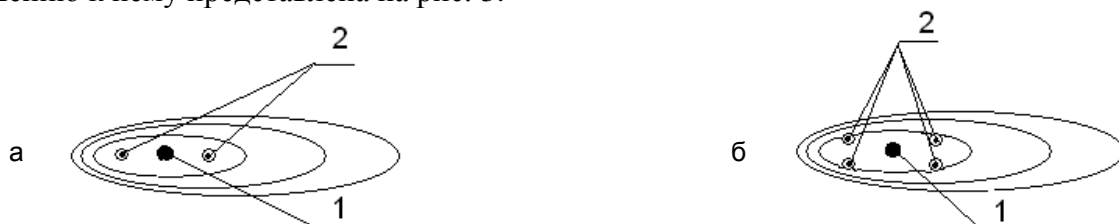


Рис. 3. Схема подачи: а – трех проволок: 1 – основной и 2 – двух присадочных; б – пяти проволок: 1 – основной и 2 – четырех присадочных (вид сверху)

Введение ЗП на определенном расстоянии обусловлено тем, что при очень близком расстоянии от центра сварочной ванны, где наибольшая температура, присадочный материал с малой температурой плавления частично будет выгорать. Введение ЗП под определенным углом обусловлено тем, что при очень острых углах подачи присадки она глубже попадает в сварочную ванну, а при больших углах – наоборот. В первом случае шов получается наиболее твердым, нежели во втором – из-за лучшей смешиваемости и распределения присадки. Введение ЗП с определенной скоростью обусловлено тем, что чем больше скорость, тем большее количество присадки будет содержаться в металле шва.

Заземление присадочной проволоки производится путем изолирующих элементов (керамики, многослойной резины и т.д.) для гарантированного отсутствия дугового разряда между присадочной проволокой и сварочной ванной.

Применение присадок на основе, например, меди, позволяет получить повышение износостойкости наплавленного шва за счет медного подслоя.

Предлагаемый способ обеспечивает:

- получение твердости наплавленного слоя от 29 до 60 HRC₃;
- разнообразные по химическому составу слои (в том числе слоистую структуру наплавленного слоя);
- различные физико-механические свойства наплавленных слоев.

Например: наплавка вала водяного насоса Ø90 мм производилась на переоборудованном токарно-винторезном станке 16К20, на котором установлена наплавочная головка с тремя подающими механизмами. Наплавка велась под слоем флюса. Основная проволока 30ХГСА, диаметром 1,6 мм, скорость подачи 2,1 м/мин. Режим наплавки: напряжение 32 В, сила тока 180-190 А, частота вращения шпинделя 1,33 мин⁻¹. Присадочную проволоку Св 08 Х20Н9Г7Т вводят спереди относительно основной, на расстоянии 1,4-1,5 мм и под углом 17-20°. Диаметр присадочной проволоки 1,2 мм, скорость подачи 3,3 м/мин, содержание 0,88 от основной. Твердость наплавленного слоя 48...50 HRC₃.

Таким образом, применение данного способа позволит получить наплавленные поверхностные слои, стойкие к образованию горячих трещин, разнообразные по химическому составу и физико-механическим свойствам, без применения термического и других видов поверхностного упрочнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 1704982 РФ МПК⁵ В23К 9/18. Способ дуговой сварки мартенситных сталей / Б.Ф. Якушин, Ю.Ф. Панкеев, В.П. Синякин, Н.В. Павлов, Е.К. Грошев; заявитель МГТУ им. Н.Э. Баумана. № 4220328; заявл. 02.04.1987; опубл. 15.01.1992.
2. Пат. 2022738 РФ МПК⁵ В23К 9/16. Способ сварки разнородных сталей / Г.П. Карзов, Ю.М. Журавлев, Г.Н. Филимонов, В.В. Цуканов; заявитель и патентообладатель Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей». № 4924538/08; заявл. 03.04.1991; опубл. 15.11.1994.
3. Пат. 2175905 РФ МПК⁷ В23К9/04, В23К35/36, В23К35/40. Способ получения наплавленного металла с заданными свойствами при автоматической дуговой наплавке / Ю.А. Зайченко, В.В. Косаревский; заявитель и патентообладатель Инженерный центр «Сплав». № 99124173/02; заявл. 15.11.94; опубл. 20.11.2001.
4. Patent 3694620 (US) / Dual Welding Wire Feed For ARC Welder / W. Gleason. 1972. 5 p.
5. Пат. 2143962 РФ МПК⁷ В23К9/04, В22D19/10. Способ восстановления наплавкой поверхностей катания / В.В. Шефель, М.В. Лойко, В.Д. Стржалковский, Б.В. Парамонов, А.Д. Рожков, Б.Ф. Якушин, М.Г. Фрейдлин, И.Ю. Щавинский, В.Г. Яценко; заявитель и патентообладатель В.В. Шефель, В.М. Лойко, В.Д. Стржалковский, Б.В. Парамонов, А.Д. Рожков, Б.Ф. Якушин, М.Г. Фрейдлин, И.Ю. Щавинский, В.Г. Яценко. № 97104641/02; заявл. 25.03.97; опубл. 10.01.2000.

Виноградов Александр Николаевич –
доктор технических наук, профессор кафедры
«Автомобили и автомобильное хозяйство»
Саратовского государственного
технического университета

Лутахов Михаил Александрович –
заведующий лабораторией кафедры
«Автомобили и автомобильное хозяйство»
Саратовского государственного
технического университета

Мешков Владимир Владимирович –
аспирант кафедры
«Автомобили и автомобильное хозяйство»
Саратовского государственного
технического университета

Кузнецов Дмитрий Викторович –
аспирант кафедры
«Автомобили и автомобильное хозяйство»
Саратовского государственного
технического университета

Vinogradov Aleksandr Nikolayevich –
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
of «Automobiles and Automobile Economy»
of Saratov State Technical University

Lutakhov Mikhail Aleksandrovich –
«Automobiles and Automobile Economy»
of the Department Laboratory Manager
of Saratov State Technical University

Meshkov Vladimir Vladimirovich –
Post-graduate student of the Department
of «Automobiles and Automobile Economy»
of Saratov State Technical University

Kuznetsov Dmitriy Viktorovich –
Post-graduate student of the Department
of «Automobiles and Automobile Economy»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 22.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 629.981

Н.Б. Годунов, Ф.Я. Рудик, С.А. Богатырев, Р.Я. Магомедов

ОСНАСТКА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ШЛИЦЕВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАКАТКОЙ

Рассмотрены вопросы нагруженного состояния шлицевой втулки карданной передачи, обоснована целесообразность восстановления детали методом пластической деформации. В соответствии с принятой схемой формообразования предложена накатная установка и даны расчетные формулы для определения ее прочностных показателей.

Износы, напряжение, шлицы, перемещение металла, технологический процесс, профиль шлица, устройство, деформирующие и профилирующие ролики, усилие деформации.

N.B. Godunov, F.Ya. Rudik, S.A. Bogatyryov, R.Ya Magomedov

EQUIPMENT FOR NON-UNIFORM SPLINED SURFACES RESTORATION BY KNURLING

Questions of the loaded condition of splined plug of cardan drive are considered here, the expediency of restoration of a detail is proved by a method of plastic deformation. According to the accepted scheme of form shaping knurling

installation is offered and calculation formulas for the definition of its strength property indicators are given.

Depreciation, pressure, splineway, metal moving, technological process, spline profile, device, deforming and main rollers, deformation effort.

Наибольшая интенсивность износов шлицев втулки наблюдается на поверхностях, непосредственно передающих крутящий момент. Износ шлицев по длине неравномерен, что характерно для передач с переменной длиной зацепления при работе мобильной техники. Наиболее активны при работе соединения контактные напряжения, составляющие $\sigma_n = 3 \cdot 10^3$ МПа. Повышенные износы шлицев резко меняют характер работы сопряжения, интенсифицируют динамические нагрузки и приводят, как правило, к предельным состояниям и нередко к выкрашиваниям и поломкам шлицев.

Значительные изгибающие и контактные напряжения говорят о необходимости обеспечения высоких прочностных показателей при восстановлении шлицев, что наиболее полно соблюдается мономерностью материала. Данное обстоятельство диктует целесообразность использования при восстановлении технологий, основанных на использовании запасов металла по телу детали путем его перемещения методом пластической деформации с нерабочих поверхностей на восстанавливаемые. Ввиду дефицита металла технологически важным является сведение его перемещения к минимуму.

В разработанном технологическом процессе восстановления внутренних шлицев осуществляется одновременная деформация внешней поверхности с профилированием восстанавливаемых шлицев. Причем использование в устройстве деформирующих и профилирующих роликов позволяет получать профиль шлица с минимальными припусками для механической обработки под номинальный размер.

Оригинальность данной технологии заключается в продольном профилировании внутренней зубчатой поверхности веерообразно расположенными роликами, совмещенной с поэтапной поперечной накаткой наружной цилиндрической поверхности двухрядным роликовым блоком в едином технологическом приеме, рис. 1.

Предварительно нагретую до температуры 900-950°C восстанавливаемую деталь устанавливают в оправку 6 устройства, монтируемого на токарно-винторезном станке. Причем оправка 6 связана с гидроцилиндром, смонтированным на задней бабке станка. При перемещении заготовки 2 вдоль оси 7 в направлении патрона станка 9, в котором закреплена роликовая обойма 10, профилирующие ролики 8 вводятся во впадины зубьев. Одновременно с этим включается привод токарно-винторезного станка, передающий вращение через патрон 9 и приводную обойму 10 накатным двухрядным роликам 11, расположенным на концентричной с осью окружности.

По мере передвижения заготовки 2 накатные ролики 11 коническими 12, 13 и цилиндрическими 14, 15 поверхностями последовательно, начиная с минимальной и заканчивая необходимой величиной, перемещают металл с внешней поверхности к внутренней. Одновременно с этим в зоне перемещаемого к шлицевому отверстию 4 металла роликами 8, набранными в двухсекционную обойму 16, осуществляется размерное продольное профилирование шлицев. В результате происходит равномерное приращение зуба по всей длине L шлица.

Процесс формообразования заканчивается при температуре 750...800°C. При обратном движении профилирующие ролики выходят из зубчатых впадин 4, заготовка 2 снимается с оправки 6, процесс накатки завершается.

Повышение прочностных показателей оснастки и снижение энергосиловых параметров процесса накатки достигается за счет использования принципа разделения действия усилия накатки на составляющие по осям X и Y, рис. 2.

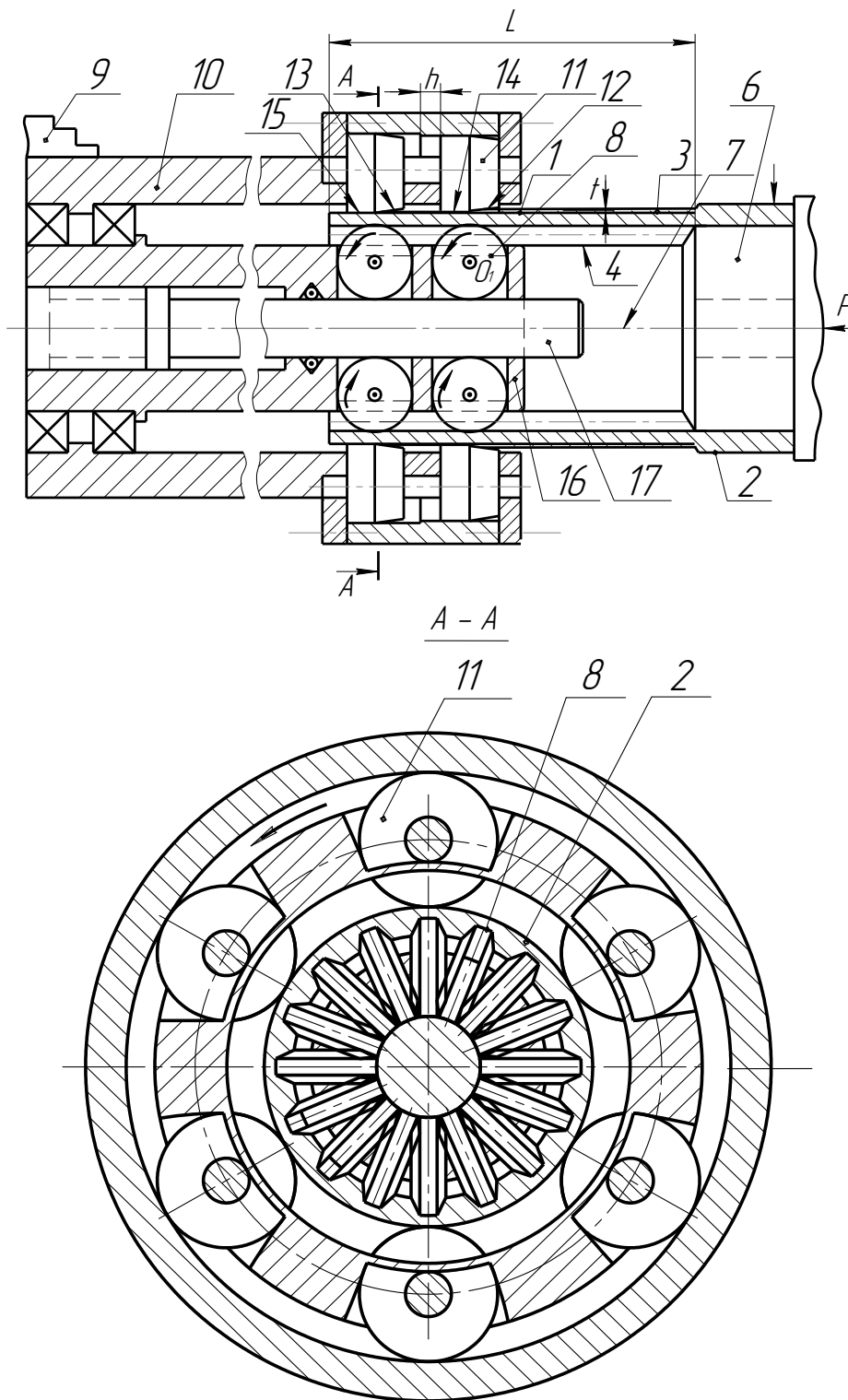


Рис. 1. Устройство для восстановления шлицевых отверстий

Осевое усилие P , перемещающее оправку 6 с восстанавливаемой деталью в накатное устройство, рассчитывается из выражения:

$$P = n \cdot L \cdot RR_1 \cdot \sigma_s \sin \frac{\pi}{n} \sin^2 \left[\frac{1}{2} \arcsin \frac{\sqrt{R^2 - (R - \delta)^2}}{R} \right], H, \quad (1)$$

где n – число впадин зубьев, шт.; R – радиус профилирующего ролика 8, мм; R_1 – радиус выступов зубьев, мм; σ_s – напряжение текучести материала, МПа; δ – величина перемещаемого металла, мм.

Усилие поперечной прокатки по оси X имеет вид:

$$P_x = \sigma_s \cdot F \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2R_2 h \sigma_s \sin^2 \cdot \left[\frac{1}{2} \arcsin \frac{1}{R_2} \sqrt{\frac{2R_2 r \Delta r}{R_2 + r}} \right], Н, \quad (2)$$

где F – площадь контакта накатного ролика 11 с деформируемой поверхностью 1, мм²; R_2 – радиус накатного ролика 11, мм; h – ширина накатного ролика 11, мм; r – внешний радиус восстанавливаемой детали 2, мм; Δr – величина уменьшения внешнего радиуса r , мм.

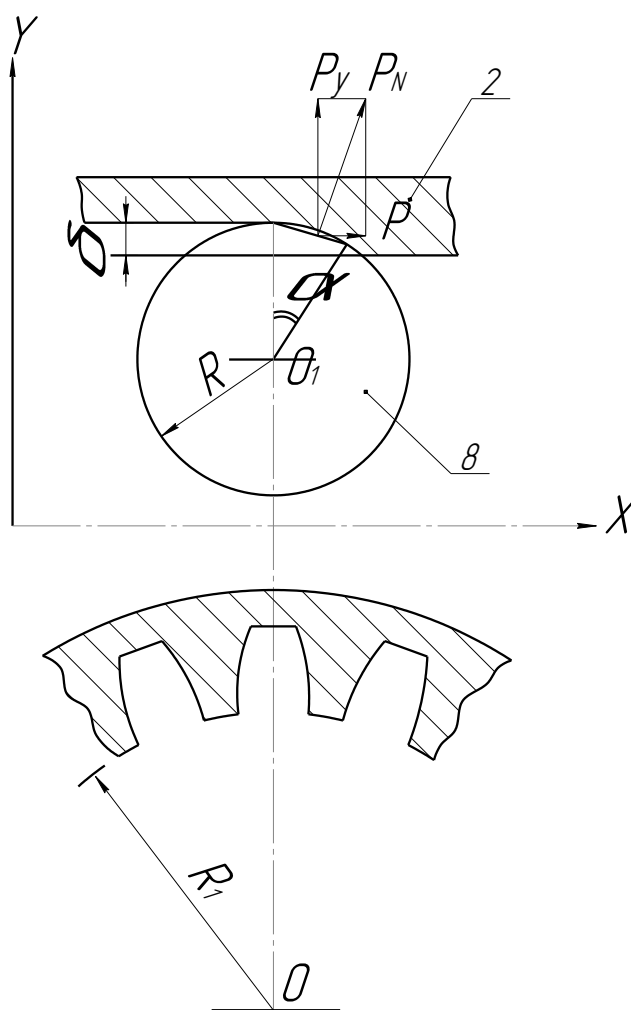


Рис. 2. Схема для расчета усилия деформации

Усилие P_y , приходящееся на накатные ролики по оси Y , рассчитывается из выражения:

$$P_y = \sigma_s \cdot F \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = h \sigma_s \sqrt{\frac{2R_2 \cdot r \cdot \Delta r}{R_2 + r}}, Н. \quad (3)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на изобретение № 210887. Россия. Способ накатки внутренних зубчатых профилей / С.А. Богатырев, Ф.Я. Рудик.

Годунов Николай Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова

Godunov Nikolay Borisovich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Reliability and Machine Maintenance» of Saratov State Agrarian University in the name of N.I. Vavilov

Рудик Феликс Яковлевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Процессы и аппараты пищевых производств» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова

Rudik Feliks Yakovlevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Processes and Food Production Devices» of Saratov State Agrarian University in the name of N.I. Vavilov

Богатырев Сергей Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Товароведение и экспертиза товаров» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова

Bogatyryov Sergey Arkadyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Merchandising and Goods Expertise» of Saratov State Agrarian University in the name of N.I. Vavilov

Магомедов Рамазан Ярахмедович – аспирант кафедры «Процессы и аппараты пищевых производств» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова

Magomedov Ramazan Yarahmedovich – Post-graduate student of the Department of «Processes and Food Production Devices» of Saratov State Agrarian University in the name of N.I. Vavilov

Статья поступила в редакцию 22.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 662.712

Д.Е. Горбунов

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АППАРАТОВ ДЛЯ ПИРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ С ВНУТРЕННИМ НАГРЕВОМ

Освещается вопрос о целесообразности использования аппаратов пиролиза древесины с внутренним нагревом. Рассмотрены различия в процессах с внутренним и внешним нагревом аппаратов пиролиза, приведены сравнения выхода газообразных продуктов при углежжении и передачи тепла от теплоносителя к древесине. Приведено техническое решение, позволяющее улучшить эффективность работы и защитить аппараты пиролиза с внутренним нагревом.

Внутренний нагрев аппаратов пиролиза, внешний нагрев аппаратов пиролиза, применение покрытия эмалью, характеристика процесса пиролиза древесины.

D.Ye. Gorbunov

INTERNAL HEATING WOOD PYROLYSIS DEVICES USAGE EFFICIENCY

The author studies the questions of expediency of use of devices of wood pyrolysis with internal heating. He considers distinctions in processes with internal and external heating of devices of pyrolysis and gives comparisons of an exit of gaseous products at coal-burning and transfers of heat from the heat-carrier to wood. He presents a technical decision allowing to improve an overall performance and to protect devices of pyrolysis with internal heating.

Internal heating wood pyrolysis device, external heating of pyrolysis device, application of a covering by enamel, wood pyrolysis processes characteristics.

Пиролиз древесины – процесс деструкции высокомолекулярных компонентов древесины с образованием низкомолекулярных продуктов, сопровождающийся вторичными реакциями конденсации, рекомбинации и другими реакциями усложнения молекул с образованием нелетучего остатка, под воздействием тепла в среде, практически не содержащей кислорода.

Процесс пиролиза древесины можно разделить на четыре стадии:

1. Стадия сушки древесины, заканчивающаяся примерно при 150°C. На этой стадии из древесины удаляется содержащаяся в ней влага, химический состав древесины почти не изменяется и летучих продуктов практически не образуется.

2. Начальная стадия распада древесины, протекающая при температуре от 150 до 250-270°C. В этот период начинается разложение менее термостойких компонентов древесины с выделением реакционной воды, углекислоты, окиси углерода, уксусной кислоты и некоторых других продуктов, изменяется химический и элементный состав.

Обе стадии экзотермичны и идут лишь при подводе тепла.

3. Стадия собственно пиролиза – бурного распада древесины с выделением тепла (экзотермический процесс) и образованием основной массы продуктов разложения. Начинается она при 270-275°C и заканчивается примерно при 400°C.

4. Стадия прокаливания угля (не считая охлаждения угля), заканчивающаяся в зависимости от аппарата и способа пиролиза при температуре 450-600°C. При этом выделяется небольшой объем жидких продуктов и значительный – газов. Осуществляется также за счет подвода тепла извне.

Общая характеристика процесса пиролиза древесины в аппарате (реторте) периодического действия с внешним нагревом наглядно показана на рис. 1. Кривые изменения температур показывают, что, несмотря на начальное значительное повышение температуры снаружи реторты, температура внутри ее долгое время остается в пределах 150°C (пока не закончится процесс сушки). Затем температура внутри реторты быстро поднимается и, когда начинается бурное экзотермическое разложение, становится выше температуры снаружи реторты. После завершения выделения основного объема жидких и газообразных продуктов температуру снаружи повышают, начинают прокаливание угля, выделение жидких продуктов в этот период уменьшается, а под конец почти полностью прекращается [1].

Для нагрева древесины при пиролизе применяются два способа передачи тепла: внешний нагрев с передачей тепла через стенку и внутренний нагрев с передачей тепла от греющего агента непосредственно древесине. В качестве внутреннего теплоносителя могут служить газы (парогазы), жидкости и твердые тела.

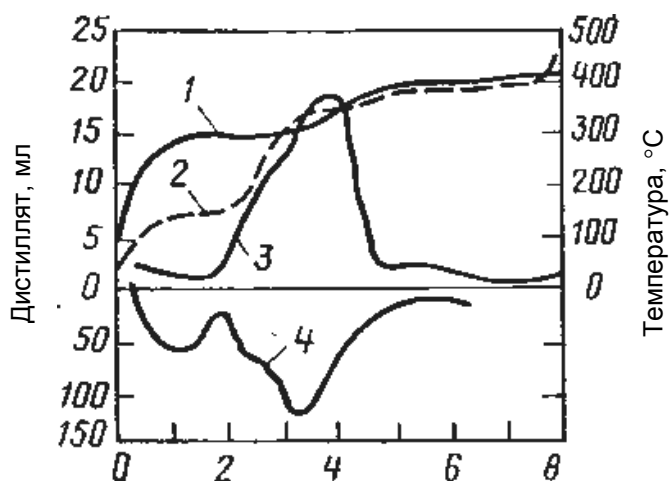


Рис. 1. Динамика изменения показателей процесса пиролиза древесины: 1 – температура снаружи реторты; 2 – температура внутри реторты; 3 – дифференциальная кривая выделения газов пиролиза; 4 – дифференциальная кривая выделения жидких продуктов пиролиза

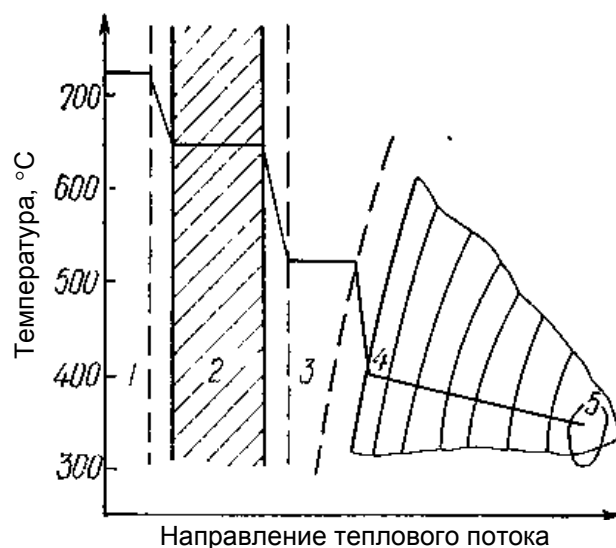


Рис. 2. Схема передачи тепла к древесине через стенку реторты при внешнем газовом нагреве: 1 – газовый теплоноситель; 2 – стенка реторты; 3 – парогазовая среда в реторте; 4 – поверхность куска древесины; 5 – центр куска древесины

Рассмотрим процесс передачи тепла древесине при используемом сейчас в промышленных аппаратах внешнем и внутреннем газовом нагреве. При внешнем нагреве (рис. 2) процесс передачи тепла от топочных газов древесине осуществляется в следующей последовательности: от газа к стенке реторты, от стенки к парогазовой среде внутри реторты и от парогазов к древесине. Тепло от топочного газа, имеющего температуру 800 – 900 °С, к стенке реторты передается, в основном, путем конвекции, и, в меньшей степени, лучеиспусканием. Вследствие термического сопротивления, создаваемого газовой пленкой около стенки, температура последней значительно ниже температуры газового теплоносителя и равна приблизительно 600-650°С. Стенка реторты благодаря хорошей теплопроводности стали имеет почти одинаковую температуру по всей толщине. При передаче тепла от стенки к парогазовой смеси внутри реторты тепловой поток снова преодолевает сопротивление газовой пленки. Так как скорость движения газов внутри реторты ниже, чем топочных газов около наружной стенки, а также ниже температура теплопередающего тела, коэффициент теплопе-

редачи от стенки парогазам и конвекцией и лучеиспусканием будет меньше, чем от топочных газов стенке. Следовательно, температурный перепад будет еще больше. Практически парогазы внутри реторты нагреваются до 450-500°C. Последним сопротивлением на пути теплового потока к древесине является газовая пленка около поверхности куска древесины. От внешней поверхности к внутренним слоям древесины тепло передается путем теплопроводности клеточной стенки, конвекцией парогазов в полостях и лучеиспусканием от более нагретой клеточной стенки к менее нагретой. Температура от наружной поверхности к центру куска падает. Поэтому пиролиз куска древесины происходит постепенно: поверхность может обуглиться, в то время как внутри может происходить еще сушка. Чем мельче кусок, тем равномернее и быстрее прогревается древесина.

При внутреннем газовом нагреве процесс передачи тепла древесине значительно упрощается. Теплоноситель вводится прямо в реторту и контактирует непосредственно с древесиной. Единственным термическим сопротивлением в этом случае является газовая пленка около поверхности куска древесины. Поэтому эффективность подвода тепла к древесине при внутреннем теплоносителе значительно выше [2].

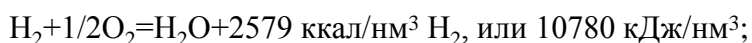
Для интенсификации процесса пиролиза древесины необходимо увеличить количество подводимого к древесине тепла, повышая температуру теплоносителя (газовой среды) около древесины или увеличивая его поток. При внешнем нагреве объем парогазов внутри реторты не регулируется, следовательно, интенсификация процесса возможна только за счет повышения их температуры. Но возможности повышения температуры парогазов внутри реторты выше 450-500°C ограничены тепловой стойкостью конструкционного материала – стали. При повышении температуры стенки выше 700°C происходят ее размягчение и деформация и интенсивное окисление, что приводит к преждевременному износу оборудования. Измельчение древесины с целью увеличения тепловоспринимающей поверхности не ведет к интенсификации процесса, так как поверхность дров или тюлек и так значительно больше теплопередающей поверхности стенок реторты. Таким образом, при внешнем нагреве возможности для интенсификации процесса отсутствуют.

При внутреннем нагреве температура газового теплоносителя достигает 650-700°C, удельный расход его на единицу массы древесины выше, чем в аппаратах с внешним нагревом, следовательно, тепла подводится в аппарат значительно больше. Да и интенсивность передачи этого тепла к древесине вследствие более высокой скорости омывания куска также выше. Лимитирующим интенсификацию фактором становится величина тепловоспринимающей поверхности древесины. Поэтому при внутреннем нагреве древесину целесообразно измельчать.

Благодаря отмеченным преимуществам внутреннего газового нагрева удельная производительность реторт, работающих по этому принципу, в 5-6 раз выше производительности реторт внешнего нагрева при одинаковой степени разделки древесины.

При использовании в качестве внутреннего теплоносителя перегретого водяного пара процесс теплопередачи не имеет принципиальных отличий от процесса при внутреннем газовом нагреве. В качестве внутреннего теплоносителя можно применять также жидкости и твердые тела.

Полученные в результате пиролиза пары смолы, уксусную кислоту, газы и кокс можно сжигать. При их сгорании выделяется огромное, по сравнению с затраченным на нагрев топлива, количество тепла. Процессы горения могут быть выражены с помощью химических уравнений, показывающих, в каких соотношениях и как взаимодействуют отдельные вещества. В правой части уравнения указывается тепловой эффект реакции, т. е. количество тепла, выделяемое при реакции. Д.Б. Гинзбург приводит уравнения горения некоторых веществ. Указанные вещества входят в состав выходящих продуктов при внешнем нагреве древесины в замкнутой ёмкости.





Для сравнения, теплотворная способность дерева влажностью 30% составляет: $Q_{\text{д}} = 12600 \text{ кДж/кг} = 12,6 \text{ МДж/кг} = 3011 \text{ ккал/кг}$ [3].

Выход и свойства летучей части и твердого остатка существенно зависят от способа подвода тепла, от температуры и скорости пиролиза. Обычно это осуществляется в аппаратах с внешним нагревом или в аппаратах с внутренним теплоносителем. Э. Д. Левин приводит таблицу, в которой показывает выход и состав газов при внешнем и внутреннем нагреве древесины в замкнутой ёмкости. Окислительные реакции происходят за счёт кислорода, выделяющегося при разложении органической массы пиролизуемого топлива. При повышении температуры пиролиза увеличивается выход газов, в основном, за счёт увеличения окиси углерода, водорода, метана и уменьшается выход твердых продуктов. Уменьшается выход двуокиси углерода и азота, нежелательных примесей в газе сухой возгонки. Увеличивается его теплотворная способность и уменьшается плотность.

Характеристика газов, получаемых в аппаратах с разным способом нагрева

Аппарат	Состав газа, %							Теплотворная способность, Дж/м ³
	CO ₂	CO	CH ₄	C _n H _m	H ₂	O ₂	N ₂	
С внутренним нагревом	28,1-28,8	14,0-17,0	2,0-6,0	0,4-0,9	6,8-8,3	0,3-0,4	44,2	(3,9-4,9)·10 ⁶
С внешним нагревом	47,7	16,9	9,7	1,5	17,0	0,4	6,8	8,3·10 ⁶

Высокое содержание азота и двуокиси углерода в газе, полученном при температуре 400°C, объясняется тем, что при пиролизе, за счёт сильно развитой поверхности сырья, вносится много адсорбированного воздуха. При этой температуре низок выход газа, так как воздух разбавляет газ и он не выжимается из-за слабого гидростатического подпора.

При высоких температурах разбавление газа слабее и выжимание его сильнее. При температуре 700°C гидростатический (гравитационный) напор очень велик.

При температурах выше 400°C образование двуокиси углерода (CO₂) не является продуктом окислительной реакции, а это результат взаимодействия паров воды с раскаленным углем. В результате такого взаимодействия образуется также водород. В этом случае речь идет о внешнем нагреве сырья в замкнутой ёмкости [4].

Из вышеперечисленных фактов можно сделать вывод, что использовать аппараты с внутренним нагревом намного эффективнее, чем с внешним. Выделившиеся газы во время протекания процесса пиролиза необходимо использовать для вторичного сжигания. Несмотря на то, что при внутреннем нагреве теплотворная способность газов значительно выше, чем при внутреннем, прогрев древесины в первом случае происходит более равномерно, без перекалки угля у стенок аппарата. Кроме того, при внутреннем нагреве наносится меньший вред корпусу аппарата, т.к. конечная температура пиролиза ниже. В связи с этим фактом, для увеличения эффективности использования тепла, подводимого внутрь реторты, было предложено следующее техническое решение: покрыть внутреннюю часть реторты термостойкой эмалью. Как известно, теплопроводность термостойких эмалей меньше теплопроводности сталей, используемых для изготовления аппаратов углежжения, в 15-25 раз, а, следовательно, значительно уменьшается теплообмен с окружающей средой. При этом увеличивается эксплуатационный срок аппарата пиролиза, т.к. не происходит прогара стенок реторты, защищенных эмалью [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология лесохимических производств / В.А. Выродов, А.Н. Кислицын, М.И. Глухарева и др. М.: Лесная промышленность, 1987. 352 с.
2. Гордон Л.В. Технология и оборудование лесохимических производств / Л.В. Гордон, О.В. Скворцов, В.И. Лисов. М.: Лесная промышленность, 1988. 360 с.
3. Гинзбург Д.Б. Газификация твердого топлива / Д.Б. Гинзбург. М.: Госстройиздат, 1958. 280 с.
4. Левин Э.Д. Теоретические основы производства древесного угля / Э.Д. Левин. М.: Лесная промышленность, 1980. 151 с.
5. Пат. 2366685 Российская Федерация. Печь для пиролиза древесных отходов / В.В. Цыплаков, Д.В. Цыбаев, Д.Е. Горбунов; заявл. 08.10.07; опубл. 10.09.09; Бюл. № 25.

Горбунов Денис Евгеньевич – аспирант кафедры «Механизация лесного хозяйства и лесомелиорация» Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова

Gorbunov Denis Yevgenyevich – Post-graduate student of the Department of «Mechanization of the Wood Economy and Forest Melioration» of Saratov State Agrarian University in the name of N.I. Vavilov

Статья поступила в редакцию 14.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 629.113.004.67

А.С. Денисов, А.А. Коркин, А.А. Гафиятуллин, А.Р. Асоян

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОАККУМУЛЯТОРА ДЛЯ СМАЗКИ ТУРБОКОМПРЕССОРА

Проведено аналитическое исследование экспериментальных данных, полученных при испытаниях гидроаккумулятора масла в условиях лаборатории испытания двигателей ОАО «КАМАЗ-ДИЗЕЛЬ». Осуществлена оценка влияния параметров работы гидроаккумулятора на температурный режим турбокомпрессора.

Турбокомпрессор, гидроаккумулятор, подшипниковый узел, дизель.

A.S. Denisov, A.A. Korkin, A.A. Gafiyatullin, A.R. Asoyan

HYDROACCUMULATOR EFFICIENCY ESTIMATION FOR GREASING TURBO-COMPRESSOR

Analytical research of the experimental data received at tests of the hydro-accumulator of oil in the conditions of laboratory of test of engines of JSC «KAMAZ-DIESEL ENGINE» is carried out. The estimation of influence of parameters of work of the hydro-accumulator on a temperature mode turbo-compressor is carried out.

Turbo compressor, hydro-accumulator, bearing block, diesel.

Как показал анализ надёжности двигателей КамАЗ-ЕВРО [1], на долю турбокомпрессоров приходится 7% отказов, а средняя наработка их на отказ составляет 42 тыс. км. Поэтому за ресурс двигателя до капитального ремонта приходится менять 3...4 комплекта турбокомпрессоров. Одним из определяющих ресурс турбокомпрессора факторов является температура подшипникового узла. Температура масла на выходе из турбокомпрессора достигает 148...150°C [2] на номинальном режиме работы дизеля. После остановки дизеля подача масла к подшипникам прекращается, а вал ротора турбокомпрессора продолжает вращаться ещё 25...30 с. Этот процесс называют выбегом. В процессе выбега температура подшипникового узла значительно повышается, что вызывает закоксовывание узла и заклинивание вала.

Для снижения таких отказов инструкцией по эксплуатации дизеля [3] предусмотрено перед остановкой использовать режим холостого хода при частоте вращения коленчатого вала 600 мин⁻¹ в течение 1-3 минут. Однако водители не всегда выполняют это предписание. Одним из вариантов снижения температуры подшипникового узла турбокомпрессора при остановке дизеля является использование гидроаккумулятора. На кафедре «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета был разработан, изготовлен и запатентован гидроаккумулятор [4, 5].

Испытания гидроаккумулятора проводили в лаборатории испытания двигателей ОАО «КАМАЗ-ДИЗЕЛЬ». Гидроаккумулятор установили на двигатель КамАЗ 740.62-280, заводской № А2552529, установленный на стенде AVL, заводской № Б133, инвентарный № 399623. Во время испытаний двигатель работал на масле ЛУКОЙЛ Супер 15 W 40, плотностью $\rho = 887 \text{ кг/м}^3$. Температуру подшипникового узла, а также динамику изменения её по времени измеряли цифровым мультиметром модели ДТ 9208А с термоэлектрическим датчиком. Порядок проведения испытаний следующий:

1. После пуска двигатель прогревали до рабочей температуры на следующем режиме: частота вращения коленчатого вала двигателя $n = 1900 \text{ мин}^{-1}$, нагрузка $P = 1000 \text{ Н}$, развиваемая мощность при этом составляет $N = 190 \text{ л.с.}$

2. Прогрев производили до следующих начальных параметров: температура выхлопных газов $t_{\text{выкл}} = 420^\circ\text{C}$, температура масла $t_M = 98^\circ\text{C}$.

3. После прогрева до заданных параметров производили снижение частоты вращения коленчатого вала до $n = 600 \text{ мин}^{-1}$, что соответствует частоте холостого хода, а затем останавливали двигатель с фиксацией параметров. Время истечения масла из гидроаккумулятора составляло $\tau_{H1} = 20 \text{ с}$ и $\tau_{H2} = 40 \text{ с}$.

Снятые во время испытаний параметры заносили в таблицы протокола, по которым в дальнейшем получали зависимости (рис. 1). Время выбега ротора с гидроаккумулятором $\tau_{B2} = 21 \text{ с}$ и $\tau_{B3} = 30 \text{ с}$, без гидроаккумулятора $\tau_{B1} = 15 \text{ с}$.

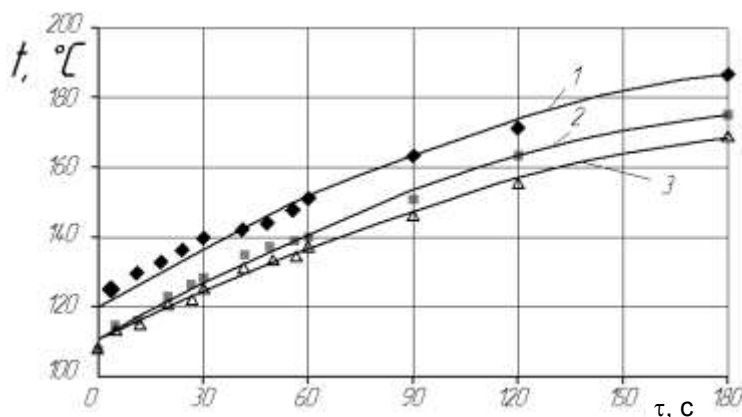


Рис. 1. Изменение температуры подшипникового узла ТКР после остановки дизеля при 600 мин⁻¹: 1 – без гидроаккумулятора; 2 – с гидроаккумулятором ($\tau_{u1} = 20 \text{ с}$); 3 – с гидроаккумулятором ($\tau_{u2} = 40 \text{ с}$)

Следующее испытание проводили при остановке с $n = 900 \text{ мин}^{-1}$, при тех же начальных параметрах, результаты измерений приведены на рис. 2, при этом $\tau_{и1} = 40 \text{ с}$. Время выбега ротора с гидроаккумулятором $\tau_{B2} = 29 \text{ с}$, без гидроаккумулятора $\tau_{B1} = 24 \text{ с}$.

Затем испытание проводили после предварительной выдержки двигателя на режиме холостого хода в течение $\tau = 60 \text{ с}$ при тех же начальных параметрах, результаты измерений приведены на рис. 3, при этом включение гидроаккумулятора не производилось. Время выбега ротора $\tau_B = 20 \text{ с}$.

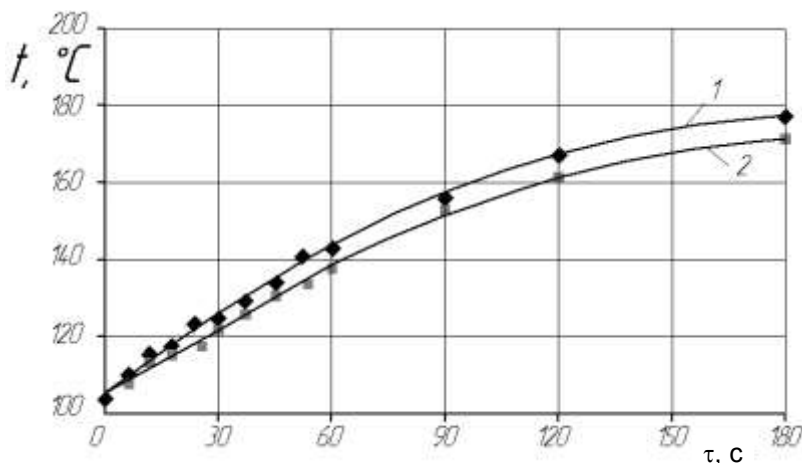


Рис. 2. Изменение температуры подшипникового узла ТКР после остановки дизеля при 900 мин^{-1} : 1 – без гидроаккумулятора; 2 – с гидроаккумулятором ($\tau_{и1} = 40 \text{ с}$)

Для оценки влияния времени включения гидроаккумулятора на величину снижения температуры производилось испытание с задержкой включения гидроаккумулятора на 20 с после остановки двигателя, начальные параметры соответствуют исходным. Результаты приведены на рис. 3. Время выбега ротора $\tau_B = 26 \text{ с}$.

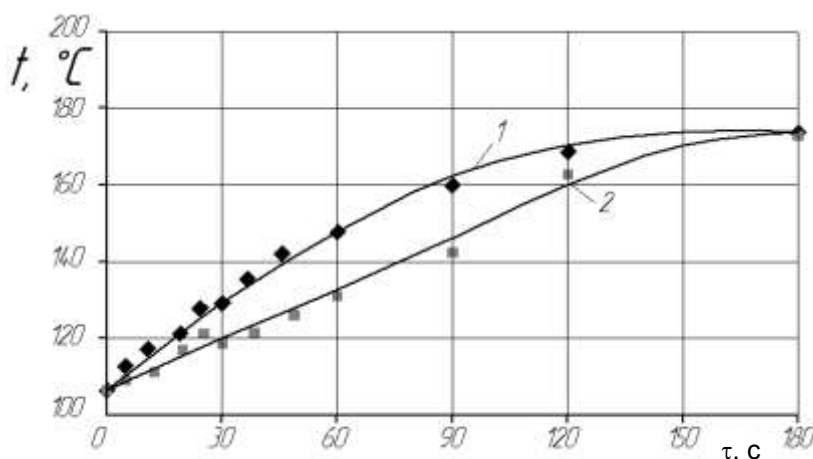


Рис. 3. Изменение температуры подшипникового узла ТКР после остановки дизеля при 600 мин^{-1} и выдержке 60 с: 1 – без гидроаккумулятора; 2 – с гидроаккумулятором ($\tau_{и1} = 40 \text{ с}$ и время задержки включения гидроаккумулятора 20 с)

Изменение температуры подшипникового узла по времени после остановки двигателя аппроксимировали полиномом второй степени, параметры которого приведены в табл. 1. Здесь также приведены значения времени достижения максимальной температуры и её значения.

Параметры зависимости температуры подшипникового узла от времени

Условия испытаний	a	b	c	τ_{\max}	t_{\max}
После 600 мин ⁻¹ , без г/а	120	0,605	-0,0014	214	211
После 600 мин ⁻¹ , с г/а (20 с)	113	0,563	-0,0012	233	179
После 600 мин ⁻¹ , с г/а (40 с)	112	0,504	-0,0010	250	174
После 900 мин ⁻¹ , без г/а	106	0,759	-0,0019	200	182
После 900 мин ⁻¹ , с г/а (40 с)	105	0,648	-0,0014	232	180
После 600 мин ⁻¹ , без г/а ($\tau_6=60$ с)	107	0,854	-0,0025	170	180
После 600 мин ⁻¹ , с г/а ($\tau_3=20$ с)	109	0,865	-0,0022	160	178

Здесь: a, b, c – параметры полинома ($y = a + b \cdot \tau - c \cdot \tau^2$); τ_{\max} – время достижения максимальной температуры; t_{\max} – максимальная температура; г/а – гидроаккумулятор; τ_6 – время выдержки на холостом ходу; τ_3 – время задержки открытия гидроаккумулятора.

Из приведенных данных следует, что: применение гидроаккумулятора в системе смазки турбокомпрессора позволяет снизить температуру в районе подшипникового узла до 15 градусов в зависимости от режима, на котором работал двигатель перед остановкой.

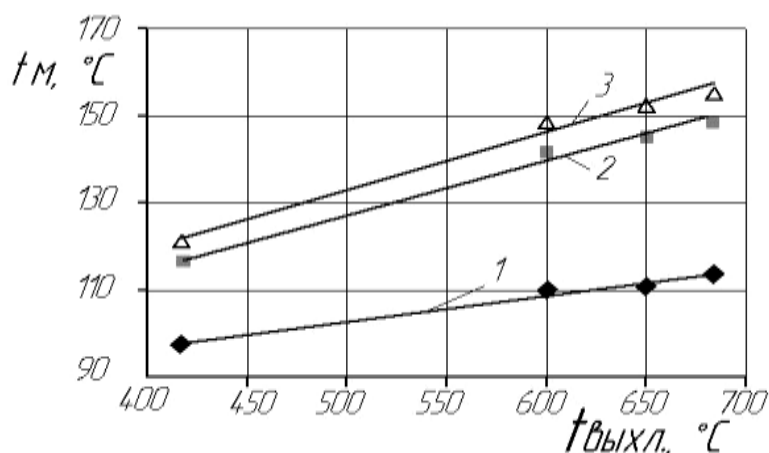


Рис. 4. Зависимость температуры масла на входе в ТКР – 1; на выходе из ТКР – 2 и подшипникового узла – 3 от температуры выхлопных газов

Режим работы дизеля при испытаниях отличается от реальных эксплуатационных режимов работы [6], что сказывается и на температуре выхлопных газов и подшипникового узла. Проведённые ранее исследования теплового состояния турбокомпрессоров [7] показали, что температура выхлопных газов достигает 680...700 $^{\circ}\text{C}$. Соответственно повышается и температура деталей турбокомпрессора (табл. 2).

С учётом этих данных и результатов моторных испытаний были получены зависимости температуры масла и подшипникового узла от температуры выхлопных газов (рис. 4) и температуры масла от температуры подшипникового узла (рис. 5). Приведённые данные показывают, что максимальная температура подшипникового узла без использования гидроаккумулятора достигнет не 211 $^{\circ}\text{C}$ (табл. 1), а 240...245 $^{\circ}\text{C}$, что значительно усилит коксование масла и повысит вероятность заклинивания вала ротора и уплотнений ТКР.

Из табл. 1 видно, что наибольшее снижение максимальной температуры подшипникового узла составляет 33 $^{\circ}\text{C}$ при использовании гидроаккумулятора на холостом ходу с задержкой включения 20 с после останова дизеля. При реальных эксплуатационных режимах

работы дизеля температура деталей ТКР более высокая (табл. 2), поэтому эффективность гидроаккумулятора повышается и снижение им максимальной температуры подшипникового узла достигает 58...60°C.

Таблица 2

Результаты термометрирования характерных точек серийного турбокомпрессора ТКР7Н-1

$T_{Т1}$, °C	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6	t_7	t_8	t_9	t_{10}	t_{11}	t_{12}	t_{13}
	Ø120	Ø90		Ø70			Ø 32 на бобышке		Ø 32 на крышке		Ø120 низ	t масла на входе	t масла на выходе
600	294	262	228	251	240	233	145	148	181	190	301	112	144
650	308	274	237	260	247	243	148	150	186	196	311	111	147
680	321	285	245	270	255	251	151	153	189	199	323	113	149

Здесь: $T_{Т1}$ – температура воздуха со стороны турбины; t_1 и t_{11} – температуры на фланце корпуса подшипников на Ø120 мм, °C; t_2 – температура на фланце корпуса подшипников на Ø90 мм, °C; t_3, t_4, t_5, t_6 – температуры на фланце корпуса подшипников на Ø70 мм, °C; t_7, t_8 – температуры на бобышке (держателе) подшипника корпуса подшипников на Ø32 мм, °C; t_9, t_{10} – температуры на крышке 7403.1118026 корпуса подшипников на Ø32 мм, °C; t_{12} – температура смазочного масла на входе в подшипниковый узел турбокомпрессора, °C; t_{13} – температура смазочного масла на выходе из корпуса подшипников, °C.

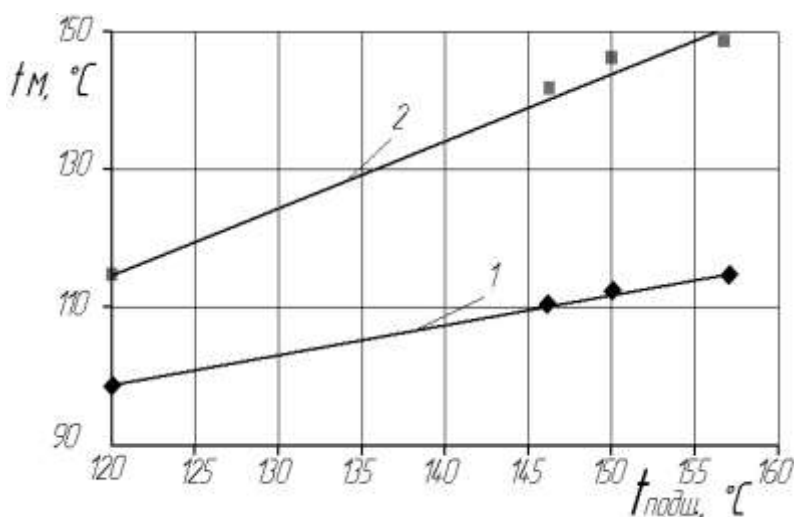


Рис. 5. Зависимость температуры масла на входе в ТКР – 1, на выходе из ТКР – 2 от температуры подшипникового узла

Кроме того, значительный резерв по снижению температуры деталей ТКР содержится в возможности увеличения емкости гидроаккумулятора до 2 литров, что лимитируется требованиями исключить внесение конструктивных изменений в систему смазки двигателя. Емкость же масла в гидроаккумуляторе при испытаниях составляла 800 мл.

Введение гидроаккумулятора в смазочную систему ТКР никак не снижает её эффективность, а при его неисправности он отключается от системы или краном, или автоматически. Заполнение гидроаккумулятора происходит по достижении давления в системе смазки $t_M = 0,2$ МПа, благодаря наличию клапана на входе масла, что позволяет производить заполнение гидроаккумулятора маслом только на режимах работы, близких к номинальным, и избежать масляного голодания подшипников ТКР на напряженных пусковых режимах. Время заполнения составляет 25-40 с в зависимости от давления масла в системе смазки.

Таким образом, использование гидроаккумулятора в смазочной системе ТКР позволяет существенно снизить температуру деталей ТКР (30...60°C), что снижает интенсивность коксования масла и вероятность заклинивания вала ротора. Это способствует повышению ресурса ТКР в 2...3 раза, а также повышает эффективность системы газотурбинного наддува.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ надёжности силовых агрегатов КамАЗ-ЕВРО / А.С. Денисов, В.Н. Басков, А.А. Коркин и др. // Совершенствование технологий и организации обеспечения работоспособности машин: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2008. С. 4-8.
2. Денисов А.С. Обеспечение надёжности автотракторных двигателей / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков. Саратов: СГТУ, 2007. 422 с.
3. Кузнецов А.С. Автомобили КамАЗ с колесной формулой 6×4 и 6×6. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту / А.С. Кузнецов. М.: Издат. дом «Третий Рим», 2009. 268 с.
4. Денисов А.С. Целесообразность использования гидроаккумулятора для смазки турбокомпрессоров / А.С. Денисов, А.А. Коркин // Совершенствование технологий и организации обеспечения работоспособности машин: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2007. С. 7-10.
5. Патент РФ на полезную модель № 69159. Система смазки турбокомпрессора двигателя внутреннего сгорания / А.С. Денисов, А.А. Коркин. Зарегистрирован в госреестре 10.12.2007.
6. Басков В.Н. Эксплуатационные факторы и надёжность автомобиля / В.Н. Басков, А.С. Денисов. Саратов: СГТУ, 2003. 269 с.
7. Денисов А.С. Анализ напряжённо-деформированного состояния корпуса подшипника турбокомпрессора ТНК7Н-1 / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков, А.Ф. Малаховецкий // Совершенствование технологий и организации обеспечения работоспособности машин: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2005. С. 4-12.

Денисов Александр Сергеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета

Коркин Алексей Александрович – аспирант кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета

Гафиятуллин Асхат Асадулович – кандидат технических наук, начальник отдела надёжности ОАО «КамАЗ-ДИЗЕЛЬ»

Асоян Артур Рафикович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство» Саратовского государственного технического университета

Denisov Aleksandr Sergeyeovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Automobiles and Automobile Economy» of Saratov State Technical University

Korkin Aleksey Aleksandrovich – Post-graduate student of the Department of «Automobiles and Automobile Economy» of Saratov State Technical University

Gafiyatulin Askhat Asadulovich – Candidate of Technical Sciences, Reliability Department Manager of JSC «Kamaz-Diesel-Engine»

Asoyan Artur Rafikovich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Automobiles and Automobile Economy» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 10.02.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 621.382

В.Г. Куранов, М.В. Виноградов, В.В. Куранов**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ И АППАРАТУРЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЙ МЕТОДОМ КОНТАКТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ**

Рассматриваются способы совершенствования методов и аппаратуры для исследований и оценки процессов контактного взаимодействия при трении и показывается возможность выявления при этом неизвестных ранее трибологических эффектов и разработки высокоэффективных контактных материалов и технологий.

Самоорганизация трибосопряжения, контактное сопротивление, деградация, элементарные контакты.

V.G. Kuranov, M.V. Vinogradov, V.V. Kuranov**TECHNIQUE AND EQUIPMENT PERFECTION FOR OXIDISING DETERIORATION RESEARCH BY CONTACT RESISTANCE METHOD**

Ways of perfection of methods and equipment for researches and estimation of processes of contact interaction are considered at a friction and revealing possibility thus unknown tribological effects and working out of highly effective contact materials and technologies is shown.

Self-organizing, tribological conjunction, contact resistance, oil degradation, elementary contacts.

Наиболее распространенным видом изнашивания металлических узлов трения различного назначения является окислительный, характерный для стационарного режима эксплуатации (после окончания приработки), который сопровождается формированием на поверхности защитных вторичных структур, чаще пленок окислов трущихся металлов, препятствующих схватыванию и возникновению аномального износа. Процесс изнашивания при этом происходит за счет образования и разрушения окисных пленок и оказывается локализованным в тончайшем поверхностном слое (1-2 мкм) (рис. 1).

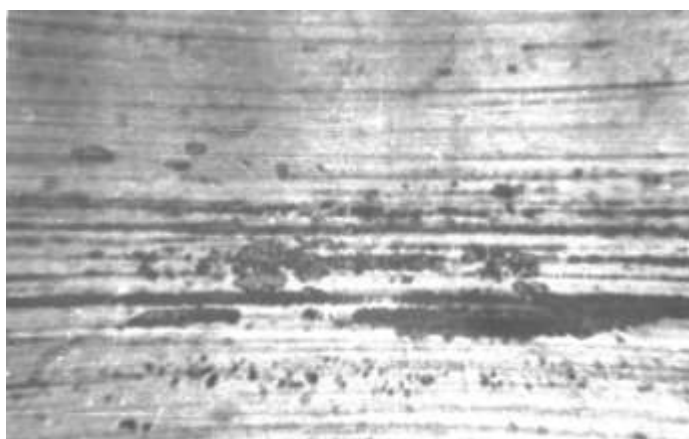


Рис. 1. Пленка окисла металла на его поверхности после работы в условиях окисления

Большинство окислов металлов являются диэлектриками и имеют высокое контактное сопротивление, поэтому их исследование прямым измерением R_k является удобным при оценке интенсивности окислительного износа. Но в машинах трения, при использовании метода R_k , напряжение подводится к исследуемой контактной паре через технологический токосъемник, в котором могут образоваться аналогичные вторичные структуры, искажающие результаты измерений R_k в исследуемых скользящих контактах.

Знакомство с практикой применения метода контактного сопротивления (R_k) при исследованиях окислительного износа в других организациях машиностроительного профиля показало, что ошибки в измерениях могут возникать и от несовершенства конструкции и материала токосъемника, искажающих чистоту результатов. Применение для токосъемника случайного материала («золотого зуба») привело даже к необоснованному заявлению, что все драгоценные металлы (золото, платина, палладий, серебро и др.) легко окисляются при трении [1]. Наши исследования изнашивания драгоценных контактных материалов в различных условиях и режимах опровергают подобное заявление.

Чистое золото не может окисляться при трении, ибо его окислы весьма неустойчивы (диссоциируют при $T \geq 200^\circ\text{C}$) и практически не образуются при трении, где температура в зоне контакта превышает этот предел, поэтому золотые контакты работают в режиме схватывания, а его сплавы, например, с медью, окисляются избирательно – за счет легирующих (неблагородных) компонентов. Основа сплава (золото) не окисляется, поэтому на поверхности не образуются сплошные пленки окисла, а лишь – локальные частицы окислов легирующих компонентов и примесей, накопление которых ведет к нарушению электрического контакта, что зависит также от конкретных свойств образующихся окислов (твердых, мягких, абразивных). В скользящих контактах из сплава ЗлН-8,5 схватывание возникало от окислов никеля, обладающих, как оказалось, абразивными свойствами, в результате чего режим избирательного окислительного износа переходил в абразивный и схватывание (заменен на ЗлМ-750 с упорядоченной структурой) [2].

Серебро ведет себя при трении подобно золоту, его окислы также весьма неустойчивы, диссоциируют при $T \geq 200^\circ\text{C}$ и практически не образуются при трении, а сплавы окисляются избирательно – за счет легирующих компонентов. Но имеет склонность к поглощению кислорода при горячей обработке, поэтому его плавку ведут в защитных средах (водородных печах). При недостаточности кислорода в сплаве режим избирательного окисления переходит в схватывание, что может вызвать отказы типа короткого замыкания металлическими продуктами износа. В изделиях типа «ВТ» отказы из-за возникновения схватывания в контактной паре «СрНМ-2-20 (кольцо)+Ср999 (щетка)» были устранены введением термообработки, повышающей концентрацию кислорода в сплаве Ср 999 [3].

Недостатком серебра является взаимодействие с сернистыми соединениями, содержащимися в атмосфере, и при контакте с деталями, содержащими серу (резина, пластики), с образованием сульфида Ag_2S – рыхлого налета черного цвета, не опасного для нарушения электрического контакта.

Платина. Не окисляется термически и может быть окислена только атомарным (в 400 раз более активным) кислородом. Имеет склонность к поглощению кислорода (и влаги), но не при горячей обработке, а при пластической деформации – соответственно ее степени. Ее сплавы широко применяются для электрических контактов, где, благодаря высоким механическим характеристикам, выполняют роли упругого звена и собственно контакта. Окисляется при трении, но – только за счет взаимодействия с внутренними (активированными) окислителями, накопленными при пластической деформации, их отсутствие в сплаве, например – после отжига в вакууме или истощении их запаса в сплаве при продолжении испытаний, ведет к схватыванию. Насыщение сплава окислителями происходит не только одновременно с пластической деформацией, но и продолжается после ее прекращения, поэтому интенсивность отказов по нарушению контактирования резко повышается после перерывов в работе и хранения [4]. Окислы платины

диссоциируют при $T \geq 450^\circ\text{C}$, поэтому режим фрикционного окисления оказывается устойчивым при нормальном трении. Это свойство было использовано для восстановления проводимости при входном контроле электроэлементов (при токе 200 мА, установленном экспериментально) [4]. Платина и ее сплавы являются активными катализаторами, ускоряющими адсорбцию и фрикционную полимеризацию (ФП) органических паров с образованием пленок фрикционного полимера, диэлектрических по физической природе, но не опасных, как оказалось, для нарушенный электрического контакта, что может быть использовано для разработки высоконадежных контактных элементов без драгоценных металлов [5].

Палладий. Близок по механическим и контактным свойствам к платине и применяется в качестве ее заменителя. Но имеет склонность к поглощению водорода. Окисляется при трении, как за счет внутренних, так и внешних окислителей, но вклад внешних снижается, а внутренних повышается при увеличении степени пластической деформации [4]. Окислы палладия диссоциируют только при $T \geq 900^\circ\text{C}$, поэтому режим фрикционного окисления, вызывающий отказы по нарушению контактирования, сохраняет устойчивость при нормальном трении, и его интенсивность имеет такой же порядок, как и в сплавах платины. Является активным катализатором, ускоряющим, как и платина, адсорбцию и полимеризацию органических паров с образованием ФП.

Исключение влияния деструкции смазки в машине трения

Сбои в токосъемном устройстве машины трения могут возникать также из-за деструкции смазки под действием даже очень слабых электрических разрядов, в результате чего весь объем масла (при длительных испытаниях) превращается в твердый порошок бурого цвета [4], теряет смазочные свойства и искажает результаты измерений R_k (рис. 2). Деструкция смазки повышается с увеличением тока и исчезает при полном отсутствии электрических разрядов, например – в контактах из чистого золота (поверхностное сопротивление золота $\rho = 0$) и в смазках, содержащих токопроводящие компоненты. В наших опытах использована для этого металлоплакирующая присадка МКФ-18, применяемая для реализации избирательного переноса (ИП) [6], которая заполняется в токосъемники (машины трения с вертикальной осью вращения), имеющие форму лунок, ко дну которых контакт прижимается упругим элементом (рис. 3).



Рис. 2. Деструкция масла МК-8 в слаботочном скользящем контакте при наличии электрических разрядов

Повышена также чувствительность измерительных блоков испытательной аппаратуры, где регистрировались не все нарушения контактирования, а только превышающие установленные пределы по амплитуде ($\Delta R_k \geq 1$ Ом) и длительности ($\Delta t \geq 0,1$ мс), что позволяло отфильтровать «сбои», вызванные случайными загрязнениями, и подтвердить возможность достижения

идеальной проводимости фрикционных покрытий «трибометаллокерамикой» (ТМК) и – пленок «фрикционного полимера» (ФП), возникающих в средах с органическими парами [5].

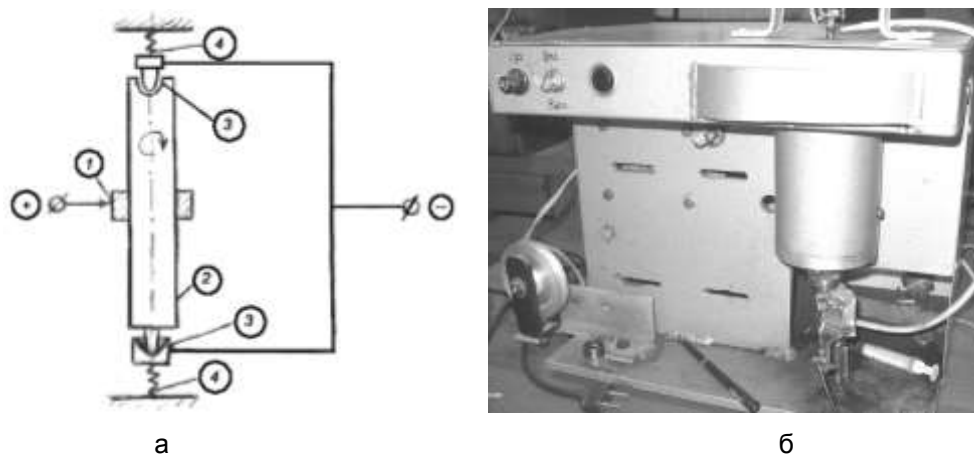


Рис. 3. Схема (а) и фотография (б) резервированного токосъемника для машины трения с вертикальной осью вращения: 1 – исследуемый контакт; 2 – вал машины трения; 3 – токосъемники (лунки с токопроводной смазкой); 4 – упругое поджатие контактов токосъемников

Для количественной оценки эффективности способов обработки и материалов контактных элементов, влияния других факторов, применялся метод, основанный на эффекте скачка в образовании пленки окисла при трении и суммировании скачков R_k , превышающих заданные уровни, с использованием стандартных критериев (ГОСТ 27002-83), модернизированных применительно к слаботочным скользящим контактам (ССК), где надежное контактирование должно совмещаться с их высокой износостойкостью (свойства, не совмещаемые в традиционных контактных материалах) [4].

Модель износа и контактирования ССК представлена разверткой контактной дорожки из множества последовательных элементарных контактов, каждый из которых может вызвать отказ («сбой») или обеспечить надежную работу электрической системы. Надежность контактирования при нормальном окислительном трении (НОТ) оценивалась статистическим критерием – «вероятностью надежного контактирования» $\bar{P}_k(t)$ – аналогом вероятности безотказной работы, который может быть использован и для оценки износостойкости путем суммирования скачков R_k , соответствующих периодическому образованию и разрушению пленок окислов трущихся материалов

$$\bar{P}_k(t) = \frac{T_u - \sum_{i=1}^{n_t} \Delta t_{oi}}{T_u},$$

где T – длительность выбранного цикла, аналога объема выборки No (числа изделий, поставленных на испытания; $\sum_{i=1}^{n_t} \Delta t_{oi}$ – суммарная длительность отдельных сбоев (отказов) за время испытаний t ; n_t – общее число сбоев за время t испытаний.

Интенсивность нарушений контактирования $\bar{\lambda}_k(t)$ – аналог интенсивности отказов

$$\bar{\lambda}_k(t) = \frac{\sum_1^{n_k} \Delta t_{oi}}{\Delta t_k \left[T_u - \sum_1^{n_{k-1}} \Delta t_{oj} - \sum_1^{n_k} \Delta t_{oi} / 2 \right]} [\text{ч}^{-1}],$$

где $\sum_1^{n_k} \Delta t_{oi}$ – суммарная длительность сбоев в выбранном промежутке времени; n_k – число сбоев в промежутке; Δt_k – длительность выбранного промежутка; $\sum_{j=1}^{n_{k-1}} \Delta t_{oj}$ – суммарная длительность сбоев, предшествующих k -му промежутку; $\left[T_{ц} - \sum_1^{n_{k-1}} \Delta t_{oj} - \sum_1^{n_k} \Delta t_{oi} / 2 \right]$ – средняя длительность элементарных контактов, оставшихся исправными в промежутке Δt_k .

Результаты применения

С помощью данной методики и аппаратуры выявлен ряд закономерностей и эффектов в механизме самоорганизации трибосопряжений.

1. Установлено энергетическое единство и сходство механизмов разнородных явлений: «фрикционной непроводимости» и «трибоцементации» [4, 8]. В их основе – активация процессов в поверхностном слое пластической деформации, которая реализуется термодиффузионным переносом внутренних (активированных) компонентов по скачкообразным переходам их твердых растворов в химические соединения различных видов. Но в механизме «трибоцементации» более активным внутренним компонентом, при взаимодействии с которым формируется вторичная структура, оказывается не кислород (как в сплавах платины при ФН), а углерод, подавляющий взаимодействие металла с кислородом с образованием цементита (Fe_3C) так, что в условиях, благоприятных для окислительного износа, поверхность стали ШХ-16 остается зеркальной, без следов окисления.

2. При исследовании процессов самоорганизующихся трибосопряжениях (СТС) подшипников качения установлена высокая проводимость («сверхпроводимость») фрикционных покрытий «трибометаллокерамикой» (ТМК), диэлектрических по физической природе. «Сбои» весьма малых уровней ($\Delta R_{зс} \geq 10$ Ом, $\Delta t_{зс} \geq 5$ мс) имели место только во время приработки (40 мин), когда фрикционное покрытие еще не сформировалось, после чего устанавливался устойчивый режим безокислительного трения с R_k на уровне чистых металлов (рис. 4) [5].

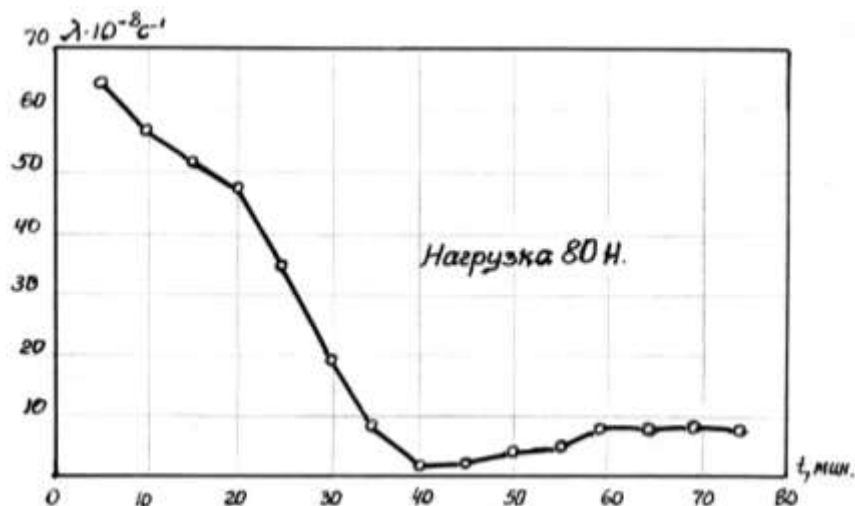


Рис. 4. Интенсивность нарушений контактирования при СТС на основе трибометаллокерамики (эффект сверхпроводимости)

Аналогичное явление высокой проводимости фрикционного контакта ранее зафиксировано также в СТС на основе «фрикционного полимера» [5], возникающего на по-

верхности каталитически активных металлов в средах, содержащих пары органических растворителей [4].

Выводы

1. Десятилетняя эксплуатация машины трения с токосъемниками предлагаемой конструкции (рис. 3) подтвердила их высокую надежность, что позволило исключить влияние технологических сбоев и наблюдать исследуемые процессы в чистом виде. Токосъемники с токопроводными фрикционными покрытиями могут быть использованы на других объектах, где нарушение электрического контакта в электросхеме может привести к опасным отказам высокоответственных изделий.

2. Явление деструкции масла (электродеструкции) от электрических разрядов в трибосопряжении, с которым авторы столкнулись при исследовании СК различного назначения, существенно влияет на их надежность и должно стать предметом специальных исследований с применением нашей методики и аппаратуры.

3. В настоящее время авторы имеют достаточно оснований предполагать, что:

– причиной повышенного износа подшипников электрических машин является деструкция смазки электрическими разрядами от вихревых токов, возбуждаемых при вращении шаров и колец в магнитном поле статора;

– отсутствие деструкции масла в компрессорах холодильников, где система смазки изолирована от внешних окислителей, и на поверхности трибосопряжений формируется токопроводное фрикционное покрытие (металлоплакирующая пленка-смазка), является одной из главных причин их высокой надежности при многолетней эксплуатации без капитального ремонта и замены трибосопряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костецкий Б.М. Механо-химические процессы при граничном трении / Б.М. Костецкий, М.Э. Натансон, Л.И. Бершадский. М.: Наука, 1972. 170 с.

2. А.с. 463160. Контактная пара для слаботочных скользящих контактов / В.Г. Куранов, Б.М. Кузьмиченко, А.Г. Мешковская // Открытия, изобретения. 1975. № 9.

3. А.с. 1008808. Способ обработки скользящих слаботочных контактов / В.Г. Куранов, С.В. Бобырев // Открытия, изобретения. 1983. № 24.

4. Куранов В.Г. Фрикционная непроводимость слаботочных контактов (открытие, исследование и использование) / В.Г. Куранов. Саратов: СГТУ, 1996. 59 с.

5. Куранов В.Г. Сверхпроводимость и безызносность слаботочных контактов / В.Г. Куранов, В.В. Куранов // Трение и смазка в машинах и механизмах. М.: Машиностроение, 2008. № 1. С. 34-38.

6. Гаркунов Д.Н. Избирательный перенос в узлах трения / Д.Н. Гаркунов, И.В. Крагельский, А.А. Поляков. М.: Транспорт, 1969. 200 с.

7. Куранов В.Г. О самоорганизации трибосопряжений / В.Г. Куранов, В.В. Куранов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2008. № 2. С. 18-22.

8. Куранов В.Г. Явление «трибоцементации» в процессе финишной обработки шаров подшипников / В.Г. Куранов, А.Н. Виноградов // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2007. № 8. С. 32-37.

Куранов Владимир Георгиевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Kuranov Vladimir Georgiyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Automation and Management by Technological Processes» of Saratov State Technical University

Виноградов Михаил Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Vinogradov Mikhail Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Automation and Management by Technological Processes» of Saratov State Technical University

Куранов Владимир Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Kuranov Vladimir Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Automation and Management by Technological Processes» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 16.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 621.822.6

А.А. Никитин, Г.М. Цимбалов

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ВНУТРЕННЮЮ ПОВЕРХНОСТЬ КОЛЬЦА СО СТОРОНЫ ТЕЛ КАЧЕНИЯ

Рассмотрены две математические модели нагружения внешнего кольца: первая – зона нагружения порядка $\pi/2$; вторая – в форме прямоугольного импульса.

Кольцо подшипника, тело качения, динамические нагрузки.

A.A. Nikitin, G.M. Tshymbalov

DYNAMIC LOADINGS MATHEMATICAL MODEL OPERATING ON THE INTERNAL SURFACE OF THE RING FROM OUTSIDE OF SLIDING BODIES

Two mathematical models of loading of an external ring are considered: the first – a zone of loading of an order $\pi/2$; the second – in the form of a rectangular impulse.

Bearing ring, rolling element, dynamic load.

В работе [1] был предложен алгоритм вычисления упругих колебаний точек наружного кольца подшипника, основанный на решении классических уравнений теории упругости. В правые части этих уравнений входят компоненты вектора плотности поверхностной силы, действующей со стороны шариков на внутреннюю поверхность наружного кольца подшипника. В настоящей работе изложен вывод явных аналитических выражений для их вычисления.

Пусть подшипник имеет N шариков и $T_0 = 2\pi/\omega_0$ – средний период движения шариков в подшипнике, где ω_0 – угловая скорость их движения (рад/с). Уравнение идеального движения i -го шарика по дорожке имеет вид (для $(n-1)T_0 \leq t \leq nT_0$; $n = 1, 2, 3, \dots$):

$$\varphi_i(t) = \omega_0[t - (n-1)\tau_0] + 2\pi(n-1); \quad z_i(t) = \text{const}, \quad (1)$$

где $\varphi_0^{(i)} = \frac{2\pi}{N}(i-1)$ – начальное положение i -го шарика в момент $t = (n-1)\tau_0$.

Рассмотрим две модели нагружения наружного кольца шариками.

Описание первой модели. Когда на подшипник действует внешняя нагрузка, в нем возникают достаточно большие по угловому размеру (порядка $\pi/2$) зоны нагружения, в которых зазоры между поверхностью шариков и кольцами становятся отрицательными. Из-за этого в таких зонах возникают огромные силы упругого давления. Максимальное значение эти силы имеют, как правило, в центре зоны. На величину этих сил, а также на угловой размер зон нагружения, влияют не только внешняя нагрузка, но и различного рода геометрические факторы (перекос колец, отклонение геометрической формы колец и шариков от идеальной и т.д.). Поэтому в общем случае мы должны считать, что каждый шарик имеет свою зону нагружения и свою величину максимального давления. Исходя из этих, весьма общих представлений, рассмотрим математическую модель изменения со временем нагрузки на наружное кольцо подшипника, возникающей при движении шариков по дорожке кольца.

Пусть в области $\varphi_1^{(i)} \leq \varphi \leq \varphi_2^{(i)}$ кольца i -й шарик «давит» на внутреннюю поверхность по закону

$$\bar{\Phi}^{(i)}(t) = \begin{cases} \bar{f}_0^{(i)} A_i [\varphi_i(t) - \varphi_1^{(i)}][\varphi_2^{(i)} - \varphi_i(t)], & \varphi_0^{(i)} \leq \varphi_1^{(i)}, \varphi_2^{(i)} \\ \bar{f}_0^{(i)} A_i [\varphi_i(t) - (2\pi + \varphi_1^{(i)})][(\varphi_2^{(i)} + 2\pi) - \varphi_i(t)], & \varphi_0^{(i)} > \varphi_1^{(i)}, \varphi_2^{(i)}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\bar{f}_0^{(i)}$ – постоянный вектор, определяющий максимальную силу, действующую со стороны i -го шарика; A_i – нормировочный коэффициент:

$$A_i = \frac{4}{[\varphi_2^{(i)} - \varphi_1^{(i)}]^2}. \quad (3)$$

Выражение (2) с нормировочным коэффициентом (3) описывает силовое действие шарика в зоне, изменяющееся со временем t по параболическому закону. Если же шарик находится вне этой зоны, то его воздействие на кольцо принимается равным нулю. Следовательно, для интервалов времени $(n-1)T_0 \leq t \leq nT_0$ ($n = 1, 2, 3, \dots$), закон изменения со временем силы, действующей со стороны i -го шарика на наружное кольцо, можно задать в виде

$$\bar{f}_i(t) = \begin{cases} F_1^{(i)}(t), & \text{если } 0 \leq \varphi_0^{(i)} \leq \varphi_1^{(i)}; \\ F_2^{(i)}(t), & \text{если } \varphi_1^{(i)} \leq \varphi_0^{(i)} \leq \varphi_2^{(i)}; \\ F_3^{(i)}(t), & \text{если } \varphi_2^{(i)} \leq \varphi_0^{(i)} < 2\pi, \end{cases} \quad (4)$$

где

$$\bar{F}_1^{(i)}(t) = \begin{cases} 0, & \text{для } (n-1)T_0 \leq t \leq t_1^{(i)}, \quad \text{где } t_1^{(i)} = (n-1)T_0 + \frac{\varphi_1^{(i)} - \varphi_0^{(i)}}{\omega_0}; \\ \bar{\Phi}^{(i)}(t), & \text{для } t_1^{(i)} \leq t \leq t_2^{(i)}, \quad \text{где } t_2^{(i)} = t_1^{(i)} + \frac{\varphi_2^{(i)} - \varphi_1^{(i)}}{\omega_0}; \\ 0, & \text{для } t_2^{(i)} \leq t \leq t_3^{(i)}, \quad \text{где } t_3^{(i)} = t_2^{(i)} + \frac{2\pi - \varphi_2^{(i)} + \varphi_0^{(i)}}{\omega_0}, \end{cases} \quad (5)$$

$$\bar{F}_2^{(i)}(t) = \begin{cases} \bar{\Phi}^{(i)}(t), & \text{для } (n-1)T_0 \leq t \leq t_4^{(i)}, \text{ где } t_4^{(i)} = (n-1)T_0 + \frac{\Phi_2^{(i)} - \Phi_0^{(i)}}{\omega_0}; \\ 0, & \text{для } t_4^{(i)} \leq t \leq t_5^{(i)}, \text{ где } t_5^{(i)} = t_4^{(i)} + \frac{2\pi + \Phi_1^{(i)} - \Phi_2^{(i)}}{\omega_0}; \\ \bar{\Phi}^{(i)}(t), & \text{для } t_5^{(i)} \leq t \leq t_6^{(i)}, \text{ где } t_6^{(i)} = t_5^{(i)} + \frac{\Phi_0^{(i)} - \Phi_1^{(i)}}{\omega_0}, \end{cases} \quad (6)$$

$$\bar{F}_3^{(i)}(t) = \begin{cases} 0, & \text{для } (n-1)T_0 \leq t \leq t_7^{(i)}, \text{ где } t_7^{(i)} = (n-1)T_0 + \frac{2\pi - \Phi_0^{(i)} + \Phi_1^{(i)}}{\omega_0}; \\ \bar{\Phi}^{(i)}(t), & \text{для } t_7^{(i)} \leq t \leq t_8^{(i)}, \text{ где } t_8^{(i)} = t_7^{(i)} + \frac{\Phi_2^{(i)} - \Phi_1^{(i)}}{\omega_0}; \\ 0, & \text{для } t_8^{(i)} \leq t \leq t_9^{(i)}, \text{ где } t_9^{(i)} = t_8^{(i)} + \frac{\Phi_0^{(i)} - \Phi_2^{(i)}}{\omega_0}. \end{cases} \quad (7)$$

Входящий в зависимости (5)-(7) вектор $\bar{\Phi}^{(i)}$ зависит от времени t по параболическому закону. Найдем явный вид этой зависимости. Для этого подставим в (2) зависимость (1) и, после простых преобразований, получим выражение

$$\bar{\Phi}^{(i)}(t) = f_0^{(i)} \psi_i(t), \quad \text{для } t = (n-1)T_0 + \tau, \quad 0 \leq \tau \leq T_0, \quad (8)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \psi_i(\tau) &= \gamma_3^{(i)} + \gamma_4^{(i)}\tau + \gamma_5^{(i)}\tau^2; \\ \gamma_3^{(i)} &= A_i \gamma_1^{(i)} \gamma_2^{(i)}; \quad \gamma_4^{(i)} = A_i (\gamma_2^{(i)} - \gamma_1^{(i)}) \omega_0; \quad \gamma_5^{(i)} = -A_i \omega_0^2. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Постоянные

$$\left. \begin{aligned} \gamma_1^{(i)} &= \Phi_0^{(i)} - \Phi_1^{(i)}; \quad \gamma_2^{(i)} = \Phi_2^{(i)} - \Phi_0^{(i)}, \quad \text{если } \Phi_0^{(i)} \leq \Phi_1^{(i)}, \Phi_2^{(i)} \\ \gamma_1^{(i)} &= \Phi_0^{(i)} - (2\pi + \Phi_1^{(i)}); \quad \gamma_2^{(i)} = (2\pi + \Phi_2^{(i)}) - \Phi_0^{(i)}, \quad \text{если } \Phi_0^{(i)} > \Phi_1^{(i)}, \Phi_2^{(i)}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Вектор $\bar{f}_0^{(i)}$ определим в виде

$$\bar{f}_0^{(i)} = P_{\max}^{(i)} \bar{e}_r + Q_{\max}^{(i)} \bar{e}_z, \quad (11)$$

где $P_{\max}^{(i)}$ – максимальная радиальная сила давления i -го шарика на кольцо в зоне нагружения; $Q_{\max}^{(i)}$ – максимальное касательное усилие в точке контакта шарика с поверхностью кольца.

Вычислим теперь среднюю за период плотность поверхностной радиальной силы (Н/м^2), создаваемую шариками при движении по дорожкам подшипника. Формула для ее вычисления имеет вид

$$\left. \begin{aligned} \bar{F}_{cp} &= F_{cp,r} \bar{e}_r + F_{cp,z} \bar{e}_z, \\ F_{cp,r} &= \frac{1}{2\pi R_1 h} \sum_{i=1}^N P_{\max}^{(i)} B_i; \quad F_{cp,z} = \frac{1}{2\pi R_1 h} \sum_{i=1}^N Q_{\max}^{(i)} B_i \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

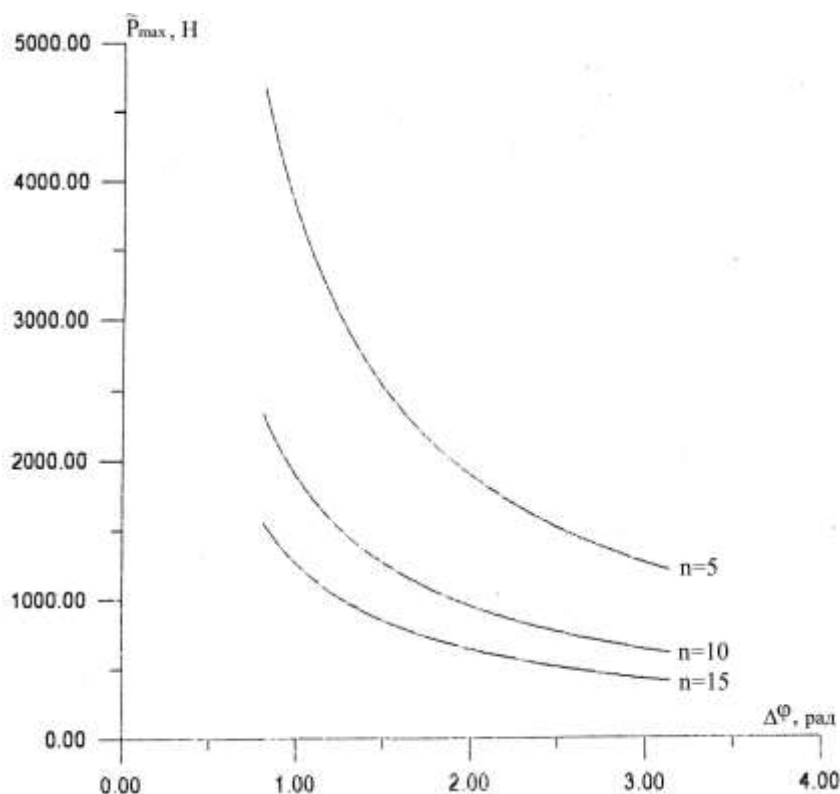
где

$$\left. \begin{aligned} B_i &= \frac{1}{T_0} \int_{\tau_1}^{\tau_2} \psi_i(\tau) d\tau \quad (\text{для } \Phi_0^{(i)} \leq \Phi_1^{(i)}); \quad \tau_1 = \frac{\Phi_1^{(i)} - \Phi_0^{(i)}}{\omega_0}; \\ B_i &= \frac{1}{T_0} \left[\int_0^{\tau_2} \psi_i(\tau) d\tau + \int_{\tau_3}^{T_0} \psi_i(\tau) d\tau \right] \quad (\text{для } \Phi_1^{(i)} \leq \Phi_0^{(i)} \leq \Phi_2^{(i)}); \quad \tau_2 = \frac{\Phi_2^{(i)} - \Phi_0^{(i)}}{\omega_0}; \\ B_i &= \frac{1}{T_0} \int_{\tau_3}^{\tau_4} \psi_i(\tau) d\tau \quad (\text{для } \Phi_2^{(i)} < \Phi_0^{(i)} < 2\pi); \quad \tau_3 = \frac{2\pi - \Phi_0^{(i)} + \Phi_1^{(i)}}{\omega_0}; \quad \tau_4 = \frac{2\pi - \Phi_0^{(i)} + \Phi_2^{(i)}}{\omega_0}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Из формул (12)-(13) можно получить усредненную по всем шарикам оценку P_{\max} , Q_{\max} , если заданы средняя радиальная T_r и T_z осевая нагрузки на подшипник:

$$\tilde{P}_{\max} \approx \frac{T_r}{\sum_{i=1}^N B_i}; \quad \tilde{Q}_{\max} \approx \frac{T_z}{\sum_{i=1}^N B_i}. \quad (14)$$

На рисунке приведены зависимости \tilde{P}_{\max} от числа шариков и величины зоны нагружения $\Delta\varphi_i = \varphi_2^{(i)} - \varphi_1^{(i)}$, – которую мы примем одинаковой для всех шариков. Зависимости построены для значений $T_r = 2000$ Н.



Изменение величины максимальной радиальной силы \tilde{P}_{\max} в зоне нагружения в зависимости от величины зоны $\Delta\varphi$ и числа шариков в подшипнике N. Величина внешней радиальной нагрузки 2000 Н

Для получения решения уравнений упругости необходимо выражения для сил раскладывать в ряды Фурье. Остановимся на этом подробнее.

В [1] вектор плотности поверхностной силы, действующей со стороны шариков на внешнее кольцо, был определен в виде:

$$\bar{F}(t, z) = \frac{1}{2\pi R_1} \sum_{i=1}^N \bar{f}^{(i)}(t) \delta(z - z_0^{(i)}), \quad (15)$$

где компоненты вектора $\bar{f}^{(i)}$ определяются формулами (4)-(11). Разложим компоненты вектора (15) по времени t и координате z в двойной тригонометрический ряд Фурье. Получим выражения:

$$F_r(t, z) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} A_{mn}^{(r)} \cos v_m t \sin p_n z + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} B_{mn}^{(r)} \sin v_m t \sin p_n z; \quad (16)$$

$$F_z(t, z) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} A_{mn}^{(z)} \cos v_m t \sin p_n z + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} B_{mn}^{(z)} \sin v_m t \sin p_n z, \quad (17)$$

где

$$\left. \begin{aligned} A_{mn}^{(r)} &= \frac{1}{\pi R_1 h T_0} \sum_{i=1}^N P_{\max}^{(i)} \sin(p_n z_0^{(i)}) U_m^{(i)}; \\ B_{mn}^{(r)} &= \frac{1}{\pi R_1 h T_0} \sum_{i=1}^N P_{\max}^{(i)} \sin(p_n z_0^{(i)}) V_m^{(i)}; \\ A_{mn}^{(z)} &= \frac{1}{\pi R_1 h T_0} \sum_{i=1}^N Q_{\max}^{(i)} \sin(p_n z_0^{(i)}) U_m^{(i)}; \\ B_{mn}^{(z)} &= \frac{1}{\pi R_1 h T_0} \sum_{i=1}^N Q_{\max}^{(i)} \sin(p_n z_0^{(i)}) V_m^{(i)}; \\ v_m &= \frac{2\pi m}{T_0}; \quad p_n = \frac{n\pi}{h}. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

В свою очередь

$$\left. \begin{aligned} U_m^{(i)} &= \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \psi_i(\tau) \cos(v_m \tau) d\tau, \\ V_m^{(i)} &= \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \psi_i(\tau) \sin(v_m \tau) d\tau, \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

где $\psi_i(\tau)$ берутся из выражений (9). Так как $\psi_i(\tau)$ являются квадратичными функциями от τ , то вычисление интегралов (19) можно провести в аналитической форме. В результате мы получаем явные аналитические выражения для сил, действующих на кольцо со стороны шариков, в форме двойных тригонометрических рядов вида (16)-(17).

Описание второй модели. Рассмотрим другой тип нагружения, который мы назовем ударным. Он возникает в результате образования сколов, трещин, раковин, т.е. когда в очень малой области поверхности происходит резкое изменение ее геометрии. В таких областях движение шариков приводит к резкому удару по поверхности, длительность удара приблизительно равна угловому размеру дефекта, деленному на среднюю угловую скорость движения шариков. Развитие такого удара во времени описать практически невозможно. Поэтому следует использовать простейшую модель, основанную на представлении, что в процессе удара усилие, развиваемое шариком, мгновенно достигает максимального значения и так же мгновенно спадает до нуля, после прохождения дефекта. Другими словами, изменение нагрузки со временем при ударе мы представляем в форме прямоугольного импульса. При таком представлении вся вышеизложенная математическая модель нагрузки сохраняет свой вид за исключением формулы (8), определяющей значение вектора $\bar{\Phi}^i$. В ней следует положить функцию $\psi_i(t) = 1$, при этом оценку величин $P_{\max}^{(i)}$ и $Q_{\max}^{(i)}$ нельзя проводить по формулам (14). Их величину следует задать априори, используя представления теории упругого удара о препятствия [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин А.А. Метод автоматизированной вибродиагностики механических систем на основе исследования колебаний внешнего кольца подшипника / А.А. Никитин, Г.М. Цимбалов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2010. № 1 (44). С. 59-67.
2. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики / Н.Н. Никитин. М.: Высшая школа, 1990. 607 с.

Никитин Анатолий Александрович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Биомедицинская физика» Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского

Nikitin Anatoliy Aleksandrovich – Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, Assistant Professor of the Department of «Biomedical Physics» of Saratov State University in the name of N.G. Chernyshevskiy

Цимбалов Геннадий Михайлович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

Tsimbalov Gennadiy Mikhaylovich – Candidate of Sciences in Physics and Mathematics, Senior Scientific Researcher of Saratov Branch of the Institute of Radio engineering and Electronics in the name of V.A. Kotelnikov of Russian Academy of Sciences

Статья поступила в редакцию 12.01.10, принята к опубликованию 05.04.10

УДК 621.9.015

П.А. Норченко

УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕЗАНИЯ С ОПЕРЕЖАЮЩИМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ ВСТРЕЧНО-НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Рассмотрены некоторые разработанные ранее устройства и приспособления для резания заготовок цилиндрической формы на токарном станке с опережающим пластическим деформированием, а также описано разработанное автором приспособление. Показаны основные особенности и преимущества разработанного приспособления.

Токарная обработка, опережающее пластическое деформирование.

P.A. Norchenko

CUTTING DEVICE WITH ADVANCING PLASTIC DEFORMATION OF THE OPPOSITE-DIRECTED OPERATION

Some devices and adaptations for cutting of cylindrical shaped workpieces on a lathe with advancing plastic deformation developed before are observed in the paper, and also the adaptation developed by the author is described. The basic features and advantages of the developed adaptation are displayed.

Lathe machining, plastic deformation outperformance.

Обработка резанием жаропрочных и нержавеющей сталей и сплавов весьма затруднена вследствие следующих особенностей этих материалов: высокое упрочнение материала в процессе деформации резанием, малая теплопроводность обрабатываемого материала, способность сохранять исходную прочность и твердость, большая истирающая способность, пониженная виброустойчивость движения резания.

Разработано несколько способов снижения влияния описанных негативных факторов, в числе которых предлагается использование метода резания с опережающим пластическим деформированием (ОПД). Резание с ОПД обеспечивает улучшение условий стружкообразования путем рационального изменения физико-механических свойств материала срезаемого слоя вследствие его упрочнения до процесса срезания [1, с.538].

По имеющимся данным, способ обработки поверхностей вращения с предварительным пластическим деформированием впервые был предложен в работе [2, с.64]. Там же были описаны две разновидности схем обработки с ОПД, представленные на рис. 1. Опережающее пластическое деформирование можно производить по обрабатываемой поверхности (рис. 1 а, б) или по поверхности резания (рис. 1 в).

Каждая из представленных схем имеет достоинства. Так, к достоинствам схемы обработки с деформированием по обрабатываемой поверхности можно отнести следующие:

- невысокие требования к точности изготовления конструкции;
- вариативность формы и размеров деформирующего элемента;
- простота установки и настройки на размер;
- возможность независимой регулировки деформирующего и режущего элементов;
- высокая степень универсальности способа обработки.

В свою очередь, схема обработки с деформированием по поверхности резания имеет следующие достоинства:

- высокая жесткость конструкции;
- обкатка свежесрезанной поверхности;
- более высокие величины удельного давления на поверхность;
- большее позитивное влияние тепловых процессов на характер обработки.

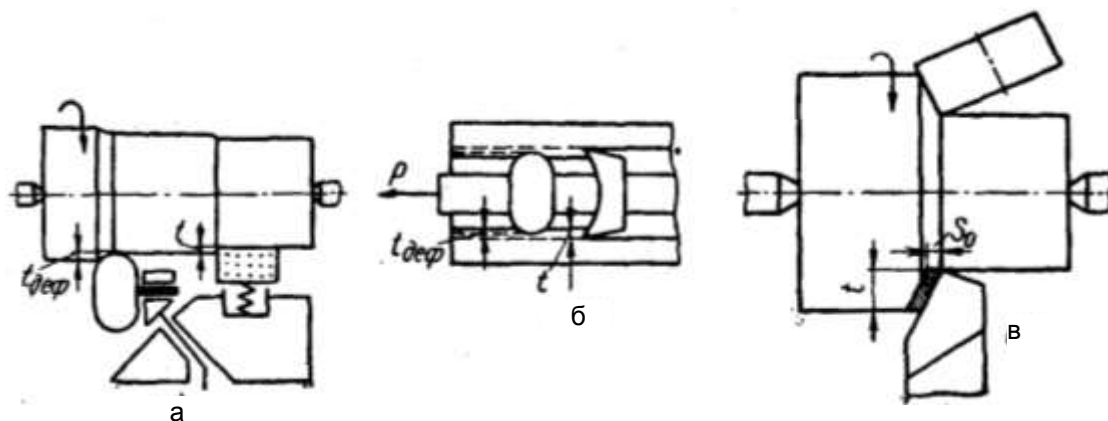


Рис. 1. Схема процесса резания с опережающим пластическим деформированием:
а, б – деформирование по обрабатываемой поверхности;
в – деформирование по поверхности резания

В условиях единичного и опытного производства более весомыми являются факторы, характеризующие обработку деформированием по обрабатываемой поверхности, которая и была взята за основу при проектировании и изготовлении описываемого ниже приспособления.

Большинство разработанных ранее приспособлений для данной схемы обработки имели одностороннее расположение деформирующего элемента относительно оси вращения детали. В этом случае давление от деформирующего элемента увеличивало радиальную силу, действующую на заготовку со стороны резца, что негативно сказывалось как на точности изготовления, так и на работоспособности станка.

Основным принципом, заложенным при проектировании описываемого приспособления, явился принцип создания схемы обработки, при котором данный негативный фактор был

бы нивелирован. Приспособление было спроектировано для установки на станке мод. 1М63 с целью обработки резанием с опережающим деформированием заготовок $\varnothing 40-300$ мм. В качестве деформирующих элементов были использованы неполноконтактные ролики. Усилие деформирования и точная установка на размер обеспечиваются пружинами и винтами с мелким шагом резьбы. Грубая установка на размер обеспечивается сдвижными салазками. Крепление приспособления на станок производится за счет прижимных винтов и винтов резцедержателя. Предусмотрена поверхность для базирования режущего инструмента.

Данное приспособление представлено на рис. 2.

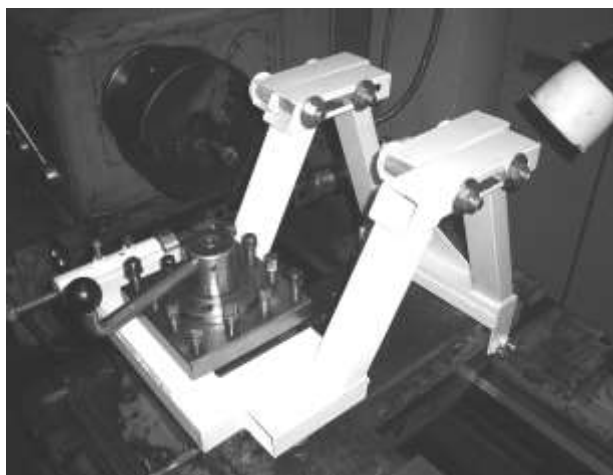


Рис. 2. Приспособление для резания с ОПД встречно-направленного действия

На рис. 3 изображен принципиальный вид данного приспособления.

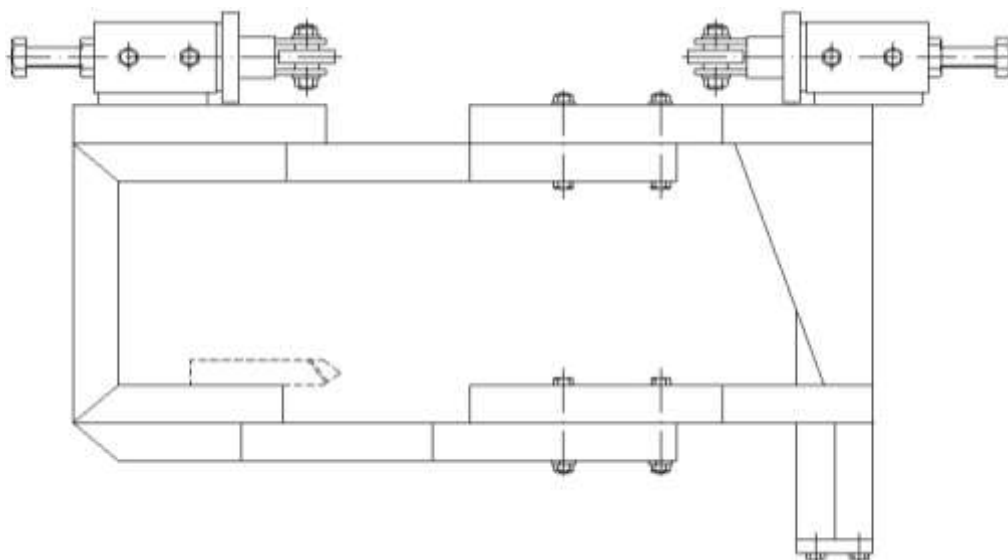


Рис. 3. Чертеж принципиальный

Деформирующие элементы расположены оппозитно друг к другу и создают равные по величине радиальные силы, которые при противоположном направлении уравнивают друг друга. Кроме этого факта, данное приспособление имеет и ряд других достоинств:

– максимальная величина натяга лимитируется только возможностями электродвигателя станка;

- допускается изменение угла наклона деформирующих элементов относительно оси вращения, что улучшает условия деформирования;
- увеличивается жесткость обработки и, следовательно, ее точность;
- имеется возможность варьировать размеры обрабатываемых заготовок в очень широких пределах;
- конструкцией предусмотрены очень простые монтаж и демонтаж.

Все описанные выше факты позволяют высказывать оптимистичные предположения относительно применимости данной конструкции на производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов / В.Н. Подураев. М.: Высшая школа, 1974. 587 с.
2. Подураев В.Н. Способ обработки резанием с применением опережающего пластического деформирования / В.Н. Подураев, В.М. Ярославцев, Н.А. Ярославцева // Вестник машиностроения. 1971. № 4. С. 64-65.
3. Крайнев Д.В. Progressive method of cutting stainless and heatproof steels and alloys / Д.В. Крайнев, П.А. Норченко, А.Р. Ингеманссон // European Journal of Natural History. 2008. № 4. С. 94.
4. Влияние опережающего пластического деформирования на износ инструмента и качество поверхностного слоя при обработке аустенитных сталей / Ю.Н. Полянчиков, Д.В. Крайнев, П.А. Норченко, А.Р. Ингеманссон // Известия ВолгГТУ. Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». 2008. № 9. С. 35-37.

Норченко Павел Анатольевич –
аспирант кафедры
«Технология машиностроения»
Волгоградского государственного
технического университета

Norchenko Pavel Anatolyevich –
Post-graduate student of the Department
of «Technology of Machine Building»
of Volgograd State Technical University

Статья поступила в редакцию 14.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 621. 81: 539.4

А.О. Подвойский, В.Е. Боровских

ПРАВИЛО ИСЧЕРПАНИЯ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ ОБЪЕКТА ДЛЯ СЛУЧАЯ АДДИТИВНО-МУЛЬТИПЛИКАТИВНОЙ МОДЕЛИ НЕСТАЦИОНАРНОГО СТОХАСТИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Изучается структура вероятностной модели деградационного процесса. Обосновывается инвариантность вероятностной модели относительно класса стохастической функции времени. Рассматривается модификация правила исчерпания, позволяющая с помощью искусственных нейронных сетей учитывать локальные во времени всплески напряжений в элементах конструкций.

Вероятностная модель, нестационарный стохастический процесс, нейронная сеть.

A.O. Podvoyskiy, V.E. Borovskikh

**OBJECT ENDURANCE LIMIT EXHAUSTION RULE
FOR THE CASE OF ADDITIVE-MULTIPLICATE MODEL
OF NON-STATIONARY STOCHASTIC PROCESS**

The structure of likelihood model degradation process is studied. Invariance of likelihood model concerning a class of stochastic function of time is proved. One updating of a rule of the exhaustion is considered, allowing by means of artificial neural networks to consider local in time splashes in pressure.

Likelihood model, non-stationary stochastic process, neural network.

Реальные системы (биологические, экономические, социальные, технические, триботехнические и другие) представляют собой сложные стохастические системы, свойства которых изменяются с течением времени, а потому и процессы, совершающиеся в этих системах, являются *стохастическими*. Надо сказать, что случайные процессы (СП), регистрируемые в эксперименте, очень редко отвечают стационарной гипотезе (гипотезе о неизменности свойств объекта), поэтому прогностические модели, удовлетворяющие требованиям адекватности (здесь под адекватностью понимается соответствие свойств модели свойствам изучаемого объекта) и эффективности, должны учитывать *нестационарную* компоненту поля стохастических возмущений, т.е. уметь предсказывать поведение процесса с реономными компонентами.

Замечание: за актуальность реономного направления выступает тот факт, что существующие методы прогнозирования усталостной долговечности работают главным образом в рамках упомянутой выше стационарной гипотезы, т.е. аппроксимируют реальный сложноструктурный процесс процессом стационарным или квазистационарным [1], а между тем известно, что стационарность – это математическая абстракция, «искажающая реальное положение вещей» [2].

В настоящей статье предлагается удовлетворяющая требованию реономности вероятностная модель деградационного процесса (ВМДП), описывающего квазимонотонное ухудшение параметров качества системы в поле *нестационарных* возмущений

$$\sigma_{-1}^{(k)} = \sigma_{-1}^{(k-1)} \cdot \sum_{1 \leq j \leq d}^{m_j} \sqrt{\left(1 - \frac{\alpha}{\sigma_{-1}^{m_j} \cdot N_0} \cdot \int_t^{t'} \sigma_x(t) dt\right)^\zeta}, \quad (i = 1, 2), \quad (k = \overline{1, q}), \quad (1)$$

где $\sigma_{-1}^{(k)}$ – предел выносливости на шаге k ; $\sigma_{-1}^{(k-1)}$ – предел выносливости на шаге $(k-1)$, $\sigma_{-1}^{(k)}|_{k=1} = 0,5 \cdot \sigma_{-1}$; σ_{-1} – предел выносливости объекта при симметричном цикле; $\sigma_x(t)$ – стохастический процесс; $m_1(m_2)$ – котангенс угла наклона левой (правой) ветви модифицированной кривой усталости Беренова (МКБ); N_0 – абсцисса точки перегиба МКБ; α – корректирующий множитель; ζ – интенсивность деградационного процесса; q – число повреждающих выбросов; d – число выбросов в пределах уровня $\sigma_{-1}^{(k)}, (k = \overline{1, q})$.

Замечание: стохастический интеграл $\int \sigma_x(t) dt$ в соотношении (1) вводится так же, как и обычный римановский [3]: пусть СП $\sigma_x(t)$ определен на $T \subseteq \mathbf{R}^1$. На отрезке $[a; b] \subseteq T$ построим некоторое разбиение $a = t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_{n-1} \leq t_n = b$, а на каждом из промежутков этого разбиения выберем произвольную точку $\tau_i \in [t_{i-1}, t_i), (i = \overline{1, n})$; теперь если при $n \rightarrow \infty$ и $\max(t_i - t_{i-1}) \rightarrow 0, (i = \overline{1, n})$ существует предел в среднеквадратическом

l.i.m. $\sum_{1 \leq j \leq n} \sigma_x(\tau_j) \cdot (t_j - t_{j-1}) = \eta$, не зависящий от способа разбиения $\{t_i\}$ и выбора точек $\{\tau_i\}$, то

СП называется среднеквадратически интегрируемым на $[a; b]$, а случайная величина η называется его среднеквадратическим интегралом.

ВМ (1) можно рассматривать как дискретный преобразователь (ДПР), который по реализации СП строит траекторию деградационного (рис. 1): если энергия выброса (ЭВ) w_j превышает пороговую w_{th} ЭВ, то предел выносливости мгновенно снижается на величину $\Delta\sigma_{-1}^{(k)} = \sigma_{-1}^{(k-1)} - \sigma_{-1}^{(k)}$, в противном случае предел выносливости снижается лишь по окончании выброса, энергия которого превышает w_{th} .

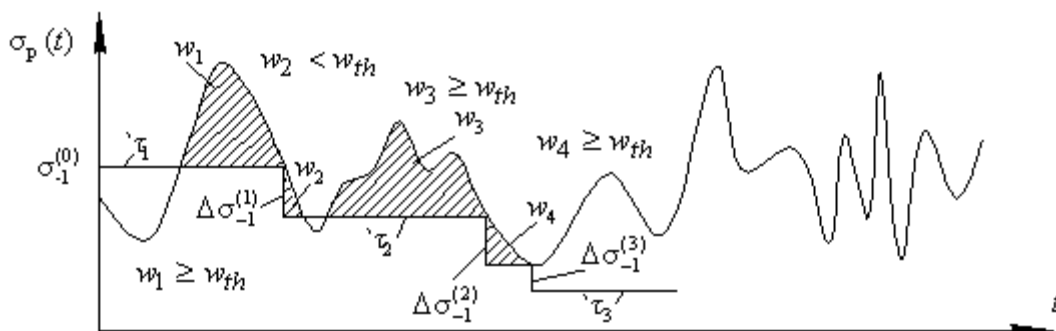


Рис. 1. Реализация СП и траектория деградационного процесса

Для того чтобы провести расчет на прочность по критерию многоциклового (число циклов $\approx 10^6$) или гигациклового (число циклов $> 10^9$) усталости в рамках предлагаемой ВМДП, необходимо прежде решить задачу идентификации класса СП, т.е. выяснить, какими особенностями обладает структура СП, может ли этот процесс быть аппроксимирован стационарным и какую ошибку вызовет аппроксимация.

Замечание: реализацию СП можно получить либо моделированием по вероятностным характеристикам, либо экспериментально, например, методом тензометрии.

Определение статистических характеристик СП возможно либо по одной реализации процесса, либо по ансамблю реализаций. В зависимости от сведений, касающихся наличия той или иной совокупности признаков процесс может быть отнесен к тому или иному классу различной полноты [4]. Так, например, по наличию (отсутствию) связей между средним по аргументу и средним по множеству различают эргодические и неэргодические процессы: если вероятностные характеристики процесса, полученные усреднением по времени, равны аналогичным характеристикам, найденным усреднением по ансамблю реализаций, то говорят, что СП обладает свойством эргодичности (является эргодическим), в противном случае процесс называют неэргодическим; в зависимости характеристик СП от выбора начала отсчета времени различают стационарные (в узком смысле, в широком смысле) и нестационарные процессы: если конечномерные распределения процесса инвариантны относительно временного сдвига, то СП называют стационарным в узком смысле, процесс называют стационарным в широком смысле, если его моменты первых двух порядков не зависят от временной координаты, нестационарным называют процесс, характеристики которого зависят от начала отсчета времени. Возможна также классификация по типу областей существования, по типу законов распределения, по свойствам приращений СП и т.д. [4].

Классификация (в традиционной постановке) — это необходимый предварительный этап исследования СП с целью выявления их свойств до проведения основной статистической обработки, поэтому в некотором смысле классификация должна отражать алгоритм анализа изучаемого процесса [5]. Учитывая последнее обстоятельство, А.М. Прохоренков и

Н.М. Качала [5] с помощью аппарата нечеткой логики разработали классификацию СП по одной реализации. В качестве классификационных признаков были выбраны класс процесса, вид нестационарности, законы изменения математического ожидания и дисперсии.

Классификация на основе нечеткого логического вывода осуществляется по базе правил, которая может быть представлена в виде системы уравнений [5]

$$\bigcup_{p=1}^{k_i} w_{ip} \left[\bigcap_{j=1}^n x_j = r_j^{ip} \right] \rightarrow y = d_i, (i = \overline{1, m}), \quad (2)$$

или через функции принадлежности [5]

$$\mu_{d,i}(X) = \bigcup_{p=1}^{k_i} w_{ip} \left[\bigcap_{j=1}^n \mu_{ip}(x_j) \right], (i = \overline{1, m}), \quad (3)$$

где d_j – классы; r_j^{ip} – нечеткий терм, которым оценивается переменная x_j в строке с номером ip ($i = \overline{1, k_i}$); k_i – количество строчек-конъюнкций, в которых выход y оценивается значением d_i ; $w_{ij} \in [0, 1]$ – весовой коэффициент правила с номером ip .

В качестве решения выбирают класс с максимальной степенью принадлежности [5]

$$y^* = \arg \max_{\{d_1, d_2, \dots, d_m\}} [\mu_{d,1}(X^*), \mu_{d,2}(X^*), \dots, \mu_{d,m}(X^*)], \quad (4)$$

где символом * обозначен вектор значений классификационных признаков исследуемого процесса.

Процедура классификации повторяется дважды: 1) определяется класс СП по математическому ожиданию, 2) определяется класс СП по дисперсии.

Таким образом, предлагаемая классификация позволяет выявить:

- класс СП (стационарный, нестационарный),
- вид СП (аддитивный, мультипликативный, аддитивно-мультипликативный),
- тип детерминированной компоненты.

Если задача идентификации не чувствительна к точности решения, то класс СП, так сказать, в первой итерации можно определить с помощью «визуального» экспресс-анализа по восстановленной фазовой траектории процесса [6].

Определив классификационные характеристики СП, можно перейти к моделированию этого процесса (СП, как правило, допускают представление в виде аддитивно-мультипликативной модели).

В данном случае задача сводится к построению реализации некоррелированного эквидистантного временного ряда с заданной плотностью распределения ординаты.

Для этого сначала с помощью линейного конгруэнтного генератора (встроенный генератор равномерно распределенных псевдослучайных чисел random высоким качеством не отличается!) [7]

$$y_j = (a \cdot y_{j-1} + c) \bmod m, (j = \overline{1, n}), \quad (5)$$

где a – множитель; y_0 – ключ процесса; c – инкремент; m – модуль (период генератора), получим равномерный белый шум (РБШ), а затем методом обратных функций – СП с заданной плотностью распределения (рис. 2).

Замечание: период генератора m очень чувствителен к параметрам a и c , поэтому, выбирая значения этих параметров, следует придерживаться рекомендаций, приведенных в [3].

Аддитивно-мультипликативная модель (АММ) стохастического процесса имеет вид [8]

$$x(t) = \mu(t) + \eta(t) \cdot \tilde{x}(t), \quad (6)$$

где $\mu(t)$ – математическое ожидание стохастического процесса; $\eta(t)$ – дисперсия стохастического процесса; $\tilde{x}(t)$ – стационарный центрированный стохастический процесс.

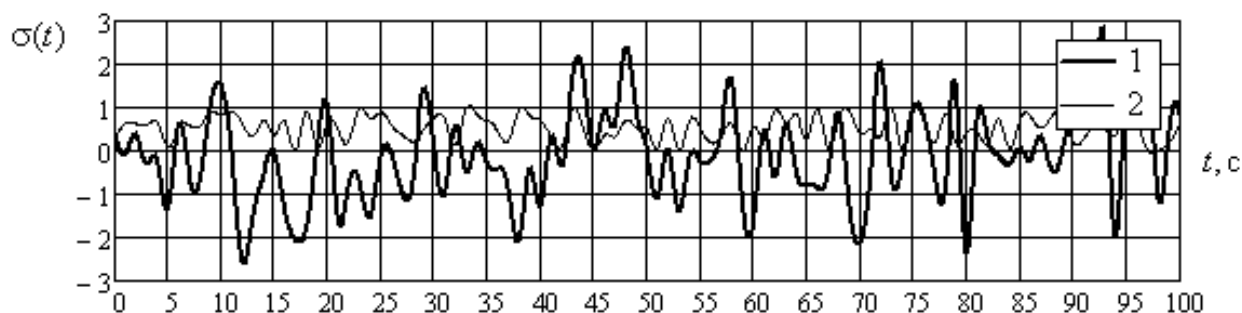


Рис. 2. Реализации: 1 – гауссовский процесс; 2 – РБШ

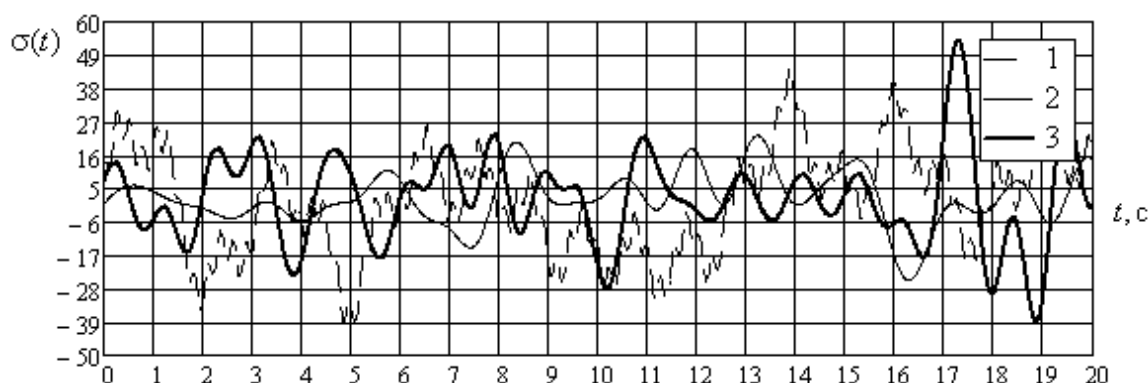


Рис. 3. Реализации: 1 – аддитивный нестационарный СП; 2 – мультипликативный нестационарный СП; 3 – аддитивно-мультипликативный нестационарный СП

Варьируя параметры АММ, можно получать реализации СП с различными классификационными характеристиками (рис. 3).

Возвратимся к ВМДП: на вход ДПР (1) поступает непрерывный СП произвольной структуры $\sigma_x(t)$, на выходе ДПР образуется одномерный сепарабельный стохастически непрерывный СП с независимыми приращениями, т.е. если СП $\sigma_x(t)$ не имеет разрывов, то преобразование (1) всегда возможно. Таким образом, ВМ инвариантна относительно структуры непрерывного СП в том смысле, что дискретное преобразование имеет место как для стационарного, так и для нестационарного, как для широкополосного, так и для узкополосного СП.

Теперь рассмотрим одну модификацию правила исчерпания предела выносливости для случая аддитивно-мультипликативной модели нестационарного СП.

Метод обратных функций, метод кусочно-линейной аппроксимации, метод Неймана и другие моделируют *изоструктурные* процессы, т.е. процессы с *однородной* структурой, реальные же СП, как правило, однородной структурой не обладают, т.е. содержат так называемые локальные всплески (аномальные сигналы) (рис. 4).

При моделировании СП по статистическим характеристикам локальные всплески (ЛВ) учитывать необходимо, потому как эти всплески достаточно сильно влияют на процесс накопления необратимых повреждений структуры материала (если ЛВ вызывается, к примеру, пуском двигателя, то на осциллограмме напряжений за восьмичасовую рабочую смену таких ЛВ может быть несколько десятков).

Влияние аномальных сигналов в рамках ВМДП (1) можно учесть с помощью так называемых искусственных нейронных сетей (ИНС), моделей, которые строятся по принципу организации и функционирования их биологических прототипов-сетей нервных клеток (нейронов) мозга [6]. Даже многослойные ИНС прямого распространения обладают рядом полезных свойств (обучаемость, способность к обобщению, к абстрагированию и т.д.). Так,

«пропустив» через ИНС эргодический СП с ЛВ, можно «научить» ее прогнозировать момент времени всплеска и его характеристики (мощность, продолжительность и т.д.).

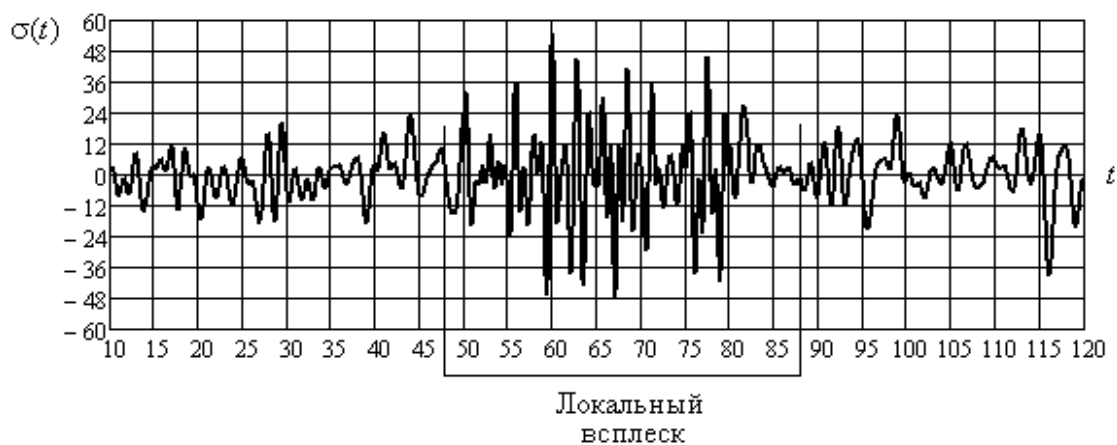


Рис. 4. Реализация СП с локальным всплеском

Замечание: «обучающий» процесс, т.е. СП, настраивающий ИНС на различного рода аномалии, обязательно должен быть непрерывным на множестве $T \subseteq \mathbf{R}^1$.

Выводы: предложенная ВМДП в отличие от существующих оперирует не плотностью распределения процесса, а реализацией последнего, что позволяет в терминах одной обобщенной модели описать все многообразие форм нестационарности и, как следствие, различные механизмы накопления повреждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подвойский А.О. Правило исчерпания предела выносливости объекта в условиях стохастической изменчивости поля напряжений / А.О. Подвойский, В.Е. Боровских // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. № 3 (41). Вып. 2. С. 156-160.
2. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / В.В. Болотин. М.: Машиностроение, 1984. 312 с.
3. Миллер Б.М. Теория случайных процессов в примерах и задачах / Б.М. Миллер, А.Р. Панков. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 320 с.
4. Романенко А.Ф. Вопросы прикладного анализа случайных процессов / А.Ф. Романенко, Г.А. Сергеев. М.: Советское радио, 1968. 255 с.
5. Прохоренков А.М. Использование методов нечеткой логики для определения классификационных характеристик случайных процессов / А.М. Прохоренков, Н.М. Качала // Вестник МГТУ. 2006. Т. 9. № 3. С. 514-521.
6. Безручко Б.П. Математическое моделирование и хаотические временные ряды / Б.П. Безручко, Д.А. Смирнов. Саратов: ГосУНЦ «Колледж», 2005. 320 с.
7. Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике: в 2 ч. / Х. Гулд, Я. Тобочник; пер. с англ. М.: Мир, 1990. Ч. 2. 400 с.
8. Харкевич А.А. Борьба с помехами / А.А. Харкевич. М.: Наука, 1965. 275 с.

Подвойский Александр Олегович –
ассистент кафедры
«Теория механизмов и детали машин»
Саратовского государственного
технического университета

Podvoyskiy Aleksandr Olegovich –
Junior Research Staff Member
of the Department of «Theory of Mechanisms
and Machine Parts»
of Saratov State Technical University

Боровских Валентин Ефимович –
доктор технических наук, профессор кафедры
«Теория механизмов и детали машин»
Саратовского государственного
технического университета

Borovskikh Valentin Efimovich –
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
of «Theory of Mechanisms and Machine Parts»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 27.01.10, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 621.9.06.08

К.С. Усакин, А.А. Игнатьев

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА
ПРЕЦИЗИОННОГО ТОКАРНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СИТУАЦИЙ,
ПРИ КОТОРЫХ НЕОБХОДИМА ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ БАЛАНСИРОВКА
ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ УРОВНЯ ВИБРАЦИИ**

Представлена математическая модель динамики системы «шпиндель – патрон – деталь» в прецизионном токарном модуле. Рассмотрен случай изменения уровня вибраций опор шпинделя, вызванного начальным дисбалансом заготовки, при переходе с выпуска одного типоразмера деталей на другой. Показан вариант программы для ЭВМ, позволяющий сделать вывод о необходимости дополнительной балансировки для обеспечения требуемой точности обработки.

Шпиндельный узел, прецизионная обработка, балансировка шпинделя.

K.S. Usakin, A.A. Ignatyev

**SIMULATION OF DYNAMIC MACHINING UNIT PRECISION
TURNING MODULE FOR IDENTIFICATION OF SITUATIONS IN WHICH
ADDITIONAL BALANCE IS NECESSARY FOR VIBRATION MINIMIZATION**

A mathematical model of the dynamics of spindle-holder-item in precision turning module is presented. In particular, the case of changes in the level of vibration bearing spindle caused the initial imbalance in the workpiece, the transition with the release of the same size parts on the other. Computer version program allows to conclude the necessity for additional balancing to ensure the required accuracy.

Spindel block, precision machining, spindel balancing.

Шпиндельный узел (ШУ) является одной из основных подсистем металлорежущего станка, участвующих в движении формообразования. Как известно, на долю ШУ приходится от 50 до 80% суммарной погрешности металлорежущего станка, при этом в процессе эксплуатации данный узел, подвергаясь воздействию ряда процессов, работает в крайне напряжен-

ных динамических условиях. Но, несмотря на это, он должен обеспечивать необходимые выходные параметры точности с сохранением их во времени [2].

Высокие требования к точности обработки деталей привели к внедрению новых технических решений в конструкции ШУ прецизионных станков, которые позволяют обеспечить эти требования. Так, применение аэростатических опор позволило обеспечить высокую скорость, точность вращения и увеличение срока службы ШУ.

Известно, что спектр колебаний ШУ полностью переносится на деталь, и для повышения качества обработки деталей необходимо ШУ периодически балансировать. При смене типоразмера заготовки соответственно меняется и спектр колебаний. Для определения ситуаций, требующих дополнительной балансировки ШУ была использована методика, предложенная Васильевым и Кутко [2].

Как известно, для уравнивания любой вращающейся детали (ротора) необходимо, чтобы её центр тяжести лежал на оси вращения, а центробежные моменты инерции были равны нулю, или, другими словами, необходимо, чтобы одна из главных центральных осей инерции совпадала с осью вращения [3-4].

При вращении неуравновешенной детали на неё, в общем случае, будут действовать главный вектор центробежных сил, приложенный в центре тяжести детали, и пара сил, приложенная в плоскости, проходящей через ось вращения детали.

Пусть P (рис. 1) – главный вектор центробежных сил, а M – главный момент, определяемые выражениями:

$$P = m\omega^2 r;$$

$$M = \omega^2 \sqrt{J_{zx}^2 + J_{yx}^2}, \quad (1)$$

где m – масса ротора, кг·с²/см; r – величина смещения центра тяжести от оси вращения, см; $J_{zx}^2 + J_{yx}^2$ – центробежные моменты инерции в плоскостях ZOX и YOX , кг·см·с²; ω – угловая скорость вращения, 1/с.

Выберем две плоскости, перпендикулярные к оси вращения детали, например I и II . Силу P можно разложить на две силы P_1 и P_2 , приложенные в выбранных плоскостях, а момент M выразить через силы Q так, чтобы $M = Ql$. Сложив в каждой из плоскостей силы P_1 и Q_1 и P_2 и Q_2 , получим две равнодействующие R_1 и R_2 (силовой крест), заменяющие главный вектор и главный момент центробежных сил.

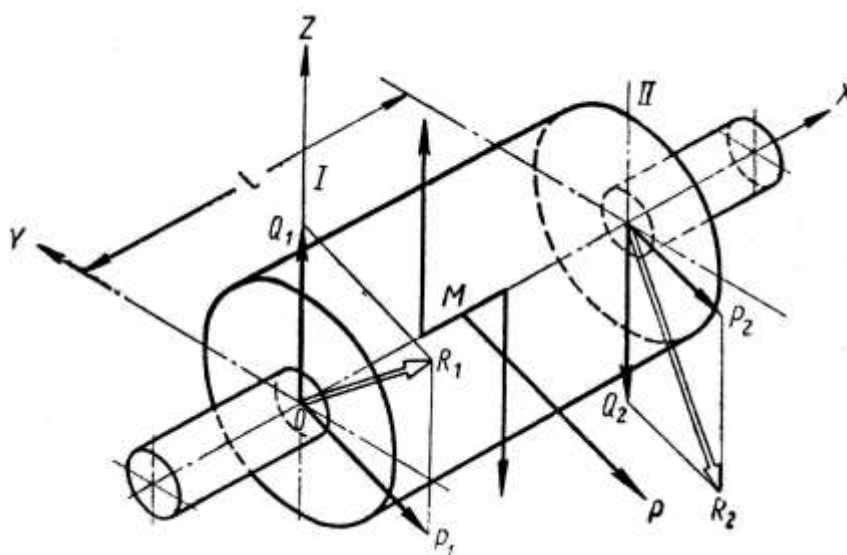


Рис. 1. Приведение сил, действующих на ротор, к двум плоскостям исправления

Поскольку силы R_1 и R_2 пропорциональны квадрату угловой скорости, то деталь можно уравновесить, поместив по одной добавочной массе в каждой из плоскостей исправления, так, чтобы центробежные силы, создаваемые ими, уравнивали действующие на деталь, вследствие её начальной неуравновешенности, центробежные силы R_1 и R_2 .

Этим обстоятельством как раз пользуются при балансировке на балансировочных станках. Для балансировки какой-либо детали заранее выбирают две плоскости, перпендикулярные к оси вращения и удобные для установки уравнивающих грузов или удаления части материала детали – так называемые плоскости исправления – и станок настраивают так, чтобы можно было определить место установки и величину грузов, которые следует добавить (или удалить) в каждой из плоскостей исправления для полного уравнивания детали.

Для того, чтобы судить, велика или мала неуравновешенность для данной детали, следует величину неуравновешенности отнести к массе детали. Получающаяся при этом линейная величина e определяет собой смещение центра тяжести детали от оси вращения:

$$e = \frac{10^{-6} G_1 r}{G}, \text{ мкм}; \quad (2)$$

где G – вес детали, кг; G_1 – величина уравнивающего груза, кг; r – радиус, м, на котором помещается груз (размерность в СИ).

Этот способ определения величины неуравновешенности позволяет сравнивать между собой относительные величины неуравновешенности для различных деталей, что, в свою очередь, позволяет систематизировать различные детали по допустимой величине неуравновешенности.

При необходимости высокой точности балансировки следует стремиться к тому, чтобы балансировать устройство в собранном виде. В тех случаях, когда балансировка узлов устройства в собранном виде по каким-либо причинам невозможна, то обеспечить необходимую уравновешенность узла можно за счет точной сборки его деталей, сбалансированных по отдельности.

Обычно балансировочные станки имеют градуировочную шкалу в относительных величинах. Соотношение между величиной неуравновешенности и показаниями прибора устанавливается при настройке станка.

Центробежные силы, возникающие при вращении неуравновешенных деталей, воспринимаются опорами. При недостаточной жесткости опор последние приходят в колебания. Измерив амплитуду колебаний, можно судить о величине неуравновешенности. На этом принципе строились первые балансировочные станки.

Часто нормы на допустимую остаточную неуравновешенность задаются исходя из достижимой точности балансировки на имеющихся станках. В тех случаях, когда требуемая точность балансировки определяется смещением центра тяжести менее 1 мкм – балансировка деталей требует большого числа пусков станка, поскольку при такой точности уравнивания помехи, вызываемые неправильностью формы шеек, загрязненностью смазки, нестабильностью стыков муфты, не позволяют получить достоверных результатов измерения величины неуравновешенности за один пуск станка.

Факторами, определяющими необходимую точность балансировки шпинделя токарного станка, могут быть допустимая вибрация, качество обработки, шум, физиологическое ощущение вибраций и т.п.

При расчете допустимой неуравновешенности можно исходить из следующих предположений [2].

Если нет особых требований к спокойному ходу машин, то в обычном машиностроении достаточно, чтобы ускорение при колебаниях не превосходило $0,1g$ (g – ускорение силы тяжести, $9,806 \text{ м/с}^2$). Если приближенно принять соотношение веса ротора и статора 1:1, то допустимый эксцентриситет может быть определен из следующего выражения:

$$e_1 = \frac{2 \cdot 10^8}{n^2}, \text{ мкм}, \quad (3)$$

где n – число оборотов ротора в минуту.

По ряду машин и аппаратов в настоящее время на основании опыта уже установились нормы допустимого смещения центра тяжести вращающихся деталей. Поэтому определить величину допустимой неуравновешенности деталей станков можно также по приведённым в таблице допустимым величинам смещения центра тяжести.

Допустимая величина смещения оси вращения (сокращена) [3]

Наименование деталей	Смещение центра тяжести, мкм
Круги, роторы, валы и шкивы прецизионных шлифовальных станков	0,16-0,40
Высокооборотные электродвигатели, малые и средние газовые турбины, быстроходные воздухоудвки, приводы шлифовальных станков	0,5-2,5

Если рассматривать движение свободного ротора без учета влияния приводного вала, то точное решение этой задачи показывает, что при неуравновешенном роторе его ось не совпадает с осью вращения, а описывает некоторую коническую поверхность. Положение вершины конуса на оси вращения определяется соотношением массы и моментов инерции ротора, величиной смещения центра тяжести и величиной центробежных моментов инерции ротора. Поперечное сечение конуса представляет собой эллипс. Отношение длин большой и малой осей эллипса зависит от соотношения жесткости опор в вертикальном и горизонтальном направлениях. При одинаковой жесткости в обоих направлениях сечением конуса будет круг. При очень малой жесткости, как в случае применения в станке аэростатических опор, вращение ротора в обоих направлениях будет происходить вокруг главной центральной оси инерции ротора.

Опоры балансировочных станков обычно выполняются подвесными, так что их жесткость в вертикальном направлении много больше жесткости в горизонтальном направлении. В этих условиях сечение конуса, описываемого осью ротора, представляет собой эллипс, вытянутый в горизонтальном направлении. Отношение длин большой и малой осей составляет 5-10 для легких быстроходных станков и доходит до 100 для тяжелых станков.

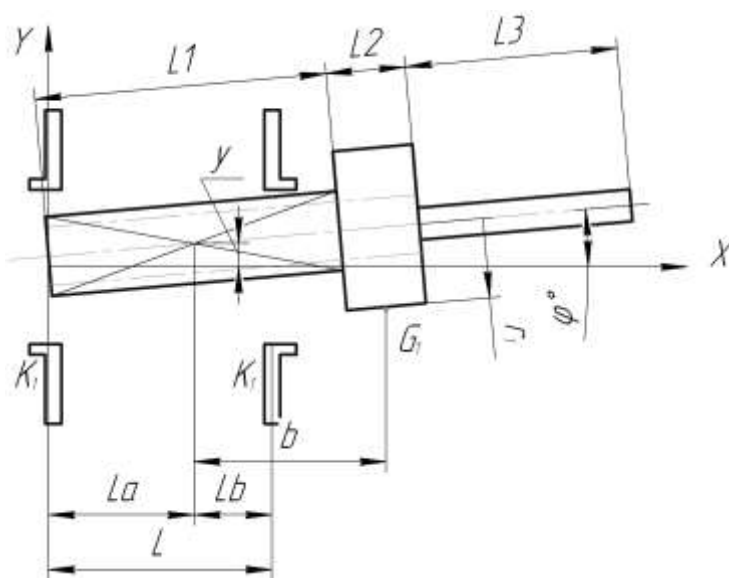


Рис. 2. Расчетная схема балансировки

При составлении уравнений возможны некоторые упрощения задачи, вытекающие из особенностей работы балансировочных станков и не влекущие за собой существенной ошибки [4].

Во-первых, поскольку жесткость опор ротора велика в вертикальном направлении и мала в горизонтальном, можно рассмотреть движение ротора только в горизонтальной плоскости и пренебречь при этом действием гироскопических моментов ротора.

Во-вторых, поскольку частота вынужденных колебаний в несколько раз выше частоты собственных колебаний системы, можно пренебречь силами сопротивления движению ротора демпферов и среды.

Расчетная схема для составления уравнений движения показана на рис. 2.

Положим, что имеем уравновешенный ротор с равными моментами инерции относительно осей, перпендикулярных к оси вращения, и неуравновешенность этого ротора создается прикрепленной к нему малой массой.

Далее были приняты следующие упрощения:

1. Начальной точкой отсчёта является торец шпинделя (но сама опора может не совпадать с начальной точкой).
2. Величина неуравновешенности диаметрально противоположна точке коррекции.
3. Шпиндель, патрон, заготовка – являются однородными телами.
4. Плоскость исправления для шпинделя лежит на его торцах, плоскость исправления для «шпиндель+патрон» и «шпиндель+патрон+деталь» лежит в середине патрона.
5. Радиус дисбаланса совпадает с радиусом балансируемого элемента (на практике радиус дисбаланса считают равным радиусу установки корректирующих грузов, который обычно меньше радиуса балансируемого элемента).

Обозначения:

$g = 9,806$ – ускорение силы тяжести, м/с²;

G_1 – неуравновешенность (дисбаланс), Н; м·кг/с²;

таким образом, вес неуравновешенности $G_{1(кг)} = \frac{G_1}{g}$, кг или $G_1 = G_{1(кг)} \cdot g$, Н;

r_1 – радиус неуравновешенности, мм; предполагается, что радиус дисбаланса совпадает с радиусом детали;

$GI \cdot r_1$ – величина неуравновешенности в «граммосантиметрах»;

$L = L_a + L_b$ – расстояние между опорами (и центром тяжести);

L_1, L_2, L_3 – длины шпинделя, патрона, заготовки;

b – расстояние от плоскости исправления до центра масс;

y – смещение центра тяжести;

φ – угол поворота ротора в горизонтальной плоскости (xOy);

K_1 – жесткость опоры в горизонтальной плоскости, кг/см;

I_z – момент инерции относительно оси Z , проходящей через центр тяжести, кг·м²;

J_{zx}^2, J_{yx}^2 – центробежные моменты инерции в плоскостях ZOX и YOX , кг·см·с².

Уравнения, определяющие вынужденные колебания системы, найдем в следующем виде:

$$\begin{aligned} y &= y_0 \cos(\omega \cdot t); \\ \varphi &= \varphi_0 \cos(\omega \cdot t), \end{aligned} \quad (4)$$

где y_0 и φ_0 – амплитудные значения y и φ ; ω – угловая скорость вращения, 1/с.

Влияние сил, обусловленных начальными деформациями упругих элементов конструкции муфт на амплитуду колебаний ротора, оказывается обратно пропорциональным скорости вращения ротора. Этим объясняется часто наблюдающееся явление – уравновешенная на какой-либо одной скорости вращения ротора муфта оказывается неуравновешен-

ной при изменении скорости вращения. В тех случаях, когда начальные моменты $M1$ (начальный момент внешней муфты) и $M2$ (начальный момент муфты шпинделя) в муфтах отсутствуют, амплитуда колебаний ротора практически не зависит от скорости его вращения.

В тех случаях, когда масса приводного вала пренебрежимо мала или когда вал отсутствует, как это имеет место в станках с приводом посредством накладного ремня, амплитуды колебаний y_0 и φ_0 выражаются весьма просто [2]:

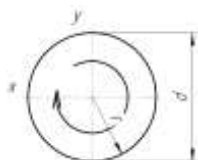
$$y_0 = -\frac{G_1 r_1}{g m}; \quad \varphi_0 = -\frac{G_1 r_1 b}{I_z}. \quad (5)$$

При известных y_0 и φ_0 амплитуды колебаний опор будут:

$$A_1 = -\frac{G_1}{g} r_1 \left(\frac{1}{m} - \frac{bL_a}{I_z} \right); \quad A_2 = -\frac{G_1}{g} r_1 \left(\frac{1}{m} - \frac{bL_b}{I_z} \right), \quad (6)$$

где m – общая масса, кг.

Находим осевой момент инерции (динамический) относительно оси вращения, проходящей через центр масс (формула (7) с иллюстрацией):



$$I_z = \frac{m}{2} r^2, \text{ кг}\cdot\text{м}^2. \quad (7)$$

Расчёт центра масс производится для сечения вдоль оси X, т.е. по формулам для плоских фигур [3]:

$$x_{ц} = \frac{\sum x \cdot \Delta A}{A}; \quad y_{ц} = \frac{\sum y \cdot \Delta A}{A}, \quad (8)$$

где ΔA – площадь отдельного элемента тела; x – координата центра масс отдельного элемента тела.

В нашем случае сечение системы «шпиндель – патрон – деталь» вдоль оси X представляет собой группу прямоугольников (упрощённо). Поскольку прямоугольники стыкуются друг с другом по центру, то координата $y_{ц}$ не учитывается и остаётся только

$$x_{ц} = \frac{\sum x \cdot \Delta A}{A} = \frac{\text{SpindelX} \cdot \text{SpindelS} + \text{PatronX} \cdot \text{PatronS} + \text{ZagotovkaX} \cdot \text{ZagotovkaS}}{\text{SpindelS} + \text{PatronS} + \text{ZagotovkaS}}. \quad (9)$$

Результаты выполнения программы на BASIC для расчёта центра масс (с использованием формулы (9)):

Исходные данные:

SpindelL = 600: SpindelDiametr = 250' мм

PatronL = 150: PatronDiametr = 140' мм

ZagotovkaL = 300: ZagotovkaDiametr = 50' мм

Pi = 3.1415926: g = 9.806

Результаты:

Центр масс для шпинделя(CenterMass1) = 40

Центр масс для шпиндель+патрон(CenterMass2) = 60,625

Центр масс для шпиндель+патрон+деталь(CenterMass3) = 78,33334

Для проверки правильности расчётных формул использовалась САПР КОМПАС-График V.9 (рис. 3).

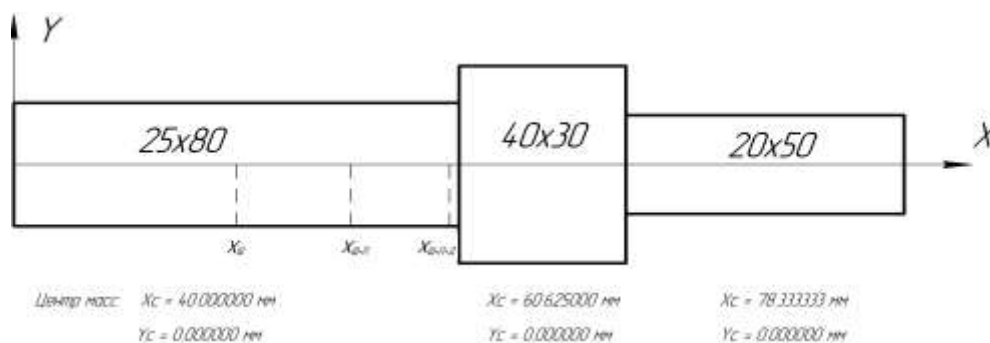


Рис. 3. Поиск центра масс в системе Компас-График

Исходя из того, что балансировку необходимо производить последовательно в порядке: сначала шпиндель, потом шпиндель+патрон, потом шпиндель+патрон+деталь, то в расчётах радиус неуравновешенности берётся от последнего по счёту элемента:

- для шпинделя = радиус шпинделя;
- для шпинделя + патрон = радиус патрона;
- для шпинделя+патрон+деталь = радиус детали.

Дисбаланс (в ньютонах) берётся для каждого элемента системы свой, плюс расчётный остаточный дисбаланс от предыдущего элемента (можно принять равным нулю либо в размере ошибки погрешности измерений). Масса используется суммарная (для установленных балансируемых элементов).

Все указанные выше математические выкладки были введены в специально разработанную программу под компилятор PowerBASIC (v3.5, 1997 г.), что позволяет их использовать практически под любой операционной системой, поддерживающей DOS приложения. Программа имеет чёткую структуру и продуманный модульный принцип организации, что позволяет использовать её как часть драйвера для полуавтоматической балансировочной системы [5, 6]. Для данной статьи программа была оформлена как законченное консольное приложение, использующее псевдографическую систему меню (авторская разработка). Назначение понятно из инверсных чёрно-белых скриншотов (рис. 4). В реальном времени, по мере ввода/изменения параметров – программа выводит расчётные данные об амплитуде на опорах A1 и A2.

Возможно построение графиков зависимости амплитуд заготовки от её длины, диаметра и (если известно) от её начального дисбаланса.

На скриншотах графического режима показаны полученные зависимости амплитуды от физических размеров заготовки (рис. 4).

На рис. 5 показан наиболее интересный в практическом использовании режим программы. Он позволяет оценить степень изменения возможного уровня вибраций и заранее, до установки заготовок нового типа на станок, сделать вывод о необходимости балансировки.

Результаты расчётов, по которым строится график, сохраняются в отдельный текстовый файл, что делает возможным последующую обработку в других программах, например в Excel. При выходе из программы все введённые значения автоматически запоминаются в файле конфигурации, и при повторном запуске программы – значения восстанавливаются.

В примере расчётов амплитуды вибрации (рис. 5) были использованы архивные данные [7], полученные на прецизионном токарном модуле ТПАРМ-100М. Деталь из алюминиевого сплава (удельный вес алюминия $2,7 \text{ г/см}^3$). Длина заготовки меняется с 300 до 350 мм, диаметр не изменяется и равен 50 мм, максимальный начальный дисбаланс задан равным 0,16 г (по таблице для прецизионных станков). Масса заготовки рассчитывается автоматически. Согласно полученным расчётам, при изменении детали на 50 мм дисбаланс по оси вращения может увеличиться до 0,818 мкм.

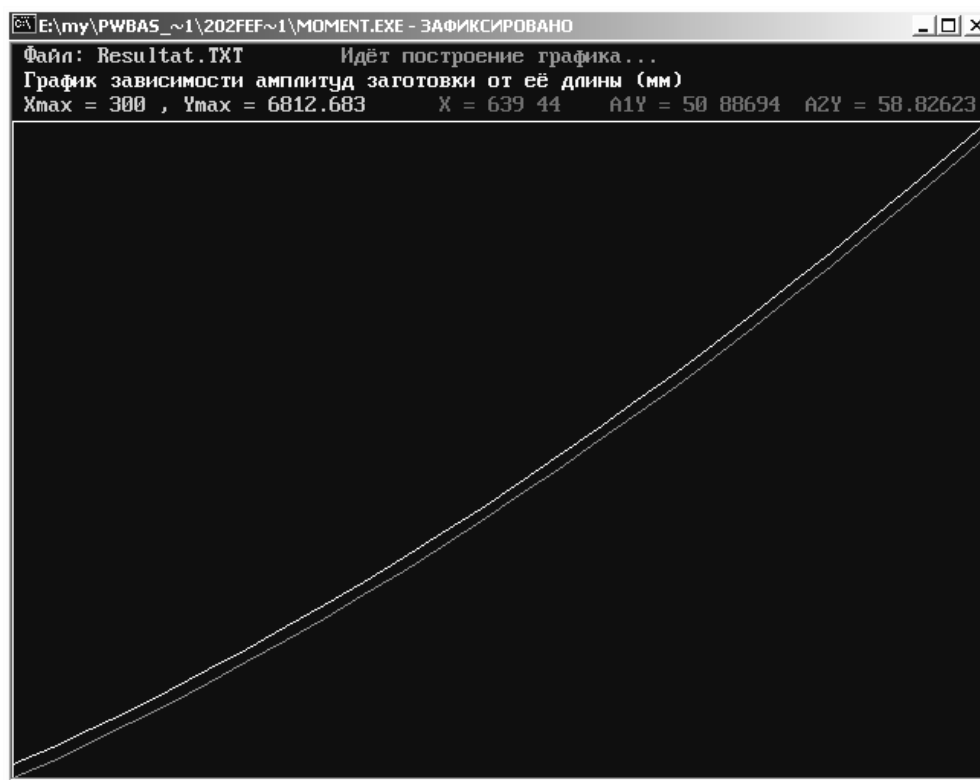


Рис. 4. Зависимость амплитуды вибрации заготовки от длины

```

                Расчёт разности амплитуд при смене заготовки

1. Заготовка 1:  A1 = 21.06098 ,  A2 = 21.02731 (мкм)
   Длина(мм) = 300 Диаметр(мм) = 50 Мах.дисбаланс(г) = .16
   Масса(кг) =   0.636 (Auto) Удельный вес(г/см3) = 2.7

2. Заготовка 2:  A1 = 21.87973 ,  A2 = 21.84542 (мкм)
   Длина(мм) = 350 Диаметр(мм) = 50 Мах.дисбаланс(г) = .16
   Масса(кг) =   0.742 (Auto) Удельный вес (г/см3) = 2.7

v 3. Разность:  R_A1 = .8187447 ,  R_A2 = .8181114 (мкм)
   Создать отчёт

0. Назад <Esc>.

=====
Используйте клавиши стрелок и <Enter> для выбора нужного пункта меню, либо
соответствующую клавишу с цифрой. В полноэкранный режиме работает мышь.
    
```

Рис. 5. Расчёт разности амплитуд

Таким образом, можно сделать вывод, что в данном примере требуется дополнительная балансировка, т.к. амплитуда вибрации 0,818 мкм превышает допустимые границы (0,40 мкм) для данного класса точности.

Поскольку операция балансировки достаточно трудоёмкая и затратная по времени, то подобный расчёт/прогноз поможет исключить лишние операции балансировки в реальных условиях эксплуатации прецизионных токарных модулей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пуш А.В. Шпиндельные узлы: качество и надежность / А.В. Пуш. М.: Машиностроение, 1992. 288 с.
2. Васильев В.С. Станки и приборы для динамической балансировки / В.С. Васильев, П.С. Кутко. М.: Машгиз, 1959. 169 с.
3. Вибрации в технике: справочник: в 6 т. Т. 6. Защита от вибраций и ударов / под ред. К.В. Фролова; 2-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение, 1995. 380 с.
4. Левит М.Е. Балансировка деталей и узлов / М.Е. Левит, В.М. Рыженков. М.: Машиностроение, 1986. 320 с.
5. Усакин К.С. Разработка элементов системы вибродиагностики и балансировки / К.С. Усакин // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2009. С. 233-237.
6. Усакин К.С. Решение задачи автоматизации динамической балансировки крупногабаритных роторов электродвигателей / К.С. Усакин // Прогрессивные направления развития технологии машиностроения: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2004. С. 64-68.
7. Игнатъев А.А. Анализ параметрической надёжности шпиндельных узлов прецизионных автоматизированных станков / А.А. Игнатъев, В.А. Добряков, А.А. Попова // Исследования станков и инструментов для обработки сложных и точных поверхностей: Межвуз. науч. сб. Саратов: СГТУ, 1997. С. 34-38.

Усакин Кирилл Сергеевич – аспирант кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Игнатъев Александр Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Usakin Kiril Sergeyeovich – Post-graduate Student of the Department of «Automation and Management of Technological Processes» of Saratov State Technical University

Ignatyev Aleksandr Anatolyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Automation and Management of Technological Processes» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 18.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 537.534:539.422.24

И.В. Перинская

ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЙ АРГОННО-ЛУЧЕВОЙ ПАССИВИРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Проанализированы особенности и предложены рекомендации по использованию электротехнологической пассивирующей аргонно-лучевой модификации металлов, применяемой в электронике, для защиты от внешних химических воздействий, реализации вариантов безрезистной ионной и ионно-электронной литографии.

Безрезистная литография, пассивация металлов, ионно-лучевая обработка.

I.V. Perinskaya

ELECTROTECHNOLOGICAL ANALYSIS OF THE ARGON-BEAM PROCESSING OF METALS PASSIVATING

Also features and proposed recommendations on the use electro technological passivating argon-beam modification of metals used in electronics, to protect against external chemical influences, the implementation options non-resisting ion and ion-electron beam lithography.

Bezrezistnaya lithography, passivation of metals, argon-beam treatment.

Результаты проведенных исследований [1, 2] показывают, что применение обработки металлов ионами аргона обеспечивает качество, упрощение существующей технологии, а также создание новых электротехнологических операций. При изготовлении схем в этом случае производится экспонирование поверхности изделий через накладную маску (ионошаблон) с заданной топологией рисунка. Энергия ионов аргона составляет $E = 75$ кэВ, доза $\Phi = 5000$ мкКл/см². После облучения проводится травление рисунка, приводящее к формированию элементов с отвесным краем травления при высоте ступеньки до 0,2 мкм; одновременно обеспечивается химическая пассивация рисунка.

Недостатком такого процесса является необходимость набора больших доз ионов. Этот недостаток может быть устранен двумя приемами:

– понижением пороговой дозы пассивации путем электрополевого воздействия на образец в процессе имплантации (рис. 1);

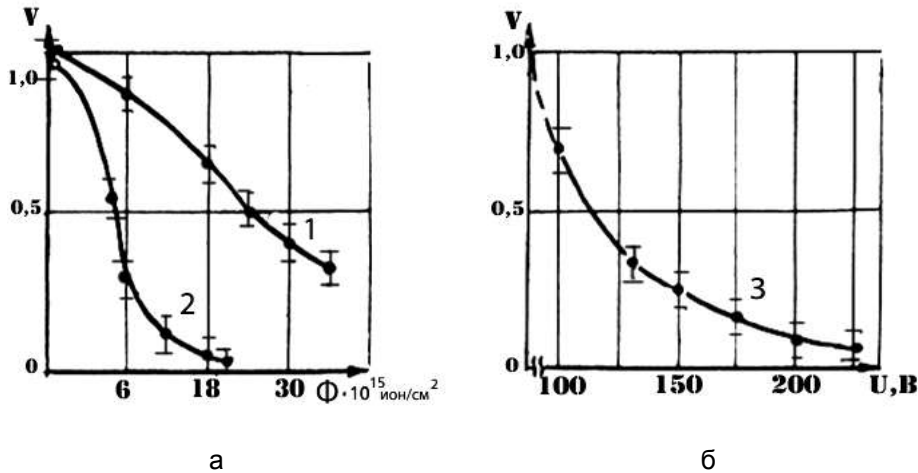


Рис. 1. Зависимость нормированной скорости травления хрома от дозы ионов аргона (а) и величины положительного потенциала на образце (б):
 1 – $U = 150 В$; 2 – $U = 300 В$; 3 – $\Phi = 6 \cdot 10^{15}$ ион/см²

– предварительным сплошным облучением металлического покрытия ионами аргона с дозой меньше пороговой, после чего последующим облучением через ионшаблон набирается недостающая часть дозы.

Отсутствие ионно-литографических установок, с одной стороны, и наличие установок электронной литографии, с другой, открывают практическую возможность применения установленного эффекта повышения химической пассивности металлов при электронном дооблучении имплантированных аргоном с допороговой дозой образцов. В этом случае экспонированию электронным пучком либо электронным потоком через шаблон подвергаются слои металлизации, прошедшие стадию предварительного ионного «предоблучения» с допороговой дозой (рис. 2).

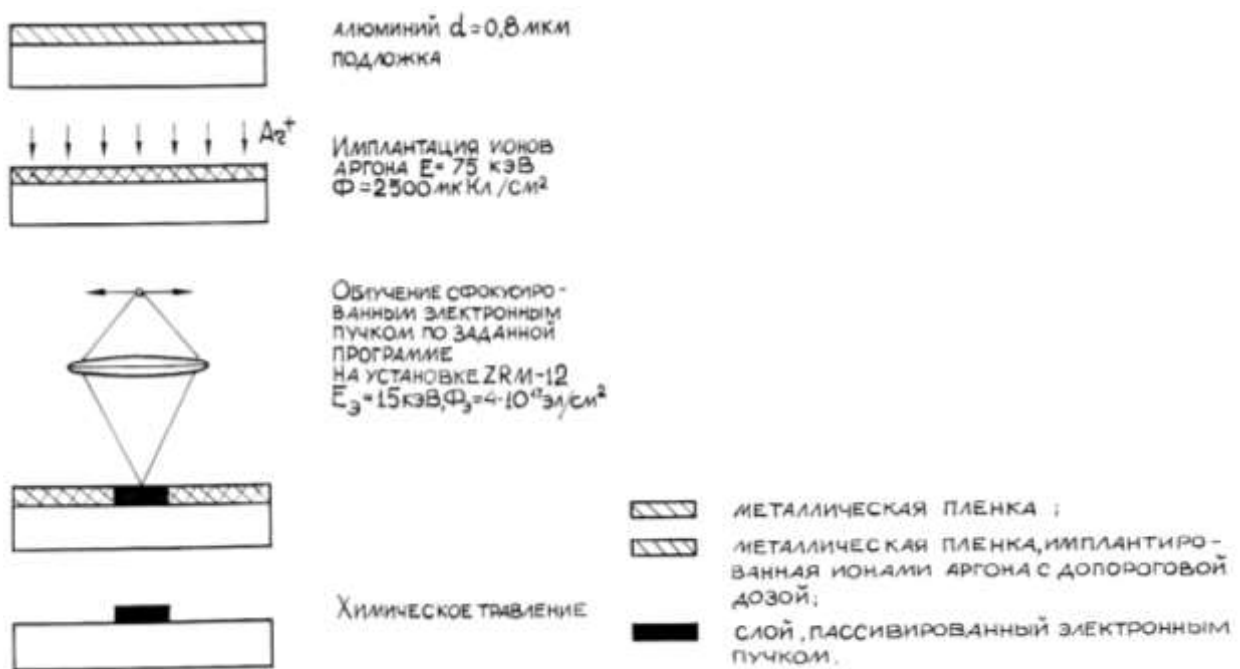


Рис. 2. Схема ионно-электронной безрезистной литографии

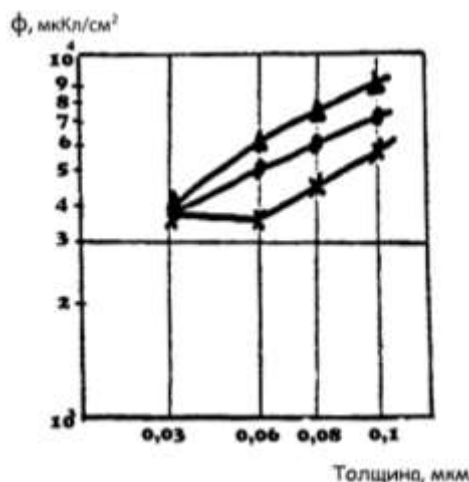


Рис. 3. Зависимость дозы облучения, при которой достигается одинаковая степень химической пассивации, от толщины пленок алюминия, облученных ионами аргона, $E = 75$ кэВ; \blacktriangle – $V = 0,1$; \bullet – $V = 0,15$; \times – $V = 0,2$

В частности, для слоев алюминия с толщиной $0,1 \div 0,15$ мкм могут быть рекомендованы следующие режимы экспонирования при ионно-электронной безрезистивной литографии: доза имплантационной обработки ионами аргона $\Phi = 2500$ мкКл/см² при энергии ионов $E = 75$ кэВ; доза электронного облучения $4 \cdot 10^{17}$ электрон/см² при энергии электронов 15 кэВ.

Последующая обработка металлического топологического рисунка ионами аргона в режиме пассивации позволяет защитить микроэлектронные приборы от внешних химических воздействий и коррозии с перспективой выхода на возможность замены золотого покрытия в составе микроэлектронных изделий на ионномодифицированную медь. В этом случае энергия ионов аргона выбирается из диапазона $E = 30 \div 150$ кэВ в зависимости от толщины нижележащих слоев; оптимальная доза имплантации также выбирается в зависимости от толщины металлического покрытия, например алюминия (рис. 3).

Обычно (для исследованных Cu, Cr, Al, Ti) она составляет $\Phi = 5000-7000$ мкКл/см². В этом же диапазоне доз достигается повышение стойкости металлов к истиранию в 2-4 раза, что обеспечивает увеличение срока эксплуатации, например, металлизированных фотомасок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перинский В.В. Ионно-лучевая пассивация меди / В.В. Перинский, И.В. Перинская // Технология металлов. 2008. № 11. С. 31-34.
2. Перинская И.В. Наноструктурные факторы химической коррозии металлов, имплантированных ионами аргона / И.В. Перинская, В.В. Перинский // Технология металлов. 2008. № 10. С. 20-22.

Перинская Ирина Владимировна – ассистент кафедры «Материаловедение и высокоэффективные процессы обработки» Саратовского государственного технического университета

Perinskaya Irina Vladimirovna – Junior Research staff member of the Department of «Material Engineering and High Effective Processes of Treatment» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 09.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 621.372.8

В.Я. Подвигалкин

ФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ПРОЦЕССАХ СИНТЕЗА И ФОРМИРОВАНИЯ НАНОКОМПОЗИТНЫХ СРЕД

Представлен механизм возникновения связей наночастиц с матрицей с точки зрения квантовой механики, при формировании нанокompозитной

среды. Приведён набор ориентировочных эксплуатационных характеристик разрабатываемых нанокompозитных материалов.

Физические эффекты, химический синтез, нанокompозитная среда, интегральная схема, эксплуатационные характеристики.

V.Ya. Podvigalkin

PHYSICAL EFFECTS IN PROCESSES OF SYNTHESIS AND FORMING OF A NANOCOMPOSITE MEDIA

The paper presents a mechanism of nanoparticles appearance coupling with the matrix from the quantum physics point of view. A kind of approximate features for some applications for nanocomposite materials is offered.

Physical effects, chemical synthesis, nanocomposite medium, chips, signatures.

На композиционные структуры субмикронных размеров, предназначенных для радиоэлектронных систем, требования различных стандартов не распространяются по причине малоизученности. Вместе с тем, в процессе создания таких сред необходимо помнить одно важное правило. Любая конструкция основывается на двух главных положениях: функциональных параметрах и конструктивно-технологических ограничениях. Когда эти два основополагающих обстоятельства хорошо согласованы, конструкция отвечает всем вопросам технологичности [1, 2], будет иметь удовлетворяющий нас объёмный коэффициент интегральности, что позволит создавать наноблочные гибридные конструкции оптоэлектронных и радиоэлектронных систем с повышенной плотностью размещения функциональных элементов по всему объёму подложки – носителя. Причём, наноблоки – это более высокий уровень основ интегральных схем (ИС) более сложных сборок, наносборок, компонентами которых могут быть практически любые элементные базы: НЧ, СВЧ, оптоэлектронная.

При разработке нанокompозитных структур, как хаотически формируемых, так и топологически упорядоченных, структурированных, необходимо представлять динамику физико-химического синтеза таких композитных материалов, представлять физические эффекты, как при этом синтезе, так и при вероятных условиях эксплуатации. Необходимо подкреплять представления количественными значениями. Эти количественные значения для разработчиков новейших опто- и радиоэлектронных систем станут базовыми.

Например, комплексная миниатюризация ИС на базе нанокompозитных сред позволит: снизить массу и габариты; упростить трудоёмкость сборки элементов.

При сравнении общей тенденции повышения плотности упаковки [3] опто- и радиоэлектронных систем путём совершенствования как корпусированных микросборок, микроблочной конструкции на бескорпусных микросборках с одной стороны, так и нанокompозитных структур, в качестве базы наноблоков с другой, получим выгодную возможность миниатюризации оптоэлектроники и радиоэлектроники в сторону нанометровой шкалы.

В литературе о получении нанокompозитов отсутствует достаточно простое и подробное изложение основ теории их формирования с точки зрения физики и требований технического применения.

Цель настоящей работы – восполнение пробела в изложении теории нанокompозитных сред с точки зрения физики и требований разрабатываемой техники.

Электронно-топологическая рекомбинация фазовых переходов наночастиц в конечные каналы матричных полимеров

Электронно-топологическая рекомбинация фазовых переходов наночастиц в конечные каналы, например, матричных полимеров достигается посредством локализации и совместимости проводимых ионных процессов, при постоянном объеме композиций, путём простого изменения вида энергии и дозы ингредиентов, для достижения химических связей, то есть ион-электронной релаксации – термодинамического и статистического равновесия в физической системе. При этом будем иметь в виду структуру атома, которая, по существу, является динамической системой.

Рассмотрим электронно-топологическую рекомбинацию фазовых переходов наночастиц в конечные каналы (ламели) матричных полимеров на частном примере аналога - рекомбинации электрона и иона.

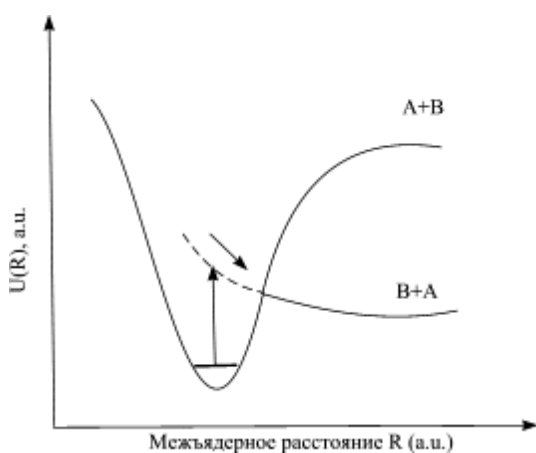


Рис. 1. Прямой механизм процесса рекомбинации в возбуждённой среде:
 $A + B$ – невозбуждённое состояние;
 $B + A$ – возбуждённая молекула

Рекомбинация электрона и иона – процесс, ответственный за исчезновение появившихся заряженных частиц при синтезе композиций новейших структур на уровне наноразмеров. Такой процесс определяет баланс заряженных частиц в явлениях, протекающих в возбуждённой среде. Основные механизмы рекомбинации можно проиллюстрировать на рис. 1, где представлены термы системы в начальном и конечном состояниях [4]. Электрон захватывается в автоионизационное состояние, отвечающее отталкиванию ядер. Последующее размещение ядер приводит к стабилизации этого состояния, т.е. к рекомбинации. На рисунке стрелками отмечены переходы при рекомбинации электрона и иона.

При формировании наноструктур существует много возможностей для возбуждения внутренних степеней свободы. Такая ситуация может осуществиться, например, при рекомбинации с участием матричного иона. Рекомбинация, например, несложных молекулярных ионов протекает по прямому механизму.

Поскольку атом имеет большое число возбуждённых состояний, возможно большое число каналов рекомбинации. При большом выборе конечных каналов матрицы материала данный процесс протекает достаточно эффективно по ограниченному числу оптимальных путей [5].

При рассмотрении динамики возникновения наноструктур сделаем два замечания:
 – энергия электрона совпадает с энергией наночастиц в системе центра инерции;
 – возбуждениями называют состояния среды, температура которой отлична от нуля [6].

При объяснении топологического состояния электронов, которые образуют непрерывный энергетический спектр, учтём дискретность состояний, возникающих из-за конечных размеров самих наночастиц и матричного материала. Любое произвольно малое количество энергии, сообщаемое компонентам нашего материала, может вызвать возбуждение, которое состоит в переходе отдельно взятого электрона из основного состояния газа Ферми в состояние с более высокой энергией.

Электроны в покое окружены кулоновским полем, с которым они взаимодействуют, а также и поляризованным электронным вакуумом, в котором электроны частично, из-за отталкивания, удалились на сколь угодно большое расстояние, а положительный избыток заря-

да протянулся к электрону и в известной мере экранирует его заряд, снижая начальный заряд электрона $|e_0|$ до величины $|e| = |e_0| + \delta e < 0$.

Картина изменяется при внесении возбуждения в систему.

Полезно рассмотреть способ описания возбуждённых состояний электронной системы с помощью операторов кет-векторов [7]. Состояния с энергией, большей энергии Ферми E_F , обозначают α , а с энергией, меньшей энергии Ферми, – β . Основное состояние записывают в виде кет-вектора $|F\rangle$. Возьмём наш электрон в состоянии β_j внутри поверхности Ферми, переместим в состояние α_i , как на рис. 2, и тогда новое возбуждённое состояние можно представить в виде кет-вектора $|\alpha, \beta\rangle$.

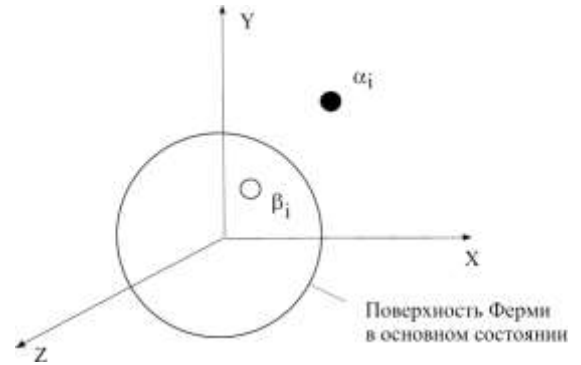


Рис. 2. Возбуждённое состояние $|\alpha_i, \beta_j\rangle$

Операторы кет-векторов описывают функцию «уничтожения» электрона в состоянии β_j и «рождения» электрона в состоянии α_i , то есть, когда происходит введение электрона в состояние химической связи. Эти состояния можно обозначить как C_{β_j} и C_{α_i}

$$|\alpha_i; \beta_j\rangle = C_{\alpha_i} C_{\beta_j} |F\rangle. \quad (1)$$

Энергия этого состояния больше энергии основного состояния на величину $E_{\alpha_i} - E_{\beta_j}$. Таким образом, энергия состояния (1) по отношению к энергиям основного состояния может быть представлена в виде

$$E = (E_{\alpha_i} - E_F) - (E_{\beta_j} - E_F) = (E_F - E_{\beta_j}) + (E_{\alpha_i} - E_F). \quad (2)$$

Отсюда следует, что энергия, необходимая для возникновения возбуждённого состояния $|\alpha_i, \beta_j\rangle$, является суммой энергии, необходимой для переноса электрона из состояния β_j до уровня энергии Ферми, то есть $(E_F - E_{\beta_j})$, и энергии, необходимой для переноса электрона от уровня Ферми до состояния α_i , то есть $(E_{\alpha_i} - E_F)$ – состояния химической связи. Энергия же возбуждения всегда положительна.

Целесообразно обратить внимание на два важных обстоятельства.

С кинетической точки зрения, в процессе, например, проводимости участвуют все электроны; они движутся с небольшой скоростью v_x . Согласно другим точкам зрения, можно считать, что в этом процессе не участвуют те электроны, состояния которых находятся внутри сферы Ферми, вдали от её поверхности. Только те электроны, которые находятся в тонком слое вблизи поверхности Ферми, движутся в направлении от задней к передней части фазовой области, занимаемой газом Ферми (см. рис. 3).

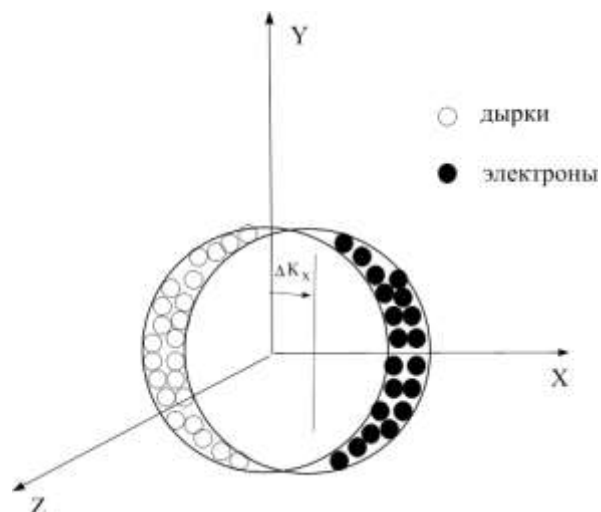


Рис. 3. Смещение сферы Ферми от стационарного состояния под влиянием возбуждения

В кинетическом представлении понятие средней энергии связывается со сдвигом сферы Ферми; таким образом, $v_x = \hbar \Delta k / m$, так как проводимость $j_k = ne\hbar \Delta k / m$, здесь n – число электронов, e – заряд электрона, m – масса электрона, $\hbar = h / 2\pi$ – постоянная Планка. Если же в процесс включаются только электроны, находящиеся вблизи поверхности Ферми, то на передней стороне сферы существует группа электронов со скоростью $v_F \cos \Theta$, а на задней стороне – группа дырок, обладающих скоростью $-v_F \cos \Theta$. Каждая из них несёт ток одного и того же знака. Их средние скорости в направлении X равны $2v_F / 3$. Число электронов в правом секторе на рисунке равняется $3n\Delta k / 4k_F$, а на другой стороне сферы находится такое же число дырок. Вместе они создают ток с плотностью $J_x = nev_F \Delta k / k_F = ne\hbar \Delta k / m$, то есть тот же, что и в кинетическом представлении. С этой точки зрения роль внутренних электронов заключается в увеличении скорости находящихся на поверхности электронов, которые несут ток. Поэтому проводимость и выражается в виде интеграла по поверхности Ферми

$$\sigma = e^2 / 12 \pi^3 \hbar \int l_0 dS_F, \quad (3)$$

где $l_0 = \tau v_F$; τ – время релаксации импульса возбуждения.

Если приведённая теория рекомбинации недостаточна или неубедительна, то можно обратиться, например, к теоретическим основам полупроводниковых сред.

Теперь, имея сколь-нибудь удовлетворительное физическое представление о механизме возникновения химических связей наночастиц и наномерного носителя этих частиц (подразумевая полимерную матрицу), мы можем перейти к количественным характеристикам. При создании принципиально нового материала, на базе которого необходимо разработать оригинальные устройства, всегда следует иметь в виду перечень нагрузок, которым будет подвергаться эксплуатационная система.

Ориентировочные требования при эксплуатации нанокompозитных сред

Механические характеристики

Практика показывает, что наиболее часто отказы ИС бывают из-за механических напряжений. Для устранения и предупреждения их на этапе проектирования необходим анализ напряжённо-деформированного состояния ИС, возникающего вследствие механических или тепловых воздействий [8].

Усадочные явления, присущие полимерным материалам, увеличивают напряжения, даже если полимеризация происходит при комнатной температуре. Коэффициент усадки составляет для типичных полимерных материалов 0,3, ..., 0,6%.

Благодаря склонности полимеров к ползучести с течением времени происходит релаксация (перераспределение) напряжений. Такого же эффекта достигают, применяя специальные режимы нагрева и охлаждения, при термообработке полимеров, что говорит в пользу полимеров, их применения на практике. В процессе эксплуатации ИС, на базе нанокомпозитных сред, изделия должны сохранять работоспособность при ускорениях ударного типа. Удар сопровождается неустановившейся вибрацией на частотах собственных колебаний элементов конструкции. С целью проверки стойкости ИС к такого вида механическим нагрузкам предусмотрены испытания на удар с применением ударных стендов однократного и многократного действия. Устойчивость ИС к действию линейных нагрузок с постоянным ускорением проверяют на центрифугах.

Значения амплитуды, частоты и времени действия механической нагрузки вибрационного, ударного и постоянного типа для некоторых степеней жёсткости [9] приведены в табл. 1.

К этому необходимо добавить немаловажные требования к механическим характеристикам для использования нового материала в качестве подложек – носителей интегральных наносхем (ИНС), приведённые в табл.2.

Таблица 1

Нагрузки при механических испытаниях ИС

Вид нагрузки		Степень жёсткости	Значения нагрузок			
			диапазон частот, Гц	максимальное ускорение, $g, m/c^2$	длительность удара, мс	
Вибрация		X	100, ..., 1000	10(100)	–	
		XIV	100, ..., 2000	20(200)	–	
		XIX	100, ..., 5000	40(400)	–	
Удары	Многократные	I	-	15(150)	2, ..., 15	
		II	-	40(400)	2, ..., 10	
		III	-	75(750)	2, ..., 6	
		IV	-	100(1000)	1, ..., 3	
	Однократные	I	-	4(40)	40, ..., 60	
		II	-	20(200)	20, ..., 40	
		III	-	75(750)	2, ..., 6	
		IV	-	100(1000)	1, ..., 3	
		V	-	500(5000)	1, ..., 2	
		VI	-	1000(10000)	0,2, ..., 1	
		VII	-	1500(15000)	0,2, ..., 0,5	
		VIII	-	3000(30000)	0,2, ..., 0,5	
		Линейные нагрузки	VII	-	500(5000)	-
			XII	-	10000(100000)	-
XIV	-		20000(200000)	-		

Таблица 2

Механические характеристики

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Численные значения, ориентировочные
1. Удельный вес	P	H/m^2	$\geq 10^4 - 3,96 \cdot 10^4$
2. Плотность	ρ	$г/см^3$	

3. Предел прочности при центрально-симметричном изгибе	f	Па	$\leq 3 \cdot 10^7$
4. Предел прочности при статическом изгибе	F	Па	$\geq 32 \cdot 10^6$

Термодинамические характеристики

Особые требования предъявляются к носителям ИС и к тем материалам, которые сопрягаются с ними. К таким характеристикам относят термодинамические характеристики (см. табл. 3).

Таблица 3

Термодинамические характеристики

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Численные значения, ориентировочные
1. Коэффициент термического линейного расширения в диапазоне температур от +20 до +200°C	α_l	K ⁻¹	$(60 \pm 5) \cdot 10^{-7}$
2. Температурный коэффициент сопротивления, при +20°C	ТКС	Ом/град	
3. Коэффициент теплопроводности	λ	Вт/мкм	3,4, ..., 17·10 ⁶

Окончание табл. 3

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Численные значения, ориентировочные
4. Удельная теплоёмкость при +20°C	C	кал/г·°C	
5. Температура испарения	$t_{исл}$	°C	
6. Коэффициент распыления	φ	г/м ³	
7. Температура порога рекристаллизации	$T_{рекр}$	°C	
8. Температура плавления	T	°C	

Игнорировать понятия, которые скрываются за этими характеристиками, значит отодвинуть успех при достижении поставленных целей разработок.

Оптические параметры

При создании оптоэлектронных элементов быстродействующих радиоэлектронных систем необходимо иметь в виду требования к эксплуатации таких элементов. Такие оптические параметры приведены в табл. 4.

Таблица 4

Оптические параметры

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Численные значения, ориентировочные
1. Оптические постоянные, при ν (Гц) = 10^{15} : – показатель преломления; – показатель поглощения	n k		
2. Процент отражения света, падающего \perp к поверхности: – ультрафиолетовые волны, А°, от 1800 до 3570; – видимые волны, А°, от 5000 до 7000; – инфракрасные волны, А°, от 8000 до 100000		% % %	

Постоянные n и k зависят от длины волны, поэтому материалы некоторых мелкодисперсных частиц, где эта зависимость велика, страдают ярко выраженной окраской в видимой области. При падении световой волны на поверхность нанокompозитной среды изменяется её интенсивность.

Незаполненные в табл. 3 и 4 строки в столбцах свидетельствуют о проблеме создания композитной наноразмерной среды, на основе пластических материалов. Эти и последующие таблицы при благоприятных условиях могут расширяться, дополняться и уточняться, что и подтверждает малоизученность создаваемых композитных сред в нанометровой шкале.

Электрические характеристики

Как правило, разработчиков ИС на основе различных материалов интересуют электрические параметры. Такие параметры сведены в табл. 5.

Таблица 5

Электрические параметры

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Численные значения, ориентировочные
1. Тангенс угла диэлектрических потерь: – на $f = 1$ МГц; – на $f = 10^6$ Гц, при $T = +20^\circ\text{C}$; – на $f = 10^{10}$ Гц, при $T = +20^\circ\text{C}$	$\text{tg } \delta$ $\text{tg } \delta$ $\text{tg } \delta$		$\leq 30 \cdot 10^{-4}$ $\leq 6 \cdot 10^{-4}$ $\leq 1 \cdot 10^{-4}$

Окончание табл. 5

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Численные значения, ориентировочные
2. Диэлектрическая проницаемость при: – $f = 10^6$ Гц, $T = +20^\circ\text{C}$; – $f = 10^{10}$ Гц, - // -	ε ε		$\leq 10 \pm 3$ $9,6 \pm 2$
3. Удельное электрическое сопротивление: – при $T = \pm 100^\circ\text{C}$; – при $T = + 150 \pm 5^\circ\text{C}$	ρ ρ	Ом·м Ом·м	$\geq 6 \cdot 10^{-4}$ $\geq 2 \cdot 10^{-4}$
4. Резистивность	R	Ом	$\leq 10^{12}$
5. Удельная электрическая ёмкость	C	пФ/см	≤ 220
6. Температурный коэффициент сопротивления при $+ 20^\circ\text{C}$	TKC	Ом/град	
7. Электрическая прочность	$E_{\text{проб}}$	Вт/мм	≤ 8
8. Глубина проникновения полей – скин-эффект, удельная магнитная	Δ	мкм	

От приведённых граничных параметров нанокompозитного материала будут зависеть параметрические характеристики создаваемых технических устройств, предполагая его использование в конкретной области человеческой деятельности.

Восприимчивость к поглощениям

Характеристики создаваемой нанокompозитной среды относительно восприимчивости к поглощениям различных физических воздействий относят к специальным. Эти характеристики определяют устойчивость к действию различных физических эффектов, то, какие при этом будут ожидаемые отклонения параметров разрабатываемой опто- и радиоэлектронной системы (табл. 6). Известны такие характеристики атомов, как, например, магнитные момен-

ты, силы сцепления, спектры и т.д., которые могут изменяться, если в процессе эксплуатации возникают возмущающие воздействия.

При необходимости ужесточения можно обратиться к ГОСТ 16019; ГОСТ 17672; ГОСТ 22579.

Таблица 6

Восприимчивость к поглощениям

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Численные значения, ориентировочные
1. Водопоглощение	Q	%	$\leq 0-0,02$
2. Вакуумная проницаемость (растворимость газов), при давлении газа 1 атм	G	Н·см ³ /100 г	
3. Содержание наночастиц в матричном носителе	β	%	
4. Устойчивость к солнечной радиации: – интегральная интенсивность; – плотность ультрафиолетовой части спектра; – длина волны	J σ λ	Вт/м ² Вт/м ² мкм	1125 42 0,28, ..., 0,4
5. Устойчивость к нейтронному облучению: – перенос ионизирующих частиц	ПИЧ	кол-во/см ²	$10^{17}-10^{42}$
6. Устойчивость к γ -излучению: – поглощённая доза излучения	ПДИ	рад	10^8-10^{24}

Окончание табл. 6

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Численные значения, ориентировочные
7. Акустические шумы: – уровень; – рабочая частота		дБ Гц	130-390 50-3000
8. Воздействие тумана: – при температуре; – с дисперсностью А; – влажностью Б; – время выдержки	$\Theta\Theta$ А Б $t_{\text{выд.}}$	К мкм г/м ³ сут.	$-33^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ < 20 2-3 10-30
9. Воздействие повышенной влажности: – при температуре; – время выдержки	Вл Θ $t_{\text{выд}}$	% К сут.	93-100 до 500 4-21

Таким образом, при согласовании ориентировочных эксплуатационных характеристик разрабатываемых ИНС мы сможем себе представить (см. рис. 4) уровень миниатюризации быстродействующих оптоэлектронных и радиоэлектронных систем и определить области применения таких системных устройств.

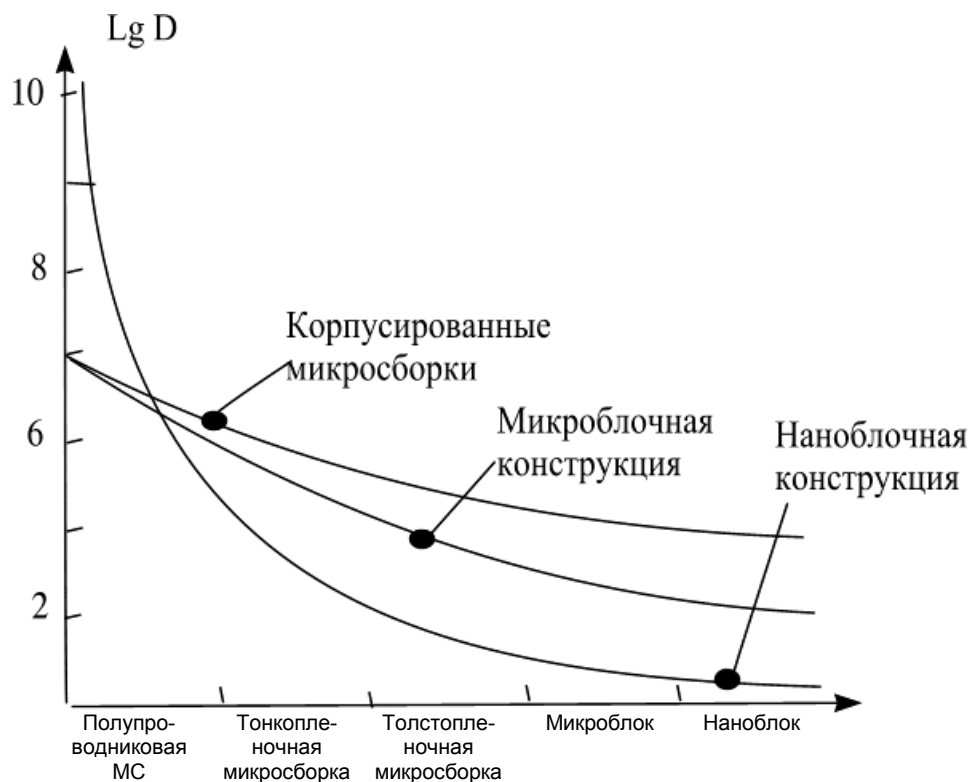


Рис. 4. Тенденция повышения плотности упаковки электронных систем

Для достижения этих целей необходимы специалисты, которые были бы заняты исследованием технических механизмов формирования таких материалов, а также проектированием и эксплуатацией этих материалов. Им необходимо за сравнительно короткий срок получить не только какой-то минимум знаний по фундаментальным вопросам формирования, например наноструктур, но выйти на современный уровень понимания и знания прикладных аспектов таких нанокompозитных материалов.

Для получения оптимальных конструкторско-технологических решений недостаточно простого знания современного технологического арсенала. Необходимо выявление противоречий, которые являются причиной рождения новых технологических методов и направлений. Анализ противоречий и их причинных обусловленностей позволит выделить из новых направлений действительно прогрессивные и эффективные, в определённых условиях черпая полезные прецеденты и аналоги из накопленного производственного опыта [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Амиров Ю.Д. Технологичность конструкции изделия: справочник / Ю.Д. Амиров, Т.К. Алфёрова, П.Н. Волков; под общ. ред. Ю.Д. Амирова; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. 768 с.
2. Подвигалкин В.Я. Технологичность автоматизированного комплекса в системе управления производством проволоки / В.Я. Подвигалкин // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2005. № 2. С. 122-132.
3. Подвигалкин В.Я. Оптоэлектронные объёмные интегральные схемы как базовые элементы для быстродействующих систем управления / В.Я. Подвигалкин, Н.М. Ушаков // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2007. № 3. Вып. 1. С. 100-106.
4. Елецкий А.В. Диссоциативная рекомбинация электрона и молекулярного иона / А.В. Елецкий, Б.М. Смирнов // Успехи физических наук. 1982. Т. 136. Вып. 1. С. 25-59.

5. Кособудский И.Д. Введение в химию и физику наноразмерных объектов / И.Д. Кособудский, Н.М. Ушаков, Г.Ю. Юрков. Саратов: СГТУ, 2006. 182 с.

6. Дюзер Т. Физические основы сверхпроводниковых устройств и цепей / Т. Ван Дюзер, Ч.У. Тернер. М.: Радио и связь, 1984. 344 с.

7. Дирак П.А.М. Лекции по квантовой теории поля / П.А.М. Дирак; под ред. А.А. Соколова. М.: Мир, 1971. 244 с.

8. Напряжения и деформация в элементах микросхем / В.С. Сергеев, О.А. Кузнецов, Н.П. Захаров, В.А. Летягин. М.: Радио и связь, 1987. 89 с.

9. Глудкин О.П. Технология испытаний элементов радиоэлектронной аппаратуры и интегральных микросхем / О.П. Глудкин, В.Н. Черняев. М.: Энергия, 1980. 93 с.

10. Парфёнов О.Д. Технология микросхем: учеб. пособие для вузов по спец. «Конструирование и производство ЭВА» / О.Д. Парфёнов. М.: Высшая школа, 1986. 320 с.

Подвигалкин Виталий Яковлевич –
кандидат технических наук,
главный специалист лаборатории
субмикронной электроники Саратовского
филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

Podvigalkin Vitaliy Yakovlevich –
Candidate of Technical Sciences, Senior
Specialist of the Laboratory of Submicron
Electronics of Saratov Branch of the Institute
of Radio engineering and Electronics
in the name of V.A. Kotelnikov
of Russian Academy of Sciences

Статья поступила в редакцию 14.10.09, принята к опубликованию 25.03.10

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 626.519

В.А. Иващенко, М.В. Колоколов, Д.А. Васильев

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Предложен подход к автоматизации электропотребления промышленных предприятий, обеспечивающий повышение надежности и экономичности в электроснабжении потребителей электроэнергии.

Прогнозирование, статистические методы, искусственные нейронные сети, автоматизированное управление.

V.A. Ivaschenko, M.V. Kolokolov, D.A. Vasilyev

INDUSTRIAL ENTERPRISES POWER CONSUMPTION FORECASTING ON THE BASIS OF STATISTICAL METHODS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

An automation approach of a power consumption of the industrial enterprises, providing increase of reliability and profitability of electric power consumption is offered in the paper.

Forecasting, statistical methods, artificial neural networks, automated management.

Введение

Технический прогресс в производственной сфере характеризуется расширением использования энергии, топлива и энергоносителей, всесторонней электрификацией технологических процессов, а, следовательно, увеличением потребления электроэнергии при производстве промышленной продукции. Для удовлетворения растущих потребностей предприятий в электроэнергии необходимо осуществлять экономное ее расходование.

Одним из путей повышения эффективности использования электроэнергии является совершенствование структур управления энергетикой промышленных предприятий. В настоящее время это достигается созданием АСУ энергетикой предприятий, основной задачей которых является прогнозирование электропотребления.

Проблема прогнозирования потребления электроэнергии представляет собой сложную многофакторную задачу. Оно способствует выравниванию графиков активных нагрузок элек-

троэнергетической системы, снижению активных потерь при передаче и распределении электрической энергии от нее к потребителям, обеспечивает нормальное функционирование электроэнергетической системы в условиях дефицита электрической энергии и мощности.

Несмотря на большой объем исследований в данной области, эта проблема в силу своей сложности и многообразия решена далеко не полностью. Недостаточно глубокий анализ процессов потребления предприятиями электроэнергии, ограниченное использование в управлении эффективных математических моделей, алгоритмов и современных технических устройств обуславливают актуальность данной работы.

1. Прогнозирование электропотребления с помощью статистических методов

Особую актуальность прогнозирование электропотребления предприятий приобретает в условиях дефицита мощности в энергетической системе. В этом случае промышленные предприятия несут ущерб не только из-за штрафов за нарушение установленных лимитов на электрическую мощность и потребление электроэнергии, но и в результате смещения графиков работы и вынужденных отключений технологического оборудования, непосредственно участвующего в производственном процессе. Поэтому прогнозирование электропотребления является важной задачей в управлении предприятием.

В связи с этим в настоящее время большое внимание уделяется простым и в то же время эффективным методам прогнозирования электропотребления на промышленных предприятиях. К числу таких методов относятся статистические методы [1].

Числовые данные, характеризующие процессы электропотребления промышленных предприятий, находящиеся в постоянном изменении и движении, образуют ряды динамики.

Эти процессы развиваются под действием внутреннего детерминизма и инерционности: сложившиеся объективные тенденции изменения параметров системы сохраняются в течение определенных периодов времени. Вместе с тем, они протекают, во-первых, в условиях чрезвычайно сложного переплетения внутренних взаимосвязей и, во-вторых, под постоянным влиянием внешних, чаще всего случайных факторов, действующих нередко в непредсказуемом направлении. Поэтому их прогнозирование имеет смысл только в рамках вероятностных категорий.

Теоретической базой для анализа динамических рядов явилась теория случайных процессов. Случайные процессы представляют собой семейство случайных функций $X(t)$, зависящих от одного параметра, которым в большинстве случаев является время. Современная методика статистического анализа случайных процессов построена на постулате непрерывности динамической траектории.

В центре внимания исследователей находятся обычно общие закономерности, скрытые в эмпирических данных и отражающие внутреннюю структуру явления.

Анализ статистических данных по суточному потреблению электроэнергии показывает, что существует тенденция приближенного линейного возрастания потребления электроэнергии по годам. Кроме того, из года в год прослеживаются весенний спад и осенний подъем суточного потребления электрической энергии и воздействие на электропотребление разнообразных случайных факторов [2].

Исходя из этого, модель суточного потребления электроэнергии целесообразно принять в виде

$$\mathcal{E} = a_0 + a_1 r + \xi(t) + \eta,$$

где a_0 – средняя величина суточного потребления электроэнергии, около которой варьируется фактическая величина электропотребления; $a_1 r$ – линейный годовой тренд процесса электропотребления; $r = 1, 2, \dots$ – номер года (начиная с текущего); $\xi(t)$ – весенний спад, осенний подъем и относительное уменьшение летнего суточного потребления электроэнергии по сравнению с зимним периодом; $t = 1, 2, 3, \dots$ – номер дня (начиная с января); η – случайная составляющая с постоянной дисперсией и математическим ожиданием, равным нулю.

Таким образом, средняя величина электропотребления, равная площади фигуры, ограниченной значениями суточного электропотребления, линейно возрастает с каждым следующим годом по закону

$$\mathcal{E}_{\text{ср. год.}} = a_0 + a_1 r,$$

где a_1 — коэффициент, показывающий возрастание средней величины потребления предприятием электроэнергии по годам.

Возрастание средней величины электропотребления предприятия по годам объясняется его развитием, вводом новых производственных мощностей и нового энергоемкого оборудования.

Сезонная составляющая электропотребления $\xi(t)$ имеет вид

$$\xi(t) = \begin{cases} \mathcal{E}_1 - \text{в период с 1 января до 15 марта;} \\ \mathcal{E}_2 = + \mathcal{E}_1 - [(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_3)] / k_1 - \text{в период с 15 марта до 1 июня;} \\ \mathcal{E}_3 - \text{в период с 1 июня до 15 августа;} \\ \mathcal{E}_4 = + \mathcal{E}_3 + [(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_3)] / k_2 - \text{в период с 15 августа до 15 ноября;} \\ \mathcal{E}_1 - \text{в период с 15 ноября и до 1 января,} \end{cases}$$

где k_1 — количество рабочих дней с 15 марта по 1 июня; k_2 — количество рабочих дней с 15 августа по 15 ноября.

Возможна ее аппроксимация также и полиномиальными функциями высоких порядков (третьего и выше).

Случайная составляющая η , которая получается после вычитания составляющих a_0 , $a_1 r$, $\xi(t)$ из суточного потребления электроэнергии, в идеальном случае должна представлять собой белый шум (с математическим ожиданием и интервалом корреляции, равными 0, постоянной дисперсией). Однако реально она носит нестационарный характер, так как в нее входят ошибки аппроксимации годового и сезонного трендов, а также составляющие, влияющие на электропотребление, но явно не присутствующие в модели. Отсутствие этих составляющих в модели обусловлено сложностью их выделения.

Выполнен прогноз суточного потребления электроэнергии предприятием с помощью предложенной модели при кусочно-линейном (рис. 1) и полиномиальном (рис. 2) сезонных трендах. В качестве исходных данных для прогнозирования использованы данные электропотребления предприятия в рабочие дни за трехлетний период.

Исследования модели показали ее адекватность описываемым процессам. Относительная ошибка прогноза в пределах следующего года не превышает 9% от фактического уровня электропотребления предприятия. Данная ошибка обусловлена ошибками аппроксимации годового и сезонного трендов, а также составляющими, влияющими на электропотребление предприятия, но явно не присутствующими в модели из-за трудности их выделения.

2. Прогнозирование электропотребления с помощью искусственных нейронных сетей

В последнее время все большее внимание со стороны специалистов, занимающихся прогнозом, в частности потреблением электроэнергии, привлекают искусственные нейронные сети (ИНС) [3]. Основная привлекательность применения ИНС для прогноза потребления электроэнергии состоит в возможности использования большого количества разнообразных входных данных — исторических данных по потреблению электроэнергии и соответствующих погодных условий, времени года, типа дня и др. При этом функция влияния входных данных на выходные может быть сколь угодно сложной. Кроме того, часть входных данных является численными (исторические значения потребления электроэнергии, температура воздуха и т.п.), а часть — категориальными (время года, тип дня, тип облачности и др.).

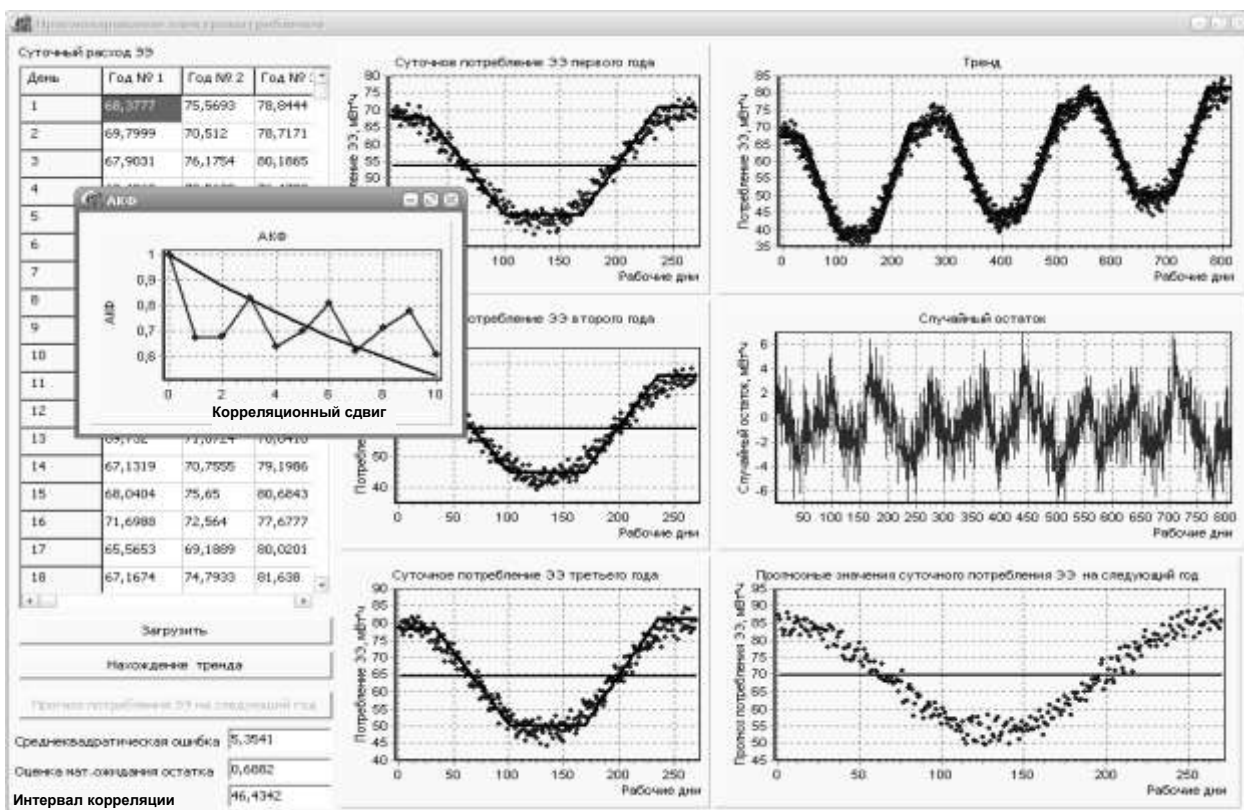


Рис. 1. Результаты прогнозирования суточного электропотребления промышленного предприятия с помощью аппроксимации сезонного тренда кусочно-линейной функцией

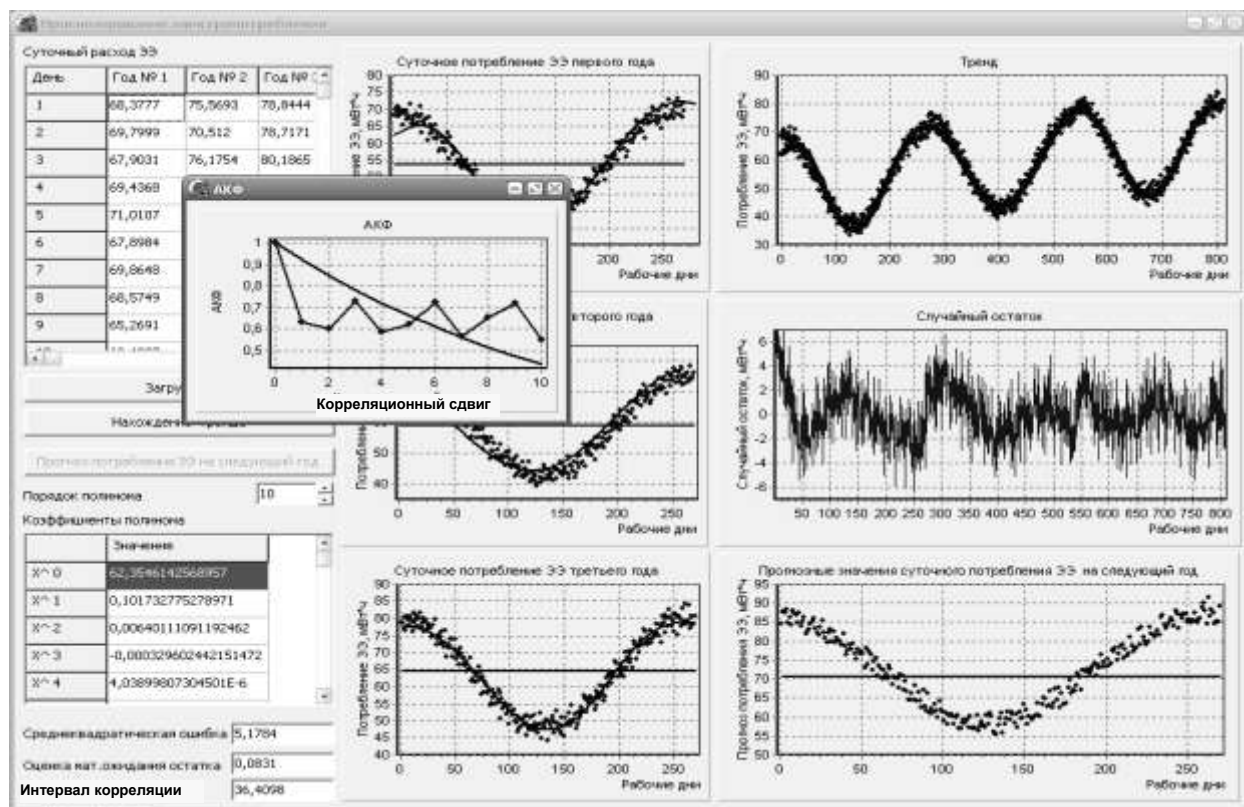


Рис. 2. Результаты прогнозирования суточного электропотребления промышленного предприятия с помощью аппроксимации сезонного тренда полиномом 4-го порядка

Чем сложнее ИНС, тем масштабнее задачи, решаемые ей. Выбор структуры ИНС осуществляется в соответствии с особенностями и сложностью задачи. Для решения некоторых отдельных типов задач уже существуют оптимальные конфигурации. Так как проблема синтеза ИНС сильно зависит от решаемой задачи, дать общие подробные рекомендации затруднительно. В большинстве случаев структура ИНС получается на основе интуитивного подбора.

Существенны и алгоритмы обучения ИНС, от которых зависит способность сети решать поставленные перед ней проблемы во время эксплуатации. На этапе обучения кроме подбора весов важную роль играет время обучения. Как правило, эти два параметра связаны обратной зависимостью и их приходится выбирать на основе компромисса.

Среди различных ИНС одной из наиболее широко применяемых является перцептрон, который и использован в данной работе. Обучение сети осуществляется на основе комбинированного алгоритма, включающего в свой состав алгоритм обратного распространения ошибки и метод Коши.

Выполнен прогноз суточного электропотребления промышленного предприятия. В качестве исходной информации использованы данные электропотребления в рабочие дни 2001-2003 годов.

Сеть включает три слоя. Входной и выходной слои содержат по 270 нейронов в соответствии с количеством рабочих дней в году. Количество нейронов в скрытом слое получено, исходя из точности прогнозирования и качества обучения сети. Оно также принято равным 270.

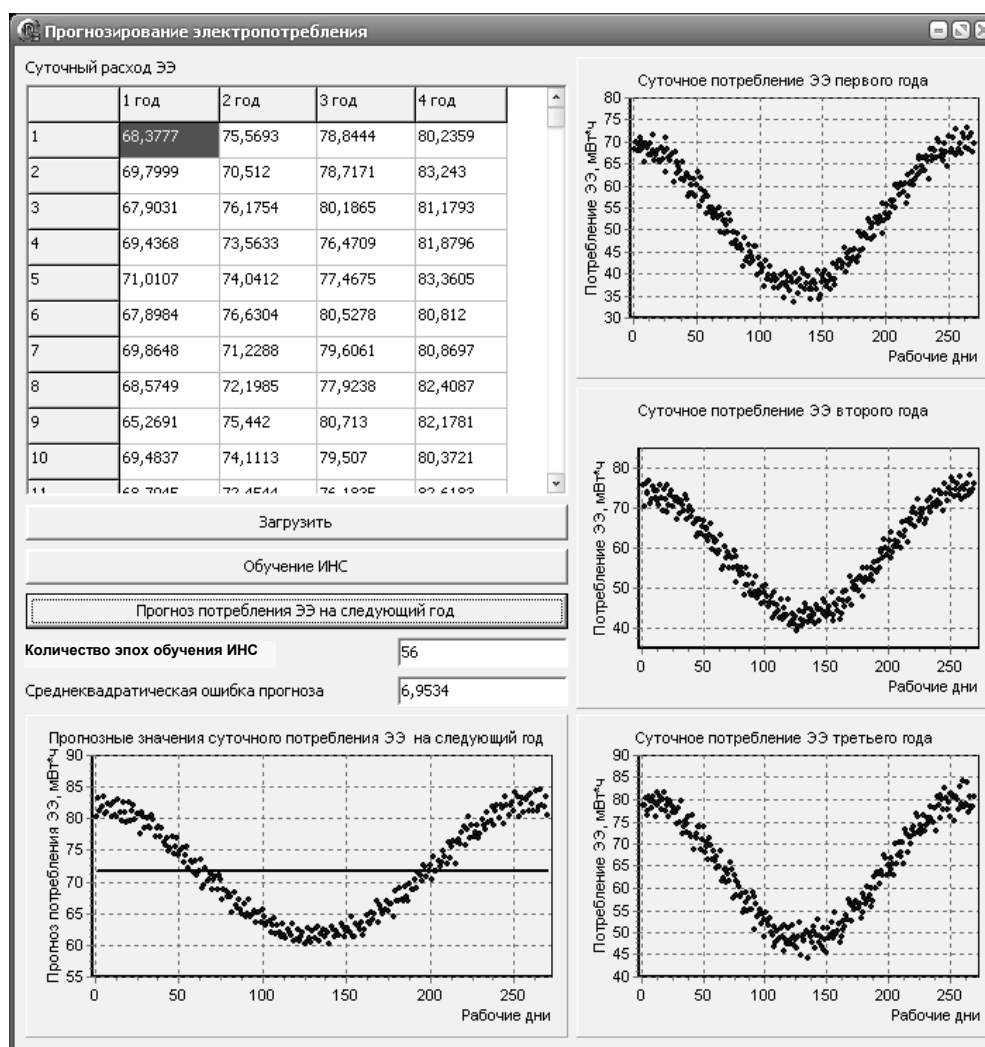


Рис. 3. Результаты прогнозирования электропотребления предприятия с помощью ИНС

На рис. 3 представлены результаты прогнозирования суточного потребления электроэнергии предприятием с помощью ИНС.

Среднеквадратическая ошибка прогноза не превышает 7%.

Таким образом, в результате выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Исследование процессов электропотребления промышленных предприятий показало возможность их прогнозирования с помощью искусственных нейронных сетей достаточно простой структуры.

2. Определен набор входных данных ИНС, в качестве которого выступает суточное электропотребление предприятия. В качестве алгоритма обучения использован комбинированный алгоритм, сочетающий в себе алгоритмы обратного распространения ошибки и Коши.

3. Использование предложенной структуры ИНС и алгоритма ее обучения позволяет осуществлять прогноз суточного электропотребления промышленного предприятия на очередной год с необходимой точностью.

Заключение

1. Разработаны методы и алгоритмы прогнозирования электропотребления промышленных предприятий, обеспечивающие прогноз на достаточно длительные интервалы времени (месяц, год) с точностью, необходимой для планирования электропотребления.

2. Решение данной задачи в составе АСУ энергетикой промышленных предприятий позволяет сократить ущерб из-за штрафов за нарушение установленных лимитов электропотребления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Теория прогнозирования / под ред. С.А. Саркисяна. М.: Высшая школа, 1977. 351 с.

2. Резчиков А.Ф. Управление электропотреблением промышленных предприятий / А.Ф. Резчиков, В.А. Иващенко. Саратов: Наука, 2008. 183 с.

3. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский; пер. с польск. И.Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2004. 344 с.

Иващенко Владимир Андреевич – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем точной механики и управления РАН, г. Саратов

Ivaschenko Vladimir Andreevich – Doctor of Technical Sciences, Senior Scientific Officer of the Institute of Precision Mechanics and Control of RAS, Saratov

Колоколов Максим Владимирович – студент кафедры «Системотехника» Саратовского государственного технического университета

Kolokolov Maxim Vladimirovich – Student of the Department of «System Engineering» of Saratov State Technical University

Васильев Дмитрий Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Системотехника» Саратовского государственного технического университета

Vasilyev Dmitriy Anatolyevich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «System Engineering» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 20.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 687.586

О.А. Комлева

ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТОЖИДКОСТНОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА РОБОТОТЕХНИКИ

Рассматривается вопрос динамического нагружения электромагнитожидкостного управляющего элемента, основной рабочей характеристикой которого является зависимость силы сопротивления перемещению штока от скорости его перемещения.

Магнитная жидкость, динамическая характеристика, электромагнитожидкостный управляющий элемент.

О.А. Komleva

DYNAMIC CHARACTERISTIC OF ELECTROMAGNETIC LIQUID MANAGING ELEMENT OF ROBOTICS

The problem of theoretical dynamic loadings of a magnet of the shock-absorber is considered, a basis which performance data is dependence of force of resistance to moving of a rod from speed of its moving.

Magnetic liquid, dynamic characteristic, electromagnetic liquid managing element.

Магнитная жидкость (МЖ) принадлежит к классу управляемых жидкостей, подверженных изменению под действием приложенного электрического поля. Обычно это проявляется в очень большом изменении демпфирующего усилия в электромагнитожидкостных управляющих элементах (ЭМЖ). Жидкость представляет собой суспензию магнитных частиц размером от десятков нанометров до сотен микрометров в жидкости носителя (вода, керосин, различные масла).

Способов получения МЖ много, однако этап их производства, например, для электромагнитожидкостных управляющих элементов за границей только начинает осваиваться, а в России ещё не планируется. Об этом свидетельствует патентный поиск: малый процент российских патентов и заявок в области технологии и конструирования электромагнитожидкостных управляющих элементов, европейских и американских патентов в 15 раз больше.

Основной рабочей характеристикой электромагнитожидкостного управляющего элемента является зависимость силы сопротивления перемещению штока от скорости его перемещения. Реальная система практически не поддается точному решению, а потому выберем дифференциальные уравнения для статической и динамической характеристик ЭМЖ управляющего элемента. В работе [1] решены дифференциальные уравнения для статической характеристики ЭМЖ управляющего элемента, в результате чего установлено:

– энергия магнитного поля определяется из графика, построенного в программной среде Elcut, предназначенной для моделирования магнитных полей, которая зависит от ряда параметров, основными из которых является сила тока катушки, напряженность магнитного поля, время;

– при увеличении магнитного поля, создаваемого магнитной катушкой, в ЭМЖ управляющего элемента увеличивается вязкость МЖ, что позволяет снизить время реакции управляющего элемента на колебания;

– при увеличении вязкости МЖ в электромагнитожидкостном управляющем элементе увеличивается сила трения, прилагаемая на шток управляющего элемента.

Для расчета динамической характеристики ЭМЖ управляющего элемента воспользуемся уравнением [1]

$$(AB - r_0 r_1 \alpha_1 \beta_1 \mu^2) \sin(\mu(r_1 - r_2)) + \mu(r_0 \alpha_1 B + r_1 \beta_1 A) \cos(\mu(r_0 - r_1)) = 0 \quad (1)$$

и континуальной передаточной функцией [1]

$$W(r, \rho, p) = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{r\rho} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\bar{\varphi}_k(r) \bar{\varphi}_k(\rho)}{\rho + a^2 \mu_k^2}. \quad (2)$$

Найдем прямое преобразование Лапласа от стандартизирующей функции, учитывая, что прямое преобразование Лапласа от дельта-функции равно 1:

$$L[\delta(t)] = 1,$$

$$\omega(r, t) = f(r, t) + Q_0(r) \delta(t).$$

Чтобы найти динамическую характеристику ЭМЖ управляющего элемента, необходимо получить зависимость выходной величины от времени. Преобразуем выражение

$$Q(r, t) = 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{-0,11 \cdot 10^4 x t - 0,64 \cdot 10^4 e^{-480t} \cos(t)^5 \cos(400x) + 0,72 \cdot 10^4 \cdot e^{-54t} \cos(t)^5 \cdot \cos(130x) + 0,11 \cdot 10^4 e^{-54t} \cos(t)^3 \sin(130x) \cdot 0,35 \cdot 10^4 \cos(t) - 0,11 \cdot 10^6 e^{-0,1310^4 t} \cos(t)^5 \sin(660r)}{t}. \quad (3)$$

Подставим радиус цилиндра амортизатора $r = 0,015$ м в выражение (3), получим динамическую характеристику ЭМЖ управляющего элемента

$$Q(r, t) = (-0,2 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{-0,88 \cdot 10^4 \cdot e^{-54t} \cos(t)^3 - 0,7 \cdot 10^4 \cdot \cos(t) + 0,22 \cdot 10^4 \cdot e^{-54t} \cos(t) - 0,22 \cdot 10^5 \cos(t)^5 + 0,28 \cdot 10^5 \cos(t)^3 + 0,28 \cdot 10^4 \cos(t)^2 + 0,44 \cdot 10^3 \cdot e^{-54t}}{t}. \quad (4)$$

График динамической характеристики ЭМЖ управляющего элемента представлен на рис. 1.

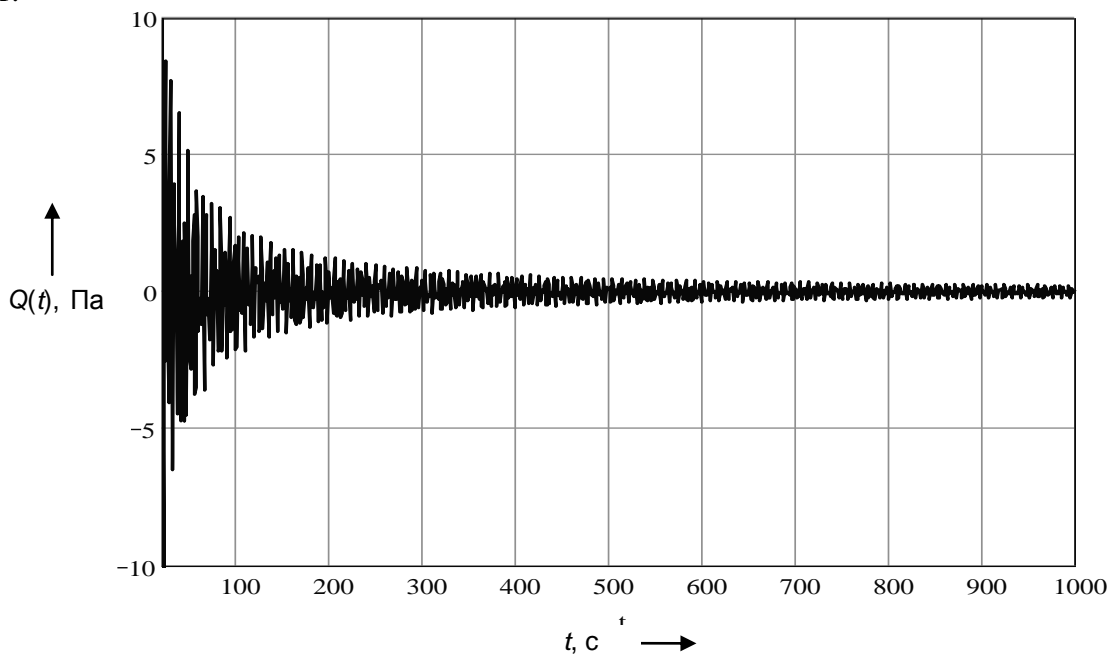


Рис. 1. Динамическая характеристика ЭМЖ управляющего элемента

Для вычисления интегральной передаточной функции необходимо оценить континуальную передаточную функцию для трех корней уравнения (1). Используя формулу (2), вычислим континуальную передаточную функцию для первого корня уравнения (1)

$$W_1(r, \rho, p) = -0,2 \cdot 10^{-13} \cdot \frac{0,22 \cdot 10^{20} \sin(120r - 1,8) + 0,4 \cdot 10^{20} \cos(120r - 1,8)}{0,4 \cdot 10^5 p + 0,17 \cdot 10^7}. \quad (5)$$

Применяя формулу (2), вычислим континуальную передаточную функцию для второго корня уравнения (1)

$$W_1(r, \rho, p) = -0,1 \cdot 10^{-15} \cdot \frac{0,13 \cdot 10^{20} \sin(230r - 3,4) + 0,42 \cdot 10^{20} \cos(230r - 3,4)}{64 \cdot p + 0,98 \cdot 10^4}. \quad (6)$$

С учетом формулы (2), вычислим континуальную передаточную функцию для третьего корня уравнения (1)

$$W_1(r, \rho, p) = 0,2 \cdot 10^{-15} \cdot \frac{0,33 \cdot 10^{19} \sin(300r - 4,6) + 0,15 \cdot 10^{20} \cos(300r - 4,6)}{630 \cdot p + 0,17 \cdot 10^6}. \quad (7)$$

Преобразование Лапласа по времени t от стандартизирующей функции имеет вид:

$$\varpi(p) = A \frac{\omega}{p^2 + \omega^2} + 2 \frac{\omega}{p^2 + \omega^2}.$$

Рассчитаем интегральную передаточную функцию по зависимости:

$$W_f = \int_{0,0022}^{0,0065} \int W(r, \rho, p) \varpi(p) d\omega dA. \quad (8)$$

Используя континуальную передаточную функцию, определенную для первого корня уравнения (1), найдем интегральную передаточную функцию:

$$W_1(r, p) = -0,1 \cdot 10^{-15} \cdot \frac{0,27 \cdot 10^{20} \ln(p^2 + 25) \sin(120r) - 0,24 \cdot 10^{20} \ln(p^2 + 25) \cos(120r) + 0,4 \cdot 10^5 p + 0,24 \cdot 10^{20} \ln(p^2 + 4) \cos(120r) - 0,27 \cdot 10^{20} \ln(p^2 + 4) \sin(120r)}{+ 0,17 \cdot 10^7}. \quad (9)$$

Принимая во внимание континуальную передаточную функцию, определенную для второго корня уравнения [1], найдем интегральную передаточную функцию:

$$W_2(r, p) = -0,15 \cdot 10^{-2} \ln(p^2 + 25) \cos(230r) - 0,84 \cdot 10^{-3} \ln(p^2 + 25) \cos(230r) \sin(230p) - 0,84 \cdot 10^{-3} \ln(p^2 + 25) \cos(230p) \sin(230r). \quad (10)$$

Определим интегральную передаточную функцию, используя континуальную передаточную функцию, рассчитанную для третьего корня уравнения [1]:

$$W_3(r, p) = 0,3 \cdot 10^{-19} \cdot \frac{-0,41 \cdot 10^{21} \ln(p^2 + 25) \sin(300r) + 0,26 \cdot 10^{20} \ln(p^2 + 25) \cos(300r) + 630 \cdot p + -0,26 \cdot 10^{20} \ln(p^2 + 4) \cos(300r) - 0,41 \cdot 10^{21} \ln(p^2 + 4) \sin(300r)}{+ 0,17 \cdot 10^6}. \quad (11)$$

Интегральная передаточная функция состоит из трех составляющих и имеет вид:

$$W_f = W_1(r, p) + W_2(r, p) + W_3(r, p); \quad (12)$$

$$W_f = -0,1 \cdot 10^{-14} \cdot \frac{-0,15 \cdot 10^{22} \ln(p^2 + 25) \cos(119r) p + 0,49 \cdot 10^{21} \ln(p^2 + 25) \sin(304r) p + 0,17 \cdot 10^{22} \ln(p^2 + 25) \sin(119r) p - 0,49 \cdot 10^{21} \ln(p^2 + 4) \sin(304r) p}{t}.$$

Подставим радиус цилиндра $r = 0,015$ м и заменив $p = j \omega$, получим

$$W(\omega) = 0,56 \cdot 10^{-14} \cdot \frac{-0,86 \cdot 10^{18} \ln(-\omega^2 + 25) + 0,86 \cdot 10^{18} \ln(-\omega^2 + 4) \sin(304r)p}{0,4 \cdot 10^5 j\omega + 0,17 \cdot 10^7} + \\ + 0,56 \cdot 10^{-14} \cdot \frac{-0,29 \cdot 10^{18} \ln(-\omega^2 + 25) + 0,29 \cdot 10^{18} \ln(-\omega^2 + 4)}{0,4 \cdot 10^5 j\omega + 0,17 \cdot 10^7}. \quad (13)$$

Построим логарифмическую амплитудно-частотную характеристику (ЛАЧХ) ЭМЖ управляющего элемента:

$$L(\omega) = 20 \log \left(\sqrt{\operatorname{Re}(W_f(\omega))^2 + \operatorname{Im}(W_f(\omega))^2} \right). \quad (14)$$

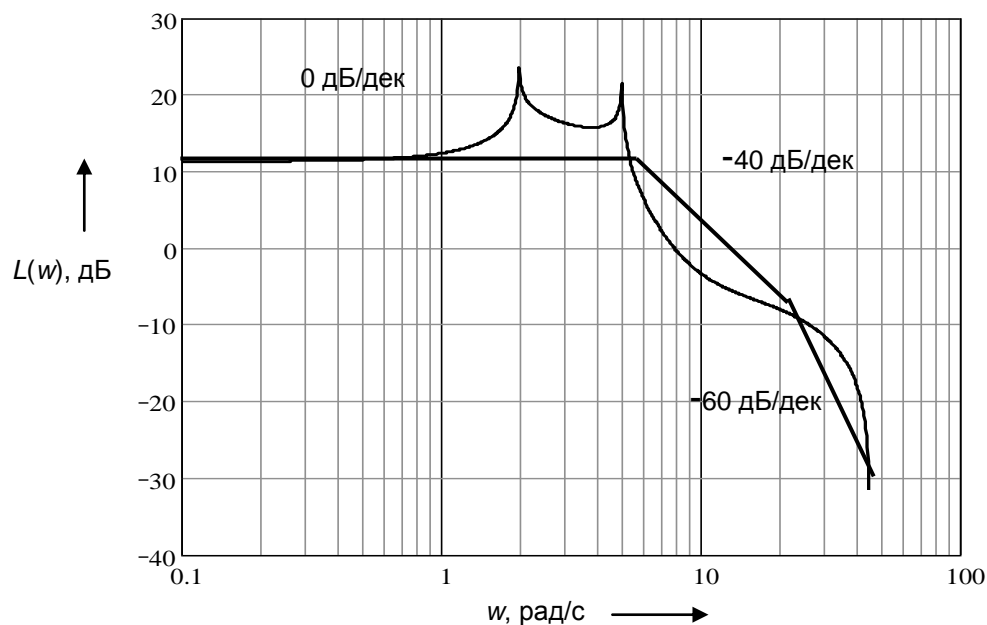


Рис. 2. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика ЭМЖ управляющего элемента

Аппроксимируя ЛАЧХ стандартными наклонами, получим передаточную функцию ЭМЖ управляющего элемента.

Коэффициент усиления: $20 \lg k = 11$, $\lg k = 0,55$, $k = 10^{0,55} = 3,548$.

Сопрягающие частоты:

$$\omega_1 = 7 \text{ рад/с}, T_1 = \frac{1}{\omega_1} = 0,142 \text{ с},$$

$$\omega_2 = 55 \text{ рад/с}, T_2 = \frac{1}{\omega_2} = 0,018 \text{ с}.$$

Передаточная функция ЭМЖ управляющего элемента:

$$W(p) = \frac{3,548}{(p + 7)(p + 55)} \quad (15)$$

Для построения переходного процесса ЭМЖ управляющего элемента $h(t)$ используем обратное преобразование Лапласа от функции вида $\frac{W(p)}{p}$, применив программу Mathcad

$$h(t) = -29t \cdot e^{-7t} - 3,5 \cdot e^{-7t} - 0,075 \cdot e^{-56t} + 3,5. \quad (16)$$

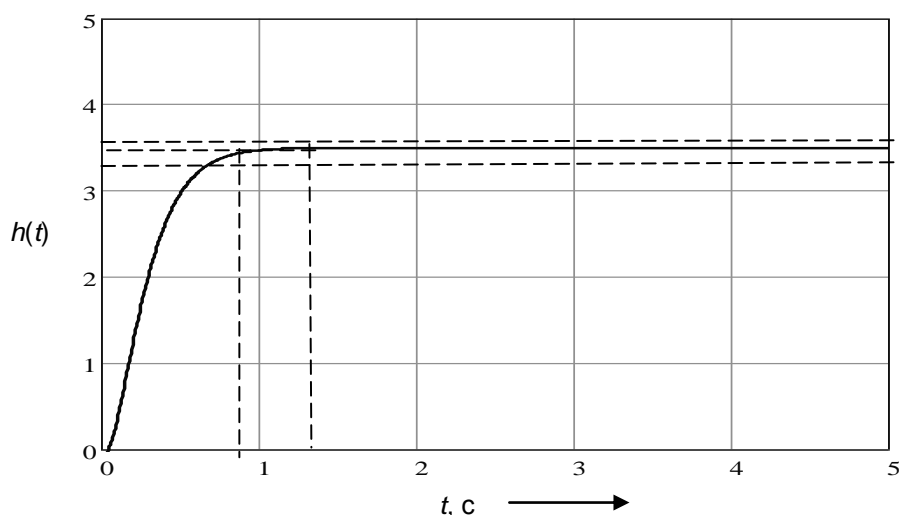


Рис. 3. Переходный процесс ЭМЖ управляющего элемента

Переходный процесс ЭМЖ управляющего элемента представлен на рис. 3.

По графику на рис. 3 можно судить о том, что работа ЭМЖ управляющего элемента сводится к устойчивости процесса. По переходному процессу определим:

- установившееся состояние переходного процесса $h_{уст} = 3,5$;
- $h_{max} = 3,5$;
- время первого согласования и время нарастания равны между собой $t_i = t_c = 1,455$ с;
- время регулирования $t_p = 0,71$ с.

Анализируя график динамической характеристики ЭМЖ управляющего элемента (рис. 1), можно сделать вывод: ЭМЖ управляющего элемента является системой стабилизации, и по прошествии времени система приходит в установившееся состояние. Так как на управляющий элемент постоянно действует усилие, то на стенки цилиндра постоянно оказывается давление.

Принимая во внимание необходимость создания новых эффективных ЭМЖ управляющих элементов по сравнению с известными необходимо решить следующие основные задачи:

- оценить низкую собственную частоту и эффективность гашения низкочастотных колебаний;
- определить высокий виброперепад;
- исследовать возможность регулирования способности, жесткости, коэффициента демпфирования величины хода без изменений габаритных размеров ЭМЖ управляющего элемента;
- оценить возможность работы ЭМЖ управляющего элемента по всем степеням свободы;
- оценить работоспособность в широком диапазоне внешних неблагоприятных воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комлева О.А. Расчет теоретической статической характеристики магнитожидкостного амортизатора / О.А. Комлева // Системы автоматического проектирования и автоматизации производства: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2009. С. 232-237.

Комлева Оксана Анатольевна – аспирант кафедры «Управление и информатика в технических системах»

Komleva Oksana Anatolyevna – Post-graduate Student of the Department of «Management and Information Science»

Балаковского института техники,
технологии и управления (филиала)
Саратовского государственного
технического университета

in Technical Systems» of Balakovo Institute
of Techniques, Technology and Management
(branch) of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 25.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 004:616-001

Е.Н. Малышева, С.Л. Гольдштейн, Н.Л. Кузнецова

**ПАКЕТ ПОЛУФОРМАЛИЗОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ВРАЧА-ТРАВМАТОЛОГА**

Статья посвящена созданию пакета полуформализованных моделей автоматизированного рабочего места врача-травматолога в виде концептуальных, структурных и алгоритмических моделей. Их описание представлено в состоянии «как должно быть».

Полуформализованные модели, автоматизированное рабочее место врача-травматолога.

Ye.N. Malysheva, S.L. Goldshteyn, N.L. Kuznetsova

**HALF FORMALIZED MODELS PACKAGE
OF DOCTOR-TRAUMATOLOGIST'S AUTOMATED WORKPLACE**

The article is the research of a package of half formalized models of the automated workplace of a doctor-traumatologist in the form of conceptual, structural and algorithmic models. The authors description is presented in a condition «how it should be».

Half formalized models, the automated workplace of a doctor-traumatologist.

Введение

Технологии моделирования давно стали неотъемлемой частью самых разных сфер жизни, однако, они недостаточно используются для описания сфер обслуживания, в частности медицинского [1-3]. В то же время известно, что технологии моделирования позволяют не только облегчить создание новой системы, в частности автоматизированного рабочего места (АРМ) врача, например, травматолога, но и дают возможность осуществлять поэтапный контроль на всех этапах ее жизненного цикла: создания, функционирования, поддержки функционирования, развития и замены. Их язык строг и однозначен. С их помощью можно эффективно анализировать «узкие места» в системах в новых условиях и, в результате этого, оптимизировать их общую структуру [4-6].

В данной статье поставлена задача создания пакета полуформализованных моделей АРМ врача-травматолога с целью его улучшения.

Концептуальные модели автоматизированного рабочего места врача-травматолога

Предложен пакет концептуальных моделей АРМ врача-травматолога в состоянии «как должно быть» (ТО-ВЕ) в виде общей и базово-уровневой концептуальных моделей (ОКМ и БУКМ). Прототипной формой служил материал [7-12].

ОКМ АРМ врача-травматолога (ТО-ВЕ)

АРМ врача-травматолога – сложный комплекс, выполняющий *группы функций*: обработки информации, получения снимков, помощи в постановке диагноза и в выборе тактики лечения, проведения телеобучения и телеконференции; *путем* занесения информации в соответствующие поля базы данных ПЭВМ и выполнения определенных операций над данными, использования рентгенологического аппарата и обработки изображения, применения системно-интеллектуальной, дидактико-педагогической и коммуникационно-телемедицинской подсистем; на основе *структуры* из подсистем ПЭВМ, принтера, медицинского рентгенологического прибора, логической, управления, системно-интеллектуальной, дидактико-педагогической и коммуникационно-телемедицинской; *направленные* на облегчение, улучшение работы врача-травматолога с целью обеспечения более высокого и качественного обслуживания клиентов травматологического профиля и повышения прибыли.

БУКМ АРМ врача-травматолога (ТО-ВЕ)

АРМ врача-травматолога – сложный комплекс, выполняющий *группы функций*:

- 1) обработки информации: 1.1) хранения, 1.2) редактирования, 1.3) фильтрации, 1.4) генерации отчётов, 1.5) выведения;
- 2) получения снимков: 2.1) создания снимка, 2.2) обработки изображения, 2.3) хранения снимков, 2.4) выведения снимков;
- 3) помощи в постановке диагноза и в выборе тактики лечения: 3.1) сравнения снимков с образцами-снимками заболеваний, 3.2) поиска оптимального решения и вывода информации о предполагаемом заболевании и лечении, 3.3) получения высококвалифицированной помощи от другого специалиста травматологического профиля;
- 4) проведения телеобучения и телеконференции: 4.1) проведения сеанса, 4.2) хранения записи сеанса;

путем:

для функций 1) занесения информации в соответствующие поля базы данных ПЭВМ и выполнения определенных операций над данными: 1.1) использования памяти базы данных ПЭВМ, 1.2) использования редакторов базы данных ПЭВМ, 1.3) использования фильтров базы данных ПЭВМ, 1.4) применения запрограммированных запросов на создание отчётов базы данных ПЭВМ, 1.5) использования принтера;

для функций 2) подключения медицинского рентгеновского прибора и принтера к ПЭВМ и обработки изображения: 2.1) использования медицинского рентгеновского прибора и ПЭВМ, 2.2) использования редактора снимков ПЭВМ, 2.3) использования памяти жёсткого диска ПЭВМ, 2.4) использования принтера и ПЭВМ;

для функций 3) использования системно-интеллектуальной и коммуникационно-телемедицинской подсистем, ПЭВМ и принтера: 3.1) использования шифратора и блока сопоставления для сравнения снимков, 3.2) использования системного интеллектуального подсказчика, системы имитационного моделирования и форм вывода результатов сравнения, 3.3) проведения телеконсультаций специалистам-травматологам;

для функций 4) использования дидактико-педагогической и коммуникационно-телемедицинской подсистем, ПЭВМ: 4.1) проведения телеобучения в области травматологии и телеконференций специалистам-травматологам, 4.2) использования памяти жёсткого диска ПЭВМ;

на основе *структуры* из подсистем:

для функций и путей 1), 1.1) 1.2), 1.3), 1.4) логической, управления, ПЭВМ, 1.5) логической, управления, ПЭВМ, принтера;

для функций и путей 2) медицинского рентгеновского прибора, ПЭВМ, логической, управления, принтера: 2.1) медицинского рентгеновского прибора, ПЭВМ, логической, управления, 2.2), 2.3) ПЭВМ, логической, управления, 2.4) ПЭВМ, логической, управления, принтера;

для функций и путей 3) системно-интеллектуальной и коммуникационно-телемедицинской, ПЭВМ и принтера: 3.1) шифратора, блока сопоставления, 3.2) системного интеллектуального подсказчика, системы имитационного моделирования, ПЭВМ и принтера, 3.3) ПЭВМ, веб-портала СОТП, Internet, микрофона, проектора, телевидеокмутатора;

для функций и путей 4) дидактико-педагогической и коммуникационно-телемедицинской, ПЭВМ: 4.1) ПЭВМ, Internet, микрофона, проектора, веб-камеры, веб-портала системы организации травматологической помощи, телевидеокмутатора, 4.2) памяти жёсткого диска ПЭВМ;

направленные на облегчение, улучшение работы врача-травматолога: для пациента – обеспечение наглядности исходных ситуаций, проводимых работ, полученных результатов, повышение качества и комфортности лечения, для врача – проведение лечения на высоком профессиональном уровне, поиск оптимальных решений и исключение ошибок в постановке диагнозов и назначение эффективного лечения, для руководителей – контроль деятельности персонала, получение прибыли от внедрения современных технологий, поднятие престижа медицинского учреждения

с целью обеспечения более высокого и качественного обслуживания клиентов и увеличения прибыли: удовлетворения потребностей клиентов в качественном лечении, привлечения использованием новых технологий новых клиентов, демонстрации необходимости лечения и его результатов.

Структурная модель автоматизированного рабочего места врача-травматолога

Предложена структурная модель АРМ врача-травматолога (ТО-ВЕ) (рис. 1). Прототипной формой служил материал [8, 13-17].

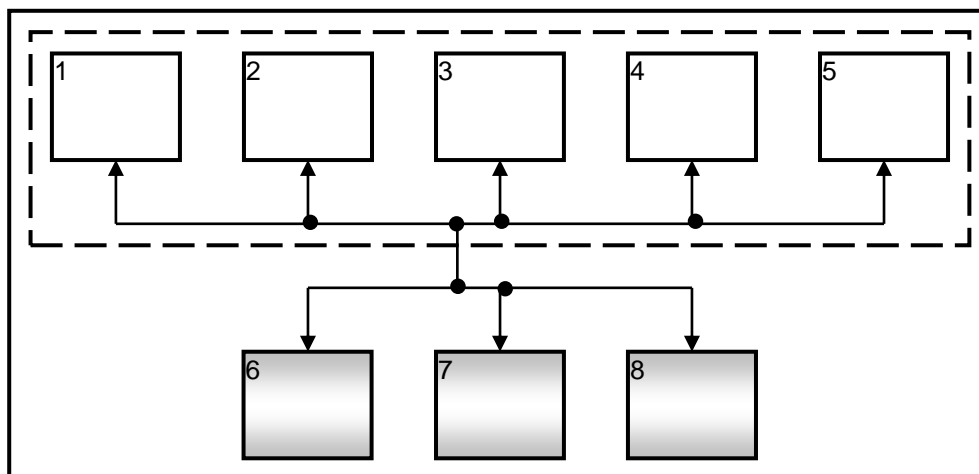
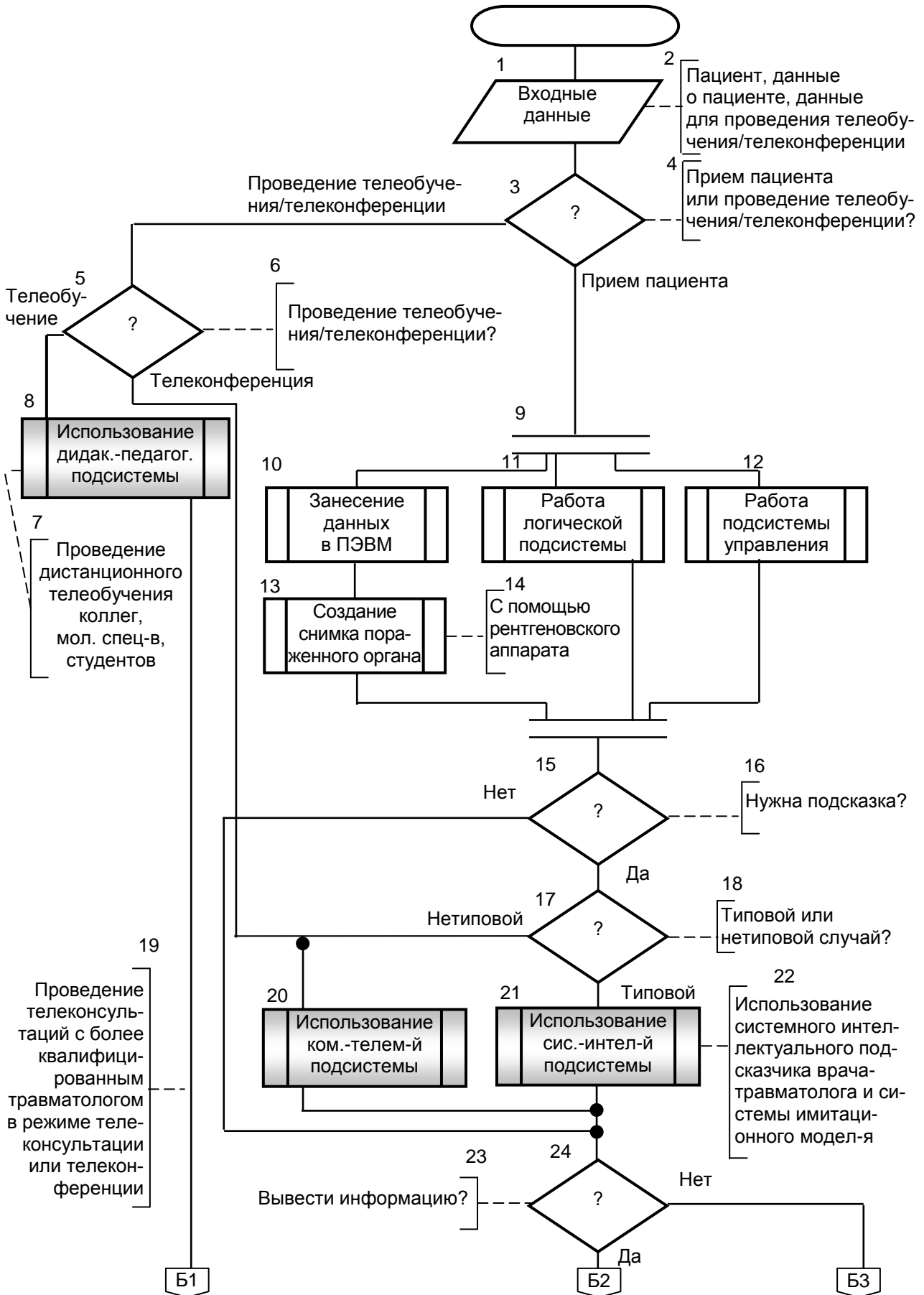


Рис. 1. Структурная модель АРМ врача-травматолога (ТО-ВЕ):
1 – ПЭВМ: БД, шифратор, блок сопоставления, жесткий диск; 2 – принтера;
3 – медицинского рентгеновского прибора; 4 – логическая; 5 – управления;
6 – коммуникационно-телемедицинская: веб-портал СОТП, Internet, микрофон, проектор, телевидеокмутатор; 7 – дидактико-педагогическая: Internet, микрофон, проектор, веб-камера;
8 – системно-интеллектуальная: системный интеллектуальный подсказчик и система имитационного моделирования

Алгоритмическая модель автоматизированного рабочего места врача-травматолога

Предложена алгоритмическая модель АРМ врача-травматолога (ТО-ВЕ) (рис. 2). Прототипной формой служил материал [8, 18-22].



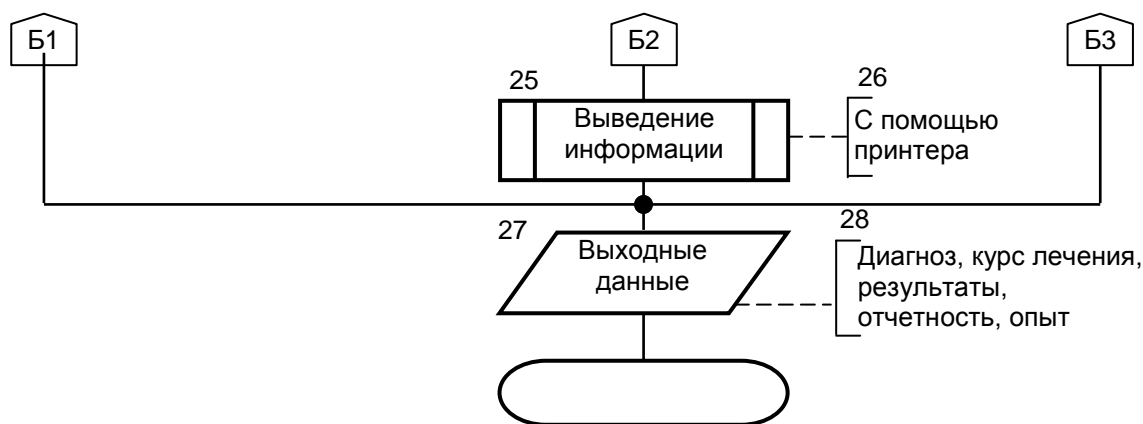


Рис. 2. Алгоритмическая модель АРМ врача-травматолога (ТО-ВЕ)

Выводы

1. Предложены общая и базово-уровневая концептуальные модели АРМ врача-травматолога.
2. Представлена структурная модель АРМ врача-травматолога.
3. Предложена алгоритмическая модель АРМ врача-травматолога.
4. Пакет полуформализованных моделей АРМ врача-травматолога представлен в состоянии «как должно быть».
5. Полученный пакет полуформализованных моделей АРМ врача-травматолога призван быть маршрутизатором для дальнейшего функционально-структурного, критериального и т.п. моделирования, позволяющего оптимизировать его работу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Советов Б.Я. Информационные технологии: учебник для вузов / Б.Я. Советов. М.: Высшая школа, 2003. 263 с.
2. Гольдштейн С.Л. Системная интеграция бизнеса, интеллекта, компьютера. Книга 1: введение в проблематику и постановку задач: учеб. пособие / С.Л. Гольдштейн. Екатеринбург: ИД ПироговЪ, 2006. 392 с.
3. Дюк В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях / В. Дюк, В. Эмануэль. СПб.: Питер, 2003. 528 с.
4. Калянов Г.Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов / Г.Н. Калянов. М.: Финансы и статистика, 2006. 240 с.
5. Леоненков А.В. Самоучитель UML / А.В. Леоненков. СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2004. 336 с.
6. Печёркин С.С. Теоретическое описание и развитие системной интеграции для научно-практических структур: дис. ... канд. физ.-мат. наук / С.С. Печёркин. Екатеринбург, 2002. 84 с.
7. Концептуальная модель маркетинга медицинских услуг в имитационном моделировании системы здравоохранения // Русский медицинский сервер. URL: http://www.rusmedserv.com/zdrav/model/article_43.html.
8. Хайт Г.Я. АРМ врача-диагноста / Г.Я. Хайт. Заявка РФ № 2002122512, публ. 2004 г.
9. Гольдштейн С.Л. Введение в системологию и системотехнику / С.Л. Гольдштейн, Т.Я. Ткаченко. Екатеринбург: ИРРО, 1994. 198 с.
10. Коробейников Е.В. Стратегическая деятельность холдинговой компании в информационно-экономической сфере на примере ЗАО «АТОМПРОМКОМПЛЕКС»: пакет кон-

цептуальных моделей / Е.В. Коробейников, С.Л. Гольдштейн // Интеллектуальные информационные технологии в управленческой деятельности / под ред. С.Л. Гольдштейна. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2001. С. 109-117.

11. Концептуальные и алгоритмические модели деятельности логопеда / С.И. Блохина, Н.А. Свирина, С.С. Печёркин и др. // ИНФОР «БОНУМ». 2000. № 1 (5). С. 54-75.

12. Гольдштейн С.Л. Пакет концептуальных моделей деятельности на рынке гражданского строительства / С.Л. Гольдштейн, В.А. Московских // Интеллектика, логистика, системология. Вып. 17 / под ред. В.В. Ерофеева. Челябинск, 2006. С. 57-82.

13. Гольдштейн С.Л. Порталы: обзор, аналитика, аналоги, прототип / С.Л. Гольдштейн, М.А. Еремеева // Системная интеграция в управленческой деятельности. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. С. 78.

14. Гольдштейн С.Л. Научно-образовательный портал: обзор, аналоги, прототип / С.Л. Гольдштейн, О.Г. Инюшкина, Э.П. Макаров // Системная интеграция в управленческой деятельности. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. С. 99-113.

15. Блохина С.И. Использование методологии системной интеграции при реинжиниринге системы оказания детской офтальмологической помощи в условиях НПРЦ «Бонум» / С.И. Блохина, Е.А. Степанова, Т.Я. Ткаченко // Актуальные вопросы детской офтальмологии и ретинопатии недоношенных / под ред. С.И. Блохиной. Екатеринбург: «СВ-96», 2004. С. 33-45.

16. Ткаченко Т.Я. Инструментальная среда системотехнического обслуживания сложных объектов / Т.Я. Ткаченко. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. 203 с.

17. Печёркин С.С. Проблематика моделирования, развития и применения инструментария системной интеграции для научно-практических структур: обзор, аналоги, прототип / С.С. Печёркин, С.В. Кабанова, С.Л. Гольдштейн // Системная интеграция в управленческой деятельности / под ред. С.Л. Гольдштейна. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. С. 10-64.

18. Гольдштейн С.Л. Пакет алгоритмических моделей жизненного цикла топ-менеджмента комплексного промышленного строительства / С.Л. Гольдштейн, В.А. Кулигин // Интеллектика, логистика, системология. Вып. 17 / под ред. В.В. Ерофеева. Челябинск, 2006. С. 83-96.

19. Кожарская Г.В. Алгоритмические модели жизненного цикла системы инфекционной безопасности и инфекционного контроля в лечебно-профилактическом учреждении / Г.В. Кожарская // Вестник Уральской медицинской академии науки. 2006. № 3. С. 15-19.

20. Коробейников Е.В. Алгоритмические модели реформаторской деятельности политической структуры холдинга / Е.В. Коробейников // Интеллектуальные информационные технологии в управленческой деятельности. 2001. № 3. С. 117-126.

21. Коробейников Е.В. Алгоритмические модели деятельности стратегической структуры холдинга / Е.В. Коробейников // Интеллектуальные информационные технологии в управленческой деятельности. 2001. № 3. С. 126-139.

22. Грамотеев В.И. Система управления ресурсами дорожного хозяйства / В.И. Грамотеев. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2002. 89 с.

Малышева Екатерина Николаевна – аспирант кафедры «Вычислительная техника» Уральского государственного технического университета, г. Екатеринбург

Malysheva Yekaterina Nikolayevna – Post-graduate Student of the Department of «Computer Engineering» of Ural State Technical University, Yekaterinburg

Гольдштейн Сергей Льдович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вычислительная техника» Уральского государственного технического университета, г. Екатеринбург

Goldshhteyn Sergey Lyudvigovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Computer Engineering» of Ural State Technical University, Yekaterinburg

Кузнецова Наталия Львовна –
доктор медицинских наук, профессор,
заместитель главного врача
МУ «Центральная городская клиническая
больница № 23», г. Екатеринбург

Kuznetsova Nataliya Lvovna –
Doctor of Medical Sciences, Professor,
Assistant of the Head Physician
of the Central City Clinical Hospital № 23,
Yekaterinburg

Статья поступила в редакцию 23.11.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 681.5

Е.М. Самойлова, А.А. Игнатьев

**ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Рассматриваются преимущества применения экспертных систем реального времени в АСУ ТП.

Экспертные системы, мониторинг технологического процесса.

Ye.M.Samoylova, A.A.Ignatyev

**ARTIFICIAL INTELLECT INTEGRATION
INTO AUTOMATED CONTROL SYSTEMS AND DESIGNING
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

Advantages of application of expert systems of real time in MANAGEMENT information system TП are considered in the paper.

Expert systems, technological processes monitoring.

Искусственный интеллект (ИИ) – это одна из новейших областей научного знания. Первые работы в этой области начались сразу после Второй мировой войны, а само название предложено в 1956 году. Однако только в последние годы все более четко прорисовываются области конкретного применения и реальные возможности интеллектуальных технологий [1]. В настоящее время тематика ИИ охватывает большой перечень научных направлений, начиная с таких задач общего характера, как обучение и восприятие (программы решения интеллектуальных задач и системы, основанные на знаниях), заканчивая специальными задачами (нейроподобные структуры, интеллектуальное программирование и интеллектуальные системы) [2]. Частным случаем и одним из наиболее перспективных направлений развития интеллектуальных систем становится разработка экспертных систем (ЭС), которые, в свою очередь, различают по назначению, предметной области, методам представления знаний, динамичности и сложности и т.п. (рис. 1).

Характерными чертами экспертной системы являются:

- четкая ограниченность предметной области;
- способность принимать решения в условиях неопределенности;



Рис. 1. Классификация экспертных систем

- способность объяснять ход и результат решения понятным для пользователя способом;
- четкое разделение декларативных и процедурных знаний (фактов и механизмов вывода);
- способность пополнять базу знаний, возможность наращивания системы;
- результат выдается в виде конкретных рекомендаций для действий в сложившейся ситуации, не уступающих решениям лучших специалистов;
- ориентация на решение неформализованных (способ формализации пока неизвестен) задач;
- алгоритм решения не описывается заранее, а строится самой экспертной системой;
- отсутствие гарантии нахождения оптимального решения с возможностью учиться на ошибках [3].

Экспертные системы позволяют, используя знания специалистов о некоторой конкретной узкоспециализированной предметной области и в пределах этой области, принимать решения на уровне эксперта-профессионала. Наибольшее внимание сегодня привлечено к ЭС, способным принимать решения в масштабе времени, близком к реальному, т.е. к динамическим (см. рис. 1). Динамические экспертные системы по сравнению со статическими содержат дополнительно два следующих компонента: подсистему моделирования внешнего мира и подсистему взаимодействия с внешним миром, что позволяет управлять сложными промышленными процессами в режиме мониторинга. Это включает в себя обнаружение неисправностей и диагностирование, принятие решения по результатам показаний множества периферийных устройств, оптимизацию и планирование процесса, управление большими сетями, распределенными СУБД, способность подсказывать оператору, как поступить в сложной обстановке, а в критических ситуациях, требующих немедленного решения, брать управление на себя [5].

По мнению специалистов, в недалекой перспективе динамические экспертные системы будут играть ведущую роль во всех фазах проектирования, разработки, производства, распределения, продажи, поддержки и оказания услуг [6].

Общепризнанным лидером в области создания динамических экспертных систем реального времени является программный продукт G2 (Gensym, США) [7]. G2 – это объектно-

ориентированная интегрированная среда для разработки и сопровождения приложений реального времени, использующих базы знаний. Всего на базе G2 разработано более 700 ЭС реального времени, работающих более чем в 30 областях, например, на ряде заводов 3М в Миннесоте для управления технологическими процессами. Интегрированная система мониторинга и планирования для прокатного стана и поддержки принятия решений Caterpillar (США) построена на базе распределенной системы, включающей G2 и Telewindows. IBM (США) – MOM (Measurement of On-line Manufacturing) – система управления, разработанная для улучшения производства блоков памяти и питания на заводе IBM в Торонто и интегрированная в производственный процесс. MOM объединяет системы G2, Serveio's Gemstone OODBMS и последовательную SPS в единую систему управления и контроля за производством печатных плат, повышающую качество, окупаемость и производительность завода.

G2 разработана как открытая система. Связь с внешними источниками данных строится на основе библиотеки стандартных интерфейсов и сервера GSI (G2 Standart Interface). Организация взаимодействия системы G2 с внешним миром показана на рис. 2 [6]:

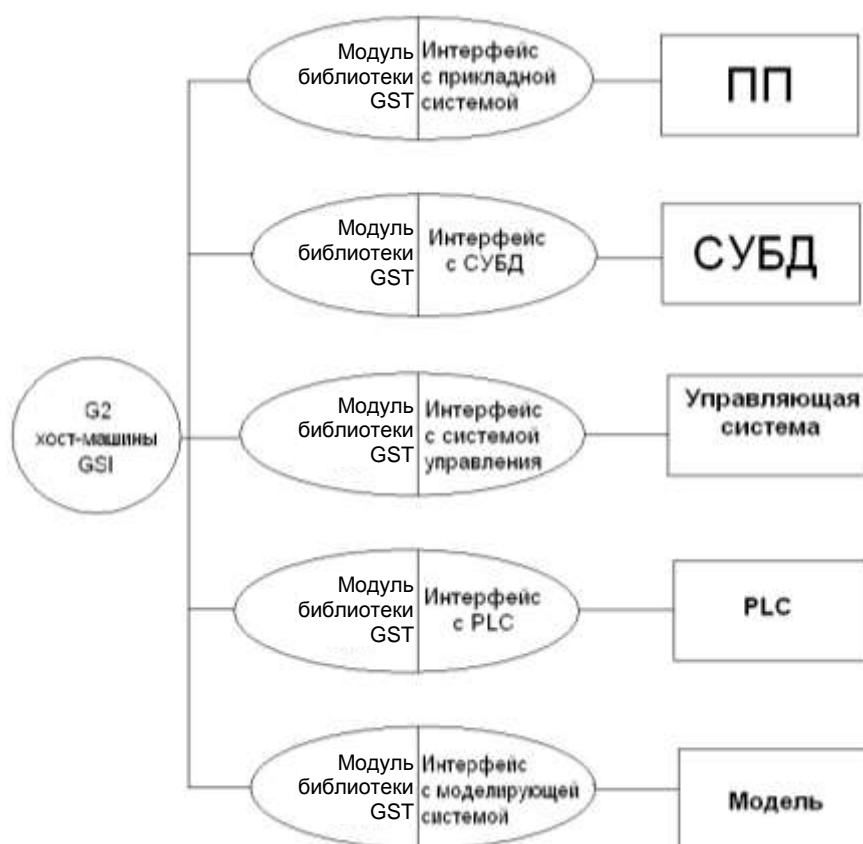


Рис. 2. Интерфейс G2 с внешним миром

Подсистема GSI работает параллельно с прикладной системой как независимый обработчик событий и обеспечивает ее двустороннее взаимодействие с широким спектром программируемых контроллеров ведущих фирм (Alien Bradley, GE-Fanuc, AEG Modicon), систем сбора данных (ABB, Fisher, Siemens, Yokogawa, Foxboro, ORSI), концентраторов данных (DEC BASEstar, Alien Bradley Pyrammid Integrator, SETPOINT SETCIM) и развитых СУБД (Oracle, Sybase, DEC Rdb). Библиотека GSI и так называемые G2 Bridge products позволяют легко интегрировать G2-приложение в существующие системы управления. При отсутствии в библиотеке GSI интерфейса к некоторому уникальному контроллеру не составляет особого труда запрограммировать его по представляемому шаблону на языке СИ и подключить к системе.

G2 уникальным образом соединяет в себе технологии рассуждения, включая правила, процедуры, моделирование объектов и процессов, имитационное моделирование и графическое представление в единой среде разработки и внедрения, интегрирует в себе множество взаимодополняющих методов искусственного интеллекта, что упрощает и ускоряет процесс разработки приложений и позволяет делать их универсальными. Очень важной особенностью G2 является возможность редактирования приложения в режиме реального времени. Это значит, что в G2 все изменения в разработке реализуются немедленно, – нет перерывов на компиляцию и установление связей.

На сегодняшний день компанией Gensym продано более 17 млн лицензий в разных странах мира. Например, компания Ericsson использует G2 для контроля работоспособности и надежности примерно 20% (по оценкам) мировой сети телефонии на основе стандарта GSM. А крупнейший мировой производитель цемента, Lafarge, использует G2 для управления работой более 50 своих цементных заводов во всем мире, что составляет несколько миллионов часов критически важных процессов управления за последние 10 лет. Gensym достигает столь высокого уровня надежности за счет систематической инженерной проработки, включающей в себя обширную тестовую эксплуатацию G2 для проверки качества каждого релиза G2, а также за счет надежного проектирования, благодаря которому работа не прерывается, даже если разработчик сделает определенные ошибки в коде.

В настоящее время и в России широко применяется система G2 для разработки ЭС контроля, управления и моделирования сложных процессов, например, на ОАО РЖД Московская железная дорога в качестве платформы для создания интеллектуальной системы прогнозирования поездопотоков. Апробация созданного прототипа системы управления при первых же испытаниях показала экономию 14-18% [8].

Созданный и апробированный в рельсобалочном цехе ОАО «НКМК» прототип динамической ЭС, осуществляющий процедуру интеллектуального распознавания поверхностных дефектов рельсов в потоке производства показал возможность достижения 90-97% эффективности (а преобразование в промышленный вариант – до 100%) [9]. Предложенная интеллектуальная система объединяет в себе две технологии: искусственная нейронная сеть (ИНС) и ЭС. Первоначально ИНС была обучена с помощью выборки из 8 классов типовых дефектов рельсов, при этом наибольшую эффективность показал алгоритм обратного распространения ошибки. Затем поэтапно была создана ЭС [3]: описание проблемной ситуации; извлечение знаний; структурирование и формализация знаний (таблица связей типа дефекта с его характерным графическим изображением и другими признаками); программная реализация (Exsys CORVID); моделирование и натурные испытания ЭС. После настройки ИНС, используя контрольную выборку, смогла идентифицировать дефекты с эффективностью 90%, а при подключении ЭС – прототипа это значение увеличилось до 97%.

В СГТУ разработана система мониторинга технологического процесса (СМТП), осуществляющая, в частности, распознавание дефектов поверхностей качения деталей подшипников (периодических и локальных) и их количественную оценку, используя дополнительный информационный канал на основе автоматизированной системы вихретокового контроля (АСВК) как часть системы многопараметрового активного контроля (МАК) в АСУ ТП (рис. 3). Для функционирования СМТП создан комплекс программных продуктов, позволяющих поддерживать в едином информационном пространстве, отображенном на рисунке, все процессы измерения, обработки, визуализации и передачи результатов контроля пользователям различного уровня, создавать базы данных (БД) и базы знаний (БЗ), что является предпосылкой создания динамической ЭС [10].

Внедрение многопараметрового активного контроля в производственных условиях ОАО «СПЗ» как часть АСУ ТП позволило, во-первых, реализовать управление процессом обработки в реальном времени, что способствовало снижению в 2-3 раза значений отклонений от круглости и гранности поверхностей качения и на 60-80% средних квадратических

отклонений значений указанных параметров, а также на 60% снизить брак по прижогам; во-вторых, обеспечить передачу в систему мониторинга и накопление в базе данных параметров точности заготовок и оценок динамического состояния станка, что позволяет принимать решение по управлению качеством формообразования и организации гибкого технического обслуживания станков [10].

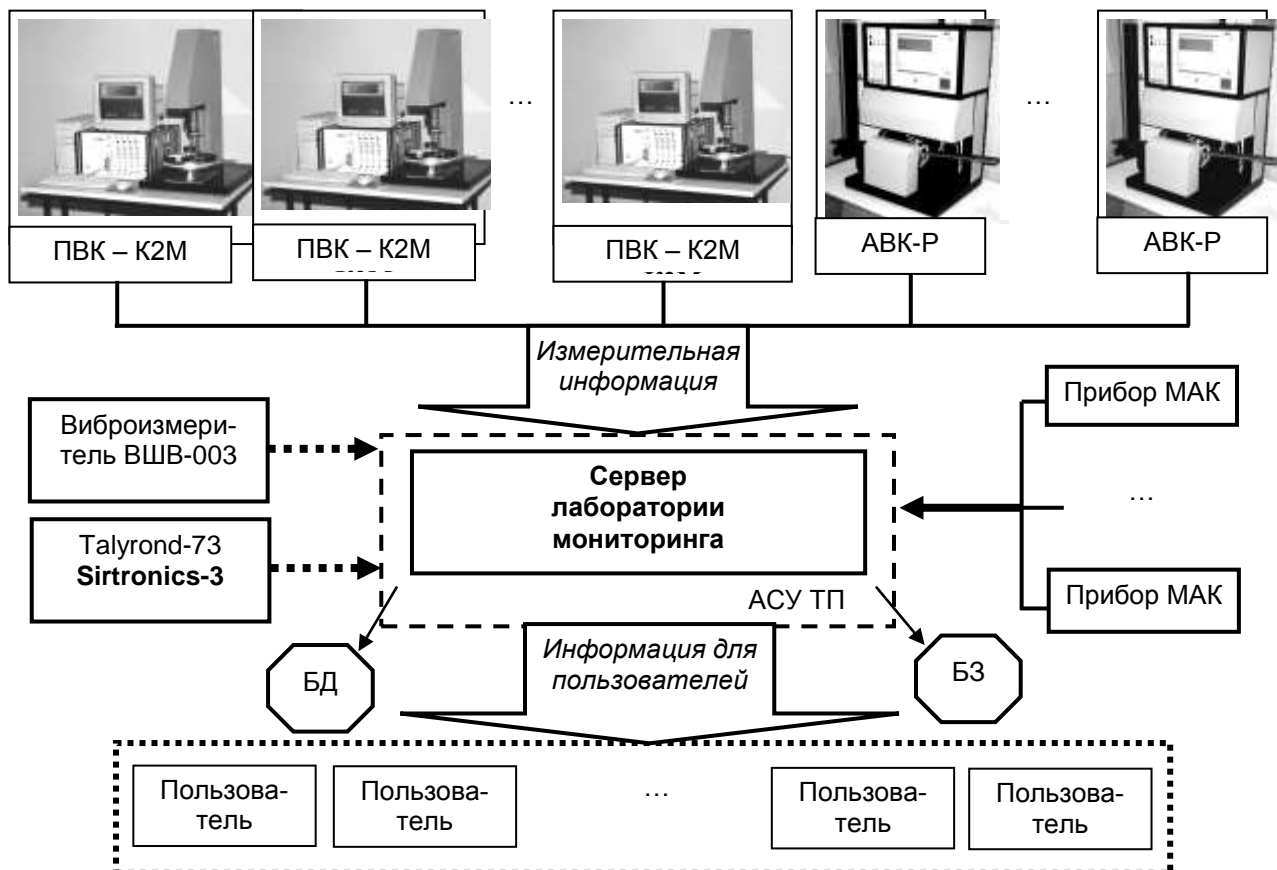


Рис. 3. Информационные потоки в системе мониторинга. Формирование БД и БЗ:
 ПКВ-К2М – вихретоковые приборы контроля колец подшипников;
 АВК-Р – автоматы вихретокового контроля роликов подшипников;
 виброизмеритель ВШВ-003 – виброизмеритель динамических характеристик станков;
 Talyrond-73 и Sirtronics-3 – приборы контроля геометрических параметров точности деталей

Основным достоинством оболочек экспертных систем для российских пользователей является возможность применять их как интегрирующий компонент, позволяющий за счет открытости интерфейсов и поддержки широкого спектра вычислительных платформ легко объединить уже существующие, разрозненные средства автоматизации в единую комплексную систему управления, охватывающую все аспекты производственной деятельности – от формирования портфеля заказов до управления технологическим процессом и отгрузки готовой продукции. Это особенно важно для отечественных предприятий, парк технических и программных средств которых формировался по большей части бессистемно, под влиянием резких колебаний в экономике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов. М.: Наука, 2006. 333 с.

2. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг, пер. с англ.; 2-е изд. М.: Издат. дом «Вильямс», 2006. 1408 с.
3. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем / Г.В. Рыбина. М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. 432 с.
4. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами / под ред. А.А. Большакова. М.: Горячая линия-Телеком, 2006. 160 с.
5. Игнатъев А.А. Совершенствование управления качеством продукции на основе системы мониторинга с элементами искусственного интеллекта / А.А. Игнатъев, Е.М. Самойлова // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. № 3 (41). С. 207-209.
6. Статические и динамические экспертные системы: учеб. пособие / Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот. М.: Финансы и статистика, 1996. 320 с.
7. Караткевич С.Г. Перспективы применения систем искусственного интеллекта на основе G2 PLATFORM фирмы GENSYM / С.Г. Караткевич, А.Н. Лащенко // CONNECT! Мир связи. 2007. № 3. С. 34-38.
8. Ададуров С.Е. Комплексная технология автоматизированного управления / С.Е. Ададуров // Железнодорожный транспорт. 2008. № 11. С. 150-155.
9. Интеллектуальная система распознавания поверхностных дефектов проката / С.М. Кулаков, В.Б. Трофимов, Н.Ф. Бондарь, С.В. Чабан // Информационные технологии. 2008. № 5. С. 53-59.
10. Игнатъев С.А. Мониторинг технологического процесса как элемент системы управления качеством продукции / С.А. Игнатъев, В.В. Горбунов, А.А. Игнатъев. Саратов: СГТУ, 2009. 160 с.

Самойлова Елена Михайловна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Samoylova Yelena Mikhaylovna – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Automation and Management of Technological Processes» of Saratov State Technical University

Игнатъев Александр Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Ignatyev Aleksandr Anatolyevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Automation and Management of Technological Processes» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 17.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 621.9.06.08

К.С. Усакин, М.В. Виноградов

УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БАЛАНСИРОВКИ ШПИНДЕЛЯ ПРЕЦИЗИОННОГО ТОКАРНОГО МОДУЛЯ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Рассмотрены два способа вибродиагностики и балансировки тел роторного типа. На примере учебно-испытательного стенда показан один из

вариантов практической реализации электронного устройства для автоматизации вибродиагностики и балансировки консольного шпинделя прецизионного токарного модуля.

Прецизионный модуль, автоматизированная балансировка шпинделя.

K.S. Usakin, M.V. Vinogradov

SPINDLE AUTOMATICALLY BALANCING DEVICE OF PRECISION TURNING MODULE WITHIN PRODUCTION CONDITIONS

Two popular ways of vibration and balancing of rotary bodies are studied in the paper. On the example of training-test set one of the variants of practical realization of electronic devices for automation of vibration and balancing console spindle precision turning module is shown.

Precision module, Automated balancing of a spindle.

Качество обработки поверхности детали на прецизионном токарном модуле значительно зависит от колебаний системы «шпиндель – заготовка» под воздействием сил резания. Экспериментально установлено, что спектр колебаний шпиндельного узла (ШУ) полностью переносится на деталь. Для повышения качества обработки деталей периодически необходимо производить вибродиагностику и балансировку ШУ.

В настоящее время используются два основных метода балансировки: метод пробных пусков и метод одновременного измерения амплитуды и фазы вибрации.

Метод трех пробных пусков основан на измерении амплитуд A_1 , A_2 , A_3 при пусках с пробной массой, переставляемой на угол 180° (рис. 1). A_1 – измеренная амплитуда виброускорений, вызванных центробежными силами инерции от неуравновешенности приведенной массы ротора M_n .

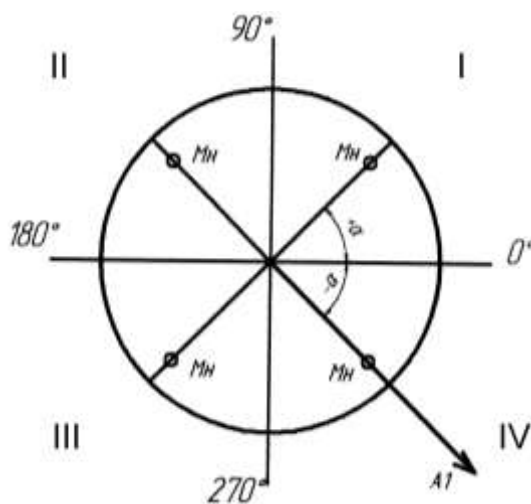


Рис. 1. Схема действия неуравновешенных сил на ротор в торцевой плоскости

Для уменьшения величины A_1 необходимо установить противовес. Масса его M_p и положение (угловая координата α , рис. 1) рассчитываются следующим образом.

Если разместить в плоскости балансировки на расстоянии R_g от оси вращения добавочный груз массой M_d , то амплитуда виброускорений изменится и станет равной (рис. 2 а):

$$A_2 = A_1 + Ag_2, \quad (1)$$

где Ag_2 – амплитуда виброускорений, вызываемая пробной массой M_p (угол 0°).

Поместив пробный груз M_p на том же расстоянии R_g в той же плоскости, но с противоположной стороны ротора, получим другую результирующую векторной суммы виброускорений (рис. 2 б):

$$A_3 = A_1 + Ag_3, \quad (2)$$

где Ag_3 – амплитуда виброускорений, вызываемая пробной массой M_p (угол 180°).

Как следует из рис. 2 а, б, полученные параллелограммы амплитуд равны, как имеющие равные стороны и углы. Амплитуды A_2 и A_3 являются диагоналями этих параллелограммов.

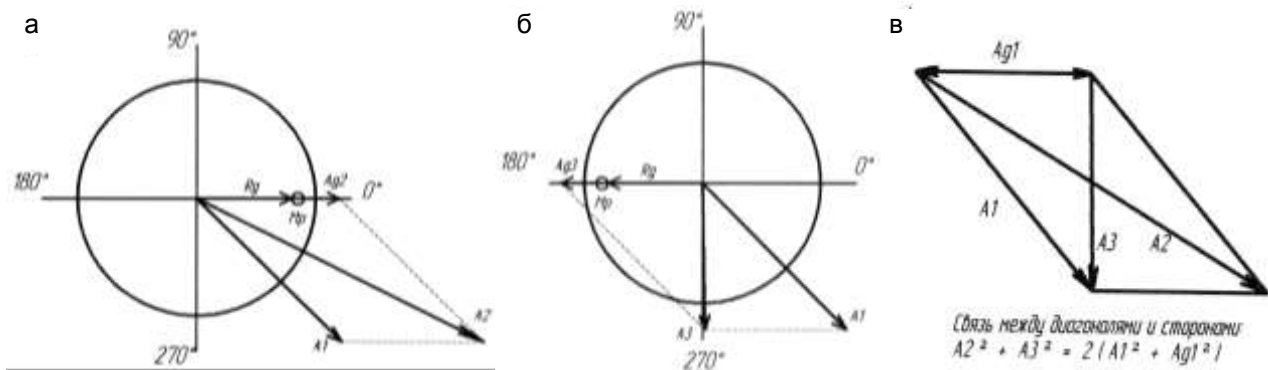


Рис. 2. Схема действия неуравновешенных сил на ротор в торцевой плоскости

Зная формулу связи между диагоналями и сторонами в параллелограмме, а также наложив друг на друга имеющиеся параллелограммы (рис. 2 в), получим:

$$\begin{aligned} A_2^2 + A_3^2 &= 2 \cdot (A_1^2 + Ag_1^2) \\ A_2^2 + A_3^2 &= 2 \cdot A_1^2 + 2 \cdot Ag_1^2 \\ Ag_1 &= \sqrt{\frac{A_2^2 + A_3^2 - 2 \cdot A_1^2}{2}} \end{aligned} \quad (3)$$

Для определения углового положения противовеса α используется соотношение (теорема косинусов):

$$A_3^2 = A_1^2 + Ag_1^2 - 2 \cdot A_1 \cdot Ag_1 \cdot \cos \alpha; \quad (4)$$

откуда

$$\cos \alpha = \frac{A_1^2 + Ag_1^2 - A_3^2}{2 \cdot A_1 \cdot Ag_1}. \quad (5)$$

Одному значению косинуса соответствуют два угла $+\alpha$ и $-\alpha$, поэтому проверка сбалансированности должна вестись при четырех углах: $+\alpha$, $-\alpha$, $180^\circ + \alpha$, $180^\circ - \alpha$.

Масса противовеса рассчитывается по формуле:

$$M_p = \frac{A_1}{Ag_1} \cdot M_d. \quad (6)$$

В некоторых случаях возможно сразу определить полуплоскость для установки противовеса: если $|\cos \alpha| < 1$ и $Ag_2 > Ag_3$, то добавочный груз нужен в четвертях II или III; а если $|\cos \alpha| < 1$ и $Ag_3 > Ag_2$, то добавочный груз нужен в четвертях I или IV. В остальных случаях нужны дополнительные пробные пуски для определения положения груза.

Для однозначного определения угла установки пробного груза можно использовать **метод одновременного измерения амплитуд и фаз вибраций**.

Для этого помимо вибродатчиков необходим инфракрасный отметчик оборотов. Если предположить, что скорость вращения в установившемся режиме постоянна, то по графику измерения амплитуд вибраций за период одного оборота становится возможным определить искомый угол – разделив запись амплитуды за один оборот на 360 равных отрезков и найдя максимум.

Для оценки данного метода было смоделировано поведение консольной системы на стенде. На подпружиненных стойках в подшипниках был размещён стальной цилиндр (вал), с одной стороны которого (на консоли) прикреплен механизм, позволяющий произвольно смещать центр тяжести как по углу, так и вдоль оси вращения (рис. 3). Фотография стенда показана на рис. 4.

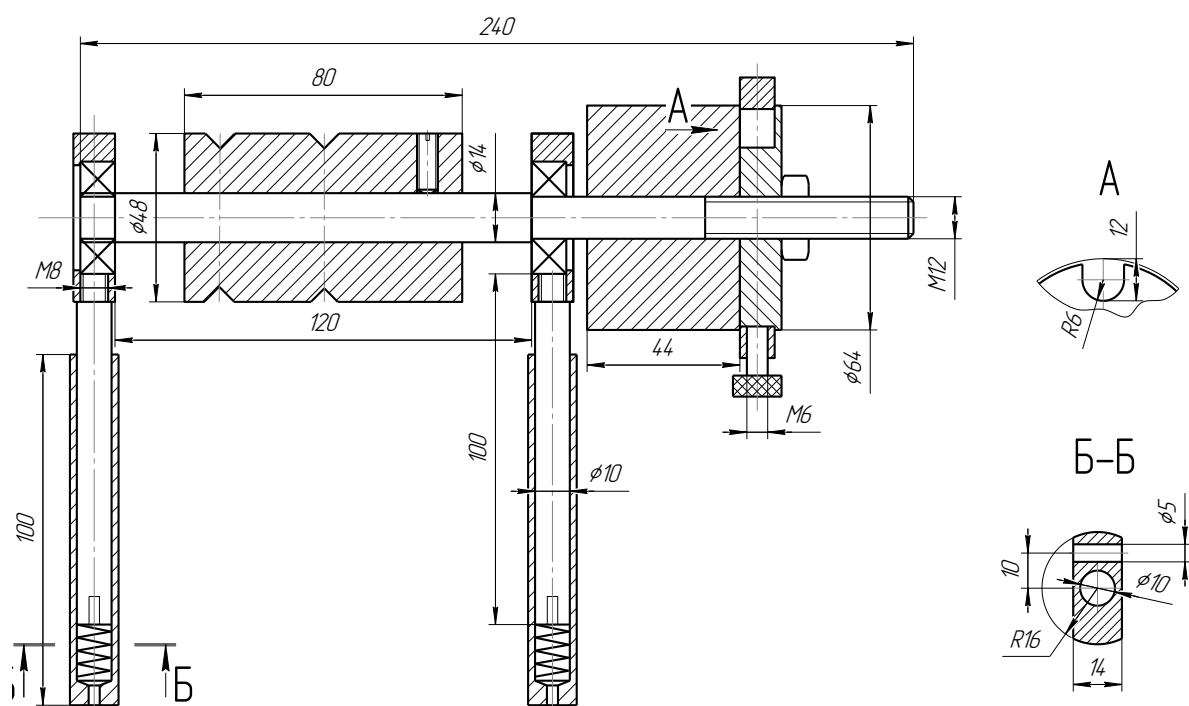


Рис. 3. Конструкция механизма с произвольно изменяемым центром тяжести

На стенд можно установить один или два вибродатчика (для двух плоскостей), а также фотодатчик инфракрасного диапазона для счёта оборотов. Для передачи сигналов с датчиков в персональный компьютер через COM-порты разработан блок сопряжения на основе 10-разрядных АЦП TLC 1549 IP. Компьютер позволяет полученные данные от АЦП накапливать и хранить для последующей математической обработки и вывода результатов в удобной для пользователя форме. Вибросигналы подаются в компьютер только по одному каналу, однако в блоке сопряжения имеется возможность учитывать взаимное влияние амплитуды вибрации одной плоскости на другую, а также менять датчики и их полярность местами.

Электронная плата блока сопряжения условно поделена на 6 функциональных блоков: блок питания, вибродатчики, избирательный усилитель, схема контроля оборотов шпинделя, два блока АЦП.

Вибродатчики подключаются по классической и наиболее распространённой для подобных систем схеме (рис. 5), позволяющей при помощи переменного резистора компенсировать взаимное влияние одной плоскости измерения вибрации на другую. Также спаренный

переключатель позволяет менять датчики местами, что удобно при смене плоскости балансировки.

Фотодатчик представляет собой кронштейн с закреплёнными под углом 45° инфракрасным излучателем и фотодиодом, одновременно является и указателем текущего угла. На ротор нанесена зеркальная метка (0°) и градуировочные риски.

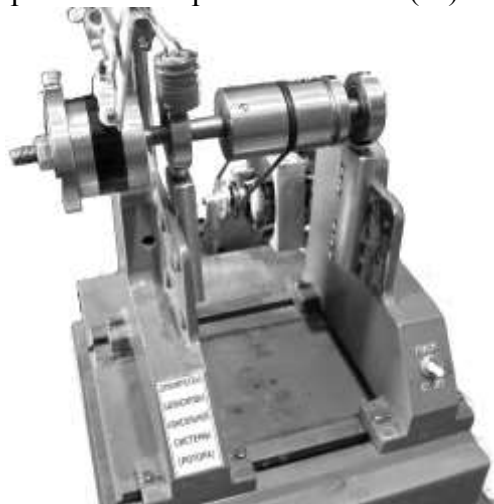


Рис. 4. Учебно-испытательный стенд в сборе

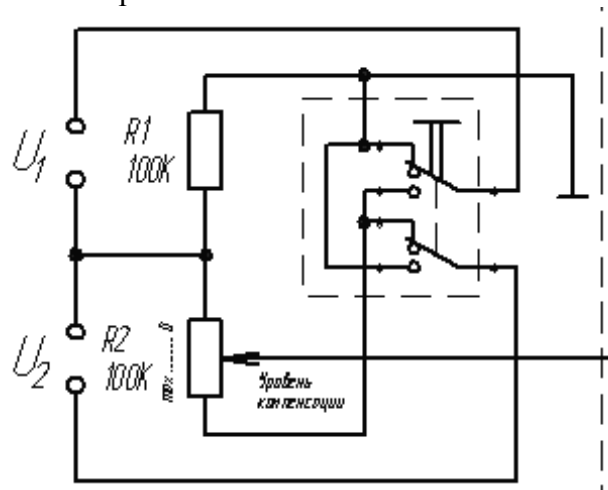


Рис. 5. Колодка подключения вибродатчиков

Для данной системы вибродиагностики и балансировки была написана на PowerBASIC специальная управляющая программа-драйвер. Она имеет малый размер и запускается даже с загрузочной дискеты DOS. Для работы в реальном времени достаточно компьютера с процессором Pentium 3 и выше с двумя COM-портами. Если таковых нет, то возможна работа через PCI контроллер 2xCOM на базе чипа NetMos 9835. Частота опросов АЦП зависит от процессора и составляет около 6 кГц на указанной выше конфигурации (максимально до 20 кГц). Специальные алгоритмы позволили программным путём реализовать фильтрацию сигналов, интегрирование в реальном времени, расчёт угла и массы требуемого противовеса. С помощью разработанного устройства возможно определять скорость вращения шпинделя (по отметчику оборотов), получать амплитуды вибраций (вибродиаграммы) для метода трёх пусков и записывать все данные в файл для последующей математической обработки [3].

Вся электронная часть для удобства пользования помещена в защитный корпус с ручками управления (питание, частота входного полосового фильтра, степень компенсации влияния второго датчика, выбор основного датчика) и надписями (рис. 6):

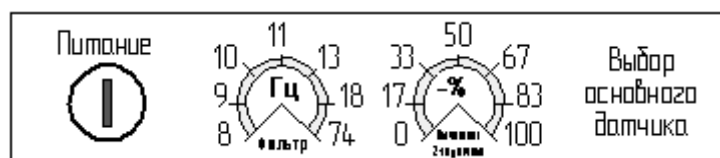


Рис. 6. Табличка на корпусе блока электроники

Экспериментальные запуски стенда подтвердили правильность расчётных формул (1...6): угол установки противовеса, рассчитанный по методу трёх пусков, совпал с максимумами на соответствующих графиках, полученных по методу одновременного измерения амплитуд и фаз вибраций. Для уменьшения погрешности измерений запуски производились по нескольку раз. В среднем погрешность определения угла на учебно-испытательном стенде

составила $\pm 5^\circ$, что позволяет пользоваться разработанной установкой и для определения дисбаланса шпинделя прецизионного токарного модуля в условиях производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гель П. Как превратить персональный компьютер в измерительный комплекс / П. Гель; пер. с франц.; 2-е изд., испр. М.: ДМК, 1999. 144 с.
2. Левит М.Е. Балансировка деталей и узлов / М.Е. Левит, В.М. Рыженков. М.: Машиностроение, 1986. 260 с.
3. Усакин К.С. Решение задачи автоматизации динамической балансировки крупногабаритных роторов электродвигателей / К.С. Усакин // Прогрессивные направления развития технологии машиностроения: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2004. 180 с.
4. Васильев В.С. Станки и приборы для динамической балансировки / В.С. Васильев, П.С. Кутко. М.: Машгиз, 1959. 169 с.
5. Вибрации в технике: справочник: в 6 т. Т. 6. Защита от вибраций и ударов / под ред. К.В. Фролова; 2-е изд., испр. и доп. М.: Машиностроение, 1995. 380 с.

Усакин Кирилл Сергеевич – аспирант кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Usakin Kirill Sergeyevich – Post-graduate Student of the Department of the Department of «Automation and Management of Technological Processes» of Saratov State Technical University

Виноградов Михаил Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Vinogradov Mikhail Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Automation and Management of Technological Processes» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 10.12.09, принята к опубликованию 08.04.10

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.2

А.И. Безруков, М.А. Жилина, А.М. Кац

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ СТАНДАРТИЗАЦИИ

Рассматриваются особенности построения классификации объектов стандартизации и статистические методы оценки её качества. Для выбора адекватных методов оценки качества проведен обзор существующих методов классифицирования и дан сравнительный анализ их применимости для решения поставленной задачи.

Критерии качества классификации, объекты стандартизации, экспертиза.

A.I. Bezrukov, M.A. Zhilina, A.M. Kats

MATHEMATICAL METHODS USE FOR A QUALITY RATING OF CLASSIFICATION OBJECTS STANDARDIZATION

The article is devoted to the problems of quality measures of classification of standardization objects. The set of statistical classification methods was considered. For each method the comparative analysis applicability for the decision of given task is done.

Criteria of quality of classification, objects of standardization, examination.

Любая экспертная система базируется на классификации объектов предметной области. Качество системы и эффективность её использования во многом зависят от качества применяемой классификации. Разработкой и ведением классификации занимаются высококвалифицированные специалисты. Например, для сертификации однородной группы продукции необходима иерархическая классификация объектов стандартизации [1], удовлетворяющая следующим требованиям: единство понимания, универсальность и возможность логического вывода [2]. Кроме того, такая классификация должна содержать все объекты, упомянутые во всех нормативных документах на данную группу продукции. В процессе разработки классификации экспертам зачастую приходится решать нетривиальные информационные задачи, поэтому хорошим подспорьем в их работе будут специальные математические методы, позволяющие построить варианты классификации и оценить их качество.

Чтобы формализовать требования к этим инструментариям, рассмотрим существующие математические методы построения классификации и критерии качества, используемые в каждом из этих методов.

С математической точки зрения, классификация – это отображение множества объектов Ω в пространство меток классов Y :

$$F : \Omega \rightarrow Y. \quad (1)$$

Объекты множества Ω могут быть описаны набором количественных или качественных характеристик, а также иметь смешанную природу. Пространство меток может иметь дискретную одноуровневую (в частном случае дихотомию), иерархическую (строгую иерархию или лесной порядок¹) структуру или быть непрерывной. Отображение может быть однозначным, когда каждому подмножеству соответствует одна и только одна метка, или неоднозначным.

Особенностями классификации объектов стандартизации являются:

- 1) однозначность отображения;
- 2) иерархическая структура множества меток;
- 3) наследование требований;
- 4) смешанный характер описания объектов.

Кроме того, при создании классификации объектов стандартизации необходимо учитывать требования, определяющие предсказательную способность и удобство использования классификации:

а) объекты внутри одной группы должны быть более схожи, чем объекты из разных групп;

б) при прочих равных условиях распределение объектов по группам должно быть равномерным;

в) при классификации конкретных видов продукции количество шагов, необходимое для однозначной классификации, должно быть небольшим.

В случае одноуровневой классификации для оценки её прогностической способности предлагается разделить исходное множество объектов на обучающую и тестовую выборки [3]. На основании обучающей выборки строится формальная классификация, качество которой определяется на тестовой выборке. В роли характеристик качества классификации для каждой группы используются нормированные уровни ошибок первого (ложный пропуск) и второго рода (ложное обнаружение):

$$\begin{aligned} nFN &= \frac{FN}{N_p} \cdot 100\%; & nFP &= \frac{FP}{N_n} \cdot 100\%; \\ nTN &= \frac{TN}{N_n} \cdot 100\%; & nTP &= \frac{TP}{N_p} \cdot 100\%, \end{aligned} \quad (2)$$

где N – количество объектов в тестовом наборе; N_p – количество «положительных» объектов, которые должны быть отнесены к первому классу; N_n – количество «отрицательных» объектов, которые не должны быть отнесены к этому классу; FN – количество ложных пропусков («положительные» объекты, не отнесенные к первому классу), а FP – ложных обнаружений («отрицательные» объекты, отнесенные к первому классу). $TP = N_p - FN$ и $TN = N_n - FP$ – количество верных пропусков и верных обнаружений.

Качество всей классификации можно оценить как обобщенную оценку рисков первого и второго рода.

Формулы (2) не зависят в явном виде от количества объектов в тестовом наборе, поэтому они могут быть удобными оценками качества классификации для одноуровневых задач. Если правила классифицирования F зависят от некоторого параметра x , можно построить характеристическую кривую (ROC), позволяющую оценить наилучшее значение параметра [3].

¹ В отличие от строгой иерархии лесной порядок допускает несколько основных вершин.

Долю объектов, которую следует использовать в обучающей выборке, можно оценить из следующих соображений. Если имеется N объектов, то вероятность выбора одного из них $P_{\text{выб}} = 1/N$, а $P_{\text{невыб}} = 1 - 1/N$. Вероятность, что объект не будет выбран N раз, вычисляется по формуле

$$P_{\text{не выбран } N \text{ раз}} = \left(1 - \frac{1}{N}\right)^N; \quad (3)$$

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \left(1 - \frac{1}{N}\right)^N = e^{-1} \approx 0,368.$$

Таким образом, при росте N вероятность использования каждого из векторов данных (хотя бы в одной из итераций) стремится к 63,2%.

Рассматриваемые ниже методы дисперсионного и кластерного анализа используются в большинстве случаев в описательной стадии исследования, когда исследователь еще не имеет каких-либо априорных гипотез относительно классов [4].

В случае создания линейного классификатора¹ с дискретным пространством меток классов Y для сокращения размерности пространства и снижения влияния корреляции между признаками перед последующей классификацией часто используется линейный дискриминантный анализ (ЛДА), а также связанный с ним линейный дискриминант Фишера [5].

Если же пространство меток классов непрерывно – применяется дисперсионный и регрессионный анализ.

Дискриминантный анализ позволяет осуществить переход из n -мерного пространства дискриминантных переменных в q -мерное пространство канонических дискриминантных функций, обеспечивающих максимальное отличие классов в этом пространстве [6, 7, 8]. Качество классификации определяется степенью различий между объектами, степенью разброса внутри классов и мерой различия между классами. Например, критерием качества классификации может быть доля остаточной дисперсии [9].

В [10] предлагается оценивать качество классификации по следующим характеристикам: однородности классифицируемых объектов внутри групп и устойчивости классификации. Опираясь на аппарат, разработанный в [11], авторы предлагают строить показатель качества для многомерных классификаций как суммарную частоту встречаемости однородных кластеров по каждому из информативных показателей.

Кластерный анализ предполагает наличие меры близости между классифицируемыми объектами. Если такая мера определена на множестве объектов, описываемых качественными характеристиками или смешанным набором характеристик, кластерный анализ применим и к ней.

Применение кластерного анализа позволяет выделить группы в заданной (обучающей) совокупности элементов путем итерационного слияния наиболее близких кластеров, то есть группировать данные вокруг нескольких центров в пространстве признаков [6, 7, 8]. При этом применяются следующие группы методов:

- алгоритмы таксономии – кластер определяется как совокупность элементов, лежащих на расстоянии не больше r от центра (внутри гиперсферы радиуса r или гиперкуба со сторонами $2r$). При этом в качестве центра выбирается один из элементов и формируется кластер из элементов, удаленных от него не далее чем на r . К проблемам таксономических разбиений относится неустойчивость классификации элементов, находящихся на периферии гиперкубов (в случае разбиения на гиперкубы) или неполного покрытия множества объектов в случае разбиения на гиперсферы;

- методы, основывающиеся на последовательной агломеративной процедуре.

¹ Для линейного классификатора F является линейной функцией параметров объекта.

Все эти методы дают оптимальное решение в классе, меньшем, чем класс всех возможных разбиений (кластеров), однако достоинством этих методов является простота вычислительной процедуры и алгоритмов.

Для случая одноуровневой классификации используется метод K средних. Он позволяет строить ровно K различных кластеров, расположенных на возможно больших расстояниях друг от друга. С вычислительной точки зрения, этот метод рассматривается, как дисперсионный анализ «наоборот» в том смысле, что критерий значимости в дисперсионном анализе сравнивает межгрупповую изменчивость с внутригрупповой при проверке гипотезы о том, что средние в группах отличаются друг от друга [4]. В кластеризации методом K средних можно перемещать объекты из одних групп (кластеров) в другие для того, чтобы получить наиболее значимый результат при проведении дисперсионного анализа.

В работах [12-15] развита теория алгоритмов иерархической или древовидной кластеризации (иногда называемая «метод объединения»). На основании меры сходства между объектами последовательно применяется цикл из трех операций:

- 1) находятся пары наиболее близких объектов A и B ;
- 2) объекты A и B объединяются в один кластер, с присвоением ему нового имени C и определением для C набора свойств, позволяющих вычислить меру близости с другими объектами;
- 3) вычисляются расстояния от нового кластера до каждого другого объекта или кластера.

Ключевой проблемой для данного алгоритма является определение набора свойства нового кластера. В случае количественных признаков классическим приемом является вычисление нового свойства как линейной комбинации аналогичных свойств объектов, вошедших в кластер. При этом весовые коэффициенты определяются из характера задач.

Определение расстояния между кластерами обычно происходит по следующим правилам объединения или связи [4]:

- Одиночная связь или метод ближайшего соседа – определяется расстоянием между двумя наиболее близкими объектами (ближайшими соседями) в различных кластерах. Результирующие кластеры представлены в виде длинных «цепочек».

- Полная связь или метод наиболее удаленных соседей – определяется наибольшее расстояние между любыми двумя объектами в различных кластерах. Метод непригоден, если кластеры имеют в некотором роде удлиненную форму или их естественный тип является «цепочечным».

- Невзвешенное попарное среднее – вычисляется среднее расстояние между всеми парами объектов в кластерах. Метод эффективен, независимо от «формы» формирующихся кластеров.

- Взвешенное попарное среднее – используется, когда предполагаются неравные размеры кластеров. При вычислениях размер соответствующих кластеров (т.е. число объектов, содержащихся в них) используется в качестве весового коэффициента.

- Невзвешенный центроидный метод – определяется расстояние между центрами тяжести кластеров.

- Взвешенный центроидный метод или медиана – предпочтителен, если имеются (или подозреваются) значительные отличия в размерах кластеров. При вычислениях используются веса для учёта разницы между размерами кластеров (т.е. числами объектов в них).

- Метод Варда – используются методы дисперсионного анализа: минимизируется сумма квадратов для любых двух (гипотетических) кластеров, которые могут быть сформированы на каждом шаге. К недостаткам метода можно отнести стремление создавать кластеры малого размера.

В случае, когда ожидается, что и наблюдения и переменные одновременно вносят вклад в обнаружение осмысленных кластеров, используется (относительно редко) «двухходовое объединение» [16].

Еще одним преимуществом иерархической кластеризации является возможность построения многоуровневой классификации. Таким образом, построение классификации снизу вверх дает возможность осмыслить получившийся результат и построить иерархическую классификацию, позволяющую предсказать свойства младших классов по свойствам старших.

Для оценки устойчивости авторы [10] предлагают последовательно использовать иерархическую кластеризацию и метод K средних. С помощью первого метода устанавливается число кластеров и отнесение статистических объектов к кластерам, т.е. получают кластерное решение, которое затем подлежит верификации с помощью итеративного кластерного анализа по методу K средних, где число кластеров K принимается по результатам иерархического кластерного анализа. Таким образом, показателем устойчивости кластерного решения, а, следовательно, и качества классификации, будет доля (частость) совпадений отнесения статистических объектов к кластерам по обоим методам.

Одним из старейших в теории классификации является статистический байесовский подход, который лежит в основе многих методов классификации с обучением [17]. При условии, что плотности распределения каждого из классов известны, удаётся в явном виде выписать алгоритм классификации с минимальной вероятностью ошибок отнесения к классам. На практике плотности классов приходится оценивать (восстанавливать) по обучающей выборке, при этом байесовский алгоритм перестаёт быть оптимальным.

В случае оптимизации иерархической структуры классификации эффективным методом является дерево принятия решений. Это дерево, исходной вершине которого соответствует исследуемая ситуация, а листьям – принятые решения. Остальные вершины содержат вопросы, ответы на которые определяют направление спуска по дереву. Каждое ребро, выходящее из этой вершины, помечается выбранным ответом. Задача классификации в данном случае сводится к формированию оптимального дерева принятия решений. В роли критерия качества в [18] используется энтропия.

$$H(A, S) = - \sum_{i=1}^s \frac{m_i}{n} \log \frac{m_i}{n}, \quad (4)$$

где n – число элементов в множестве A ; m_i – число элементов, на которых признак S принимает значение s_i .

Чем быстрее уменьшается исходная энтропия при спуске по дереву, тем оно лучше. Этот критерий позволяет выбрать оптимальную последовательность вершин (вопросов).

При построении иерархической классификации объектов стандартизации у эксперта, как правило, возникает несколько вариантов её организации. От выбора варианта зависит удобство применения классификации. В соответствии с описанным методом, для каждого класса (объекта стандартизации A , описываемого набором признаков S) формулируются вопросы и списки возможных ответов, по которым происходит отнесение продукции к данным объектам стандартизации.

Выводы: рассмотренные методы классификации систематизированы в таблице. Курсивом выделены основания классификации, обычным шрифтом – примеры методов классификации.

Классификация методов классификаций

Структура пространства меток		Тип характеристик		
		Количественные	Качественные	Смешанные
Одноуровневые	непрерывные	Многомерная регрессия	-	-
	дискретные	Факторный анализ		-
		Кластерный анализ		
Многоуровневые	иерархические	Дерево принятия решений		
	«лес»			

Интуитивно, качество классификации объектов стандартизации определяется наименьшим количеством вопросов, которые требуется задать, и наибольшей значимостью каждого из них.

На наш взгляд, наиболее удобным для оценки качества классификации объектов стандартизации является метод дерева принятия решений. Метод применим к описаниям объектов стандартизации любого вида (количественным, качественным или смешанным), базируется на иерархической структуре, обеспечивает наследование требований и однозначность классифицирования. Заложенный в него принцип максимального изменения энтропии при спуске по дереву позволяет обеспечить наибольшую информативность вопросов, задаваемых при переходе на следующий уровень в процессе классификации конкретных видов продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилина М.А. Информационная модель системы требований к безопасности и качеству косметической продукции / М.А. Жилина, А.И. Безруков // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-21: сб. тр. XXI Междунар. науч. конф. Саратов: СГТУ, 2008. Т. 2. С. 297-299.
2. Жилина М.А. Разработка информационной модели системы требований к продукции на базе действующей документации и нового технического регламента / М.А. Жилина // Компьютерные науки и информационные технологии: материалы Междунар. науч. конф. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2009. С. 97-99.
3. Вежнев В. Оценка качества работы классификаторов / В. Вежнев. <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/106>.
4. Дисперсионный и кластерный анализ. <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stcluan.html>.
5. Fisher R.A. The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems / R.A. Fisher // *Annals of Eugenics*. 1936. Т. 7. С. 179-188.
6. Ким Д.О. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ / Д.О. Ким; пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1989. 215 с.
7. Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Одел. М.: Статистика, 1977. 128 с.
8. Елисеева И.И. Группировка, корреляция, распознавание образов / И.И. Елисеева, В.О. Рукавишников. М.: Статистика, 1977. 144 с.
9. Безруков А.И. Математическая модель оценки качества классификации объектов стандартизации / А.И. Безруков, М.А. Жилина // Компьютерные науки и информационные технологии: материалы Междунар. науч. конф. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2009. С. 37-40.
10. Титов В.А. Совершенствование методов классификации регионов по показателям структуры инвестиций в основной капитал (на примере Центральной России) / В.А. Титов, С.А. Марков // *Транспортное дело России*. 2008. № 2. С. 28-33.
11. Титов В.А. Методы многомерного анализа в исследовании региональных инвестиционных процессов / В.А. Титов, С.А. Марков // *Наука и образование: межвуз. сб. науч. тр.* М.: ИИЦ МГУДТ, 2006. Вып. № 4 «Общество и экономика». С. 73-76.
12. Айвазян С.А. Классификация многомерных наблюдений / С.А. Айвазян, З.И. Бежаева, О.В. Староверов. М.: Статистика, 1974. 240 с.
13. Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия / М. Жамбю; пер. с франц. Б.Г. Миркина. М.: Финансы и статистика, 1988. 342 с.
14. Классификация и кластер / под ред. Дж. Вэн Райзина; пер. с англ. П.П. Кольцова; под ред. Ю.И. Журавлева. М.: Мир, 1980. 388 с.
15. Репин С.В. Математические методы обработки статистической информации с помощью ЭВМ: пособие для исследователей гуманитар. спец. / С.В. Репин, С.А. Шеин. Минск: Университетское, 1990. 128 с.
16. Hartigan J.A. (Хартиган) *Multiple-factor Analysis*. Chicago: University Press, 1975. 315 p.

17. Воронцов К.В. Комбинаторный подход к проблеме переобучения / К.В. Воронцов // Математические методы распознавания образов: докл. Всерос. конф. М.: МАКС Пресс, 2009. С. 18-21.

18. Murthy S. Automatic construction of decision trees from data: A Multi-disciplinary survey / S. Murthy // Data Mining and Knowledge Discovery (Kluwer Academic Publishers, USA). Ceske Budejovice (Czech Republic), 1997. 151 p.

Безруков Алексей Иосифович – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Техническая физика и информационные технологии» Энгельсского технологического института (филиала) Саратовского государственного технического университета

Bezrukov Alexey Iosifovich – Candidate of Sciences in Economics, Assistant Professor of the Department of «Technical Physics and Information Technologies» of Engels Institute of Technology (branch) of Saratov State Technical University

Жилина Маргарита Анатольевна – ассистент кафедры «Техническая физика и информационные технологии» Энгельсского технологического института (филиала) Саратовского государственного технического университета

Zhilina Margarita Anatolyevna – Junior Research Staff Member of the Department of «Technical Physics and Information Technologies» of Engels Institute of Technology (branch) of Saratov State Technical University

Кац Альберт Маркович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техническая физика и информационные технологии» Энгельсского технологического института (филиала) Саратовского государственного технического университета

Katz Albert Markovich – Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department of «Technical Physics and Information Technologies» of Engels Institute of Technology (branch) of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 11.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 681.518

В.С. Дрогайцев, В.А. Ушаков, М.Ю. Пименов

ПОДДЕРЖКА СРЕДСТВАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРОЦЕССОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Рассматривается возможный подход к построению интеллектуальных нейросетевых систем на основе интеграции баз данных и знаний методов решения проблемных задач предметной области.

Интеллектуальные системы, нейронные сети, идентификация функциональных зависимостей, диагностирование дефектов.

V.S. Drogaytsev, V.A. Ushakov, M.Yu. Pimenov

TECHNICAL OBJECTS DIAGNOSTICS PROCESSES SUPPORT BY MEANS OF INTELLECTUAL SYSTEMS

The authors study possible approaches to development of intelligent neural systems based on integration of data and knowledge which are used for decision making.

Intellectual systems, neural networks, identification of functional dependencies, defects' diagnosis.

На стадии проектирования, производства и эксплуатации сложных технических объектов решается проблема, связанная с разработкой методов и средств технического диагностирования дефектов в поведении объектов. Данная проблема является многокритериальной, многофакторной, многопараметрической, методы и алгоритмы решения которой характеризуются существенной неопределённостью, поэтому для их реализации эффективно использование интеллектуальных методов и технологий.

Данная публикация является развитием работ [1-3].

В рассматриваемой постановке предметная область (ПО) диагностирования дефектов в технических объектах включает решение двух проблемных задач: первая задача связана с агрегированием информационно-значимых вход-выходных функциональных зависимостей диагностируемых объектов в части обнаружения дефектов в их поведении; вторая задача связана с выявлением причинно-следственных связей между переменными описания состояний технических объектов, состояний внешней среды и заданным подмножеством дефектов в поведении технических объектов.

Стратегия и сценарии достижения целей в рамках ПО применительно к диагностируемым объектам обеспечиваются средствами интеллектуальной нейросетевой системы (ИНС).

Методология построения и обучения ИНС основана на интеграции баз данных и знаний заданного состава интеллектуальных систем (ИС), а также функций, реализуемых средствами нейронных сетей (НС).

Технология построения и обучения ИНС определяется решением ряда задач:

1. Разработка методов, алгоритмов и аппаратных средств диагностирования дефектов в поведении технических объектов.
2. Построение и обучение НС поддержки методов и алгоритмов решения проблемных задач ПО.
3. Построение и обучение НС, обеспечивающих реализацию методов, алгоритмов и ИС решения проблемных задач.

Методика организации процессов диагностирования дефектов в технических объектах определяется решением следующего перечня задач:

1. Построение и минимизация размерности моделей описания технических объектов.
2. Структуризация исходных данных и знаний.
3. Параметрическая идентификация вход-выходных функциональных зависимостей технических объектов.
4. Обоснование факторов внешней среды и режимов функционирования объектов, критичных к заданному подмножеству дефектов в поведении технических объектов.
5. Выявление моделированием состояний объектов, причинно-следственных связей между переменными описания состояний технических объектов, факторами внешней среды, режимами функционирования объектов и заданными дефектами.
6. Агрегирование информационно-значимых вход-выходных функциональных зависимостей, обнаруживающих заданное подмножество дефектов.

7. Синтез исходной структуры модели диагностирования дефектов и приведение её к конечному варианту путём понижения размерности по заданным критериям.

Технология построения и обучения ИНС определяется реализацией следующих положений.

1. Обоснование топологии структуры модели НС, представляемой организацией и синаптическими связями заданных слоёв.
2. Определение состава и видов нейронов в слоях нейронной сети.
3. Обоснование структуры нейронов и реализуемых ими активационных функций.
4. Синтез входных образов, распознаваемых отдельными нейронами и слоями сети.
5. Обоснование выходных образов, представленных активационными функциями, формируемых нейронами и слоями НС.
6. Синтез эталонных образов, сопоставляемых с выходными образами на уровнях заданных нейронов и слоёв сети.
7. Расчёт синаптических весов и пороговых уровней.
8. Обучение ИНС путём интеграции функций, формальных процедур и знаний заданного перечня интеллектуальных систем и нейронной сети.

При построении ИНС одной из центральных задач является обоснование топологии модели НС под предметную область. В рассматриваемой постановке, как возможный вариант, используется конструктивный подход к построению структуры модели НС, регламентируемый заданным перечнем проблемных задач, решаемых в рамках ПО.

На рис. 1 приведена топология структуры сложной НС, в которой нейроны входного слоя получают входные сигналы, преобразуют их и транслируют нейронам последующего слоя. Процесс навигации информации продолжается до выходного слоя сети.

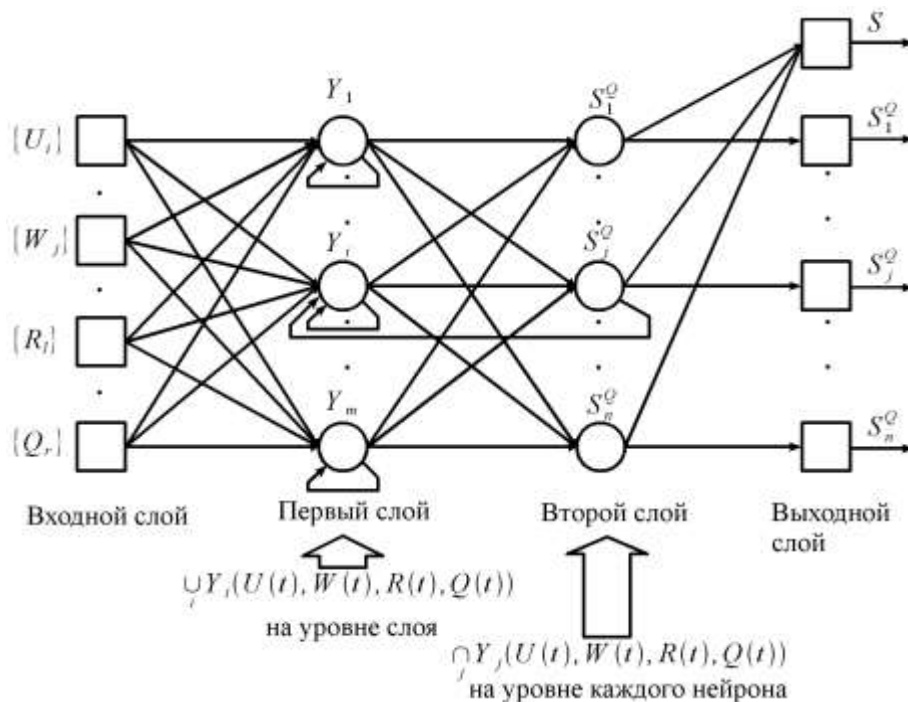


Рис. 1. Структурная организация модели нейронной сети

Структура нейронов первого и второго скрытых слоёв НС имеет состав элементов, приведённых на рис. 2.

Приведённая многослойная топология модели НС по архитектуре обратных связей на уровнях нейронов и слоёв относится к виду рекуррентных (соответственно, к сети обратного

распространения), является динамической, в которой за счёт обратных связей входы нейронов могут преобразовываться во времени и изменять состояние сети под сложившуюся ситуационную обстановку.

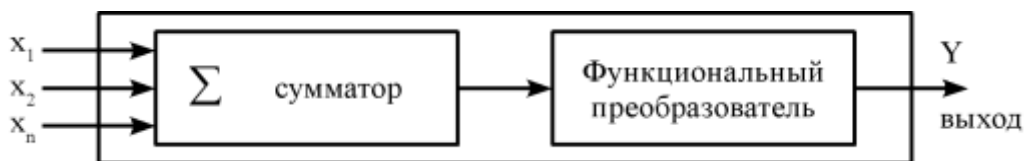


Рис. 2. Структура нейрона

Обратные связи в структуре модели НС в данном случае обуславливаются методами и алгоритмами решения проблемных задач ПО, связанных с агрегированием информативных параметров состояний выхода объектов, обнаруживающих заданный перечень дефектов и с диагностированием дефектов в поведении технических объектов.

Обратные связи в структурах нейронов первого скрытого слоя определяются необходимостью повторного определения активационных функций соответствующего нейрона при сложившихся ситуациях:

- выходные функции всех нейронов слоя имеют нулевое значение, то есть дефекты в техническом объекте не обнаружены;
- функция активации по заданным критериям на границе перехода в единичное состояние характеризуется повышенным уровнем неопределённости.

Обратные связи между нейронами второго скрытого слоя и нейронами первого внутреннего слоя обусловлены необходимостью:

- изменения факторов внешней среды или режимов функционирования диагностируемого объекта;
- устранения неопределённости в правилах сопоставления выходных образов с эталонными;
- формализации процессов построения и анализа обучающих выборок на стадии обучения НС.

В соответствии с целями, достигаемыми в объёме заданных проблемных задач ПО, средствами первого внутреннего слоя нейросети формируются векторы активационных функций, обеспечивающих обнаружение заданного перечня дефектов в поведении диагностируемых объектов и оценивание уровня соответствия состояний объектов заданным требованиям. Средствами второго внутреннего слоя сети реализуются векторы активационных функций, обеспечивающие диагностирование дефектов в поведении диагностируемых объектов.

При построении и обучении ИНС центральным звеном является процесс обучения. В рассматриваемой постановке алгоритм обучения нейросетевой системы основан на формировании обучающих выборок (ОВ), содержательная и процедурная сущность которых определяется информационно-логическим формализмом баз данных и знаний заданного перечня интеллектуальных систем поддержки методов и алгоритмов решения проблемных задач ПО, включающих механизмы и правила принятия решений.

В работе принят контролируемый алгоритм обучения, где для каждого выходного вектора существует целевой (эталонный) вектор. При этом осуществляется сравнение эталонного и выходного векторов и при наличии ошибки, превышающей пороговый уровень, с помощью обратной связи производится повтор набора обучающей выборки и коррекция синоптических весов.

На стадии построения и обучения ИНС в структуру модели НС интегрируются локальные элементы – данные и знания заданного состава интеллектуальных систем поддержки методов решения проблемных задач ПО, обеспечивающие процессы построения и обучения НС.

Используются результаты анализа концептуальной модели ПО, отражающие в структуре НС семантику нечётких отношений переменных описания диагностируемых объектов к областям значений переменных [4]. На рис. 3 приведён фрагмент структуры концептуальной модели, где U_{ij}, W_{ij}, R_{ij} – элементы матриц, представляющих управляющие сигналы, параметры внешней среды, режимы функционирования объектов; M_{ij}^T, M_{ij}^D – элементы моделей диагностирования дефектов; Y_{ij}, S_{ij} – области знаний переменных состояний выхода объекта, состояний, отражающих дефекты; Q_{ij} – заданный перечень дефектов в поведении объекта.

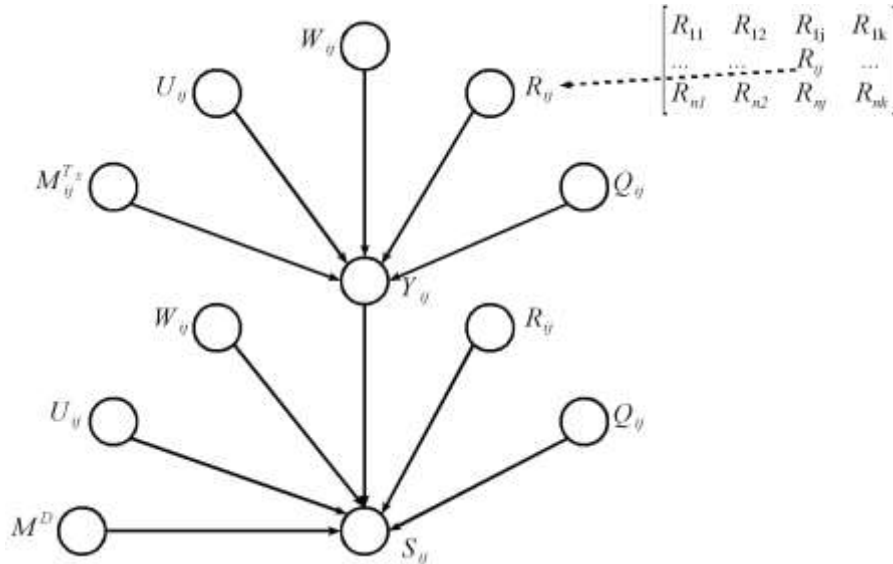


Рис. 3. Концептуальная модель предметной области

Семантика нечётких отношений переменных в структуре НС определяется синаптическими связями между нейронами и слоями сети.

Структура концептуальной модели отражает нечёткие отношения переменных на уровне входного вектора и первого внутреннего слоя; на уровне первого и второго внутренних слоёв НС.

Структурная организация и состав нечётких отношений переменных схемы базы данных и знаний ПО определяют топологию модели НС, включающей состав нейронов в слоях сети, а также структуру синаптических связей.

На рис. 4 приведён фрагмент структуры схемы базы данных и знаний ПО применительно к ИС поддержки методов решения проблемных задач ПО, связанных с агрегированием информативных вход-выходных функциональных зависимостей диагностируемых объектов и выявлением причинных связей между функциональными зависимостями и заданным подмножеством дефектов в условиях влияния факторов внешней среды (уровень λ_1) и с диагностированием дефектов в поведении диагностируемых объектов (уровень λ_2).

На уровнях λ_1, λ_2 нечёткие отношения переменных в каждый момент времени t определяются зависимостями

$$\forall t (J(U, W, R, Q))_{\lambda_1}^t \subseteq (Y_{ij})_{\lambda_1}^t | \{K_i\}, \{D_j\}; \quad (1)$$

$$\forall t (Y(U, W, R, Q))_{\lambda_2}^t \subseteq (S_{ij})_{\lambda_2}^t | \{K_i\}, \{D_j\}, \quad (2)$$

где $J(U, W, R, Q), Y(U, W, R, Q)$ – атрибуты; Y_{ij}, S_{ij} – области значений атрибутов; K – критерии оценки переменных; D – числовые значения допусковых зон.

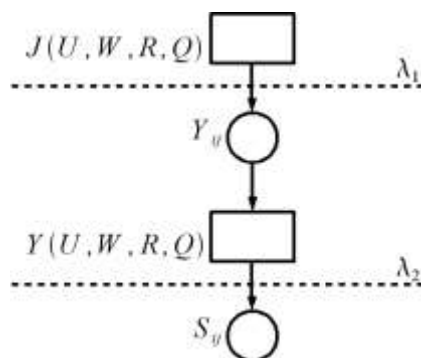


Рис. 4. Схема состояний базы данных и знаний предметной области

В структуре НС на уровнях первого и второго скрытых слоёв зависимости (1), (2) регламентируют механизмы формирования суммирующих функций.

В процессе обучения на уровне первого скрытого слоя нейронной сети используются: алгоритм моделирования причинных связей между переменными описания состояний технических объектов, внешней среды и дефектами; алгоритм моделирования процессов параметрической идентификации вход-выходных функциональных зависимостей технических объектов, обеспечивающий формирование обучающих выборок (примеров), позволяющих обнаруживать дефекты и оценивать степень соответствия состояний технических объектов заданным требованиям. Алгоритм моделирования реализуется согласно зависимости вида

$$Y_{w,r}(t) = \max(Y_i(t), f_i(U(t), W(t), R(t), Q(t))) | \{K_j\}, \{D_i\}, \{H_r\} \rightarrow \begin{Bmatrix} U(t) \\ W(t) \\ R(t) \\ Q(t) \end{Bmatrix} - \text{var}, \quad (3)$$

где H – конечное подмножество наборов в обучающей выборке.

На вход первого скрытого слоя сети подаётся входной образ, представленный вектором параметров состояний выхода диагностируемого объекта $(Y_1(U(t), W(t), R(t), Q(t)), \dots, Y_m(U(t), W(t), R(t), Q(t)))$. При этом на вход каждого нейрона этого слоя поступает входной образ, представленный зависимостью $Y_i = f_i(U(t), W(t), R(t), Q(t))$.

Синаптические веса компонентов входного образа определяются в результате реализации формального подхода к представлению по заданным критериям аналоговых параметров состояния выхода объекта бинарными сигналами.

При этом элементы обучающей выборки (β_{ij}) определяются согласно правилу

$$\|\beta_{ij}\| = \begin{cases} 1, & \text{если } \{Y_j(t), f_j(U(t), W(t), R(t), Q(t)) > P_j\} \in R_j^Q \\ 0, & \text{если } \{Y_j(t), f_j(U(t), W(t), R(t), Q(t)) \leq P_j\} \notin R_j^Q \end{cases} | \{K_i\}, \{D_j\}, \quad (4)$$

где R_j^Q – область распределения числовых значений j -го параметра, отражающая факт наличия дефекта в поведении технического объекта; P – пороговый уровень допусковой зоны j -го параметра.

Сумматором каждого нейрона (рис. 2) формируется суммирующая функция, определяемая критерием вида

$$K_i = \begin{cases} 0 & \text{при } Y_{i \min} \leq \mathcal{E}_i \leq Y_{i \max} \\ 1 & \text{при } Y_{i \min} > \mathcal{E}_i, \mathcal{E}_i < Y_{i \max} \end{cases} | \{W_j\}, \{Q_p\}, \{H_d\}, \quad (5)$$

где \hat{Y}_i – регистрируемое значение i -го параметра диагностируемого объекта; Y_{imin}, Y_{imax} – значения i -го параметра, отражающие границы его допусковой зоны.

На уровне данного скрытого слоя функциональным преобразованием каждого нейрона (рис. 1) формируется функция активации $F_i(U(t), W(t), R(t), Q(t))$, числовое значение которой определяется 0 или 1.

Выходные образы первого скрытого слоя, представленные функциями активации, сопоставляются с эталонными образами, определяемыми информационно-логическим формализмом базы данных и знаний интеллектуальной системы агрегирования причинных связей между переменными и информативных параметров состояния выхода объекта, согласно зависимости:

$$\begin{aligned} \forall t, S : \exists U_1(t), \dots, U_n(t); W_1(t), \dots, W_r(t); R_1(t), \dots, R_d(t); \\ Y_1(t), \dots, Y_m(t); Q_1(t), \dots, Q_p(t); K_1, \dots, K_l; D_1, \dots, D_m \rightarrow \\ \{Y_1(U(t), W(t), R(t), Q(t)) \cup \dots \cup Y_m(U(t), W(t), R(t), Q(t))\} = \langle S_0, S^e \rangle, \end{aligned} \quad (6)$$

где S_0, S^e – работоспособное состояние, перечень неработоспособных состояний объекта соответственно; Q – заданный перечень дефектов в поведении диагностируемого объекта.

Выходные образы первого скрытого слоя, представленные функциями активации, образованными нейронами этого слоя, поступают на вход второго скрытого слоя, соответственно составляют входные образы нейронов этого слоя.

Сумматорами нейронов второго скрытого слоя сети формируются суммирующие функции на основе анализа активационных функций первого скрытого слоя и числовых значений синаптических весов, определяемых по условию

$$\|\alpha_{ij}\| = \begin{cases} 1, \text{ если } Y_i(t), f_i(U(t), W(t), R(t), Q(t)) \rightarrow H_j - \text{ не выполняется} \\ 0, \text{ если } Y_i(t), f_i(U(t), W(t), R(t), Q(t)) \rightarrow H_j - \text{ не выполняется} \\ X, \text{ если } Y_i(t), f_i(U(t), W(t), R(t), Q(t)) \rightarrow H_j - \text{ не известно} \end{cases} \left. \begin{matrix} \\ \\ \end{matrix} \right\} \{K_l\}, \{D_i\}, \{H_j\} \quad (7)$$

где H_j – j -й набор (пример) обучающей выборки.

Функциональные преобразователи нейронов второго скрытого слоя рассчитываются в процессе сопоставления выходных образов второго скрытого слоя с эталонными образами. Эталонные образы синтезируются на основе анализа информационно-логического формализма данных и знаний ИС поддержки метода диагностирования дефектов в поведении диагностируемых объектов, включающего положения:

$$\begin{aligned} \forall t, Q : \exists U_1(t), \dots, U_n(t); W_1(t), \dots, W_l(t); R_1(t), \dots, R_k(t); \\ Y_1(t), \dots, Y_m(t); Q_1(t), \dots, Q_p(t); K_1, \dots, K_r; D_1, \dots, D_m \rightarrow \\ \{Y_1, f_1(U(t), W(t), R(t), Q(t)) \cap \dots \cap Y_m, f_m(U(t), W(t), R(t), Q(t))\} = \langle S_0, Q_i \rangle, \end{aligned} \quad (8)$$

где $\{Q_i\}$ – заданное подмножество дефектов в поведении диагностируемого объекта.

Зависимости (6), (8) отражают в структуре ИНС формальные правила принятия решений средствами первого и второго внутренних слоёв сети.

Состав нейронов второго скрытого слоя ИС определяется числом диагностируемых дефектов в поведении соответствующего технического объекта.

Эталонные образы второго скрытого слоя соответствуют кодовым комбинациям параметра состояния выхода диагностируемого объекта, представленного структурой модели диагностирования ($Q_i = \{101\dots 01\}$).

На рис. 5 приведён общий вид структуры модели диагностирования дефектов в технических объектах.

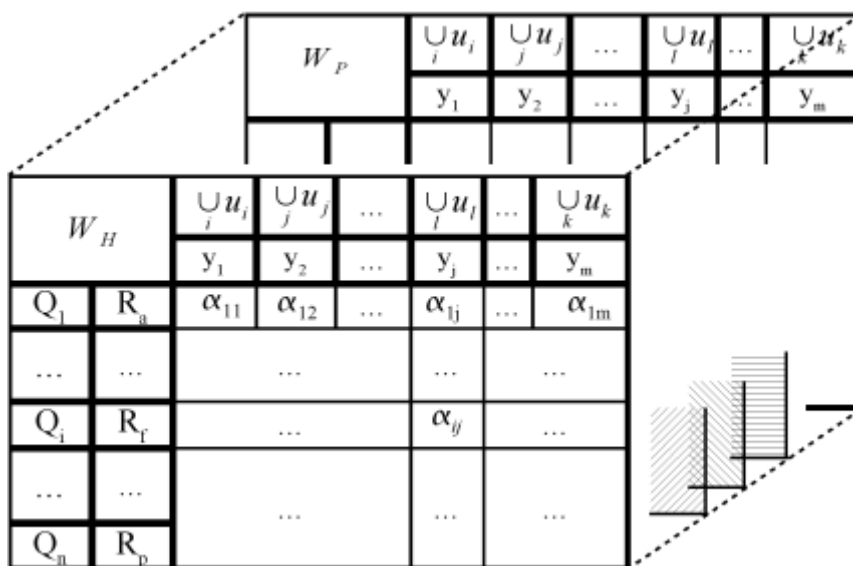


Рис. 5. Структура модели диагностирования дефектов технических объектов

Структурная организация переменных модели определяет причинно-следственные связи между управляющими сигналами (U_i), показателями внешней среды (W_j), режимами функционирования объектов (R_i), параметрами состояний выхода объекта и заданным подмножеством дефектов в техническом объекте.

Формальные процедуры и результаты метода построения и понижения размерности исходного варианта модели на стадии приведения её к конечному варианту [3] в процессах построения и обучения ИНС на уровне второго скрытого слоя сети определяют механизмы расчёта числовых значений синаптических весов, формирования решающих функций и синтеза эталонных образов, а также представляют вектор функций активации, отождествлённый с входным образом выходного слоя НС.

В рассматриваемой постановке средствами выходного слоя нейронной сети принимаются решения по идентификации состояний диагностируемого объекта. Входной образ слоя образуется функциями активации, формируемыми нейронами второго скрытого слоя. Состав нейронов выходного слоя определяется числом диагностируемых дефектов в поведении объекта и нейроном, распознающим работоспособное состояние объекта.

Совершенство обучающих алгоритмов характеризуется, главным образом, критериями ошибок (погрешностей) в принятии решений. Погрешности определяются в значительной степени трудностями (неопределённостью) расчёта синаптических весов. В этой связи основным способом понижения уровня погрешности является экспериментальный способ.

Приведённая организация обратных связей в структуре модели НС (рис. 1) согласуется с принципом навигации информации в структуре от входа к выходу, следовательно, представляется возможным применение на стадии обучения НС алгоритмов обратного распространения ошибки. При этом распространённое в обратном направлении значение погрешности к предыдущему слою учитывается в следующем цикле обучения.

В качестве меры погрешности может быть принята средняя квадратичная ошибка:

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\mathcal{E}_i - Y_i^{\mathcal{D}})^2}{n}}, \quad (9)$$

где \mathcal{E}_i – реальное выходное состояние нейрона i -го слоя; $Y_i^{\mathcal{D}}$ – эталонное (желаемое) выходное состояние; n – число наборов (примеров) обучающей выборки.

При интеграции методов баз данных, знаний и формальных процедур, реализуемых средствами ИС и НС применительно к решению проблемных задач ПО, при обратном распространении ошибки в структуре ИНС понижение уровня ошибок обеспечивается за счёт совершенствования методов и алгоритмов решения проблемных задач ПО, а также за счёт повышения достоверности баз данных, знаний и правил принятия решений средствами ИС.

Так, на уровне второго скрытого слоя в качестве мер понижения уровня ошибок являются:

- модернизация, развитие и повышение достоверности кодовых комбинаций эталонных образов, представленных моделями диагностирования дефектов в поведении технических объектов;
- повышение достоверности входных образов, представленных функциями активации, сформированных нейронами первого скрытого слоя НС;
- совершенствование методов и алгоритмов понижения неопределённости переменных описания и моделей диагностирования дефектов, представляющих в алгоритмах обучения эталонные образы;
- оптимизация состава и повышение достоверности наборов (примеров) обучающих выборок.

Основными путями снижения ошибок на уровне первого скрытого слоя являются:

- понижение уровня неопределённости переменных при формировании входных образов (векторов переменных), распознаваемых нейронами слоя;
- ограничение целостности (размерности) и повышение достоверности причинно-следственных связей между параметрами описания состояний диагностируемых объектов, состояний внешней среды, режимов функционирования объектов и заданным подмножеством дефектов;
- повышение точности результатов параметрической идентификации по заданным критериям вход-выходных функциональных зависимостей диагностируемых объектов в условиях влияния факторов внешней среды;
- повышение достоверности результатов расчёта синаптических весов.

Приведённые пути понижения уровня ошибок являются управляемыми пользователем в плане достижения конечных результатов.

Технология построения и обучения ИНС на основе интеграции функций, баз данных и знаний ИС и НС характеризуется повышенной эффективностью достижения целей за счёт совершенствования показателей и формальных процедур:

- оптимизации процессов обоснования топологии структуры НС;
- минимизации размерности входных и эталонных образов;
- сокращения числа наборов обучающих выборок и длительности временных циклов их реализации;
- повышения достоверности принимаемых решений;
- формализации процессов расчёта синаптических весов и пороговых уровней;
- использования формализованных методов решения проблемных задач в качестве источников извлечения знаний и процедур их преобразования.

Реализация ИНС приведённой категории возможна автоматизированными информационно-измерительными комплексами, логическими аппаратными средствами и средствами нейрокompьютеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ушаков В.А. Интегрированная нейросетевая система ситуационного управления процессами обеспечения технических характеристик динамических объектов. I / В.А. Ушаков, Г.С. Говоренко, В.С. Дрогайцев // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. № 7. С. 14-19.

2. Ушаков В.А. Интегрированная нейросетевая система ситуационного управления процессами обеспечения технических характеристик динамических объектов. II / В.А. Ушаков, Г.С. Говоренко, В.С. Дрогайцев // Мехатроника, автоматизация, управление. 2006. № 8. С. 21-28.

3. Системный подход к ситуационному управлению отказоустойчивостью технических объектов в условиях нештатных ситуаций. Построение интеллектуальных систем. II / В.А. Ушаков, В.С. Дрогайцев, Г.С. Говоренко, С.В. Козлов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2008. № 4. С.39-46.

4. Цаленко М.Ш. Моделирование семантики в базах данных / М.Ш. Цаленко. М.: Наука, 1989. 287 с.

Дрогайцев Валентин Серафимович – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Drogaytsev Valentin Serafimovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Automation and Management of Technological Processes» of Saratov State Technical University

Ушаков Виталий Алексеевич – кандидат технических наук, генеральный директор ОАО «КБ Электроприбор»

Ushakov Vitaliy Alekseyevich – Candidate of Technical Sciences, General Manager of JSC «CB Elektropribor»

Пименов Михаил Юрьевич – аспирант кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами» Саратовского государственного технического университета

Pimenov Mikhail Yuryevich – Post-graduate Student of the Department of «Automation and Management of Technological Processes» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 18.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 621.941.26.08

В.В. Мартынов, П.В. Мартынов

СПОСОБ ОЦЕНКИ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫБОРОЧНЫХ ДАННЫХ

На примере логарифмически-нормального распределения представлены результаты решения задачи разработки критериев для оценки закона распределения выборочных данных.

Выборочные данные, критерии, закон распределения.

V.V. Martynov, P.V. Martynov

SAMPLE DATA DISTRIBUTION ASSESSMENT METHOD

The results of problem solving of criteria developing for evaluation of the distribution of sample data on the example of the log-normal distribution are presented in the paper.

Sample data, criteria, assessment of the distribution.

Одной из задач, часто возникающих в практической деятельности, является обработка данных, представляющих собой часть членов некоторой достаточно большой совокупности (называемой генеральной), отобранных из нее для получения сведений обо всей совокупности. Обработкой этих данных занимается раздел математической статистики, называемый теорией выборок.

Основной задачей применения выборочного метода является установление закона распределения изучаемой случайной величины по данным выборки. Если генеральная совокупность подчиняется некоторому закону распределения, то на основании закона больших чисел можно утверждать, что и выборка из этой совокупности будет подчиняться этому же закону.

Для установления вида закона по статистическим данным составляется таблица распределения наблюдаемых значений случайной величины x в выборке объемом n , строится эмпирическая кривая плотности распределения и по ее внешнему виду или, исходя из физической сущности анализируемого процесса, определяется вид теоретического распределения, к которому она приближается, и производится проверка сходимости теоретических и эмпирических данных по соответствующим критериям согласия [1, 2]. Существует и второй способ, основанный на анализе статистических свойств исследуемого процесса с использованием графического изображения и табулирования [3, 4].

В целом непосредственное исследование плотности является не очень эффективным, поскольку связано с субъективным фактором, и в некоторых случаях может давать существенные погрешности, связанные с неправильным выбором аппроксимирующего распределения в ситуации согласия с выборочными данными нескольких законов. Это объясняется различным поведением интенсивностей распределений и требует применения дополнительных методов, позволяющих принимать однозначные решения.

При применении второго способа для анализа могут быть использованы [3, 4]:

1 – график функции интенсивности или ее логарифма относительно аргумента или его логарифма;

2 – графики функции риска, функции надежности или некоторых их преобразований относительно аргумента или его логарифма;

3 – график значения коэффициента вариации $\vartheta = \frac{\sigma}{\mu}$;

4 – график нормированного третьего момента $\vartheta_3 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}$ относительно коэффициента вариации,

где μ , σ и μ_3 – среднее значение, стандартное отклонение и третий центральный момент случайной величины, соответственно.

Однако при построении этих графиков либо требуется специальная бумага и не всегда является возможной машинная реализация в условиях автоматизации исследований, либо вычисленные оценки имеют большую выборочную ошибку, либо графики получаются «негладкими», что требует разработки дополнительных процедур для проведения их анализа.

В связи с этим представляет теоретический и особенно практический интерес способ, основанный на использовании специальных критериев, позволяющих оценивать принадлежность выборочных данных к распределению конкретного вида. Конструирование критериев осуществляется с учетом их способности однозначно отражать статистические свойства распределения, которые, в свою очередь, есть достаточно точное отражение физического механизма, генерирующего выборочные данные.

В качестве примера рассмотрим критерии, позволяющие оценивать принадлежность выборочных данных к логарифмически-нормальному распределению, которое используется в решении различных задач, в частности, задачи расчета приземных концентраций загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятиями топливно-энергетического комплекса, по данным их прямых инструментальных замеров. Это связано с тем, что значение concentra-

ции c_i в каждой точке территории, находящейся по направлению движения облака выброса после того как оно покидает источник, представляет собой некоторую часть значения в предыдущих точках этого направления, т.е. является ее случайной долей. Справедливость этого положения подтверждается зависимостью концентрации от большого числа факторов, большинство из которых (объем выброса, метеопараметры, стабильность или динамические свойства атмосферы, солнечная активность и др.) носит случайный характер, т.к. подвержено частым изменениям, поэтому представляет в своей основе вероятностное пространство случайных событий. В этом случае интенсивность образования концентрации $\lambda(c, R)$ при движении облака выброса, начиная с некоторого расстояния $\varepsilon_{c,R}$ от источника выброса вначале довольно быстро возрастает, а затем постепенно уменьшается, формируя ее (концентрации) максимум, среднее значение ($\mu_{c,R}$) и определяя дальность ($\sigma_{c,R}$) распространения загрязнения (рис. 1). Математически этот физический факт и учитывается логарифмированием данных о расстояниях R_i , на которых производились замеры, что приводит к модели логарифмически-нормального распределения плотностей вероятностей $f(c, R)$ образования концентраций в пределах рассматриваемого направления:

$$f(c, R) = \frac{1}{(R - \varepsilon_{c,R}) \cdot \sigma_{c,R} \cdot \sqrt{2\pi}} \times \exp \left\{ -\frac{1}{2 \cdot \sigma_{c,R}^2} [\ln(R - \varepsilon_{c,R}) - \mu_{c,R}]^2 \right\}, \quad (1)$$

$$-\infty < \mu_{c,R} < \infty, \quad -\infty < \varepsilon_{c,R} < R, \quad \sigma_{c,R} > 0.$$

Известно, что случайная величина $R > 0$ распределена логарифмически-нормально с математическим ожиданием $\mu_{c,R}$ и дисперсией $\sigma_{c,R}^2$, если $\ln R \in N(\ln R_0, \sigma^2)$, где R_0 – геометрическое среднее R . При этом ее среднее значение

$$\mu_{c,R} = R_0 \times \exp \{0,5\sigma^2\}, \quad (2)$$

дисперсия

$$\sigma_{c,R}^2 = \mu_{c,R}^2 \times [(\mu_{c,R} / R_0)^2 - 1], \quad (3)$$

коэффициент вариации

$$v_{c,R} = \sqrt{\exp \{\sigma^2\} - 1}. \quad (4)$$

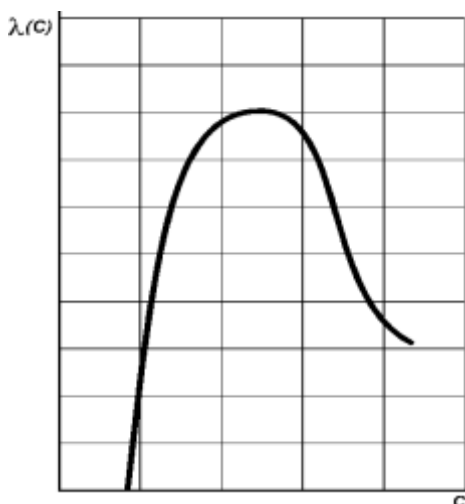


Рис. 1. Физическая основа модели (1)

Следуя [1], преобразуем (2) и (3) как

$$R_0 = \mu_{c,R}^2 / \sqrt{\sigma_{c,R}^2 + \mu_{c,R}^2}; \quad (5)$$

$$\ln R_0 = 2 \times \ln R - 0,5 \times \ln (\sigma^2_{c,R} + \mu^2_{c,R}) ; \quad (6)$$

$$\sigma^2 = (\sigma^2_{c,R} / \mu^2_{c,R} + 1) . \quad (7)$$

Тогда, если выборка $\{\ln R_i\}_n$ с параметрами $R_{cp,0}$, s_R^2 взята из логарифмически-нормальной генеральной совокупности

$$\{\ln R_i\}_n \in N(\ln R_0, \sigma^2) ,$$

то

$$\{\ln \bar{R}_0\} \in N(\ln R_0, \sigma^2 / n) , \quad (n-1) \times s_R^2 / \sigma^2 \in \chi^2(n-1) .$$

Положим

$$\ln R_0 = 2 \times \ln R_{cp,0} - 0,5 \times \ln(s_R^2 + R_{cp,0}^2) , \quad \sigma^2 = (s_R^2 / R_{cp,0}^2 + 1) ,$$

тогда

$$t = (\ln \bar{R}_0 - 2 \times \ln R_{cp,0} + 0,5 \times \ln(s_R^2 + R_{cp,0}^2)) \sqrt{n} / \sigma \quad (8)$$

имеет распределение Стьюдента, а

$$\chi^2 = \sigma^2 \times (n-1) / \ln(s_R^2 / R_{cp,0}^2 + 1) \quad (9)$$

принадлежит χ^2 -распределению

$$\ln \bar{R}_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln R_i , \quad \sigma^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (\ln R_i - \ln \bar{R}_0)^2 . \quad (10)$$

Статистики (8) и (9) и используются для проверки гипотезы $\{R_i\}_n \in \Lambda(\mu_{c,R}, \sigma^2_{c,R})$.

Условия ее принятия

$$|t| \leq t_{P, n-1} , \\ \chi^2 \in [\chi^2_{1-P, n-1} , \chi^2_{P, n-1}] ,$$

где $\chi^2_{1-P, n-1}$, $\chi^2_{P, n-1}$ – квантили χ^2 -распределения для $n-1$ степеней свободы и заданных доверительных вероятностей $1-P$ и P , соответственно.

Необходимо отметить, что с формальной точки зрения критерии, основанные на статистиках (8) и (9), служат для проверки гипотез о справедливости равенств (6) и (7). Но так как как они получены в предположении логарифмически-нормального распределения вероятностей, то использование статистик (8) и (9) в качестве критериев принадлежности выборочных значений к логарифмически-нормальной генеральной совокупности является вполне оправданным.

Еще один критерий для проверки гипотезы о логарифмически-нормальном распределении можно получить, если воспользоваться выражением (4) для коэффициента вариации взятой из него случайной величины, преобразованным относительно величины дисперсии последней как

$$\sigma^2 = \ln(v^2_{c,R} + 1) . \quad (11)$$

Далее, если вспомнить, что

$$v_{c,R} = s_R / R_{cp,0} ,$$

то можно переписать (11) в виде

$$\sigma^2 = \ln(s_R^2 / R_{cp,0}^2 + 1) . \quad (12)$$

С другой стороны, значение этой же дисперсии можно получить, используя выражения (10). Тогда для оценки степени адекватности найденных дисперсий можно воспользоваться критерием Романовского [5], в основе которого лежит гипотеза о том, что математическое ожидание величины

$$\theta = (v_2 - 2) \times F / v_2 , \quad (13)$$

где $F = \sigma_1^2 / \sigma_2^2$ – статистика Фишера; σ_1^2 , σ_2^2 – найденные оценки дисперсий; ν_2 – число степеней свободы,

в случае принадлежности их одной и той же нормальной (но в данном случае логарифмически) совокупности равно единице, а основное отклонение

$$s_\theta = \sqrt{\frac{2 \times (\nu_1 + \nu_2 - 2)}{[\nu_1 \times (\nu_2 - 4)]}}. \quad (14)$$

Поэтому с вероятностью, большей 0,889, можно ожидать, что отклонение θ от 1 по абсолютной величине не превзойдет $3 \times s_\theta$. В силу этого по величине критерия

$$R = |\theta - 1| / s_\theta \quad (15)$$

можно делать заключение о существенности или случайности расхождения между оценками σ_1^2 и σ_2^2 :

- если $R \geq 3$, то расхождение считается существенным;
- если $R < 3$, то расхождение признается случайным.

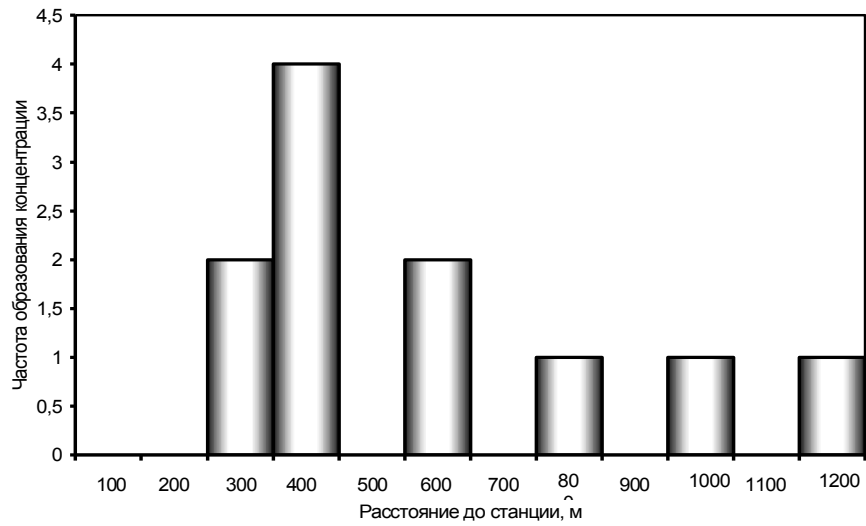
Выполнение второго условия и означает принадлежность выборочных данных к логарифмически-нормальной генеральной совокупности.

Для применения критерия R одно из чисел степеней свободы должно быть больше 4; оно и принимается за ν_2 в (13). Кроме того, в числителе этого выражения должна стоять большая из найденных оценок дисперсий, т.е. $\sigma_1^2 \geq \sigma_2^2$.

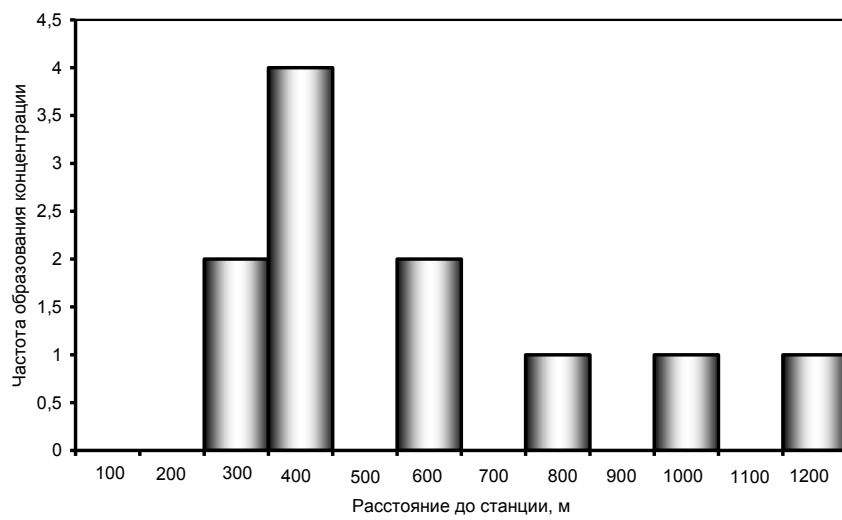
С целью проведения процедуры статистической проверки гипотезы о принадлежности данных инструментальных замеров логарифмически-нормальному распределению (1) необходимо сформировать выборку по расстояниям, на которых происходило образование концентраций по каждому из компонентов выброса (в данном случае оксиду NO, диоксиду азота NO₂ и метану CH₄).

Однако при этом возникают определенные трудности, обусловленные тем, что образование это происходит в пределах всего анализируемого направления распространения облака выброса от источника. Другими словами, каждое расстояние, включаемое как элемент в выборку, определяется не только самим фактом появления на нем концентрации, но и ее величиной. Поэтому в основу формирования выборки были положены физические закономерности, приводящие к логарифмически-нормальному закону распределения вероятностей образования концентраций. В соответствии с этими предпосылками диапазоны изменения замеренных концентраций и расстояний, на которых производились замеры, были поделены на интервалы, как это принято в математической статистике, а затем последовательно по каждому компоненту для каждого интервала расстояний производился подсчет количества событий, связанных с попаданием в него данных из соответствующих интервалов диапазонов изменения концентраций. По результатам подсчета были получены гистограммы частот образования концентраций при замерах компонентов выброса двумя передвижными постами мониторинга (рис. 2, 3), а из гистограмм – выборки по расстояниям; частота образования концентрации по каждому расстоянию определяла количество его включений в выборку.

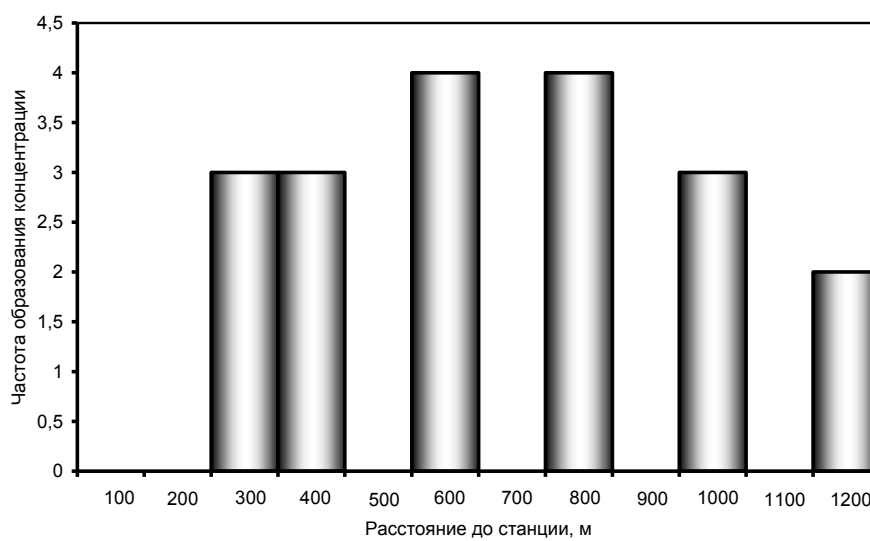
В таблице представлены результаты обработки выборок, которые во всех случаях однозначно подтвердили гипотезу о логарифмически-нормальном распределении вероятностей образования концентраций (рис. 4, 5) и, помимо этого, позволили установить, что статистическая мощность критериев (8), (9), (15) является более высокой по сравнению с критериями, традиционно применяемыми в математической статистике для проверки гипотез о законах распределения случайных величин. В связи с этим удовлетворение этим критериям является не только необходимым, но и достаточным условием принятия гипотезы о принадлежности выборочных данных логарифмически-нормальному распределению.



а

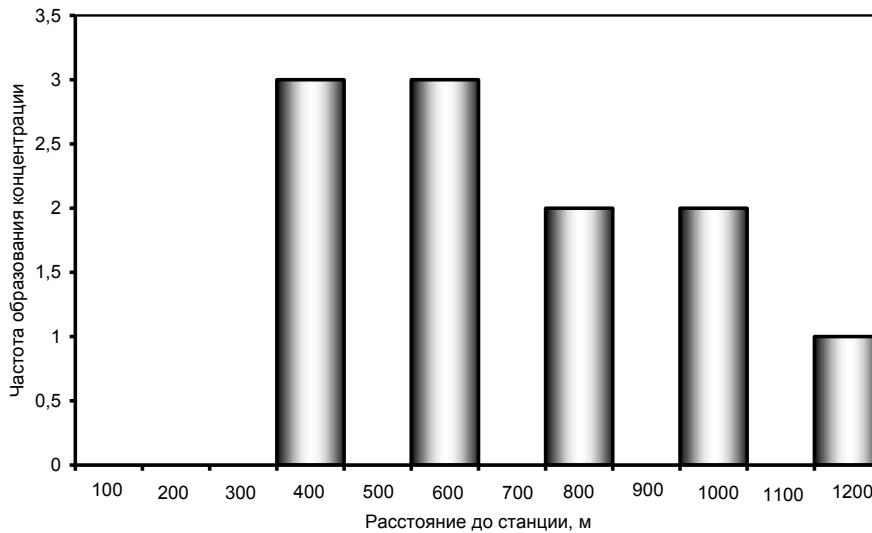


б

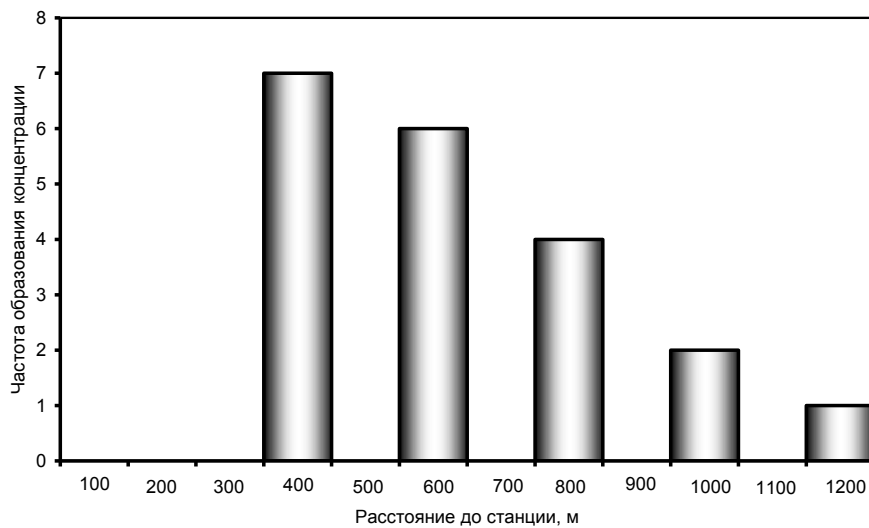


в

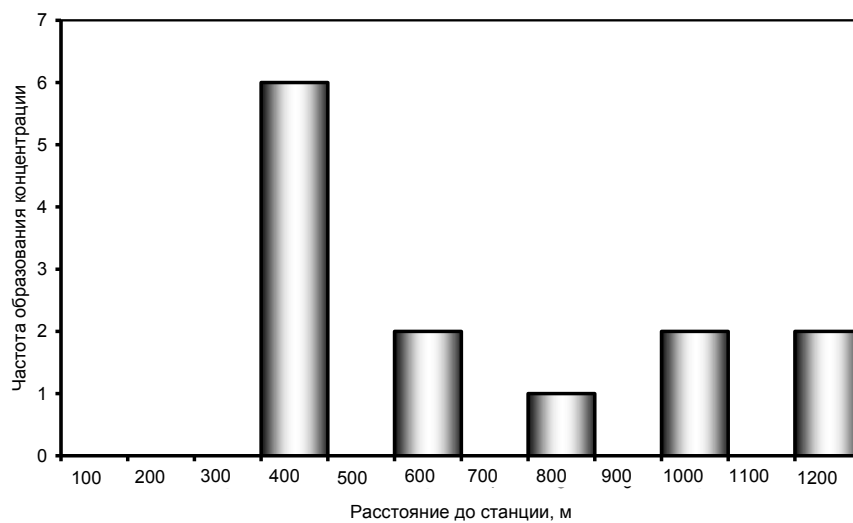
Рис. 2. Гистограммы распределения частот образования концентраций оксида (а), диоксида (б) азота и метана (в), построенные по данным замеров первого поста



а

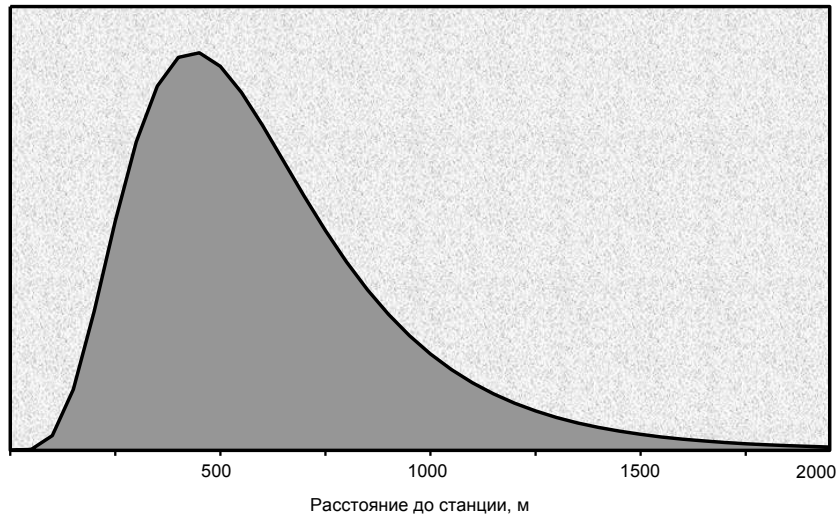


б

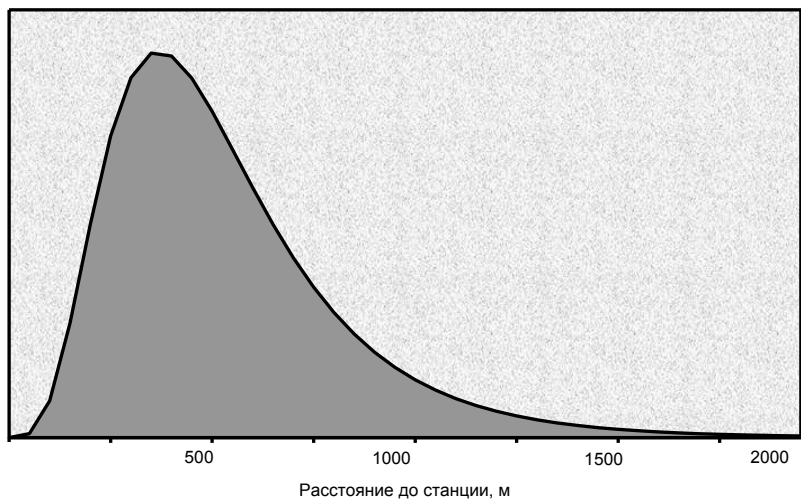


в

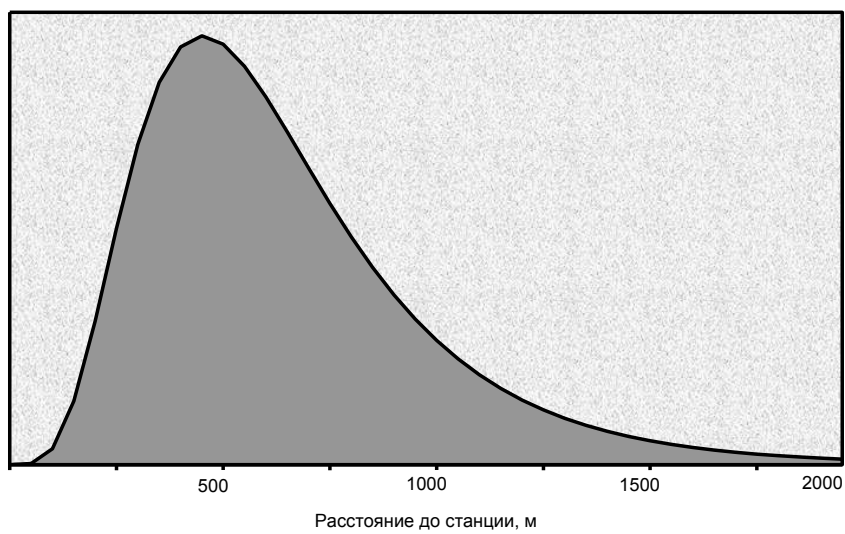
Рис. 3. Гистограммы распределения частот образования концентраций оксида (а), диоксида (б) азота и метана (в), построенные по данным замеров второго поста



а

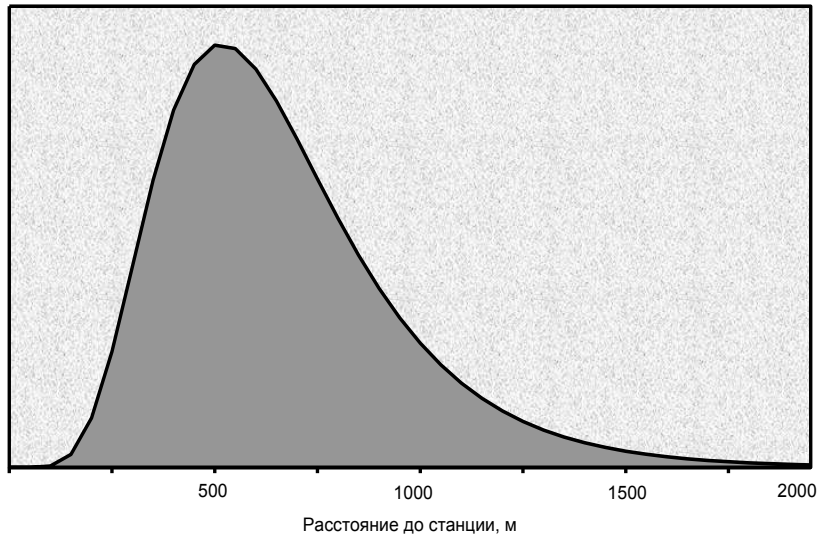


б

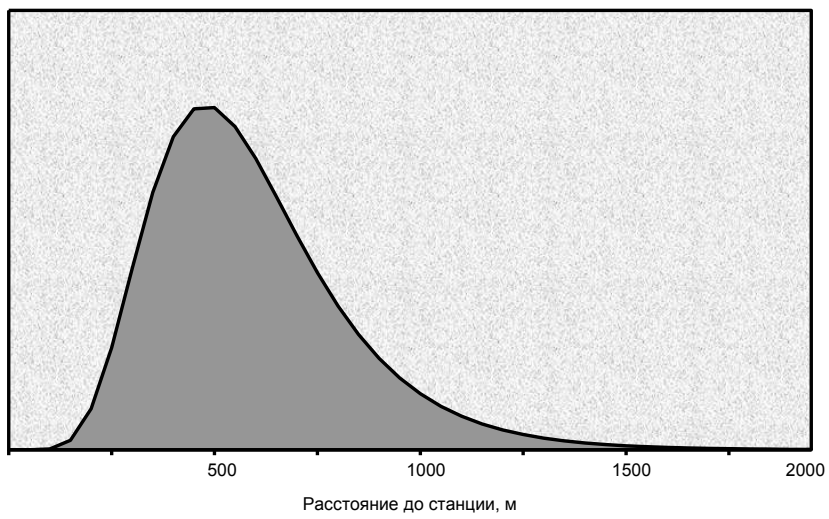


в

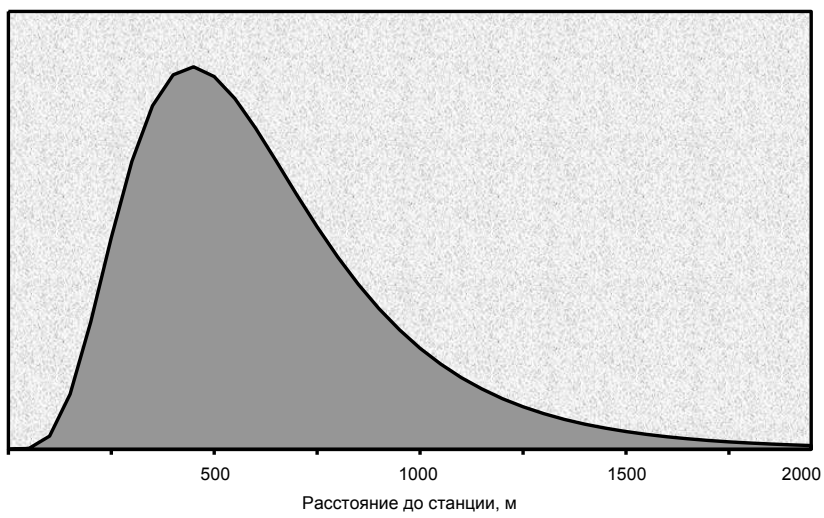
Рис. 4. Логарифмически-нормальные кривые распределения концентраций оксида (а), диоксида (б) азота и метана (в) по данным замеров первого поста



а



б



в

Рис. 5. Логарифмически-нормальные кривые распределения концентраций оксида (а), диоксида (б) азота и метана (в) по данным замеров второго поста

Результаты вычисления критериев (8), (9), (15)

Номер выборки	Компонент	Объем выборки	$ t $	$t_{0,95; n-1}$	$\chi^2_{0,95; n-1}$	χ^2	$\chi^2_{0,05; n-1}$	R
1	NO	12	0,018	1,80	4,57	12,46	19,7	0,08
2	NO ₂	11	0,073	1,81	3,94	9,49	18,3	0,19
3	CH	19	0,118	1,71	9,39	23,23	28,9	0,31
4	NO	11	0,005	1,81	3,94	11,21	18,3	0,12
5	NO ₂	20	0,028	1,73	10,1	18,98	30,1	0,20
6	CH	13	0,012	1,78	5,23	12,50	21,0	0,19

ЛИТЕРАТУРА

1. Баублис А.Б. Статистические модели в АСУ машиностроительного предприятия / А.Б. Баублис. М.: Машиностроение, 1984. 245 с.
2. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения / И.С. Солонин. М.: Машиностроение, 1972. 208 с.
3. Кокс Д.Г. Анализ данных типа времени жизни / Д.Г. Кокс, Д. Оукс; пер. с англ. М.: Финансы и статистика, 1988. 191 с.
4. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро; пер. с англ. М.: Мир, 1968. 396 с.
5. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. М.: Наука, 1971. 576 с.

Мартынов Владимир Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование и компьютерное моделирование технологического оборудования в машино- и приборостроении» Саратовского государственного технического университета

Мартынов Павел Владимирович – студент кафедры «Конструирование и компьютерное моделирование технологического оборудования в машино- и приборостроении» Саратовского государственного технического университета

Martynov Vladimir Vasilievich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Designing and Computer Modeling of Technological Equipment in Machine and Instrument Building» of Saratov State Technical University

Martynov Pavel Vladimirovich – Student of the Department of «Designing and Computer Modeling of Technological Equipment in Machine and Instrument Building» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 09.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 621.37, 531.383

Б.К. Сивяков, Ю.П. Слаповская

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОЛЬЦЕВОГО РЕЗОНАТОРА
МИКРОВОЛНОВОГО ГИРОСКОПА ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ
ИМПУЛЬСНЫМ СИГНАЛОМ**

Построена математическая модель и проведен анализ переходных процессов в микроволновом резонансном гироскопе с пассивным резонато-

ром. Исследовано влияние длительности и частоты импульса, угловой скорости вращения резонатора на переходные процессы. Получены оценки чувствительностей напряжения, а также смещения узла стоячей волны к изменению угловой скорости вращения резонатора.

Микроволновый резонансный гироскоп, кольцевой резонатор, математическая модель, переходные процессы, резонансные характеристики.

В.К. Sivyakov, Yu.P. Slapovskaya

MATHEMATICAL MODEL OF THE RING RESONATOR OF THE MICROWAVE GYROSCOPE WITH EXCITEMENT BY PULSED SIGNAL

The article presents a mathematical model and analysis of the transition processes in the microwave resonance gyroscope with passive resonator. The influence of the impulse duration and frequency, of the resonator rotation angular velocity on the transition processes is researched. The article estimates sensitivities to the voltage and also to the standing wave node displacement for the resonator rotation angular velocity.

Microwave resonance gyroscope, ring resonator, mathematical model, transition processes, resonance characteristics.

Известны и применяются на практике гироскопы, основанные на эффекте Саньяка в оптическом диапазоне: кольцевые нерезонансные, лазерные, волоконно-оптические [1]. Развитие СВЧ-техники: продвижение в область миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн, появление эффективных генераторов и технологий изготовления схем открывает новые возможности по созданию гироскопов в СВЧ-диапазоне. В настоящей работе разработана математическая модель и проведен анализ переходных процессов и резонансных характеристик микроволнового резонансного гироскопа с пассивным резонатором.

Рассмотрим волновод, свернутый в виде кольца и замкнутый сам на себя (рис. 1 а). Плоскость осевой линии кругового резонатора лежит в плоскости рисунка и перпендикулярна измерительной оси прибора, направленной в сторону наблюдателя. В резонатор подается импульс напряжения длиной τ_u с амплитудой U_m (рис. 1 б):

$$u(t) = U_m \cdot \sin[\omega \cdot t + \varphi_0]. \quad (1)$$

В резонаторе возбуждаются две волны, распространяющиеся в противоположных направлениях от точки возбуждения. Тогда при средней длине кольца L , составляющей целое число длин волн λ , в рассматриваемой линии будет наблюдаться резкое увеличение напряженностей электрического и магнитного полей (резонанс).

Резонансная длина волны кольцевого полого резонатора определяется условием [2]:

$$L = n \cdot \lambda, \quad (2)$$

где L – периметр кольцевого резонатора по средней линии, м; n – число длин волн в рассматриваемом резонаторе, $n = 1, 2, 3 \dots$; λ – резонансная длина волны кольцевого резонатора, м.

До момента окончания действия импульса τ_u в резонаторе происходит процесс накопления энергии. После окончания действия импульса в резонаторе наблюдается затухание электромагнитных волн (электромагнитного колебательного процесса).

Платформа, на которой установлен резонатор, вращается с угловой скоростью ω_z . Обозначим напряжение волны, распространяющейся в направлении, совпадающем с направ-

лением вращения (прямая волна), $U^+(l^+, t)$, а напряжение волны, распространяющейся в противоположном направлении (встречная волна), $U^-(l^-, t)$, где l^\pm – линейная координата вдоль осевой линии резонатора, t – текущее время. Соответственно, все обозначения, относящиеся к первой волне, будут иметь индекс «+», ко второй волне – индекс «-». При вращении платформы появляется разность времен хода волн Δt , так как волны будут проходить разные расстояния и, следовательно, обладать различными фазовыми скоростями V_ϕ^\pm , фазовыми постоянными β^\pm и коэффициентами затухания α^\pm относительно резонатора. Запаздывание одной волны относительно другой приводит к смещению интерференционной картины на величину Δl вдоль периметра кольца.

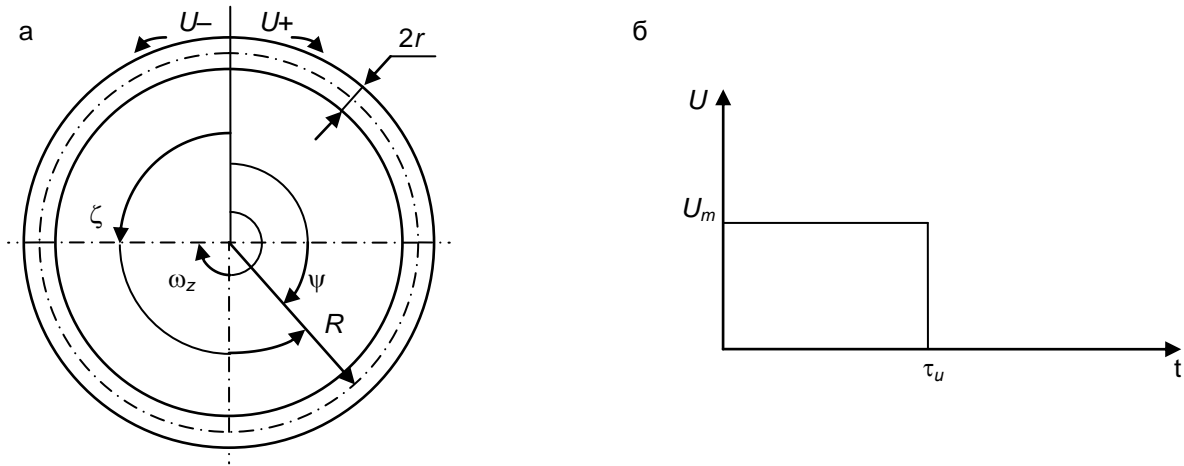


Рис. 1. Схематическое изображение СВЧ-резонансного гироскопа – а; импульс напряжения, подаваемый в резонатор – б

Выражение, описывающее процесс распространения волны, имеет вид для прямой волны:

$$U^+(l^+, t) = U_m^+ \cdot e^{-\alpha^+ \cdot l^+} \cdot \sin[\omega \cdot t - \beta^+ \cdot l^+ + \varphi_0^+], \quad (3)$$

для встречной волны:

$$U^-(l^-, t) = U_m^- \cdot e^{-\alpha^- \cdot l^-} \cdot \sin[\omega \cdot t - \beta^- \cdot l^- + \varphi_0^-]. \quad (4)$$

В (3), (4) φ_0^\pm – начальная фаза волн при $t = 0$. При синфазном возбуждении волн $\varphi_0^+ = \varphi_0^- = \varphi_0$, при противофазном $\varphi_0^- = \varphi_0^+ + \pi$. Возможны и иные варианты возбуждения, определяемые устройством элемента связи. Амплитуды волн U_m^+ и U_m^- также зависят от способа возбуждения резонатора, например при параллельном подключении входного тракта к волноводной линии резонатора $U_m^+ = U_m^- = U_m$.

Для анализа перейдем от линейных координат l^+ и l^- к одной угловой.

$$l^+ = \psi \cdot R, \quad l^- = \xi \cdot R, \quad (5)$$

где ψ и ξ – угловые координаты, соответствующие l^+ и l^- (рис. 1 а).

С учетом цикличности угол ψ :

$$\psi = 2 \cdot \pi \cdot n + \psi', \quad (6)$$

где n – число полных оборотов; ψ' – угол на текущем $(n+1)$ -м обороте. Обороты начинаем отсчитывать с момента времени $t = 0$. Для встречной координаты ξ имеем:

$$\xi = 2 \cdot \pi \cdot n + \xi', \quad (7)$$

где $\xi' = 2 \cdot \pi - \psi'$ – угол на текущем $(n+1)$ -м обороте ξ . Выразим ξ через n и ψ' :

$$\xi = 2 \cdot \pi \cdot (n+1) - \psi'. \quad (8)$$

Следовательно,

$$l^+ = (2 \cdot \pi \cdot n + \psi') \cdot R, \quad (9)$$

$$l^- = [2 \cdot \pi \cdot (n+1) - \psi'] \cdot R. \quad (10)$$

Таким образом, пути l^+ и l^- выражены через количество полных оборотов n и угол ψ' на текущем $(n+1)$ -м обороте. Для каждой из волн получим в новой координате:

$$U^+(n, \psi', t) = U_m^+ \cdot e^{-\alpha^+ \cdot (2 \cdot \pi \cdot n + \psi') \cdot R} \cdot \sin[\omega \cdot t - \beta^+ \cdot (2 \cdot \pi \cdot n + \psi') \cdot R + \varphi_0^+], \quad (11)$$

$$U^-(n, \psi', t) = U_m^- \cdot e^{-\alpha^- \cdot (2 \cdot \pi \cdot (n+1) - \psi') \cdot R} \cdot \sin[\omega \cdot t - \beta^- \cdot [2 \cdot \pi \cdot (n+1) - \psi'] \cdot R + \varphi_0^-]. \quad (12)$$

В силу цикличности распространения происходит интерференция как прямых, так и встречных волн:

$$U_{\Sigma}^+(N, \psi', t) = \sum_{n=0}^N U_m^+(t_0^+) \cdot e^{-\alpha^+ \cdot (2 \cdot \pi \cdot n + \psi') \cdot R} \cdot \sin[\omega \cdot t - \beta^+ \cdot [2 \cdot \pi \cdot n + \psi'] \cdot R + \varphi_0^+], \quad (13)$$

$$U_{\Sigma}^-(N, \psi', t) = \sum_{n=0}^N U_m^-(t_0^-) \cdot e^{-\alpha^- \cdot [2 \cdot \pi \cdot (n+1) - \psi'] \cdot R} \cdot \sin[\omega \cdot t - \beta^- \cdot [2 \cdot \pi \cdot (n+1) - \psi'] \cdot R + \varphi_0^-], \quad (14)$$

где $U_m^{\pm}(t_0^{\pm})$ – амплитуда напряжения на входе резонатора $\psi = 0$ в момент времени t_0^{\pm} ; N – число циклов сложения волн.

Интерференция волн происходит в сечении резонатора с координатой n , ψ' в данный момент времени t . Интерферирующие волны поступают в резонатор в разные моменты времени t_0^{\pm} , которые определяются следующими выражениями:

$$t_0^{\pm} = t - t_p^{\pm}, \quad (15)$$

где t_p^{\pm} – время, затрачиваемое прямой и встречной волнами для достижения рассматриваемого сечения (n, ψ') . Соответственно,

$$t_p^+ = (2 \cdot \pi \cdot n + \psi') \cdot R / V_{\phi}^+; \quad t_p^- = [2 \cdot \pi \cdot (n+1) - \psi'] \cdot R / V_{\phi}^-. \quad (16)$$

Очевидно, что граничные условия для амплитуды напряжения:

$$U_m^{\pm}(t_0^{\pm}) = \begin{cases} U_m^{\pm}, & \text{если } 0 \leq t \leq \tau_u; \\ 0, & \text{если } \tau_u < t_0^{\pm} < 0. \end{cases} \quad (17)$$

Таким образом, учтен импульсный характер входного напряжения. $U_m(t_0)$ – определяется законом изменения амплитуды импульса, т.е. его видом, например, $U_m(t_0) = \text{const}$ – прямоугольный импульс.

Суммарная (стоячая) волна является результатом интерференции прямых и встречных волн:

$$U(n, \psi', t) = U_{\Sigma}^+(n, \psi', t) + U_{\Sigma}^-(n, \psi', t). \quad (18)$$

Полученное выражение позволяет вычислить напряжение стоячей волны на любом обороте и при любых значениях ψ' и t .

Поскольку обороты начинают отсчитывать с момента времени $t = 0$, то время можно выразить через число оборотов n_i и фазовую скорость прямой волны V_{ϕ}^+ :

$$t_n = 2 \cdot \pi \cdot n_i \cdot R / V_{\phi}^+. \quad (19)$$

В этом случае выражение для стоячей волны примет следующий вид:

$$\begin{aligned}
U(n, \psi', n_t) &= \sum_{n=0}^N U_m^+(t_0^+) \cdot e^{-\alpha^+ \cdot (2\pi n + \psi') R} \cdot \sin[\beta^+ \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_t \cdot R - \beta^+ \cdot [2 \cdot \pi \cdot n + \psi'] \cdot R + \varphi_0^+] + \\
&+ \sum_{n=0}^N U_m^-(t_0^-) \cdot e^{-\alpha^- [2\pi(n+1) - \psi'] R} \cdot \sin[\beta^+ \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_t \cdot R - \beta^- \cdot [2 \cdot \pi \cdot (n+1) - \psi'] \cdot R + \varphi_0^-] = \\
&= \sum_{n=0}^N \left\{ U_m^+(t_0^+) \cdot e^{-\alpha^+ \cdot (2\pi n + \psi') R} \cdot \sin[\beta^+ \cdot R \cdot [2 \cdot \pi \cdot (n_t - n) - \psi'] + \varphi_0^+] + \right. \\
&\left. + U_m^-(t_0^-) \cdot e^{-\alpha^- [2\pi(n+1) - \psi'] R} \cdot \sin[\beta^+ \cdot R \cdot [2 \cdot \pi \cdot (n_t - \beta^- / \beta^+ \cdot (n+1)) - \beta^- / \beta^+ \cdot \psi'] \cdot R + \varphi_0^-] \right\}. \quad (20)
\end{aligned}$$

Следовательно, задавая время дискретно, как время, необходимое прямой волне на совершение n_t оборотов, для каждого оборота по полученной формуле можно построить распределение напряжения стоячей волны в резонаторе по координате ψ' . Для получения полной картины стоячей волны потребуется взять несколько значений времени в пределах периода $T = 2\pi/\omega$:

$$t_m = t_n + T/M \cdot m, \quad \text{где } m = 0, 1, 2, \dots, M-1. \quad (21)$$

Это позволит определить максимальное значение напряжения в пучности стоячей волны. Подстановка в выражение для стоячей волны дает следующую добавку к начальным фазам φ_0^\pm :

$$\varphi_0^\pm + 2 \cdot \pi / M \cdot m. \quad (22)$$

Принцип действия резонансного микроволнового гироскопа основан на смещении узла стоячей волны при вращении спустя некоторое время после окончания возбуждающего входного импульса напряжения, определяемого добротностью резонатора и чувствительностью регистрирующего устройства. Для определения положения узла необходимо вычислить напряжение стоячей волны на интервале изменения ψ' , задаваемом значениями ψ'_{\min} и ψ'_{\max} , а также числом точек L на этом интервале:

$$\psi'_l = \psi'_{\min} + (\psi'_{\max} - \psi'_{\min}) \cdot l/L, \quad \text{где } l = 0, 1, 2, \dots, L-1. \quad (23)$$

Поскольку узлы отстоят друг от друга на расстоянии половины длины волны, то интервал должен быть не менее этого расстояния:

$$\psi'_{\max} - \psi'_{\min} > \pi V_{\phi} / \omega R. \quad (24)$$

Рассмотрим вопрос о выборе числа циклов N . Если $n = N > n_t$, то имеем расстояние, до которого волна еще не успела распространиться, и амплитуда ее напряжения $U_m^\pm = 0$. Действительно, в этом случае $t_0^\pm = t - t_p^\pm < 0$. Поэтому следует выбирать $N = n_t$.

На основании результатов проведенного анализа можно записать следующее выражение, описывающее переходный процесс в кольцевом резонаторе микроволнового гироскопа при импульсном возбуждении – математическая модель переходного процесса:

$$\begin{aligned}
U(\psi'_l, n_t, m) &= \sum_{n=0}^{n_t} \left\{ U_m^+(t_0^+) \cdot e^{-\alpha^+ \cdot (2\pi n + \psi'_l) R} \cdot \sin[\beta^+ \cdot R \cdot [2 \cdot \pi \cdot (n_t - n) - \psi'_l] + \varphi_0^+ + 2 \cdot \pi \cdot m/M] + \right. \\
&+ U_m^-(t_0^-) \cdot e^{-\alpha^- [2\pi(n+1) - \psi'_l] R} \cdot \\
&\left. \cdot \sin[\beta^+ \cdot R \cdot [2 \cdot \pi \cdot (n_t - \beta^- / \beta^+ \cdot (n+1)) - \beta^- / \beta^+ \cdot \psi'_l] \cdot R + \varphi_0^- + 2 \cdot \pi \cdot m/M] \right\}. \quad (25)
\end{aligned}$$

При вращении платформы со скоростью ω_z фазовые скорости электромагнитных волн относительно резонатора равны:

$$V_{\phi}^{\pm} = V_{\phi} \mp \omega_z \cdot R. \quad (26)$$

Фазовые постоянные волн:

$$\beta^{\pm} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{V_{\phi}^{\pm}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{V_{\phi} \mp \omega_z \cdot R}. \quad (27)$$

Путь, проходимый прямой волной за один оборот по средней линии резонатора, равен $L^+ = 2\pi R + \Delta l$, обратной волной – $L^- = 2\pi R - \Delta l$, где Δl – приращение пути за счет вращения резонатора с абсолютной угловой скоростью ω_z .

Разность хода волн Δl на одном обороте [2]:

$$\Delta l = \Delta t \cdot V_{\phi} = \frac{4 \cdot \omega_z \cdot S}{V_{\phi}}. \quad (28)$$

В режиме установившихся гармонических колебаний в произвольной однородной передающей линии векторы электрического и магнитного полей бегущей волны могут быть представлены в виде [3]:

$$E = E_m(r, \varphi) \cdot e^{-\alpha z} \cdot e^{j(\omega t - \beta z)}, \quad (29)$$

$$H = H_m(r, \varphi) \cdot e^{-\alpha z} \cdot e^{j(\omega t - \beta z)}. \quad (30)$$

При появлении абсолютной угловой скорости ω_z в выражениях (29) и (30) множитель $e^{-\alpha z}$ для прямой волны становится равным $e^{-\alpha(l+\Delta l)} = e^{-\alpha l(1+\Delta l/l)}$, а для встречной волны $e^{-\alpha(l-\Delta l)} = e^{-\alpha l(1-\Delta l/l)}$. Соответственно введем обозначения для постоянных затухания прямой и встречной волн:

$$\alpha^{\pm} = \alpha \cdot \left(1 \pm \frac{\Delta l}{l} \right) = \alpha \cdot \left(1 \pm \frac{2 \cdot \omega_z \cdot R}{V_{\phi}} \right). \quad (31)$$

Моделирование переходного процесса в кольцевом резонаторе микроволнового гироскопа при возбуждении импульсным сигналом проводилось с помощью методов объектно-ориентированного программирования в среде DELPHI. Волновод с радиусом $r = 2,4$ см, внутренние стенки которого покрыты золотой пленкой $\sigma_{cm} = 4,1 \cdot 10^7 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, возбуждается на волне типа H_{01} на частоте 30 ГГц, радиус кольца $R = 10$ см, амплитуда напряжения возбуждающего импульса $U_m = 1$ В, начальная фаза $\varphi_0^{\pm} = \pi/2$, процесс рассматривается в сечении резонатора $\psi'_l = \pi$.

На рис. 2 а приведены графики переходного процесса в кольцевом резонаторе при различной длительности возбуждающего импульса, соответствующей: 1 – 3000 оборотов прямой волны, 2 – 1500 оборотов прямой волны, 3 – 750 оборотам прямой волны. Рост напряжения в резонаторе и его затухание (спад) происходят по экспоненциальному закону. Процесс накопления энергии завершается при длительности импульса 3000 оборотов (напряжение в резонаторе выходит в насыщение, рис. 2 а, кривая 1), при дальнейшем увеличении длительности импульса энергия, поступающая в резонатор, будет рассеиваться в резонаторе.

На рис. 2 б приведены графики переходного процесса в резонаторе при его возбуждении на различных частотах: 1 – 30 ГГц, 2 – 29,999975 ГГц, 3 – 29,99995 ГГц, 4 – 29,9999 ГГц. На резонансной частоте 30 ГГц происходит синфазное сложение прямых и встречных волн. При изменении частоты наблюдается сдвиг фаз между колебаниями. С некоторого момента времени эти колебания складываются в противофазе, а переходный процесс в целом приобретает колебательный характер.

На рис. 2 в приведены графики переходного процесса при различных угловых скоростях вращения резонатора: 1 – $\omega_z = 0$, 2 – $\omega_z = 700$ рад/с, 3 – $\omega_z = 2500$ рад/с. При появлении вращения изменяются фазовые скорости прямой и встречной волн, соответственно сложение

волн происходит с разными фазами. При больших угловых скоростях переходный процесс приобретает колебательный характер.

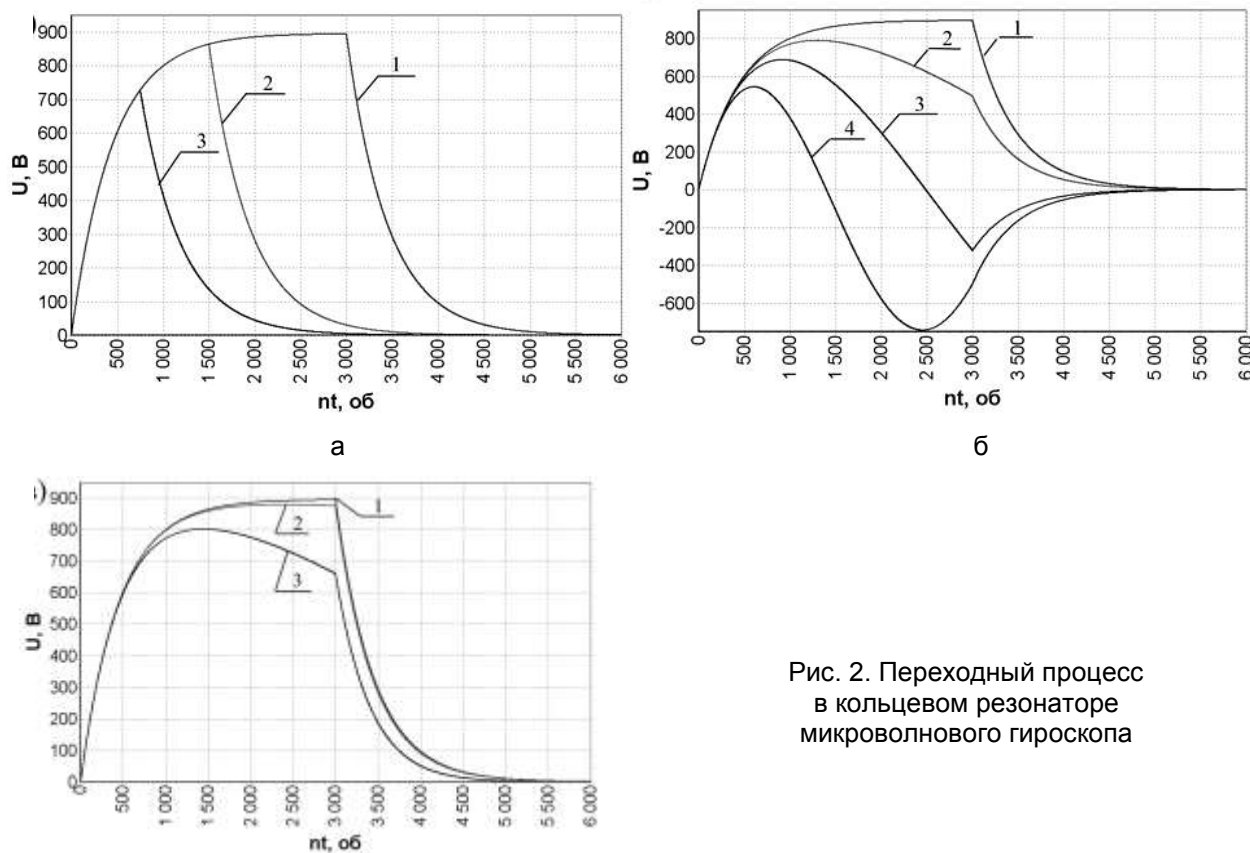


Рис. 2. Переходный процесс в кольцевом резонаторе микроволнового гироскопа

На резонансной характеристике (рис. 3 а) отображены мгновенные значения напряжения в точке $\psi'_i = \pi$ кольцевого резонатора в фиксированный момент времени. При уходе от частоты 30 ГГц на периметре резонатора укладывается нецелое число длин волн, а так как характер напряжения определяется суперпозицией прямых и встречных волн, наблюдается изрезанность резонансной характеристики. В широкой полосе (рис. 3 б) наблюдается последовательность резонансов, соответствующих частотам, при которых на периметре резонатора укладывается целое число длин волн.

Чувствительность микроволнового гироскопа оценивалась по изменению напряжения в точке минимума стоячей волны в резонаторе (рис. 4) и смещению этого минимума вдоль периметра резонатора (рис. 5) при появлении абсолютной угловой скорости вращения. На рис. 4 а приведены графики зависимости изменения напряжения в точке минимума стоячей волны от вращения при прохождении волнами разного количества оборотов: 1 – 4000 оборотов, 2 – 5000 оборотов, 3 – 6000 оборотов. Из графика видно, что чувствительность по напряжению в определенной точке возрастает при приближении к концу импульса, что объясняется большой амплитудой колебаний в резонаторе. На рис. 4 б приведены значения напряжения в точке минимума стоячей волны при угловой скорости $\omega_z = 1$ рад/с для разного количества оборотов прямой волны.

На рис. 5 а приведен график зависимости напряжения в резонаторе от угловой координаты ψ при $n_t = 6000$ для различных скоростей: 1 – $\omega_z = 0$, 2 – $\omega_z = 1$ рад/с, 3 – $\omega_z = 10$ рад/с. Информационным параметром здесь является смещение минимума стоячей волны вдоль периметра резонатора. На рис. 5 б приведены значения смещения минимума при угловой скорости $\omega_z = 1$ рад/с с увеличением числа оборотов n_t . Как видно из графика, эта зависимость носит практически линейный характер.

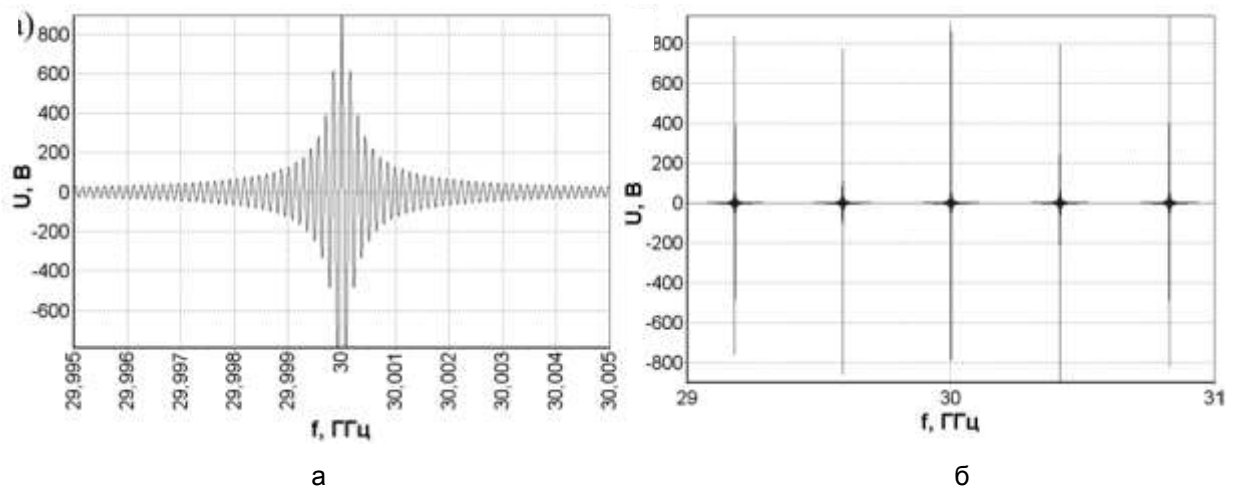


Рис. 3. Резонансные характеристики кольцевого резонатора микроволнового резонансного гироскопа

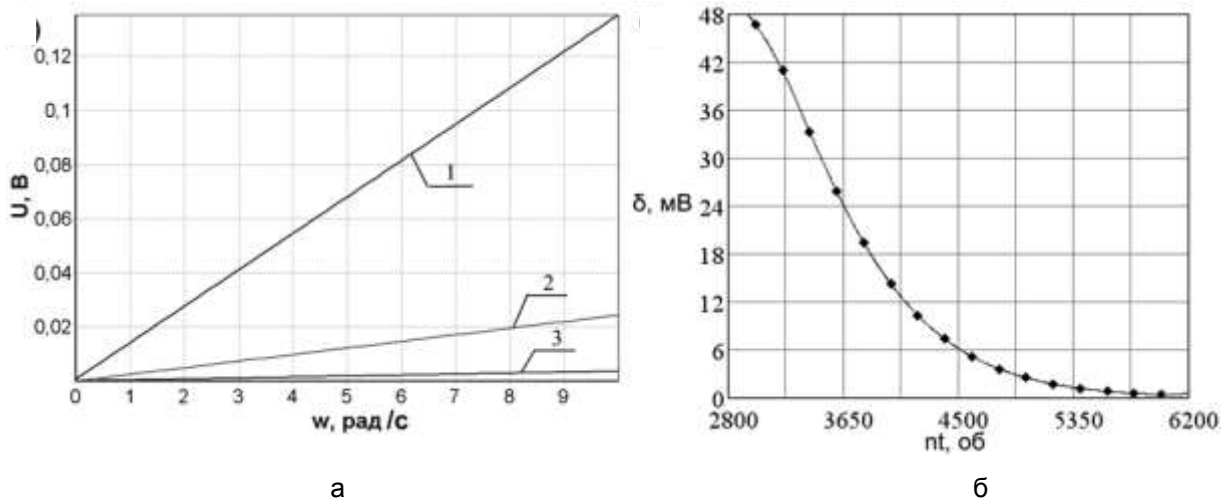


Рис. 4. Изменение напряжения в точке минимума стоячей волны

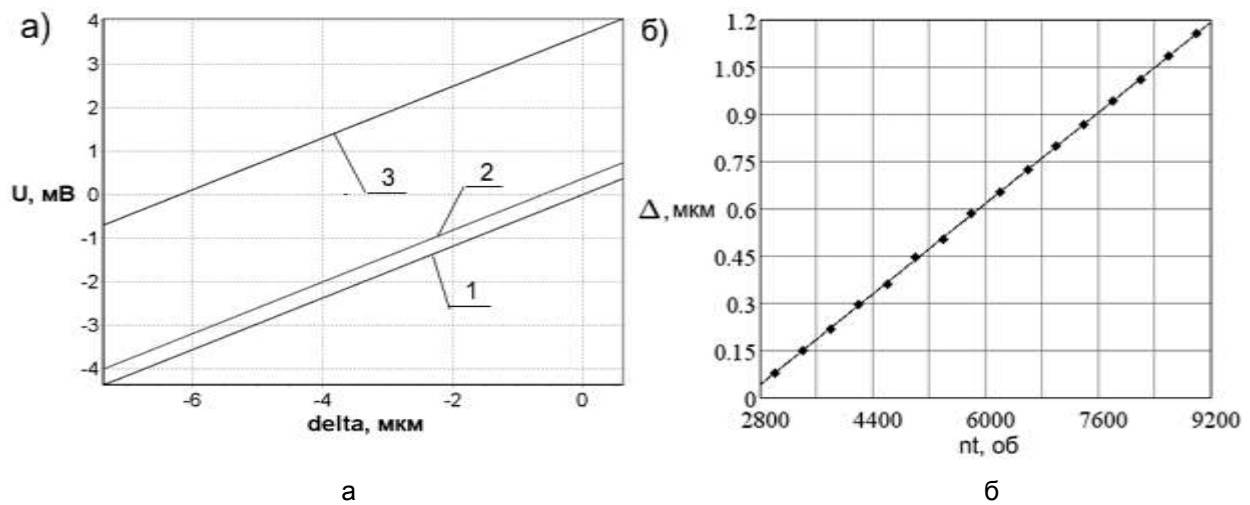


Рис. 5. Смещение минимума стоячей волны в зависимости от числа оборотов и абсолютной угловой скорости вращения

Из сравнения чувствительностей по напряжению и смещению узла стоячей волны к угловой скорости вращения резонатора следует, что с точки зрения практической реализации более перспективным представляется измерение скорости вращения по изменению напряжения стоячей волны.

Построена теория переходных процессов в протяженных кольцевых резонаторах при возбуждении импульсным сигналом с учетом эффекта Саньяка. Предложена математическая модель и разработана программа в среде объектно-ориентированного программирования DELPHI, позволяющие осуществлять математическое моделирование переходных процессов при различных параметрах резонатора и импульсного сигнала. Исследованы переходные и резонансные характеристики кольцевого резонатора на основе волновода с круглым поперечным сечением, получены оценки чувствительностей по напряжению, а также смещению узла стоячей волны к угловой скорости вращения резонатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бороздин В.Н. Гироскопические приборы и устройства систем управления / В.Н. Бороздин. М.: Машиностроение, 1990. 272 с.
2. Математическое моделирование работы СВЧ-резонансного гироскопа / П.К. Плотников, Б.К. Сивяков, Ю.П. Слаповская, И.Б. Яковлева // Сб. материалов XIV Санкт-Петерб. Междунар. конф. по интегрированным навигационным системам. СПб: Гос. науч. центр Рос. Федерации ЦНИИ «Электроприбор», 2007. С. 44-46.
3. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ: в 3 т. / И.В. Лебедев. М.: Высшая школа, 1970. Т. 1. 440 с.

Сивяков Борис Константинович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Электротехника и электроника» Саратовского государственного технического университета

Sivyakov Boris Konstantinovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of «Electrical Engineering and Electronics» of Saratov State Technical University

Слаповская Юлия Петровна – аспирант кафедры «Электротехника и электроника» Саратовского государственного технического университета

Slapovskaya Yulia Petrovna – Post-graduate Student of the Department of «Electrical Engineering and Electronics» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 11.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 621.791

В.Г. Конюшков, А.Н. Балакин

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД СОЕДИНЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Приведены физико-технические основы соединения неметаллических материалов (кварцев, ситалла, ферритов и др.) с металлами и друг с другом через электрически взрывааемые прослойки в вакууме.

Соединение материалов, кварц, ситалл, ферриты, колебательный контур, модели.

V.G. Konyushkov, A.N. Balakin

PERSPECTIVE METHOD OF BINDING NONMETALLIC MATERIALS OF ELECTRONIC TECHNICIS

Physic & technical binding basis of nonmetallic materials (quartz, glass-ceramics, ferrite and others) with metals and each other through electrically blast streaks in vacuum are given here.

Material binding, quartz, glass-ceramics, ferrite, oscillating circuit, models are represented in this work.

Введение

Развитие и совершенствование современной электроники приборостроения, авиационной и других отраслей промышленности невозможно представить без применения новых конструкционных материалов на основе керамики, ситаллов, кварца, ферритов и других неметаллических материалов. Эти материалы созданы на основе оксидов различных элементов и обладают уникальными физико-химическими свойствами.

Соединения этих материалов с металлами и друг с другом широко применяются для крепления элементов высокочастотных систем, для смотровых и волноводных окон, оболочек и корпусов электронных и газоразрядных приборов, для фотокатодов в приборах ночного видения, корпусах лазерных гироскопов, в ускорительной технике, при изготовлении ювелирных изделий и др. Традиционные методы получения таких соединений – склеивание и пайка – далеко не всегда обеспечивают высокую прочность, вакуумную плотность, термо-

стойкость, надежный тепловой и электрический контакт, сохранение свойств при длительном хранении.

Методы сварки с высокоинтенсивным воздействием параметров – сварка взрывом, ударная сварка в вакууме, магнитоимпульсная сварка, вакуумно-термическая магнитоимпульсная обработка не могут найти обоснованного применения для изготовления таких узлов.

Наиболее перспективным методом получения металлокерамических узлов является диффузионная сварка в вакууме (ДСВ). Однако в последние годы возникают задачи, которые практически невозможно решить в рамках традиционных технологических воздействий параметров ДСВ.

Не известны работы по сварке неметаллов с металлами указанными выше способами, в том числе и ДСВ. Соединение материалов с использованием электрического взрыва прослоев в вакууме (СВзПВ) позволяет решить эти задачи.

В литературе эти процессы исследованы недостаточно и в основном для проволочных проводников. Для плоских они практически не изучались.

Предмет данной публикации – разработка принципов, моделей и нанотехнологий соединения конструкционных неметаллов с металлами и с неметаллами через электрически взрывающиеся прослойки в вакууме.

Анализ теоретических и экспериментальных результатов электрического взрыва

Для электрического взрыва проводников используется схема колебательного контура с переменным сопротивлением.

Модель процесса взрыва прослоев при сварке диэлектриков представляет собой дифференциальное уравнение, описывающее последовательный колебательный контур с переменным сопротивлением:

$$\frac{d^2}{dt^2} V(t) + \frac{R_o + R_n(t)}{L} \cdot \frac{d}{dt} V(t) + \frac{1}{L \cdot C} \cdot V(t) = 0,$$

где $R_n(t)$ – эмпирическая функция сопротивления проводников; V – напряжение на конденсаторе; R_o , R_n – сопротивление внешней цепи и начальное сопротивление проводников; C , L – емкость конденсаторов и индуктивность цепи разряда.

На графиках (на рис. 1) показаны зависимости сопротивления проводника, тока в цепи разряда, напряжения на батарее конденсатора и на проводнике от времени. С участием сопротивления прослоя они позволяют рассчитать оптимальные параметры цепи для «быстрого» взрыва.

Впервые сделана попытка разработать перколяционную модель электрического взрыва прослоев из фольги и подтвердить ее экспериментально.

Металлические прослойки имеют зернистое строение. Электросопротивление границ зерен, мелкодисперсных фаз и других неоднородностей отличается от электросопротивления металла внутри зерен. Здесь оно значительно меньше.

В связи с этим плоский проводник представлен в виде сетки сопротивлений со случайным или регулярным разбросом номиналов сопротивлений.

Цепь рассчитывается матрично-топологическим методом.

Расчеты велись в среде Mathcad на ЭВМ AMD Athlon(tm) 64X2 Dual Core Processor 4800+2,50 ГГц, 2 ГБ ОЗУ. Время одного испытания с сеткой 100×100 составляет около 2 мин. Усреднение проводилось по 30 испытаниям. Общее время расчета 60 мин.

Температура ветвей для двух моментов времени показана на рис. 2 а, б. Отчетливо видны «пики» взрыва на границах зерен.

Согласно предложенной перколяционной модели и экспериментальным результатам представляется следующая физическая картина электровзрыва проводника. Так как электросопротивление границ зерен значительно больше сопротивления в объеме, то плавление

начинается с границы зерен и распространяется в их глубь. Однако общая доля расплавленных зерен не превышает 0,7.

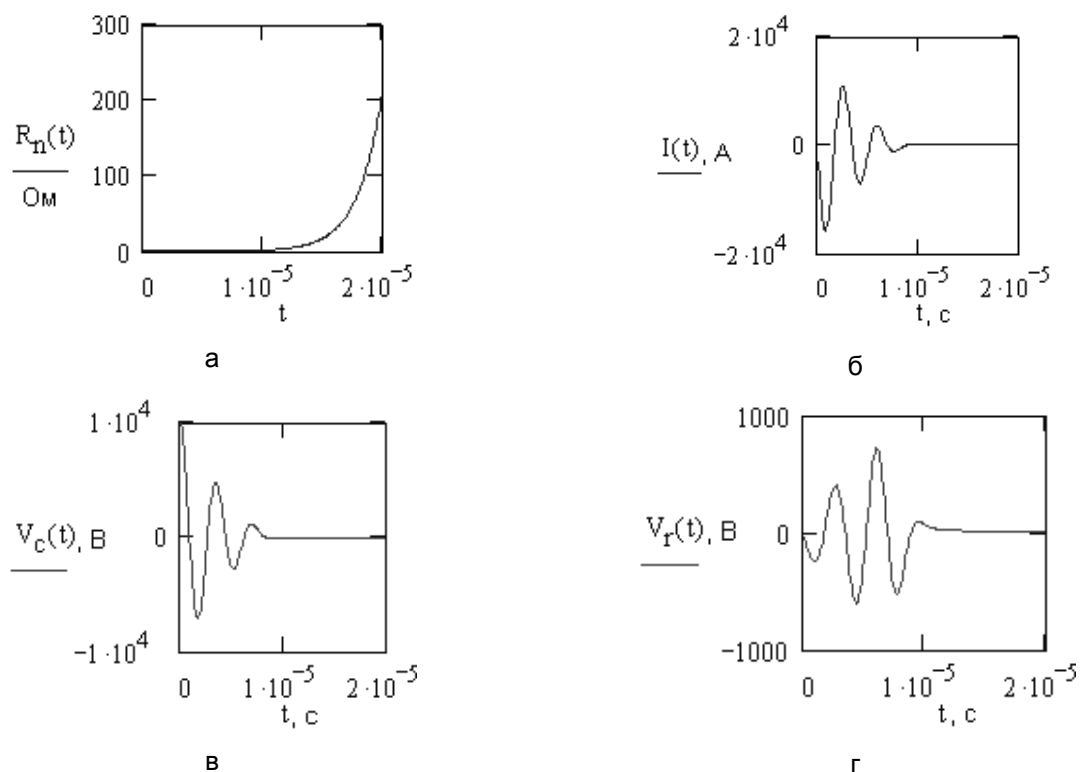


Рис. 1. Зависимость сопротивления проводника (а), тока в цепи разряда (б), напряжения на батарее (в) и на проводнике (г) от времени разряда при $R_0 = 0,1$ Ом, $L = 3 \cdot 10^{-7}$ Гн, $C = 10^{-6}$ Ф и начальном сопротивлении проводника 0,01 Ом ($W_n = 13,198$ Дж, $W_c = 50$ Дж)

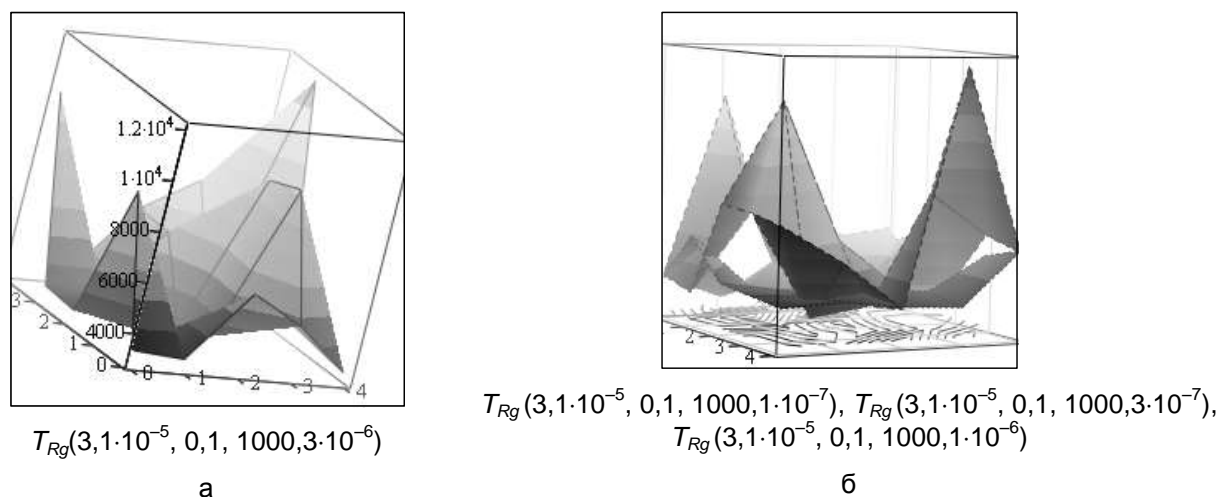


Рис. 2. Распределение температуры по площади проводника для трех последовательных моментов времени

Для определения механизма взаимодействия материалов при СВЗПВ исследованы кристаллографические аспекты образования соединений разнородных материалов в твердом состоянии при невысоких температурах, когда гетеродиффузия или диффузия на поверхно-

сти сварки не имеет ощутимого развития. По аналогии с диффузионной сваркой такое соединение может быть классифицировано как соединение адгезионного типа.

Исследования дифрактограмм металлической фольги после сварки с использованием СВЗПВ представлены на рис. 3, а исходной фольги из материала 47НД – на рис. 4, векторами предпочтительной ориентации кристаллографических плоскостей, ограничивающих фольгу.

Исходная фольга ориентирована плоскостью (200) или, что то же самое, плоскостью (100) к плоскости прокатки, а переплавленная СВЗПВ плёнка на поверхности ситалла – плоскостью (222) или, что то же самое, плоскостью (111) к поверхности подложки.

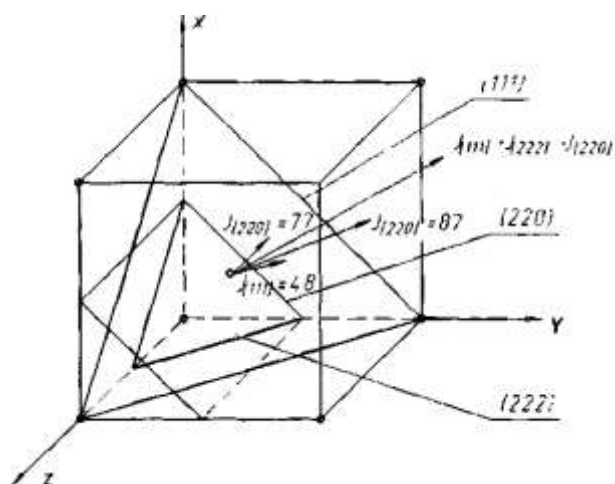


Рис. 3. Кристаллографическое состояние прослойки после воздействия СВЗПВ

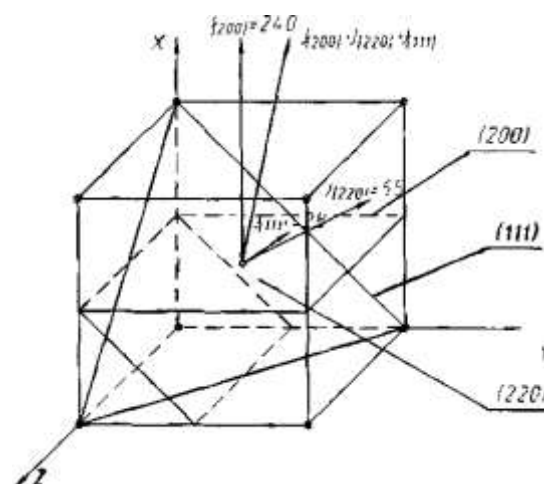


Рис. 4. Кристаллографическое состояние фольги (исходное состояние)

Таким образом, плавление и кристаллизация привели к переориентации предпочтительных кристаллографических направлений в металлической прослойке.

Проведённые рентгеноструктурные исследования поверхности никелевой прослойки после разрушения соединения по границе контакта показали существенное изменение интенсивностей рефлексов от плоскостей с малыми индексами Миллера. Табличное соотношение интенсивностей рефлексов плоскостей (111):(200):(220):(311) составляет соответственно 100:50:32:32, а после соединения 100:394:124:106. Это свидетельствует о том, что при кристаллизации зерна Ni ориентируются к подложке преимущественно гранями куба элементарной ячейки. Можно полагать, что термодинамически это приводит к большему выигрышу энергии, поскольку свободная энергия грани куба ячейки никеля составляет 1060 мДж/м^3 , а плоскости пространственной диагонали (111) – 926 мДж/м .

Это обеспечивает возможность при использовании СВЗПВ получать качественные соединения металлов и неметаллов, а также неметаллов с неметаллами (керамика + ферриты, ситалл + кварцевое стекло, рубин + рубин и др.).

Выводы

На основании исследований решена актуальная научная задача, заключающаяся в разработке основ нанотехнологий соединения материалов через электрически взрывающиеся прослойки в вакууме при пониженных температурах и давлениях, обеспечивающая получение качественных соединений металлов, металлов с неметаллическими материалами и неметаллов с неметаллами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зоркин А.Я. Модель процессов соединения диэлектриков способом взрывающихся проводников / А.Я. Зоркин, О.Ю. Жевалев, В.Г. Конюшков // Быстрозакаленные материалы и

покрытия: сб. тр. 7-й Всерос. с междунар. участием науч.-техн. конф. М.: МАТИ - РГТУ им. К.Э. Циолковского. 2008. С. 390-394.

2. Мусин Р.А. Кристаллографические аспекты образования соединений разнородных материалов в твердой фазе / Р.А. Мусин, Г.В. Конюшков, В.Г. Конюшков // Современные проблемы машиностроения: тр. IV Междунар. науч.-техн. конф. Томск: ТГУ, 2008. С. 418-422.

3. Конюшков В.Г. Перколяционная модель электрического взрыва проводников в вакууме / В.Г. Конюшков // Вакуумная наука и техника: материалы XVI науч.-техн. конф. с участием зарубежных специалистов. М.: МИЭМ 2009. С. 47-51.

4. Конюшков В.Г. Нанотехнологии при сварке через электрически взрывааемые прослойки в вакууме / В.Г. Конюшков // Успехи современной электротехнологии: труды Междунар. науч.-техн. конф. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2009. С. 211-214.

Конюшков Владимир Геннадьевич – аспирант кафедры «Электронное машиностроение и сварка» Саратовского государственного технического университета

Konyushkov Vladimir Gennadyevich – Post-graduate Student of the Department of «Electronic Machine Building and Welding» of Saratov State Technical University

Балакин Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронное машиностроение и сварка» Саратовского государственного технического университета

Balakin Aleksandr Nikolayevich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Electronic Machine Building and Welding» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 02.02.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 621.382.029.6.001

Р.А. Корнев, Н.М. Ушаков

ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЙ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ КАК АНАЛОГ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Предлагается использовать электроакустические многоэлементные преобразователи бегущих волн (ЭМПБВ) для формирования сложного акустического поля, аналогичного дифракционному электромагнитному полю фазированной антенной решетки в масштабе $1:10^5$. Рассмотрено формирование диаграммы направленности ЭМПБВ в упругооптической среде в полосе частот от 1000 до 3000 МГц. Как пример, получена модель ЭМПБВ, работающего в СВЧ-диапазоне 1490-2740 МГц, и приведены его основные характеристики.

Формирование акустического поля, электроакустический преобразователь, фазированная акустическая антенная решетка, фазированная антенная решетка.

R.A. Kornev, N.M. Ushakov

THE ELECTRICACOUSTIC MULTIELEMENT TRAVELING-WAVE CONVERTER AS PHASED ARRAY ANALOG

In the present work the use of multi-element electric acoustic traveling-wave converters (EMTC) for formation of a complex acoustic field similar diffraction field to an electromagnetic field of the phased array in scale $1:10^5$ is offered. Formation of the directional diagram on in elastic-optic medium for EMTC in the frequency range from 1000 up to 3000 MHz is considered. As the example, as EMTC model, as basic characteristics for the microwave range of 1490-2740 MHz are studied.

Formation of an acoustic field, the electro-acoustic converter, the phased acoustic antenna lattice, the phased antenna lattice.

Антенны с электронным управлением пространственного положения луча или, другими словами, фазированные антенные решетки (ФАР), относятся к основному типу антенн, применяемых в современных радиолокационных станциях (РЛС). Основное внимание исследователя или конструктора на первом этапе работы при теоретическом исследовании или конструировании ФАР уделяется формированию излучающей системы, способной обеспечить заданную форму диаграммы направленности антенны. В данной работе под ФАР подразумевается антенна с одномерным сканированием, используемая для работы с объектами в одной плоскости, например, в акватории морского порта.

Исследование и моделирование процессов формирования сложных дифракционных электромагнитных полей ФАР можно значительно упростить, если использовать принципы масштабирования и реализовать все волновые процессы формирования диаграммы направленности в акустическом поле. Для формирования сложного акустического поля, аналогичного дифракционному электромагнитному полю ФАР в масштабе $1:10^5$, предлагается использовать электроакустические многоэлементные преобразователи бегущих волн. Предполагается, что акустическая среда изотропна. Использование ЭМПБВ с малым затуханием электромагнитных волн в нем позволяет проводить физическое моделирование процессов формирования диаграммы направленности ФАР практически при любой частотной зависимости фазового сдвига. Кроме того, управляя затуханием электромагнитных волн (ЭМВ) в ЭМПБВ, можно формировать диаграммы направленности ФАР с амплитудными весовыми коэффициентами на фазосдвигающих ячейках.

Предлагается использовать акустооптическую ячейку с фазированной акустической антенной решеткой (ФААР), на которую подаются сигналы от ФАР. Причем, каждая i -я фазосдвигающая ячейка имеет весовой множитель $k_i = \alpha + j\varphi$, где α – коэффициент затухания ЭМВ, φ – фазовый сдвиг на ячейку. Как уже было сказано выше, такую ФААР можно заменить специально подобранным ЭМПБВ.

Процесс электроакустического преобразования с помощью ЭМПБВ обусловлен последовательным преобразованием электромагнитных волн в акустические. При этом эффективность возбуждения гиперзвуковых волн (ГЗВ) находится в прямой зависимости от распределения электрического поля в ЗС на каждой частоте, степени согласования ЗС со стандартной передающей линией и эффективности электроакустического преобразования в каждом элементе.

С разными типами ЭМПБВ можно ознакомиться в работах [1, 2]. Технология изготовления планарных ЭМПБВ основана на хорошо отработанных методах, как вакуумного или плазменного (магнетронного) напыления, так и оптической или электронной литографии, что позволяет создавать устройства со стабильными воспроизводимыми параметрами.

Рассмотрим ЭМПБВ в виде планарной периодической замедляющей системы, в которой медленные ТЕ волны конвертируются в гиперзвуковые волны. Рассмотренная замедляющая система спирального типа имеет период $p = 0,3310^{-3}$ м, протяженность отдельного излучателя $d = 0,110^{-3}$ м, число элементов решетки $N = 25$. Каждый виток спирали своей уплощенной частью электрически связан с поверхностью пьезоэлектрика ZnO через проводящую пленочную полосу толщиной a_1 . Связь между пьезоэлектриком и упругооптической средой тоже осуществляется через пленочный металлический слой a_2 . Наилучшие результаты удалось получить, используя алюминиевые пленочные полосы. Толщина этого промежуточного пленочного слоя играет большую роль для электрического согласования, смысл которого состоит в том, что емкость, которую образует каждый виток спирали с пьезоэлектриком и проводящим экраном, компенсируется индуктивностью этого витка. Эквивалентная схема планарной ЗС может быть представлена как схема четырехполюсников типа фильтра нижних частот (ФНЧ).

Толщина a имеет относительную величину

$$a = \left(\frac{\mathfrak{G}_p}{\mathfrak{G}} \right) \cdot \left(\frac{b}{b_p} \right),$$

где v и v_p – скорость акустической волны в пленке и пьезоэлектрике; b и b_p – толщина пленки и пьезоэлектрика соответственно.

Электрические поля емкостных зазоров витков спирали являются сторонними и возбуждают акустические волны с фазовым сдвигом, равным фазовому сдвигу электрического поля ЗС на период. Наклон волнового фронта возбуждаемой ГЗВ ϕ определяется отношением скорости ГЗВ (V_{ac}) к фазовой скорости пространственной гармоники ЭМВ (V_{ph}):

$$\sin \phi \cong \phi = V_{ac}/V_{ph} = (c/V_{ph})(V_{ac}/c),$$

где $c/V_{ph} = (c\Theta_m)/(\Omega\Lambda)$ – замедление в ЗС, $\Theta_m = \Theta_0 + 2\pi m$ – фазовый сдвиг на период для m -й пространственной гармоники, $\Lambda = p$ – пространственный период ЗС. Малость аргумента $\sin \phi$ обусловлена тем, что $V_{ac} \ll V_{ph}$. Здесь c – скорость света в вакууме.

Дисперсионное соотношение для цепочки четырехполюсников можно записать, как [2]:

$$ch \dot{\Gamma} = \dot{A}_{11}. \quad (1)$$

Здесь $\dot{\Gamma} = \alpha + j\theta$ – постоянная распространения; α – коэффициент затухания; θ – фазовый сдвиг на ячейку; A_{11} – параметр матрицы передачи четырехполюсника.

$$\dot{A}_{11}(x) = 1 + \frac{\dot{Z}(x)\dot{Y}(x)}{2}, \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} \dot{Z}(x) &= j\omega L_0 + R = j\omega L_0; \quad \dot{Y}(x) = G_{ca}(x) + j\omega C_0 K_0(x); \\ K_{er}(x) &= 1 + (4k^2/x)F_{er}(x); \quad x = \pi(\omega/\omega_c) = \pi x_0(\omega_p)/(\omega_c). \end{aligned}$$

$F_{er}(x)$ – функция реактивной проводимости пьезоэлектрического преобразователя.

Из (1) и (2) в приближении малости потерь в системе $ch \alpha \approx 1$ и $sh \alpha \approx \alpha$

$$\alpha \tan \theta = B_1 / A_1,$$

где

$$A_1 = 1 - 2(\omega/\omega_c)^2 K_{er}(x), \quad B_1 = (8k^2/x)F_{er}(x)(\omega/\omega_c)^2.$$

Методом разделения переменных получим окончательное дисперсионное соотношение в виде:

$$\sin^2(\theta/2) = (\omega/\omega_c)^2 K_{er},$$

где $\omega_c = 2/\sqrt{L_0 C_0}$ – частота отсечки или критическая частота ЗС.

Аналогично ФАР для ЭМПБВ выполняются два условия. Первое: в различных точках акустической волны осцилляции происходят синхронно, то есть разность фаз между двумя точками не зависит от времени. Второе: устройство изменения фазы (фазовращатель), в нашем случае это ЭМПБВ, позволяет управлять изменением фаз на каждом излучателе по известному закону.

Дисперсионное соотношение справедливо для основной пространственной гармоники с фазовым сдвигом $\Theta = \Theta_0$. Для одноступенчатой ЗС все фазовые сдвиги пространственных гармоник определяются соотношением $\Theta_m = \Theta_0 + 2\pi m$, где $m = \pm 1, \pm 2, \dots$

Параметр затухания определяется, как

$$\alpha = B_1 / \left(2\sqrt{A_{12}(1 - A_{12})} \right),$$

$$A_{12} = (\omega / \omega_c)^2 K_{er}.$$

Исследование углового спектра акустического поля осуществляется методом акусто-оптического зондирования. Суть метода заключается в том, что интенсивность света в дифракционном максимуме в приближении слабой АО связи однозначно связана с интенсивностью акустического поля в произвольном направлении распространения гиперзвуковых волн в зондируемой среде.

Изменение угловой ориентации оптического луча относительно упругооптической среды при фиксированной частоте возбуждающей ЭМВ назовем угловой расстройкой. Предположим, что электроакустический преобразователь бегущей волны полностью согласован со стандартной передающей линией и коэффициент передачи его имеет постоянную величину в пределах полосы расстройки частот. Угловая расстройка позволяет оценить угловой спектр на фиксированной частоте акустического сигнала, поскольку угловые спектры дифрагированного света и акустического поля линейно связаны между собой. Пусть угловой спектр падающего света представлен только одной переменной пространственной частотой. Тогда аппаратная функция брэгговского рассеяния света на гиперзвуке при изменении угла ϕ повторяет вид углового спектра акустического поля ФААР и имеет вид:

$$G(\phi) = (1 - |\dot{I}|^2)(1 - e^{-2\alpha N}) \cdot \left(\frac{1 - e^{-\alpha N} (2 \cos(2\pi f_0 p N (\phi - \phi_m) / V) - e^{-\alpha N})}{1 - e^{-\alpha} (\cos(2\pi f_0 p (\phi - \phi_m) / V) - e^{-\alpha})} \right) \cdot \left(\frac{\sin(\pi d f_0 \phi / V)}{N \pi d f_0 \phi / V} \right)^2,$$

где f_0 – фиксированная частота радиосигнала; ϕ_m – угол между центральным акустическим волновым вектором углового спектра, соответствующим m -й пространственной гармонике поля ЗС, и нормалью к плоскости преобразователя.

Основным источником потерь ЭМПБВ являются потери на электроакустическое преобразование. Высокие потери на преобразование означают более интенсивное преобразование излучателями, что сказывается на длине прохождения ЭМВ вдоль излучателей. При относительно высоком уровне преобразования и большом количестве излучателей может оказаться, что на крайних излучателях энергия волны будет очень мала, а распределение поля по апертуре будет экспонентным. Для каждой задачи формирования акустического поля существуют оптимальные соотношения между затуханием ЭМВ на преобразователях и их количеством. Затухание ЭМВ в первую очередь определяется толщинами промежуточных слоев преобразователей. Задача данной работы – изучить характер изменения основных характеристик преобразователя от толщины промежуточного слоя, подобрать параметры наиболее широкополосного и эффективного преобразователя по уровню 3 дБ и показать картину формируемого акустического поля.

При толщинах промежуточных слоев более 0,15 удастся добиться минимальных потерь на преобразование в относительно широкой полосе частот, но при этом падает интенсивность звука. На рис. 1 изображено затухание ЭМВ для ЭМПБВ с разными толщинами промежуточных слоев $a1$ и $a2$. С уменьшением толщины промежуточного слоя менее 0,15 увеличиваются эффективность преобразователя и потери на преобразование, ширина полосы возбуждения звука уменьшается.

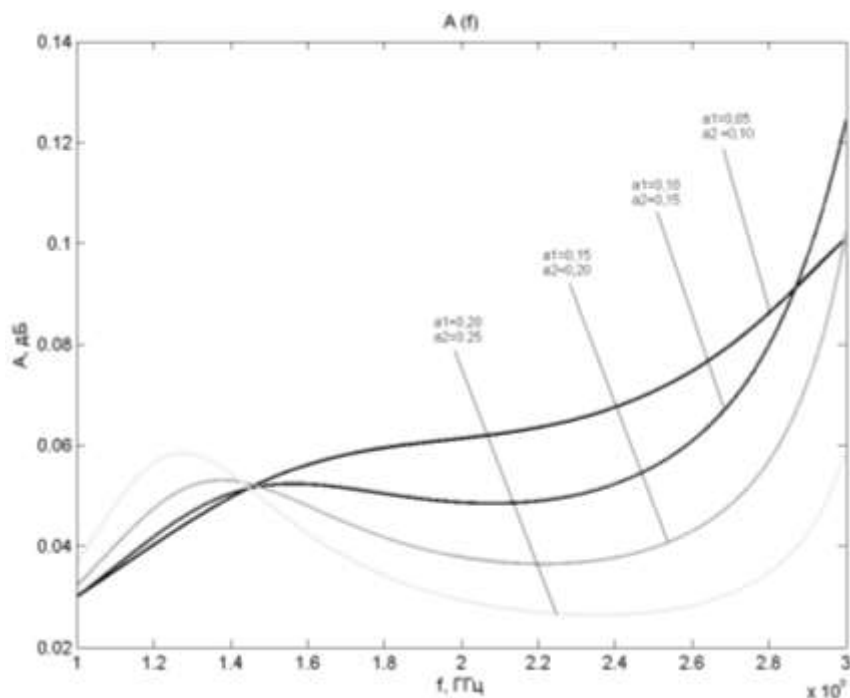


Рис. 1. Затухание ЭМВ для ЭМПБВ с разными толщинами промежуточных слоев a_1 и a_2

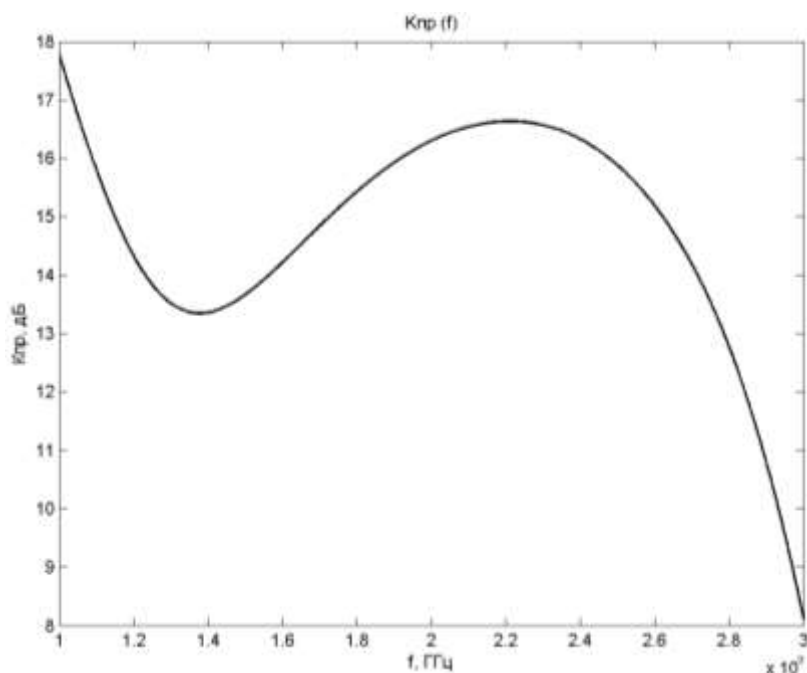
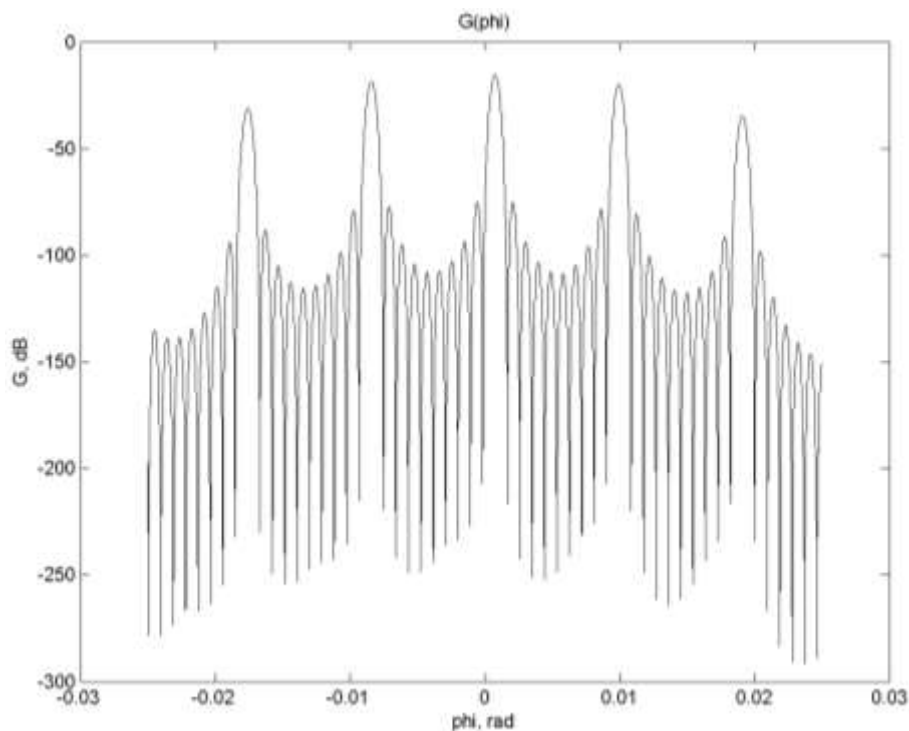


Рис. 2. Коэффициент преобразования для ЭМПБВ с толщинами промежуточных слоев $a_1 = 0,15$ и $a_2 = 0,20$

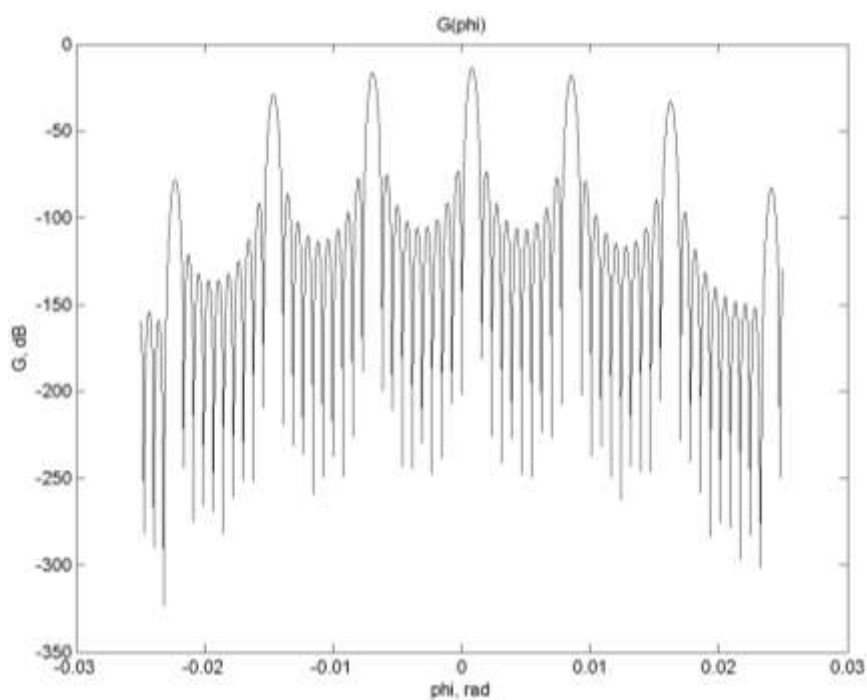
В результате подбора параметров был определен ЭМПБВ, коэффициент преобразования $K_{пр}$ которого изображен на рис. 2. Преобразователь имеет два алюминиевых промежуточных слоя относительной толщиной $a_1=0,15$ и $a_2=0,20$. Возбуждение гиперзвука происходит в широкой полосе частот 1490-2740 МГц.

На рис. 3 приведены рассчитанные угловые спектры сложных акустических полей с минимальным и максимальным уровнями затухания СВЧ-сигнала α в заданном диапазоне

частот: а) $A = 0,035$ дБ, соответствует $f = 2,31$ ГГц; б) $A = 0,043$ дБ, соответствует $f = 2,74$ ГГц. Предполагалось, что акустический сигнал в виде продольных волн возбуждается в звукопроводе из ниобата лития X-среза (скорость $V = 6571$ м/с) с помощью преобразователя с периодом $p = 0,3310^{-3}$ м, протяженностью отдельного излучателя $d = 0,110^{-3}$ м, числом элементов $N = 25$ и частотой отсечки ФНЧ $f_c = 10$ ГГц.



а



б

Рис. 3. Угловые спектры акустического поля с разным уровнем затухания СВЧ-сигнала в ЭМПБВ: а – $A = 0,035$ дБ; б – $A = 0,043$ дБ

Основными задачами при проектировании ФАР являются разработка фазовращателей, управляющих фазой электромагнитных волн на излучателях, и формирование ЭМ поля с минимальными отклонениями от заданных параметров. Используя принцип масштабирования, ФАР можно заменить тщательно подобранным ЭМПБВ, описанным в работе. Математический аппарат для определения и моделирования весовых множителей на каждом элементе ЭМПБВ существует и используется в данной и других работах [2-4]. Анализ результатов (рис. 4) показывает, что дифракционные максимумы на разных частотах преобразователя различаются не более чем на 2 дБ. ЭМПБВ возбуждает акустическое поле с уровнем главных максимумов не менее –20 дБ, со стабильными характеристиками по полосе частот, и при определенных условиях может иметь применение в качестве аналога линейной ФАР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gordon E. Review of acoustooptical deflection and modulation devices / E. Gordon // Proc. IEEE. 1966. Vol. 54. № 10. P. 391-1401.
2. Ushakov N.M. Broad-Band Bragg Scattering of Light by Hypersound Excited in Dielectric and Semiconductor Media by Periodic Planar Slow-Wave Systems (Part 1) / N.M. Ushakov // Photonics and optoelectronics. 1998. Vol. 5. № 4. P. 195-205.
3. Ushakov N.M. Broad-Band Bragg Scattering of Light by Hypersound Excited in Dielectric and Semiconductor Media by Periodic Planar Slow-Wave Systems (Part 2) / N.M. Ushakov // Photonics and optoelectronics. 1998. Vol. 5. № 4. P. 207-217.
4. Ушаков Н.М. Многоэлементный электроакустический преобразователь бегущей волны как аналог фазированной антенной решетки / Н.М. Ушаков, Р.А. Корнев // Сборник трудов XIX сессии Российского акустического общества. М., 2007. С. 76-80.

Корнев Руслан Анатольевич – аспирант кафедры «Радиотехника» Саратовского государственного технического университета

Kornev Ruslan Anatolyevich – Post-graduate Student of the Department of «Radio Engineering» of Saratov State Technical University

Ушаков Николай Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией Саратовского филиала Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

Ushakov Nikolay Mikhaylovich – Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor, Head of the Laboratory of Saratov Branch of the Institute of Radio Engineering and Electronics in the name of V.A. Kotelnikov of Russian Academy of Sciences

Статья поступила в редакцию 27.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 517.957:532.57

П.А. Львов

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОПОЛЮСНЫХ РЕФЛЕКТОМЕТРОВ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА ДЛЯ РЕШЕНИЯ РЯДА ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

Обсуждаются преимущества статистической калибровки многоканального рефлектомера (МР), особенности МР специального вида, и показывается эффективность их применения для решения различных приклад-

ных задач, таких как измерение соотношения «вода – цемент» в строительных растворах, измерение сверхмалых скоростей на основе эффекта Доплера и построения разнесенных СВЧ-изображений.

Многополюсный рефлектометр, калибровка, многополюсники специального вида, измерение сверхмалых скоростей, разнесенные СВЧ-изображения.

Р.А. Lvov

SPECIAL CONSTRUCTION MR USAGE IN SOME PRACTICAL APPLICATIONS

The paper outlines some main advantages of statistical calibration procedure for calibrating MR. Also it discusses main features of multiport reflect meters of special construction and show the efficiency of their usage in several practical applications, e.g. water-to-cement ratio measurement for structural concrete samples, very low velocities measurement using Doppler effect and microwave diversity imaging.

Multiport reflect meter, calibration, multiport of special construction, very low velocities measurement, microwave diversity imaging.

Введение



Рис. 1. СВЧ-измеритель на основе МР

На рис. 1 представлен общий вид СВЧ-измерителя на основе многополюсного рефлектометра (МР). Генератор Γ создает в измерителе СВЧ-колебания a заданной частоты. В процессе своего дальнейшего распространения эти волны отражаются от исследуемого объекта (ИО), создавая информационную волну b . В большинстве приложений интересующим исследователя параметром ИО является его комплексный коэффициент отражения (ККО) $\Gamma = b/a$.

В качестве измерителей к МР подключается набор датчиков $D_1 \dots D_N$ (обычно это квадратичные детекторы мощности). Таким образом, на заданной частоте при исследовании данного объекта, можно получить следующую систему уравнений:

$$u_i = |A_i a + B_i b|^2, \quad i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где N – число датчиков; A_i и B_i – комплексные константы МР, которые определяются в процессе калибровки.

Целью калибровки является как раз определение неизвестных констант A_i и B_i . Для этого обычно используется набор из K нагрузок с известными ККО, для которых получается, согласно (1), следующая система из NK уравнений с $2(N+K)$ неизвестными:

$$u_{ij} = |A_i a_j + B_i b_j|^2 + \xi_{ij}, \quad i = \overline{1, N}; \quad j = \overline{1, K}, \quad (2)$$

где u_{ij} – мощность, измеряемая i -м детектором при подсоединении j -й нагрузки; $\Gamma_j = b_j/a_j$ – ККО j -й нагрузки; ξ_{ij} – случайные аддитивные ошибки измерения (обусловленные в основном тепловыми шумами детектора и полагаемые нормальными случайными величинами с нулевым средним и неизвестной дисперсией). Таким образом, определение искомых констант происходит в процессе решения системы (2).

Основной проблемой калибровки является требование о точном знании значений ККО подключаемых нагрузок. Прецизионные нагрузки, у которых ККО известен с достаточной точностью, чрезвычайно дорогостоящи, и для большинства областей возможного использования МР недоступны. В связи с этим, в литературе очень большое внимание уделяется именно проблеме калибровки и поискам пути ее проведения с помощью обычных широко распространенных нагрузок. Предлагаемые методы, в основном, основаны на составлении отношений из измеряемых мощностей (то есть, из уравнений вида (1)), когда один из измерительных портов (например, первый) полагается опорным, и все показания мощностей с остальных портов рассчитываются относительно него:

$$p_i = \frac{u_i}{u_1} = \frac{|A_i a + B_i b|^2}{|A_1 a + B_1 b|^2} = k_i \frac{|Q_i \Gamma + 1|^2}{|Q_1 \Gamma + 1|^2}, \quad i = \overline{2, N}, \quad (3)$$

где $k_i = A_i/A_1$ – действительные числа; $Q_i = B_i/B_1$ – комплексные числа. Далее проводится замена переменных

$$\begin{aligned} c_{i1} &= k_i |Q_i|^2 - p_i |Q_1|^2, \\ c_{i2} &= 2k_i \operatorname{Re}(Q_i) - 2p_i \operatorname{Re}(Q_1), \quad (i = \overline{2, N}) \\ c_{i3} &= -2k_i \operatorname{Im}(Q_i) + 2p_i \operatorname{Im}(Q_1) \end{aligned}$$

и система (3) приводится к виду

$$\mathbf{C} \cdot \mathbf{x} = \mathbf{b}$$

($b_i = p_i - k_i$ – элементы вектора \mathbf{b}) относительно нового набора неизвестных

$$\mathbf{x} = [|\Gamma|^2, \operatorname{Re}(\Gamma), \operatorname{Im}(\Gamma)]^T. \quad (4)$$

Если число уравнений в системе (3) не меньше четырех, то она может быть решена по методу наименьших квадратов. Ее решение имеет вид $\hat{\mathbf{x}} = (\mathbf{C}^T \mathbf{C})^{-1} \mathbf{C}^T \mathbf{b}$, где T и -1 обозначают соответственно операции транспонирования и нахождения обратной матрицы.

Однако данный подход имеет ряд существенных недостатков [4]. Вкратце, основными из них являются пренебрежение ошибками измерения значений мощности u_i и существующее нелинейное ограничение на компоненты вектора \mathbf{x} в (4). Эти недостатки существенно снижают потенциальную точность калибровки, и, следовательно, последующих измерений.

Более перспективным и свободным от этих недостатков является статистический метод, подробно изложенный в работах [2, 3]. Согласно этому подходу, математическая модель МР описывается следующими уравнениями, которые получаются из (2):

$$u_{ij} = |A_i a_j|^2 + |B_i b_j|^2 + 2|A_i a_j B_i b_j| \cos(\psi_i + \varphi_j) + \xi_{ij}, \quad i = \overline{1, N}; j = \overline{1, K},$$

где $\psi_i = \arg(B_i/A_i)$; $\varphi_j = \arg(b_j/a_j)$. После проведения замены переменных

$$\begin{aligned} x_{i1} &= A_i^2 + \Gamma^2 B_i^2, & q_{1j} &= a_j^2, \\ x_{i2} &= 2A_i \Gamma B_i \cos \psi_i, & q_{2j} &= a_j^2 \cos \varphi_j, \quad (i = \overline{1, N}; j = \overline{1, K}) \\ x_{i3} &= 2A_i \Gamma B_i \sin \psi_i, & q_{3j} &= -a_j^2 \sin \varphi_j, \end{aligned}$$

система уравнений (3) может быть представлена в матричном виде

$$\mathbf{U} = \mathbf{XQ} + \Xi.$$

Дальнейшее решение этой системы основано на разложении матрицы \mathbf{U} по сингулярным числам. Подробнее процесс решения рассмотрен в [2, 3].

В данной статье пойдет речь о применении многополюсников специальной конструкции: многозондовой измерительной линии (МИЛ, рис. 2 а) и комбинированном многополюсном рефлектометре (КМР, рис. 2 б).

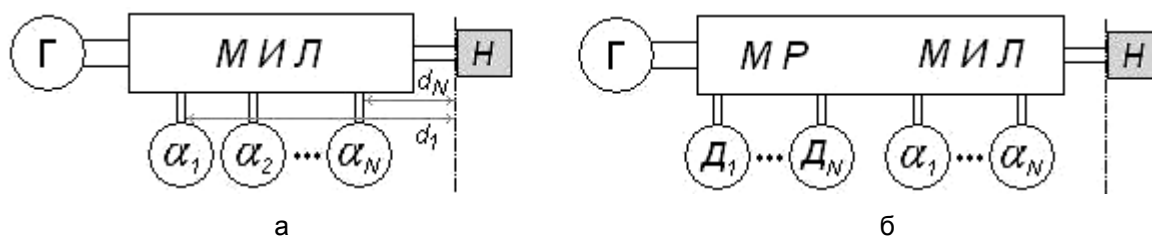


Рис. 2. Многополюсники специального вида: а – многозондовая измерительная линия (МИЛ); б – комбинированный многополюсный рефлектометр (КМР)

Особенностью МИЛ является то, что датчики имеют очень слабую связь с полем внутри МИЛ и почти не искажают его картину (из-за их малых собственных коэффициентов отражения). Вследствие этого, на выходе каждого датчика сигнал получается очень слабым (порядка микровольт), что является препятствием для создания прецизионных измерителей на основе МИЛ и вместе с тем позволяет считать характеристики датчиков с хорошей точностью квадратичными. Расстояния $d_1 - d_N$ от исследуемого объекта до датчиков полагаются точно известными. При сделанных предположениях математическая модель МИЛ может быть записана в виде:

$$u_{ij} = \alpha_i a_j^2 [1 + \Gamma_j^2 + 2\Gamma_j \cos(\varphi_j - 4\pi d_i / \lambda)] + \xi_{ij}, \quad (i = \overline{1, N}; j = \overline{1, K}) \quad (5)$$

где α_i – коэффициенты передачи датчиков; $4\pi d_i / \lambda = \varphi_i$, λ – длина волны генератора.

Из-за меньшего количества неизвестных в (5) возможно провести калибровку МИЛ по набору нагрузок с неточно известными параметрами отражения [4] (то есть, без использования калибровочных стандартов).

КМР имеет $2N$ датчиков, причем половина из них имеет свойства датчиков МИЛ (слабо связана с полем внутри рефлектометра), а другая половина – свойства датчиков МР. При этом часть КМР, представляемая в виде МИЛ, калибруется по неизвестным нагрузкам (с одновременным определением их параметров, аттестацией) [3], а затем другая часть калибруется как МР по данным, уже известным, нагрузкам. Таким образом, КМР приобретает возможность калибровки по неизвестным нагрузкам, а с другой стороны, имеет более высокую точность измерения по сравнению с МИЛ.

Перейдем теперь к непосредственному рассмотрению результатов применения МР.

Применение МИЛ для измерения соотношения «вода – цемент» в строительных растворах. Строительные растворы на основе цемента являются одним из важнейших материалов в современной строительной индустрии. Прочность конструкций из полностью спрессованного бетона в основном определяется соотношением «вода – цемент» (ВЦ) в используемом растворе. Если зафиксировать остальные факторы, то прочность бетона снижается. Кроме этого, бетон с более низким отношением ВЦ быстрее затвердевает. В настоящее время для определения этого отношения существует метод, основанный на анализе химического состава свежего бетона [6], однако он требует сложного оборудования и достаточной квалификации оператора установки.

С другой стороны, наличие влаги в веществе оказывает большое влияние на характер распространения электромагнитных колебаний, и поэтому можно достичь существенных результатов при применении СВЧ-методов для решения данной проблемы.

Выбор датчика СВЧ. Сначала необходимо выбрать подходящий тип микроволнового датчика. В [6] установлено, что измерение отношения ВЦ может быть проведено на основе определения диэлектрических характеристик полужидкостного раствора (которым, по существу, и является сырой бетон). Для подобных измерений хорошо подходят двухполюсные антенные датчики; схема типичного двухполюсного датчика показана на рис. 3. Электрические характеристики датчика меняются при изменении его длины, геометрии коаксиальной

линии, частоты СВЧ-сигнала и диэлектрических свойств окружающей среды. Результаты измерений комплексного коэффициента отражения (ККО) волны при помещении датчика в смеситель сравниваются с результатами измерений ККО при пустом смесителе. Очевидно, что такие измерения легко провести прямо на месте с получением нужных данных в режиме реального времени. В ходе экспериментов было установлено, что частота 3 ГГц являлась оптимальной с позиции чувствительности датчика, поэтому измерения проводились в основном на этой частоте.

Диэлектрическая модель смешивания. Большинство существующих в настоящее время моделей используют представление эффективной диэлектрической постоянной смеси в комплексной форме $\epsilon_{eff} = \epsilon'_{eff} - j\epsilon''_{eff}$, где ϵ'_{eff} характеризует способность смеси сохранять электрическую энергию (например, свойство поляризуемости), а ϵ''_{eff} – ослабление амплитуды электромагнитных волн при прохождении через вещество. Для определения диэлектрической постоянной смеси можно использовать формулу Максвелла – Гарнета:

$$\epsilon_{eff} = \epsilon_{base}(1 + 3\alpha/(1 - \alpha)), \quad \alpha = f_{add}(\epsilon_{add} - \epsilon_{base})/(\epsilon_{add} + 2\epsilon_{base}), \quad (6)$$

где ϵ_{base} и ϵ_{add} – диэлектрические свойства основного материала и добавок соответственно, а f_{add} – объемная доля добавок ($0 \leq f_{add} \leq 1$). В данном случае мы примем воду за основной компонент, а цемент будем рассматривать в качестве добавок. Из этой формулы становится очевидно, что при известных диэлектрических характеристиках воды и цемента, можно легко определить требуемое значение f_{add} . Диэлектрическая постоянная для воды была измерена авторами [6], и там же было проведено исследование ее зависимости от частоты; в данной работе мы воспользуемся полученными ранее результатами. Измерение ККО цемента на частоте 3 ГГц по технологии, описанной в [7], дало значение $\epsilon_r = 3,398 - j \cdot 0,065$. Измерение последнего из требуемых параметров – диэлектрической проницаемости водосодержащей смеси, было проведено на той же частоте для соотношений «вода – цемент» 0,35-0,6 с шагом 0,05 и проведено сравнение с вычислением по формуле (6). Меньшие значения отношения «вода – цемент» (0,35 и 0,4) на практике не используются, так как раствор получается слишком сухим. Для всех оставшихся значений диэлектрические коэффициенты были измерены с относительной погрешностью не более 5%.

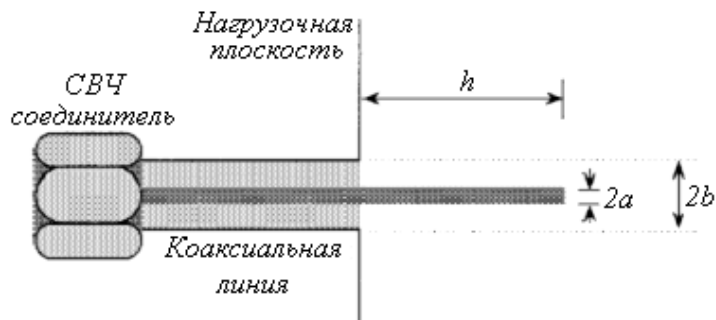


Рис. 3. Двухполюсный датчик

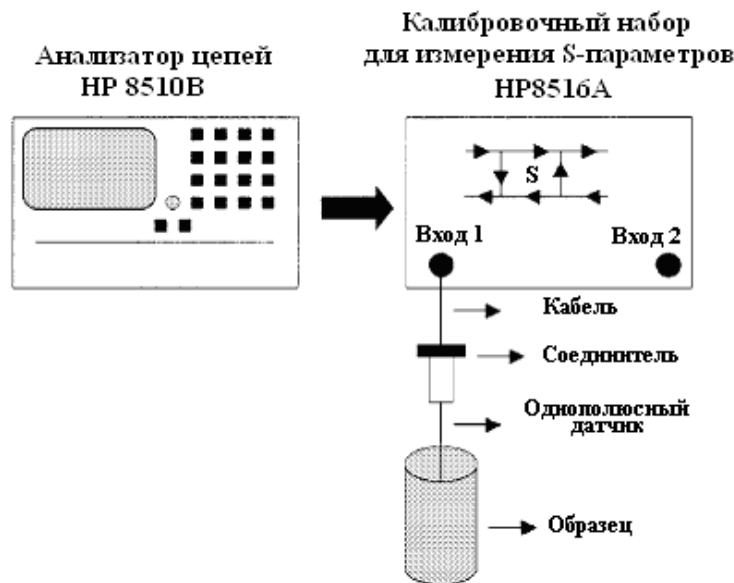


Рис. 4. Измерительная установка для измерений коэффициента отражения однополюсного датчика

Проектирование двухполюсного измерителя. В работе [7] в качестве подобного измерителя предлагалось использовать векторный анализатор цепей в сочетании с калибровочным набором HP8516A, рыночная стоимость которого колеблется в пределах 50-60 тыс. долл. США. Измерительная схема для этих устройств приведена на рис. 4. Стоимость установки, а также ее размеры устанавливают существенные ограничения для применимости этого измерителя на большинстве строительных площадок. В связи с этим, предлагается создать недорогой специализированный аналог вместо использования универсального измерителя. Одна из конструкций такого измерителя может быть осуществлена на основе многополюсного рефлектометра (МР). Чтобы одновременно определить амплитуду и фазу отраженного сигнала с помощью МР, требуется использование двух направленных ответвителей (НО), но в условиях данной задачи достаточно знания одной только амплитуды. Следовательно, можно обойтись только одним НО. Однако данный подход также не лишен некоторых недостатков. Во-первых, для получения удовлетворительной точности НО должен обладать высоким коэффициентом направленности (~ 40 дБ). Стоимость подобного устройства составляет не менее 3 тыс. долл. США. Во-вторых, необходимость использования амплитудного детектора ограничивает величину выходного сигнала сверху несколькими десятками милливольт, что заставляет применять дополнительные усилители, либо использовать более мощный зондирующий сигнал. Последнее может потребовать специальной аттестации и проверки генератора на безопасность для персонала.

Предлагаемый измеритель. В связи с этим для решения поставленной задачи предлагается применить измеритель, основанный на многозондовой измерительной линии (МИЛ), которая является частным случаем МР, но имеет ряд конструктивных упрощений.

Теория повышения точности МИЛ в волноводном и коаксиальном исполнении за счет использования избыточного числа датчиков в достаточной степени разработана авторами [5], и мы не будем здесь уделять ей внимания. Конструкция измерителя на основе МИЛ приведена на рис. 5.

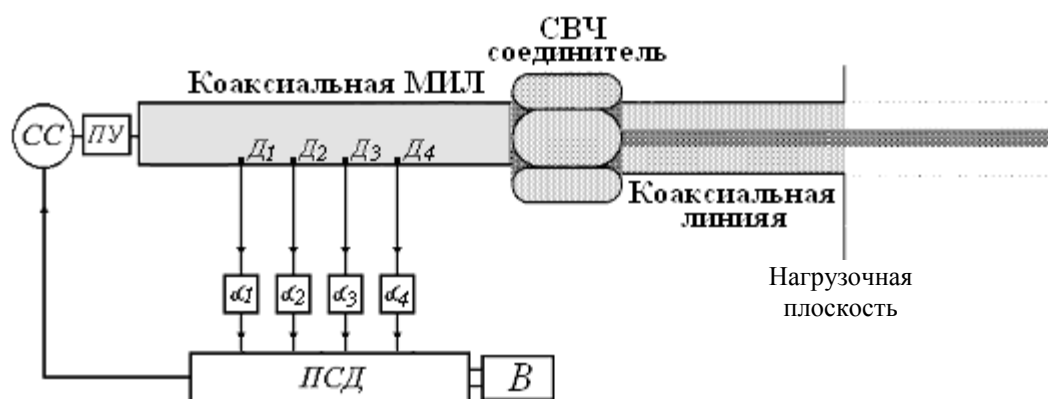


Рис. 5. Структурная схема измерителя отношения В/Ц на основе МИЛ:
В – вычислитель; ПСД – плата сбора данных

Следует отметить, что вычислитель (компьютер) нужен только в процессе калибровки измерителя, которую можно провести только один раз в лаборатории с целью установления зависимости между соотношением «вода – цемент» в исследуемых образцах и ККО используемого измерителя. А далее время от времени уточнять ее.

Желательно расположить датчики МИЛ на оптимальных расстояниях друг от друга [5], равных $\Delta d = k \lambda_0 / (2N)$, где λ_0 – длина волны в тракте МИЛ, соответствующая частоте зондирующего сигнала $f = 3$ ГГц, k – произвольный множитель, не равный числу, кратному $N/2$. В этом случае вычислительная сложность процесса значительно уменьшится из-за орто-

гональности матрицы плана эксперимента, и таким образом можно упростить процедуру вычислений. Типичные результаты измерения соотношения ВЦ показаны на рис. 6, где дано сравнение двух методов измерения: предлагаемого автором и известного.

КМР в конструкции радара для измерения малых скоростей на основе эффекта Доплера. В конструкции некоторых систем, таких как автопилот, обязательным элементом является радар с высокой точностью определения скоростей перемещения и дальностей окружающих объектов. В этих случаях для определения скорости движущейся цели обычно используется эффект Доплера. В [8] было проведено исследование этого эффекта применительно к системам

обнаружения и определения дальности, а также разработана соответствующая конструкция радара. Для доплеровского радара наиболее важной является информация о фазе сигнала и ее зависимости от времени при движении цели. В конструкции обычного доплеровского радара сигналы генерируются передатчиком и распространяются при помощи антенны. Часть испускаемых волн отражается от цели в обратном направлении и улавливается при помощи антенны-приемника. А затем происходит ее гетеродинирование с испущенным сигналом, в результате чего получается частота доплеровского сдвига, после чего вычисляется скорость движущегося объекта. Данная схема имеет ряд недостатков, среди которых можно особо выделить фазовый шум из-за неидеальной изолированности входов в микшере и погрешностей быстрого преобразования Фурье, а также отсутствие данных о направлении относительной скорости. Эти недостатки препятствуют дальнейшим возможностям улучшения конструкции радара.

Авторы [9] для вычисления доплеровского сдвига предлагают использовать двенадцати-полосный волновой коррелятор. Поскольку волновой коррелятор на основе многополосника определяет векторное соотношение между входными сигналами напрямую по измерениям напряжения, то это позволяет избавиться от дорогостоящих циркулятора и микшера, которые характерны для традиционной конструкции доплеровского радара. Однако компьютерное моделирование показывает большую (порядка десятков процентов) флуктуационную ошибку в единичных измерениях скорости одного и того же объекта. Это заставляет авторов делать большое количество однотипных измерений, чтобы избавиться от нее. Следовательно, серьезно уменьшается быстродействие всей установки в целом. Такие результаты обычно происходят потому, что калибровочные параметры многополосника определены с большими погрешностями.

Далее будет показано, что использование КМР и более точной процедуры калибровки позволяет значительно снизить флуктуационную ошибку и, таким образом, повысить точность и увеличить быстродействие установки.

Доплеровское оценивание скорости. Схема доплеровского радара на основе КМР показана на рис. 7. Передаваемый сигнал частотой f испускается передатчиком. Если цель движется относительно радара, то получаемый приемником отраженный сигнал смещен по частоте. Величина сдвига определяется из соотношения

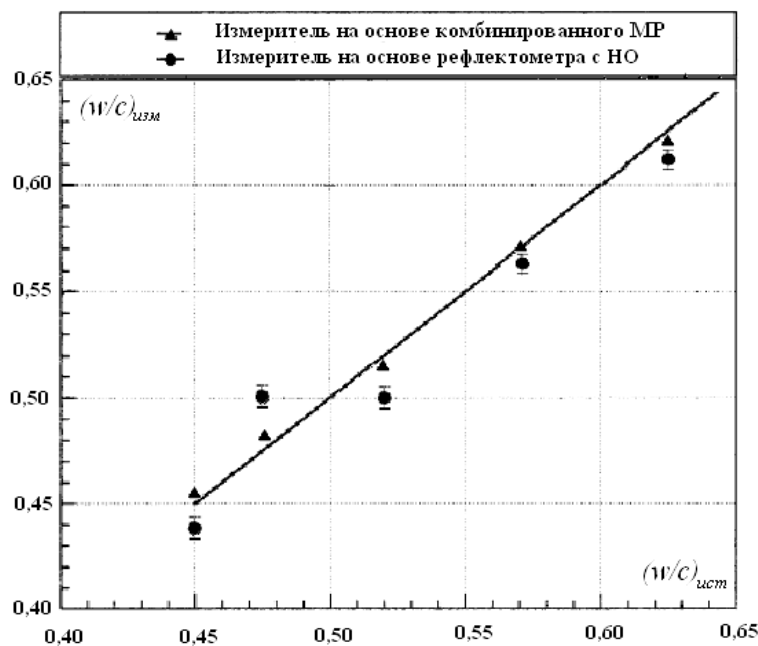


Рис. 6. Результаты измерения соотношения ВЦ для двух типов измерителей

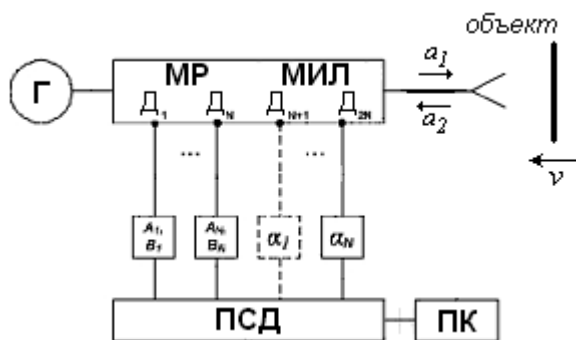


Рис. 7. Схема доплеровского радара на основе КМР

$$\Delta f = \frac{2v}{c-v} f, \quad (7)$$

где c – скорость света; v – скорость тела в направлении радара. Эта скорость берется со знаком «+», если цель приближается, и «-», если удаляется. Таким образом, испускаемая и принимаемая волны имеют уравнения

$$a_1 = |a_1| e^{j(2\pi f t + \varphi_1)},$$

$$a_2 = |a_2| e^{j(2\pi(f + \Delta f)t + \varphi_2)},$$

где φ_1 и φ_2 – фазы испускаемой и принимаемой волн соответственно. Комплексное отношение этих волн соответственно имеет вид

$$W = \frac{a_2}{a_1} = \left| \frac{a_2}{a_1} \right| e^{j(\Delta\omega t + \Delta\varphi)},$$

где $\Delta\omega = 2\pi\Delta f$ и $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$. Очевидно, что если фаза отношения W есть $\arg W$, то

$$\Delta\omega = \frac{d(\arg W)}{dt},$$

и если $c \ll v$, то из (7) получим

$$v = \frac{c}{4\pi f} \frac{d(\arg W)}{dt}.$$

Из этого уравнения, очевидно, можно определить относительную скорость объекта посредством измерения фазы между испускаемым и принимаемым сигналами.

Результаты компьютерного моделирования. Если объект движется достаточно быстро, то ошибка в вычислении скорости будет незначительной. Авторы сталкиваются с проблемой больших погрешностей определения частотного смещения в том случае, если скорость движения объекта незначительная (порядка 1 мм/с). Подобные случаи характерны для движения крупных объектов. Типичные результаты измерений [9] приведены на рис. 8 а.

В ходе моделирования нами использованы те же значения скорости движения объекта ($\pm 0,2$ мм/с, $\pm 0,6$ мм/с и 0 мм/с). Отношение W измерялось каждые 2 секунды при общем времени измерений порядка 40 секунд. Результаты измерений изображены на рис. 8 б. Сравнение характерных результатов измерения приведено в таблице.

Сравнительные результаты моделирования

Скорость, мм/с	Расчетная скорость, мм/с		Ошибка, %		Стандартное отклонение, мм/с	
	Новые	Исходные	Новые	Исходные	Новые	Исходные
0	0	0	-	-	$4 \cdot 10^{-9}$	0,014
+0,2	0,1995	0,193	0,25	3,5	$7,2 \cdot 10^{-5}$	0,052
+0,6	0,598	0,575	0,33	5,5	0,0009	0,055
-0,2	-0,197	-0,189	1,5	4,2	0,00014	0,137
-0,6	-0,601	-0,570	0,17	5,0	0,00083	0,141

Использование многополосника в конструкции доплеровского радара позволяет исключить циркулятор и микшер, необходимые для измерения фазы. Результаты данной работы показывают, что использование комбинированного МР и процедуры его точной калибровки позволяет значительно повысить точность единичных измерений установки для малых скоростей движения объектов. Это, в свою очередь, позволяет значительно снизить время

оценивания и соответственно повысить быстродействие системы в целом. Моделирование показывает, что можно успешно измерять скорости порядка 1 мм/с и менее с погрешностью в несколько процентов за время порядка нескольких секунд. Таким образом, использование многополосника в доплеровском радаре значительно повышает границы его применимости в случаях измерения очень малых скоростей движения больших объектов, а также в случаях измерения вибраций объектов за счет большего быстродействия.

Использование КМР в системах разнесенного СВЧ-изображения. Если идеальный проводящий выпуклый объект облучается плоской монохроматической волной, то в оптическом приближении нормированное по дальности рассеиваемое поле этого объекта и его характеристическая функция связаны парой преобразований Фурье (ПФ). Это соотношение называется тождеством Боярского [10]. Для получения большого количества данных о рассеянии объекта при Фурье-преобразовании, были методы разнесения по частоте и углу с использованием векторного анализатора цепей. После того, как проведено измерение достаточного количества данных в Фурье-области, двумерное обратное ПФ дает плоскую проекцию изображения рассеивающего объекта.

Авторы [11] в качестве дешевого высокочастотного аналога векторного анализатора предлагают использовать двенадцатиполосный рефлектометр. В процессе предлагаемого ими метода калибровки, эталонный объект располагается на установочное устройство при помощи калибровочной схемы. Эксперименты по построению разнесенных изображений проводились для двух типов объектов: металлического цилиндра и четырех различных линейных рассеивателей. Частота генератора устанавливалась в пределах 8-12 ГГц.

Методика построения разнесенных изображений на основе СВЧ. Если идеальный проводящий объект облучается плоской монохроматической волной, которая распространяется в направлении \mathbf{i}_k , то поле его рассеяния, нормированное по дальности, в оптическом приближении может быть выражено как [10]:

$$\frac{\rho(\mathbf{p})}{p} = \frac{j}{2\sqrt{\pi}} \int_{i_p \cdot \mathbf{n} > 0} (\mathbf{i}_p \cdot \mathbf{n}) e^{-jpr} dS(\mathbf{r}), \quad (8)$$

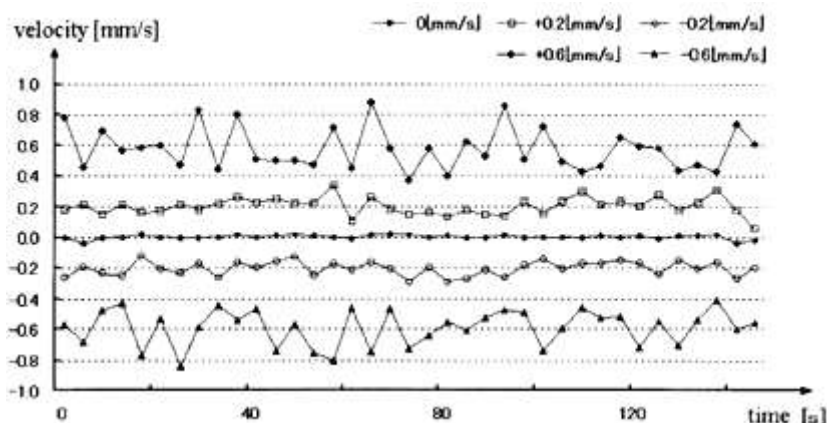


Рис. 8 а. Результаты измерений по схеме на основе анализатора цепей

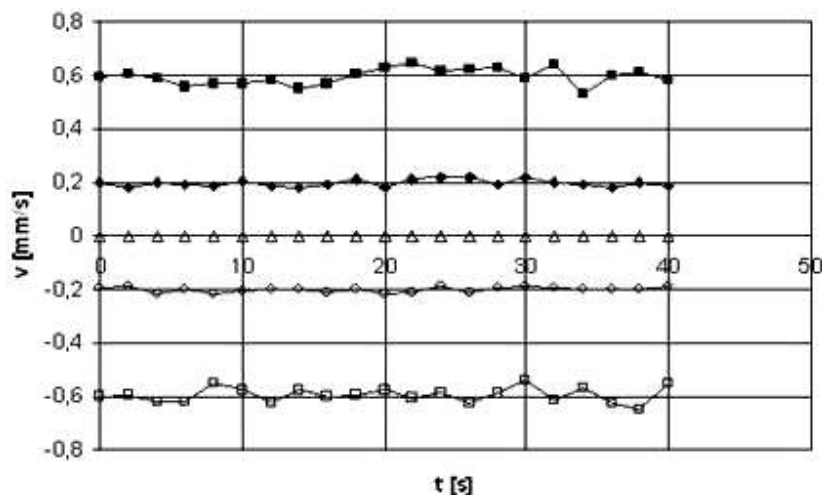


Рис. 8 б. Результаты измерений по схеме на основе МИЛ

где $p = -2k\mathbf{i}_k = \mathbf{p}\mathbf{i}_p$, $k = 2\pi f/c$, \mathbf{n} – вектор внешней нормали к поверхности объекта $S(r)$, а поверхностный интеграл берется по облучаемой части объекта. Складывая $\rho(\mathbf{p})$ и $\rho^*(-\mathbf{p})$, измеренное с обратной стороны объекта, и используя теорему Гаусса, можно получить следующее выражение:

$$\Gamma(\mathbf{p}) = \frac{2\sqrt{\pi}}{p^2} [\rho(\mathbf{p}) + \rho^*(-\mathbf{p})] = \int \gamma(\mathbf{r}) e^{-j\mathbf{p}\cdot\mathbf{r}} d\mathbf{r}, \quad (9)$$

где $\gamma(\mathbf{r})$ – характеристическая функция объекта B , которая равна 1, если \mathbf{r} находится в области B , и 0 в противном случае. Уравнение (9) называется тождеством Боярского. Оно показывает, что рассеивающий объект B может быть восстановлен по его полю рассеяния, измеренному под всеми углами наблюдения и на всех частотах, путем обратного ПФ. Восстановленное изображение имеет внутри объекта единичную интенсивность (согласно определению $\gamma(\mathbf{r})$).

Практически (8) означает, что данные $\rho(\mathbf{p})/p$, полученные из одного положения приемника, при изменении частоты в СВЧ-диапазоне пропорциональны одномерному дискретному ПФ от «светящихся» (то есть не гладких) точек на облучаемой поверхности отражающего объекта в направлении обзора \mathbf{i}_p [12]. Поэтому, изменяя частоту и угол обзора, измеряя $\rho(\mathbf{p})/p$, можно получить набор одномерных проекций «светящихся» точек объекта. По теореме о кусочном проектировании, двумерное обратное ПФ от данных $\rho(\mathbf{p})/p$ дает нам картину расположения особых точек облучаемой поверхности объекта. Очевидно, что при построении разнесенного СВЧ-изображения при использовании векторного анализатора цепей можно напрямую измерять и амплитуду, и фазу рассеиваемого излучения.

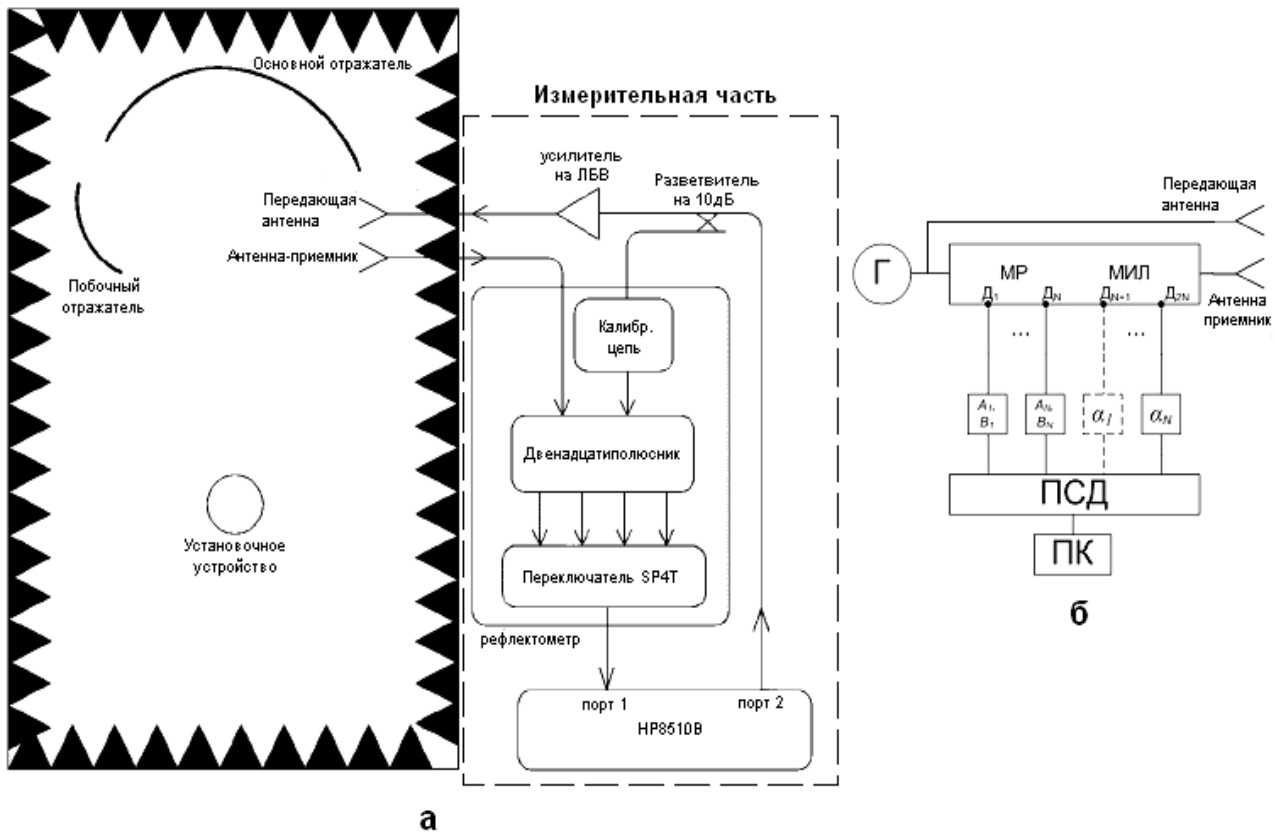


Рис. 9. Схема установки для построения разнесенных изображений на основе двенадцатиполосника (а); измерительная часть схемы на основе КМР (б)

Использование рефлектометра. Как уже отмечалось ранее, авторы [11] предлагают использовать двенадцатиполосный рефлектометр в качестве аналога векторному анализатору цепей. Схема установки для построения разнесенных изображений приведена на рис. 9 а. Безэховая камера обеспечивает облучение района установочного устройства плоской электромагнитной волной (в малом объеме моделируется открытое пространство). Передатчик и приемник располагаются рядом друг с другом на расстоянии около 15 см, что согласуется с предположением обратного рассеяния. Основной и побочный отражатели имеют диаметры примерно 2 и 0,9 м. Частота изменяется в пределах 8-12 ГГц. Если произвести точную калибровку многополосного рефлектометра, то использование анализатора цепей HP8510В вкуче с многополосным рефлектометром перестанет быть необходимым условием получения достаточной точности. С другой стороны, не совсем очевидна цель использования многополосного рефлектометра вместе с анализатором цепей, поскольку они решают сходные задачи.

В данной статье предлагается заменить пару анализатор цепей – рефлектометр на КМР. Это значительно снижает стоимость всей установки и дает не худшие результаты. Передающая антенна через усилитель на ЛБВ связана с генератором сигнала, а приемник подключается к КМР.

Отраженный сигнал улавливается приемником и проходит через КМР. Измеряемые значения мощности через плату сбора данных (ПСД) попадают в ПК через параллельный порт. Результаты моделирования процесса измерений приведены на рис. 9. Там же приведены оригинальные результаты экспериментов с использованием рефлектометра и анализатора цепей. Исследуются два типа объектов: металлический цилиндр и четыре расположенных в разных точках линейных отражателя. Параметры объектов указаны на рис. 10. Угол обзора цилиндра изменяется в пределах от 0 до 360° для 60 различных положений. Для линейных объектов угол меняется в пределах от 0 до 90° для 50 различных положений.

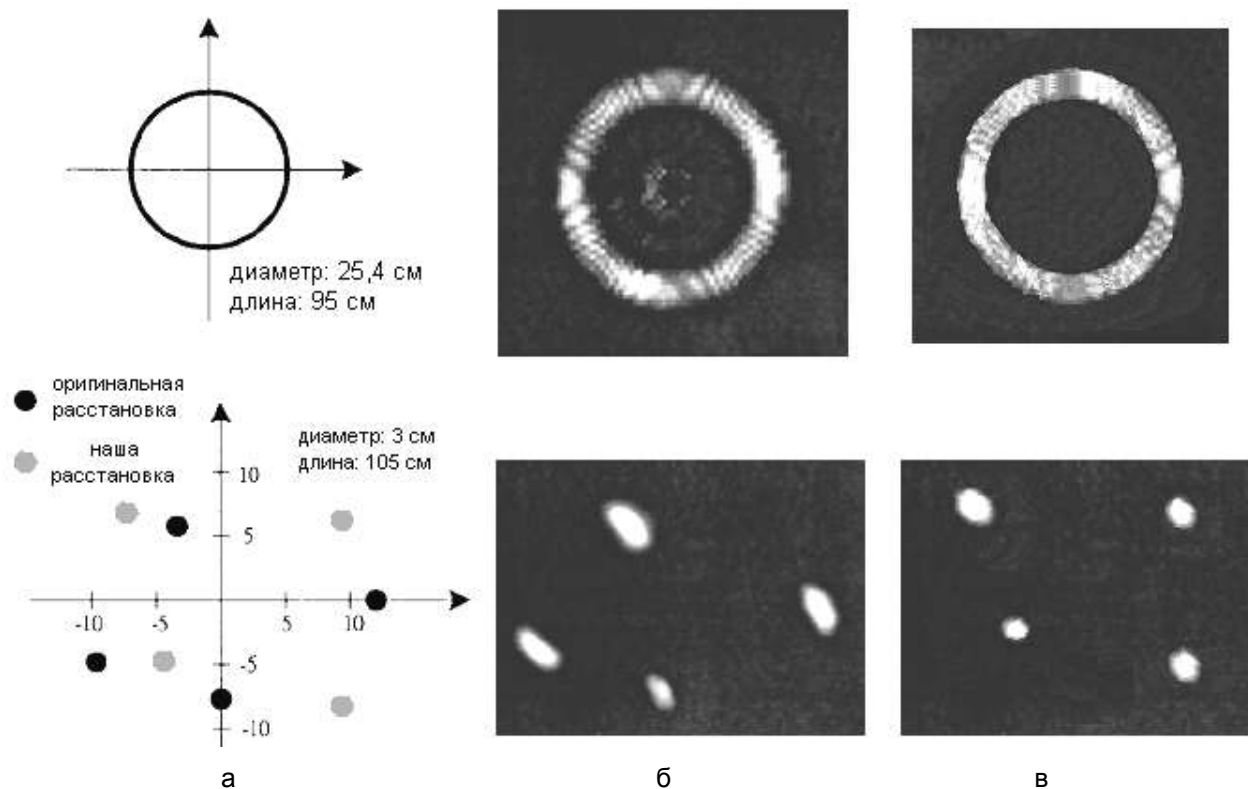


Рис. 10. Результаты моделирования: а – исследуемые объекты; б – оригинальные результаты; в – результаты с использованием КМР

Как видно из рисунка, в случае использования КМР изображение получается более четким, чем при использовании исходной схемы. Кроме того, за счет исключения анализатора цепей, стоимость установки значительно снижается.

Заключение. В данной статье были рассмотрены различные применения многополюсников специального вида для решения ряда прикладных задач. Статистические методы калибровки в совокупности с использованием многополюсников специального вида, обладающих более высокой точностью измерений, с одной стороны, и гораздо более слабыми требованиями к калибровочному оборудованию, с другой, показывают высокую эффективность при решении различных задач, что позволяет видеть значительный потенциал их дальнейшего применения. В будущем планируется доработать и улучшить уже рассмотренные применения, а также поиск других приложений, в которых возможно использование данных технологий измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Engen G.F. Application of an Arbitrary Six-Port Junction to Power Measurement Problems / G.F. Engen, C.A. Hoer // IEEE Trans. on Instr. and Meas. 1972. Vol. 21. P. 470-474.
2. Статистический подход к проблеме измерения параметров СВЧ-двухполюсников с помощью многополюсника / А.А. Львов, А.А. Моржаков, Ю.Ю. Кудряшов, Л.В. Галкина // Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ. 1989. Вып. 8 (422). С. 57-63.
3. Львов А.А. Автоматический измеритель параметров СВЧ-двухполюсников на основе многополюсника / А.А. Львов // Измерительная техника. 1996. № 2. С. 10-12.
4. Львов П.А. Статистический метод решения нелинейных уравнений многополюсного рефлектометра и его применение для измерения расстояния до поверхности / П.А. Львов // Доклады Академии военных наук. 2007. № 1. С. 92-100.
5. L'vov A.A. Optimization of a Multiprobe Transmission Line Reflectometer and Optimal Control of Measurement Process / A.A. L'vov, A.A. Moutchkaev // Proceedings of Engineering and Research and DECUS NUG Seminar. San Francisco, 1996. P. 33-37.
6. Nondestructive Testing of Concrete Elements and Structures / Amer. Soc. Civil Engineers // Proc. Structures Congress. San Antonio. Texas, 1992. P. 120-130.
7. Ulaby F.T. Microwave Remote Sensing: Active and Passive / F.T. Ulaby, R.K. Moore, A.K. Fung // Norwood. MA: Artech House, 1986. Vol. 3. P. 2017-2025.
8. Skolnik M.I. Introduction to Radar Systems / M.I. Skolnik; 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 854 p.
9. Xiao F. Application of a Six-Port Wave-Correlator for a Very Low Velocity Measurement Using the Doppler Effect / F. Xiao, F.M. Ghannouchi, T. Yakabe // IEEE Trans. On Instr. Meas. 2003. Vol. 52. № 2. P. 297-301.
10. Lewis R.M. Physical optics inverse diffraction / R.M. Lewis // IEEE Trans. Antennas Propagat. 1969. Vol. AP-24. P. 308-314.
11. Lu H.C. Microwave diversity imaging using six-port reflectometer / H.C. Lu, T.H. Chu // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 1999. Vol. 47. № 1. P. 84-87.
12. Chu T.H. On microwave imagery using Bojarski's identity / T.H. Chu, D.B. Lin // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 1989. Vol. 37. P. 1141-1144.

Львов Петр Алексеевич –
аспирант кафедры
«Системы искусственного интеллекта»
Саратовского государственного
технического университета

Lvov Pyotr Alekseyevich –
Post-graduate Student of the Department
of «Systems of Artificial Intelligence»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 16.11.09, принята к опубликованию 25.03.10

Е.В. Мазеев, М.А. Фурсаев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СВЧ-ТРАНЗИСТОРНОГО ГЕНЕРАТОРА С ПЕРЕСТРОЙКОЙ ЧАСТОТЫ

Решается задача определения параметров колебательной системы и выходного трансформатора связи СВЧ-генератора с варакторной перестройкой частоты на биполярном транзисторе при использовании линейной модели прибора.

СВЧ-транзисторный генератор, варактор, колебательная система, линейная модель биполярного транзистора.

E.V. Mazeyev, M.A. Fursayev

TRANSISTOR GENERATOR MICROWAVE PASSIVE ELEMENTS PARAMETERS CALCULATION WITH FREQUENCY REORGANIZATION

The problem of computing of parameters of oscillatory system and the output communication transformer of microwave generator with varactor frequency reorganization on the bipolar transistor at use of linear model of the device is solved in the paper.

Transistor generator microwave, varactor, oscillatory system, linear model of bipolar transistor.

СВЧ-транзисторные генераторы с электрической перестройкой частоты строятся по схеме с внутренней обратной связью, а в колебательную систему включен элемент, с помощью которого осуществляется изменение ее резонансной частоты. Для этой цели часто используется варактор, величина барьерной емкости р-п перехода которого изменяется при изменении подводимого к нему напряжения [1-3]. При создании таких генераторов должна решаться задача определения частотных зависимостей параметров пассивных узлов его электродинамической системы, какими являются колебательная система и выходной трансформатор связи, обеспечивающих перестройку частоты в заданном диапазоне. Ниже решение этой задачи рассматривается на примере применения в составе генератора биполярного транзистора и при использовании линейной модели прибора. Возможность использования линейной модели транзистора при решении подобных задач подтверждается результатами работ [3, 4].

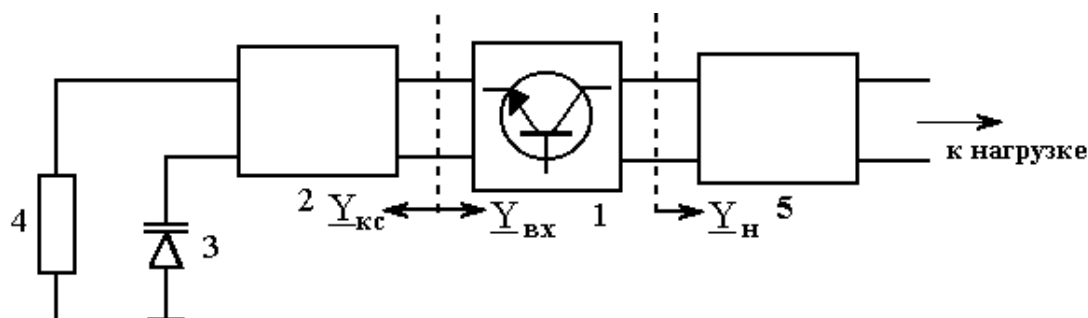


Рис. 1. Эквивалентная схема СВЧ-транзисторного генератора с варакторной перестройкой частоты:
1 – транзистор; 2 – отрезок МПЛ колебательной системы; 3 – варактор;
4 – резистор; 5 – выходной трансформатор связи

В основу решения задачи положена эквивалентная схема, приведенная на рис. 1. Колебательная система генератора выполнена на отрезке микрополосковой линии (МПЛ), нагруженном варактором и резистором. Варактор представляется в виде последовательного соединения резистора R_g и конденсатора C_g , емкость которого является функцией подводимого к нему напряжения. Такое представление варактора обычно используется при анализе его применения в высокочастотных устройствах [5].

Определение параметров пассивных узлов электродинамической системы генератора с перестройкой частоты проводится в четыре этапа. При этом вырабатываются критерии, позволяющие на этапах оценить возможность реализации результатов выполняемого расчета. Считаются известными значения эквивалентных параметров используемого типа транзистора, а в процессе определения параметров колебательной системы выбирается тип варактора, для которого должны быть известны вольт-фарадная характеристика и величина эквивалентного сопротивления R_g . Приводимые результаты расчетов на каждом этапе получены для случая применения в генераторе транзистора типа КТ919А.

На первом этапе осуществляется поиск условий, обеспечивающих отрицательную величину активной компоненты входной проводимости транзистора, что необходимо для его работы в составе генератора с внутренней обратной связью. Поиск проводится на одной из частот задаваемого диапазона перестройки, значение которой может уточняться в случае получения отрицательных результатов на последующих этапах.

При построении линейной модели биполярный транзистор обычно представляется активным четырехполюсником, что для определения входной проводимости прибора позволяет использовать соотношение [6]

$$\underline{Y}_{BX} = \frac{1 + \underline{Z}_{22} + \underline{Z}_H}{\underline{Z}_{11} + \underline{Z}_H (\underline{Z}_{11} \underline{Z}_{22} - \underline{Z}_{12} \underline{Z}_{21})}, \quad (1)$$

где \underline{Z}_{11} , \underline{Z}_{12} , \underline{Z}_{21} и \underline{Z}_{22} – коэффициенты четырехполюсника, эквивалентного транзистору, а \underline{Y} – проводимость цепи на его выходе. Значения коэффициентов \underline{Z} при использовании линейной модели рассчитываются по соотношениям, приведенным в [7]. В соотношения для коэффициентов \underline{Z}_{21} и \underline{Z}_{22} входит барьерная емкость коллекторного перехода, величина которой зависит от напряжения коллекторного питания. Поэтому поиск условий, при которых получается отрицательная величина активной компоненты входной проводимости транзистора, проводится при варьировании значениями активной и реактивной проводимости цепи на выходе транзистора, а также барьерной емкости его коллекторного перехода. Вместе с величиной активной составляющей входной проводимости транзистора определяется и реактивная составляющая. Полученная при этом величина барьерной емкости коллекторного перехода дает возможность определить напряжение коллекторного питания.

Проведенный поиск показал, что на частоте 1 ГГц при величинах проводимости цепи на выходе транзистора $\underline{Y}_H = 0,0093 + j 0,156$ См и барьерной емкости коллекторного перехода $8 \cdot 10^{-12}$ Ф входная проводимость прибора равна $\underline{Y}_{BX} = -0,1 - j 0,03$ См.

На втором этапе определяются структура колебательной системы и значения ее элементов. Исходными данными при этом являются значения компонент входной проводимости транзистора. Согласно условию стационарного режима генератора с внутренней обратной связью [8]

$$\underline{Y}_{BX} + \underline{Y}_{KC} = 0, \quad (2)$$

где \underline{Y}_{KC} – проводимость колебательной системы. На выбранной частоте диапазона перестройки эта система должна характеризоваться проводимостью, равной $\underline{Y}_{KC} = 0,1 + j 0,03$ См.

Величина проводимости колебательной системы определяется структурой и значениями параметров ее элементов. Для колебательной системы, структура которой представлена на рис. 1,

$$\underline{Y}_{\kappa\kappa} = G_{\kappa\kappa} + jB_{\kappa\kappa} = \underline{Y}_{окс} \frac{\underline{Y}_{\kappa\kappa} + j\underline{Y}_{окс} \operatorname{tg} \varphi_{\kappa\kappa}}{\underline{Y}_{окс} + j\underline{Y}_{\kappa\kappa} \operatorname{tg} \varphi_{\kappa\kappa}}, \quad (3)$$

где $\underline{Y}_{\kappa\kappa}$ – проводимость, на которую нагружен отрезок МПЛ колебательной системы

$$\underline{Y}_{\kappa\kappa} = G_{\kappa\kappa} + jB_{\kappa\kappa} = \underline{Y}_{окс} \frac{j\omega C_{\kappa\kappa}}{1 + j\omega C_{\kappa\kappa} R_{\kappa\kappa}} + \frac{1}{R_{\kappa\kappa}},$$

$\varphi_{\kappa\kappa}$ – электрическая длина отрезка МПЛ колебательной системы; $\underline{Y}_{\kappa\kappa}$ – волновая проводимость линии, которой выполнен этот отрезок; $R_{\kappa\kappa}$ – сопротивление резистора, на которое нагружен отрезок МПЛ.

Выбор применяемого типа варактора с учетом его вольт-фарадной характеристики, а также определение необходимости использования резистора в составе колебательной системы осуществляется исходя из возможности реализации колебательной системы на однородном отрезке МПЛ, что упрощает ее топологии. Данные операции проводятся с использованием соотношений

$$\underline{Y}_{окс} = \sqrt{G_{\kappa\kappa} G_{\kappa\kappa} + \frac{(G_{\kappa\kappa} B_{\kappa\kappa}^2 - G_{\kappa\kappa} B_{\kappa\kappa}^2)}{G_{\kappa\kappa} - G_{\kappa\kappa}}}, \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{\kappa\kappa} = \underline{Y}_{окс} \frac{G_{\kappa\kappa} - G_{\kappa\kappa}}{G_{\kappa\kappa} B_{\kappa\kappa} + G_{\kappa\kappa} B_{\kappa\kappa}}. \quad (5)$$

Критерием возможности построения колебательной системы на однородном отрезке МПЛ является положительная величина подкоренного выражения в соотношении (4), а также ширина этого отрезка, величина которой ограничена с обеих сторон. Геометрические параметры отрезка МПЛ могут быть определены с использованием соотношений, приведенных в [9].

В качестве примера выбран вариант колебательной системы, в котором емкость варактора $C_{\kappa\kappa} = 20 \cdot 10^{-10}$ Ф, сопротивление полупроводникового материала варактора и его контактов $R_{\kappa\kappa} = 0,15$ Ом, а сопротивление резистора $R_{\kappa\kappa} = 35$ Ом. Соответствующая им величина волновой проводимости МПЛ, которой выполнен отрезок колебательной системы, $\underline{Y}_{окс} = 0,063$ См, его ширина – 5,8 мм, длина 3,7 мм.

На третьем этапе с использованием соотношения (3) рассчитывается частотная зависимость проводимости в заданном диапазоне перестройки выбранного варианта построения колебательной системы. При этом с учетом значения частоты, для которой определялись структура колебательной системы и величины параметров ее элементов, и вольт-фарадной характеристики выбранного типа варактора задается соответствие между частотами диапазона перестройки и значениями емкости варактора. В диапазоне перестройки величина активной проводимости колебательной системы должна быть положительной. Данное условие является критерием реализуемости выбранного варианта колебательной системы.

На рис. 2 приведены две зависимости, отражающие два варианта соответствия между значениями емкости варактора и частоты, для которых проводятся последующие расчеты. При этом полагается, что частота 1 ГГц, для которой был выбран вариант колебательной системы, соответствует высокочастотной границе диапазона перестройки. Рассчитанные частотные зависимости компонент проводимости колебательной системы для двух вариантов соответствия емкость варактора – частота представлены на рис. 3. Как видно, в диапазоне от 0,5 до 1 ГГц оговоренный выше критерий выполняется.

На четвертом этапе вырабатываются требования к выходному трансформатору связи, топология которого должна обеспечивать заданный диапазон перестройки частоты. Они определяются в результате расчета частотной зависимости проводимости цепи на выходе транзистора. При этом величина активной компоненты проводимости в диапазоне перестройки не должна быть отрицательной.

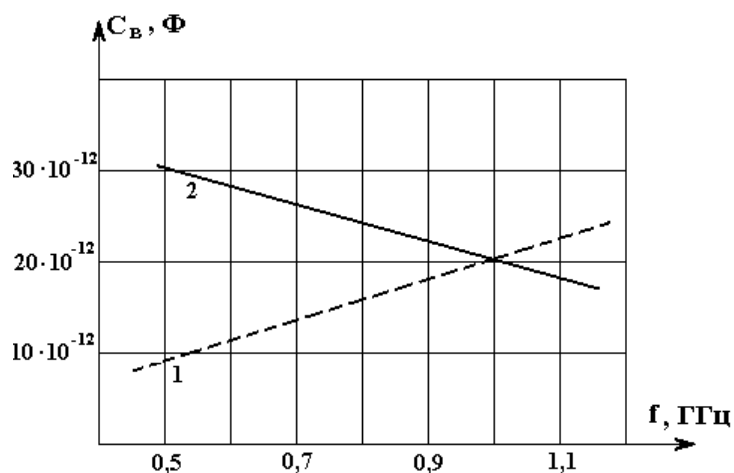


Рис. 2. Варианты соответствия емкости варактора и частоты, для которых расчетные частотные зависимости компонент проводимости колебательной системы приведены на рис. 3

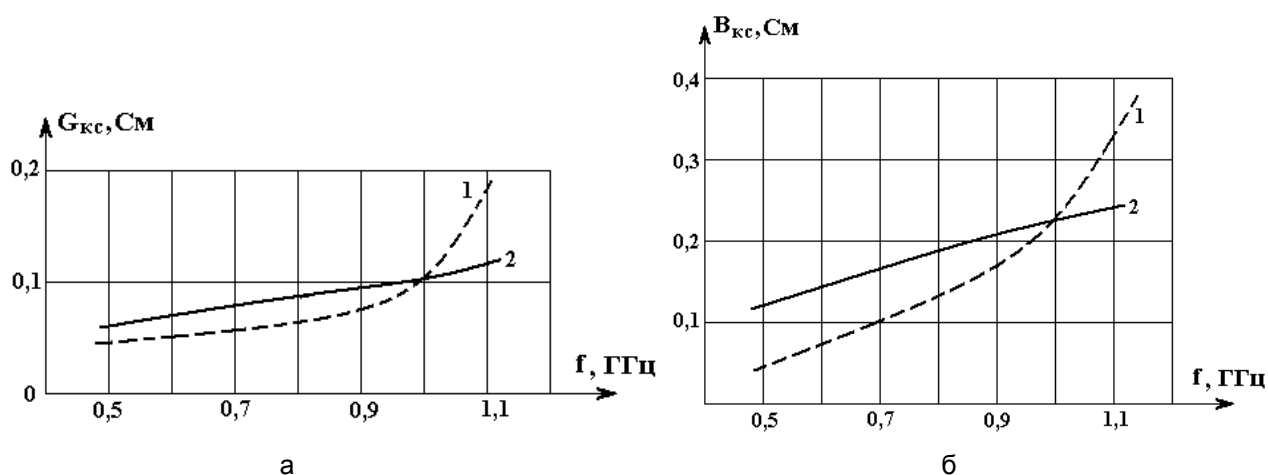


Рис. 3. Расчетные зависимости активной (а) и реактивной (б) проводимостей колебательной системы от частоты для двух вариантов соответствия емкости варактора и частоты, приведенных на рис. 2

Расчет частотной зависимости проводимости цепи на выходе транзистора проводится с использованием соотношения (1), разрешенного относительно проводимости \underline{Y}_H

$$\underline{Y}_H = \frac{\underline{Y}_{ex} \underline{Z}_{11} - 1}{\underline{Z}_{ex} - \underline{Z}_{22} (\underline{Z}_{11} \underline{Z}_{22} - \underline{Z}_{12} \underline{Z}_{21})}, \quad (6)$$

где при определении \underline{Z} -параметров необходимо учитывать их зависимости от частоты. В качестве проводимости \underline{Y}_{ex} используются результаты третьего этапа с учетом условия (2).

На рис. 4 приведены данные расчета компонент проводимости цепи на выходе транзистора для двух рассматриваемых вариантов колебательной системы. Видно, что в обоих случаях в диапазоне от 0,5 до 1 ГГц активная проводимость этой цепи остается положительной величиной и только за высокочастотным краем диапазона она становится отрицательной. При выборе частоты, для которой определялись варианты построения колебательной системы, соответствующей центру или низкочастотному краю диапазона, положительная величина активной компоненты проводимости цепи на выходе транзистора во всем диапазоне от 0,5 до 1 ГГц не обеспечивается.

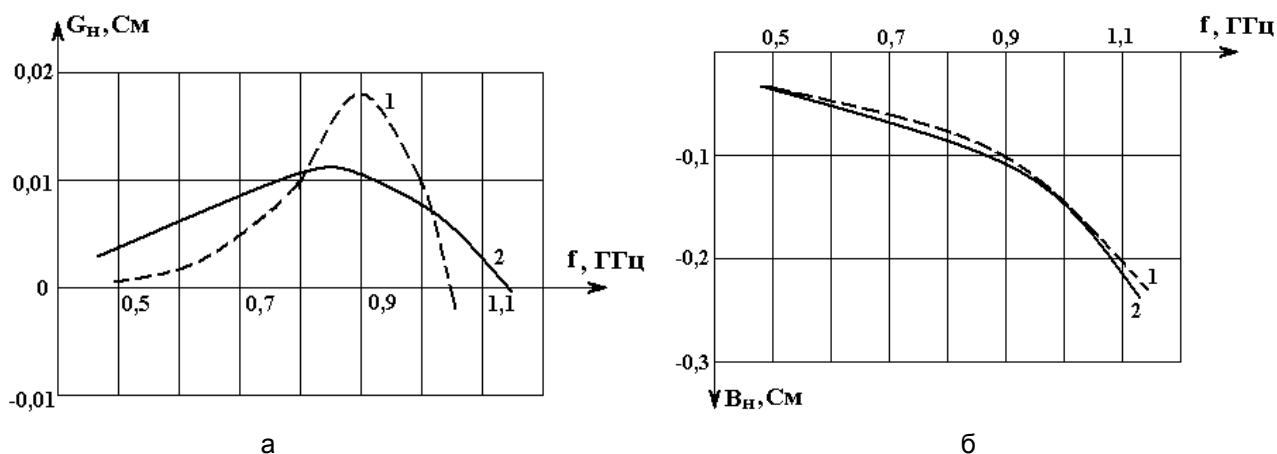


Рис. 4. Расчетные зависимости активной (а) и реактивной (б) компонент проводимости цепи на выходе транзистора от частоты, при которых обеспечивается перестройка частоты генератора в полосе от 0,5 до 1,0 ГГц, для двух вариантов соответствия емкости варактора и частоты, приведенных на рис. 2

Результаты последнего этапа с учетом использования на выходе генератора стандартного разъема являются исходными данными для синтеза топологии выходного трансформатора связи. Этот синтез можно проводить на базе имеющегося программного обеспечения для решения подобных задач. Однако сравнение зависимостей на рис. 4 позволяет заранее определить преимущество варианта, обозначенного как «2», для которого можно получить более простую топологию выходного трансформатора связи.

Следует иметь в виду, что выбором на втором этапе соответствия между частотой и емкостью варактора определяется предполагаемая зависимость генерируемой частоты от напряжения, подводимого к варактору. Так, в рассмотренном примере соответствие между этими величинами описывается линейной функцией. В этом случае зависимость генерируемой частоты от напряжения варактора будет нелинейной. Однако при необходимости выбора соответствия между частотой и емкостью варактора можно получить эту зависимость линейной.

Предлагаемый в настоящей работе порядок проектирования пассивных узлов электродинамической системы СВЧ-транзисторных генераторов можно использовать и в случае применения других способов перестройки частоты. Изменяется только содержание второго и третьего этапов в связи с изменением структуры колебательной системы и соотношений для расчета параметров ее элементов и величины проводимости.

В заключение необходимо отметить ограниченность применения линейной модели транзистора при проектировании СВЧ-генераторов с перестройкой частоты на этом приборе. Это связано не только с невозможностью определения выходной мощности и других эксплуатационных параметров генератора. В процессе проектирования топологии выходного трансформатора связи не удается точно воспроизвести частотную зависимость проводимости цепи на выходе транзистора, рассчитанную на четвертом этапе. Это отличие может существенно отразиться на кривой перестройки частоты, в том числе может приводить к появлению на ней разрывов. Для учета подобных проявлений необходимо использование нелинейных моделей, что определяет направление продолжения работ по проектированию СВЧ-транзисторных генераторов с перестройкой частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kitchen J. Octave Bandwidth Varactor – tuned Oscillators / J. Kitchen // Microwave Journal. 1989. № 5. P. 347-252.

2. Vidmar M.A. Wideband Varactor – tuned Microstrip VCO / M.A. Vidmar // Microwave Journal. 1999. № 6. P. 80-86.
3. Jwo-Shinn Sun. Design and Analysis of Microwave Varactor – tuned Oscillators / Sun Jwo-Shinn // Microwave Journal. 1999. № 5. P. 302-310.
4. Grebennikov A. Microwave Transistor: Oscillators An Analytic Approach to Simplify Computer – aided Design / A. Grebennikov // Microwave Journal. 1999. № 5. P. 292-300.
5. Пасынков И.И. Полупроводниковые приборы / И.И. Пасынков, Л.К. Чиркин. М.: Высшая школа, 1986. 479 с.
6. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники: в 3 ч. / Г.И. Атабеков. М.: Энергия, 1970. Ч. 1. 592 с.
7. Горбачев Д.М. К проектированию СВЧ-транзисторных генераторов с варакторной перестройкой частоты / Д.М. Горбачев, М.А. Фурсаев // Системы и устройства низких и сверхвысоких частот: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2005. С. 18-24.
8. Горбачев Д.М. Алгоритм проектирования СВЧ-транзисторного генератора с внутренней обратной связью / Д.М. Горбачев, М.А. Фурсаев // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2006. № 4. С. 59-63.
9. Справочник по расчету и конструированию СВЧ-полосковых устройств / С.И. Бахарев, В.И. Вольман, Ю.Н. Лаб и др. М.: Энергия, 1970. 328 с.

Мазеев Евгений Валентинович –
аспирант кафедры
«Электротехника и электроника»
Саратовского государственного
технического университета

Mazeyev Evgeniy Valentinovich –
Post-graduate Student
of the Department
of «Electronics and Electrical Engineering»
of Saratov State Technical University

Фурсаев Михаил Александрович –
доктор технических наук, профессор
кафедры «Электротехника и электроника»
Саратовского государственного
технического университета

Fursayev Mikhail Aleksandrovich –
Doctor of Technical Sciences,
Professor of the Department
of «Electronics and Electrical Engineering»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 16.12.09, принята к опубликованию 08.04.10

ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 694.34.621.311.22

А.В. Спирин, Э.М. Малая

СНИЖЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ НЕСОБЛЮДЕНИИ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА

В статье показано, что при снижении температуры теплоносителя ниже расчетной увеличивается время восстановления отказавшего элемента тепловых сетей из-за пониженной температуры внутреннего воздуха в помещении. В связи с чем уменьшается надежность системы теплоснабжения в целом. В этом случае, для поддержания показателей на заданном уровне, авторы предлагают уменьшать радиус оптимального действия системы.

Надежность, централизованное теплоснабжение, отказ, время ремонта.

A.V. Spirin, E.M. Malaya

CENTRALIZED HEAT-SUPPLY SYSTEM RELIABILITY REDUCTION AT NON-OBSERVANCE OF TEMPERATURE GRAPH

The article shows that when the coolant temperature drops below the estimated increases recovery time of the failed element heating systems because of the low temperature of indoor air in the room. In connection with which decreases the reliability of heat supply system in general. In this case, to maintain performance at a given level, the authors propose to reduce the radius of the optimal operation of the system.

Reliability, centralized heat-supply, refusal, time of Repairing.

Как известно, большинство отечественных систем централизованного теплоснабжения находятся в настоящее время в сложных условиях. Это связано как с изношенностью трубопровода и теплогенерирующего оборудования, так и со слабым применением новых технологических решений. Современные системы централизованного теплоснабжения в своем большинстве сформированы на основе технических решений 60-70-х годов и за последние годы существующие технические решения практически не претерпели кардинальных изменений. Новейшие разработки внедряются в системы теплоснабжения крайне слабо, в связи с чем надежность самой системы теплоснабжения

снижается. Следовательно, потребители, подключенные к таким сетям, подвергаются риску прекращения теплоснабжения во время отказов элементов тепловой сети.

Отключение потребителя – это наиболее сильное проявление отказового состояния системы, так как при такой аварийной ситуации потребитель полностью лишается источника теплоты, а люди могут находиться в зданиях лишь столько времени, на сколько хватит теплоаккумулирующей способности зданий и бытовых тепловыделений и в течение которого должен быть завершён ремонт отказавшего элемента. Если возникнут какие-либо непредвиденные обстоятельства, в результате которых ремонт нельзя провести в требуемые сроки, тогда температура воздуха внутри помещения t_B будет падать и снизится недопустимо низко. При приближении t_B к нулю вода из системы отопления будет спущена, и возникнет вопрос о переселении жителей из этих зданий. В связи с этим нормативные значения показателей надёжности для отключаемых потребителей должны исходить из предельно допустимого снижения t_B и чрезвычайно малой вероятности события [1].

Около двух десятилетий назад источники теплоснабжения стали работать по температурному графику «со срезом», что в свою очередь повлекло увеличенный расход теплоносителя и, как следствие, повышенную мощность сетевых и подпиточных насосов, а сами теплопроводы стали работать в критическом режиме, то есть без запаса проходного сечения. Но в большинстве случаев и эти параметры не выдерживаются. Например, для г. Саратова представлены фактические и расчетные параметры теплоносителя прямого и обратного теплопроводов от ТЭЦ-5 за декабрь месяц 2007 г. (табл. 1). Как видно, при температуре наружного воздуха ниже минус 10°C параметры теплоносителя ниже расчетных даже с учетом предельно допустимого отклонения $\pm 3\%$.

Соблюдение температурного графика качественного регулирования является необходимым условием постоянства температуры воздуха в отапливаемых помещениях t_a . Отклонения температурных параметров сетевой воды от температурного графика вызывает соответствующие отклонения температуры воздуха в помещениях t_a от проектной величины (для жилых зданий $t_a = +18^\circ\text{C}$) [2, 3].

Проектная теплоотдача нагревательных приборов $Q_{\text{проб}}$, Вт, при работе систем в соответствии с графиком качественного регулирования определяется по формуле

$$Q_{\text{проб}} = K_{\text{проб}} \times F_{\text{проб}} \left(\frac{\tau_{30} + \tau_2}{2} - t_a \right), \quad (1)$$

где $K_{\text{проб}}$ – коэффициент теплопередачи нагревательных приборов, Вт/(m^2K); $F_{\text{проб}}$ – суммарная поверхность нагревательных приборов системы отопления, m^2 ; τ_{30} , τ_2 – проектные температурные параметры воды в системе отопления, $^\circ\text{C}$; t_a – проектная температура воздуха в помещениях, равная 18°C .

Фактическая теплоотдача нагревательных приборов при отоплении зависит от параметров воды по температурному графику.

$$Q'_{\text{проб}} = K_{\text{проб}} \times F_{\text{проб}} \left(\frac{\tau'_{30} + \tau'_2}{2} - t'_a \right), \quad (2)$$

где τ'_{30} , τ'_2 – фактические температуры воды на входе и на выходе из системы отопления, $^\circ\text{C}$; t'_a – фактическая температура воздуха в помещениях.

Обозначим соотношения проектной и фактической теплоотдачи нагревательных приборов:

$$\alpha = \frac{Q_{\text{проб}}}{Q'_{\text{проб}}}. \quad (3)$$

Тогда, согласно (1) и (2), получим

$$\alpha = \frac{K_{\text{приб}} \times F_{\text{приб}} \left(\frac{\tau_{30} + \tau_2}{2} - t_g \right)}{K_{\text{приб}} \times F_{\text{приб}} \left(\frac{\tau'_{30} + \tau'_2}{2} - t'_g \right)} = \frac{\frac{\tau_{30} + \tau_2}{2} - t_g}{\frac{\tau'_{30} + \tau'_2}{2} - t'_g}. \quad (4)$$

Используя понятие «удельная тепловая характеристика здания», запишем выражение для проектных теплопотерь здания, Q_{mn} , Вт:

$$Q_{mn} = q_o \times V_n \times (t_g - t_n), \quad (5)$$

где q_o – удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м³·К); V_n – наружный строительный объем, м³; t_g – проектная температура воздуха в помещении, м³; t_n – температура наружного воздуха, °С.

Аналогично для фактических теплопотерь здания:

$$Q'_{mn} = q_o \times V_n \times (t'_g - t_n), \quad (6)$$

где t'_g – фактическая температура воздуха в помещениях, °С.

Обозначим соотношения проектных и фактических теплопотерь здания:

$$\alpha = \frac{Q_{mn}}{Q'_{mn}}. \quad (7)$$

Тогда, согласно (5) и (6), получим:

$$\alpha = \frac{q_o \times V_n \times (t_g - t_n)}{q_o \times V_n \times (t'_g - t_n)} = \frac{t_g - t_n}{t'_g - t_n}. \quad (8)$$

Полагая, что теплопотери здания полностью компенсируются за счет теплоотдачи нагревательных приборов, используя (4) и (8), получим:

$$\frac{\frac{\tau_{30} + \tau_2}{2} - t_g}{\frac{\tau'_{30} + \tau'_2}{2} - t'_g} = \frac{t_g - t_n}{t'_g - t_n}. \quad (9)$$

Обозначим:

$$\frac{\tau_{30} + \tau_2}{2} = t_{\text{приб}}, \quad ^\circ\text{С}; \quad (10)$$

$$\frac{\tau'_{30} + \tau'_2}{2} = t'_{\text{приб}}, \quad ^\circ\text{С}, \quad (11)$$

где $t_{\text{приб}}$, $t'_{\text{приб}}$ – проектная и фактическая температура воды в нагревательных приборах, °С.

Преобразуя уравнение (9), получим:

$$t'_g = \frac{t'_{\text{приб}} t_g - t'_{\text{приб}} t_n + t_{\text{приб}} t_n - t_g t_n}{t_{\text{приб}} - t_n}, \quad ^\circ\text{С}. \quad (12)$$

Температуру подающего теплопровода системы отопления τ'_{30} рассчитаем с учетом постоянного безразмерного коэффициента смешения.

$$u = \frac{\tau_1 - \tau_{30}}{\tau_{30} - \tau_2} = \frac{\tau'_1 - \tau'_{30}}{\tau'_{30} - \tau'_2}, \quad (13)$$

откуда

$$\tau'_{30} = \frac{(\tau'_1 - \tau'_2) \cdot (\tau_{30} - \tau_2)}{\tau_1 - \tau_2} + \tau'_2, \quad (14)$$

где u – коэффициент смешения; τ_1, τ'_1 – проектная и фактическая температура воды в подающем теплопроводе ТС, °С.

Сведем полученные результаты в табл. 1.

Таблица 1

Температура внутреннего воздуха при фактических и расчетных параметрах теплоносителя

Дни	$t_{и}$	Расчетные параметры				Фактические параметры			
		τ_1	τ_2	τ_{30}	$t_{г}$	τ'_1	τ'_2	τ'_{30}	$t_{в}$
1	1	65,5	42,9	52,3	18	74	51	60,6	18,1
2	-6	82,3	50,3	63,7	18	78	52	62,8	16,8
3	-12	96,3	56,3	73,0	18	87	57	69,5	15,9
4	-7	84,7	51,4	65,2	18	82	55	66,3	16,7
5	-9	89,4	53,4	68,4	18	82	54	65,7	16,3
6	-6	82,3	50,3	63,7	18	82	54	65,7	17,2
7	-10	91,7	54,4	69,9	18	85	56	68,1	16,3
8	-11	94,0	55,3	71,4	18	83	54	66,1	16,0
9	-10	91,7	54,4	69,9	18	85	55	67,5	16,5
10	-11	94,0	55,3	71,4	18	86	56	68,5	16,2
11	-11	94,0	55,3	71,4	18	86	56	68,5	16,2
12	-9	89,4	53,4	68,4	18	82	55	66,3	16,1
13	-10	91,7	54,4	69,9	18	80	53	64,3	15,8
14	-9	89,4	53,4	68,4	18	86	56	68,5	16,8
15	-11	94,0	55,3	71,4	18	87	57	69,5	16,2
16	-10	91,7	54,4	69,9	18	88	57	69,9	16,7
17	-9	89,4	53,4	68,4	18	87	57	69,5	16,8
18	-5	80,0	49,3	62,1	18	83	55	66,7	17,4
19	-2	72,8	46,2	57,3	18	81	54	65,3	18,1
20	-4	77,6	48,3	60,5	18	82	55	66,3	17,5
21	-3	75,2	47,2	58,9	18	80	53	64,3	17,8
22	-9	89,4	53,4	68,4	18	81	53	64,7	16,3
23	-5	80,0	49,3	62,1	18	87	57	69,5	17,9
24	-12	96,3	56,3	73,0	18	88	58	70,5	15,9
25	-11	94,0	55,3	71,4	18	86	57	69,1	16,0
26	-16	105,4	60,1	79,0	18	88	57	69,9	15,0
27	-20	114,5	63,8	84,9	18	89	57	70,3	14,1
28	-19	112,2	62,9	83,4	18	90	58	71,3	14,4
29	-20	114,5	63,8	84,9	18	89	56	69,8	14,3
30	-21	116,7	64,7	86,4	18	88	56	69,3	13,8
31	-22	118,9	65,6	87,8	18	88	56	69,3	13,6

Как говорилось выше, время ремонта отказа на тепловых сетях – величина, зависящая от температуры внутреннего воздуха в помещении. Рассчитаем время ремонта (восстановления) отказавшего элемента $\tau_g^{норм}$ с учетом нормы для снижения температуры воздуха внутри помещения при отключении потребителя $\tau_{ен1}^{норм} = 10^\circ\text{С}$ и средней теплоаккумулирующей способности зданий $\beta = 40$ ч, для различных температур внутри помещения [1].

$$\tau_g^{норм} = -\beta \ln \left(\frac{t_{ен1}^{норм} - t_{сн}}{t_g - t_{сн}} \right), \text{ ч.} \quad (15)$$

Полученные данные сведем в табл. 2.

Таблица 2

Нормативное время восстановления теплопроводов
при различных температурах наружного и внутреннего воздуха

$t_{сп}, ^\circ\text{C}$	-20	-25	-30
$t_в, ^\circ\text{C}$	$\tau_в^{норм}, \text{ч}$		
18	9,5	8,2	7,3
16	7,3	6,3	5,6
14	5,0	4,3	3,8
12	2,6	2,2	2,0

Полученные нормированные значения времени восстановления определяют наибольший диаметр тупиковой разветвленной тепловой сети. И чем меньше срок восстановления участка теплопровода, тем меньше, с точки зрения надежности, должен быть диаметр ответвления, что полностью противоречит сегодняшней сложившейся ситуации. Значит, для обеспечения требуемого уровня надежности необходимо увеличение затрат на обслуживание и, как следствие, уменьшение оптимального радиуса действия центральных тепловых сетей (ЦТС).

На сегодняшний день основные характеристики системы централизованного теплоснабжения, такие как комбинированная выработка энергии, центральное качественное регулирование параметров теплоносителя, из разряда положительных переходят в негативные из-за заниженных параметров теплоносителя на источнике. При современном рынке теплогенерирующего оборудования стоит основательно задуматься о рациональном использовании ЦТС и области их действия. Причем главными критериями выбора системы теплоснабжения должны быть качество и надежность работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ионин А.А. Надежность систем тепловых сетей / А.А. Ионин. М.: Стройиздат, 1989. 268 с.
2. СНиП 2.08.02-89*. Общественные здания и сооружения. Утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 16 мая 1989 г. № 78.
3. СНиП 2.09.04-87*. Административные и бытовые здания. Утверждены постановлением Государственного строительного комитета СССР от 30 декабря 1987 г. № 313.

Спирин Андрей Владимирович –
ассистент кафедры
«Теплогазоснабжение и вентиляция»
Саратовского государственного
технического университета

Spirin Andrey Vladimirovich –
Junior Research Staff Member
of the Department of «Heat and Gas Supply»
of Saratov State Technical University

Малая Элла Максовна –
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Теплогазоснабжение и вентиляция»
Саратовского государственного
технического университета

Malaya Ella Maksovna –
Candidate of Technical Sciences,
Assistant Professor of the Department
of «Heat and Gas Supply»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 25.11.09, принята к опубликованию 25.03.10

ЭКОЛОГИЯ

УДК 504:628.33+66

Б.Н. Яковлев, А.В. Белов

**ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ
ПО УМЕНЬШЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ
КАНАЛИЗАЦИОННЫМИ ОЧИСТНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ
ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

На основании полученных в ходе экспериментальных исследований на действующих очистных сооружениях предприятий химической промышленности максимальных значений концентраций парогазовоздушных смесей разработаны рекомендации по уменьшению загрязнения окружающей среды.

Загрязнение воздушной среды, очистные сооружения.

B.N. Yakovlev, A.V. Belov

**AIR POLLUTION REDUCTION BY CHEMICAL INDUSTRY
ENTERPRISES' SEWER TREATMENT FACILITIES**

On the basis of received experimental researches on operating treatment facilities of chemical industry enterprises of maximum values of concentration of steam-air, air-gas mixes recommendations about environmental contamination reduction are developed in the paper.

Air pollution, treatment facilities.

Для уменьшения загрязнения воздушного бассейна выбросами различных установок, технологического оборудования, в том числе и от очистных сооружений производственной канализации предприятий химической промышленности, необходимы специальные способы и средства.

Разработка конкретных защитных мероприятий по уменьшению загрязнения окружающей среды возможна только после определения реальной загазованности воздушной среды отдельными канализационными очистными сооружениями основных предприятий химической промышленности.

Проведённые экспериментальные исследования на очистных сооружениях производственной канализации предприятий химической промышленности дали следующие максимальные значения концентраций парогазовоздушных смесей (ПГВС) в различных воздушных зонах:

– у сооружений механической очистки промстоков от $10 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ (сероводород) до $250 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ (углеводороды нефти) – $550 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ (ацетон); эти концентрации значительно превышают предельно допустимые;

– у сооружений биохимической очистки стоков (БХО) значения концентраций ПГВС были от «следов» до $100 \text{ мг}\cdot\text{м}^{-3}$ (ацетон).

На основании полученных максимальных значений концентраций парогазовоздушных смесей вредных веществ, испаряющихся из промстоков при эксплуатации этих сооружений с целью защиты воздушной среды были разработаны организационные и технические мероприятия.

К основным из них можно отнести следующие:

- применение оборотного водоснабжения;
- повторное использование промышленных и ливневых сточных вод;
- постоянное совершенствование технологических процессов на предприятиях химической промышленности; например, замена используемых в конкретном производстве вредных и опасных веществ на безвредные или менее вредные;
- герметизация технологического оборудования, установок, подающих и отводящих трубопроводов, различных аппаратов;
- постоянное удаление с поверхности сточных вод в очистных сооружениях, особенно в сооружениях механической очистки производственных стоков, в песколовках и нефтеловушках, отстойниках I и II очереди, всплывающих лёгких фракций вредных и опасных веществ, не растворимых или малорастворимых в стоках;
- предотвращение и запрещение аварийных залповых сбросов вредных веществ из цехов, технологических установок, аппаратов и оборудования в системы канализации и очистные сооружения;
- проектирование и применение очистных сооружений механической очистки производственных стоков в закрытом – герметичном варианте; когда образующиеся над поверхностью стоков пары и газы вредных и опасных веществ будут отсасываться системой местных отсосов из воздушных зон очистных сооружений на утилизацию и сжигание;
- обеспечение полной герметизации всех колодцев канализационной сети подачи производственных стоков;
- исключение объединения стоков, при которых могут происходить различные химические реакции с бурным выделением вредных и опасных газов и паров;
- повышение общей культуры производства;
- снижение потерь вредных веществ на всех стадиях технологического процесса;
- обеспечение регулярного контроля за объёмом потребляемой и сбрасываемой воды и её составом; эффективностью очистки сточных вод на каждом очистном сооружении; составом производственных сточных вод, поступающих на канализационные очистные сооружения и сбрасываемые в водоёмы или канализационные городские коллекторы;
- запрет сброса в канализацию ядовитых веществ и химреагентов, в том числе и при аварийных ситуациях; такие вещества необходимо направлять в специальные ёмкости для утилизации и уничтожения;
- организация санитарно-защитных зон вокруг канализационных очистных сооружений, особенно для механической очистки производственных сточных вод. Так, для сооружения механической и биологической очистки, при расчётной производительности до $200 \text{ м}^3\cdot\text{сут}^{-1}$ – 150 м; от 200 до $5000 \text{ м}^3\cdot\text{сут}^{-1}$ – 200 м; от 5000 до $50000 \text{ м}^3\cdot\text{сут}^{-1}$ – 400 м;
- проектирование санитарных разрывов от канализационных насосных станций, например, при производительности насосных до $200 \text{ м}^3\cdot\text{сут}^{-1}$ – 15 м; до $50000 \text{ м}^3\cdot\text{сут}^{-1}$ – 20 м;
- исключение спуска в канализацию жидкости с температурой выше 40°C ;

– локальная очистка сточных вод с отдувкой выделяющихся из стоков газов и паров;
– при основных цехах и участках с химическими аппаратами установка аварийных ёмкостей для приёма залповых сбросов и специальных ёмкостей, регулирующих расход сточных вод.

Яковлев Борис Николаевич –
кандидат технических наук, профессор
кафедры «Природная
и техносферная безопасность»
Саратовского государственного
технического университета

Yakovlev Boris Nikolayevich –
Candidate of Technical Sciences,
Professor of the Department
of «Natural and Technosphere Safety»
of Saratov State Technical University

Белов Александр Викторович –
лаборант кафедры «Природная
и техносферная безопасность», студент
Саратовского государственного
технического университета

Belov Aleksandr Viktorovich –
Student, Lab Technician
of the Department
of «Natural and Technosphere Safety»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 20.12.09, принята к опубликованию 08.04.10

ЭКОНОМИКА

УДК 658.566.001.57

Р.Ф. Биккенаев

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрен системный подход к формированию модели транспортной системы с целью достижения оптимизации системы в целом.

Транспортная система, моделирование.

R.F. Bikkenyayev

TRANSPORT SYSTEM MODELS SHAPING SYSTEM APPROACH

This is a study of different models of the transport system focused on the optimization of the system as a whole.

Transport system, designing.

В последнее время в научно-технической литературе широко используется ряд «системных» понятий, таких, как «системный подход», «системный анализ», «управление системой» и другие. Поскольку в дальнейшем исследуются основные положения системного подхода к транспорту, то представляется целесообразным привести основные термины и понятия, которые использованы в статье.

Системный подход как метод познания транспорта представляет собой основу науки о транспортной системе, целью которой является обеспечение целостного, всестороннего подхода к решению сложных проблем развития и эксплуатации транспорта. Системный подход, подобно математическим методам, относится к общенаучным методам исследования, существует во взаимосвязи, с одной стороны, с конкретно научными, а с другой стороны, с всеобщими методами познания, методологической основой которых является диалектика.

Системный анализ изучает основные количественные и качественные изменения, происходящие в целостной транспортной системе. В ходе системного анализа вскрываются внутренние противоречия между отдельными составными частями транспортной системы, а также между ними и окружающей их средой; устанавливается соотношение различных экономических интересов, противоречивых связей и отношений по планированию и организации перевозок. Системный анализ базируется на всем арсенале научных методов и средств теории исследования операций, а также на использовании отдельных направлений транс-

портной науки; является прикладной наукой, ориентированной на решение конкретных практических задач.

В современных условиях особое значение приобретает принятие эффективных управленческих решений, направленных на дальнейшее развитие транспортного предприятия.

На многих предприятиях разрабатываются концепции или основные направления политики, однако в большинстве своем они носят декларативный характер или представляют собой набор малосвязанных между собой мероприятий.

Управление транспортной системой – это управление транспортом как единым целым, во взаимной связи всех его компонентов, управление с использованием технических и научных средств, экономических, правовых и социальных рычагов и исходя из общих целей, поставленных перед транспортом.

Необходимо подчеркнуть, что принцип системного управления транспортом – это управление в режиме упреждения нерациональных решений. Те же действия, но предпринятые с опозданием, переводят управление в режим постоянного исправления, что из-за большой инерционности транспорта резко, а часто и безнадежно снижает уровень эффективности его функционирования. Поэтому одним из главных направлений повышения эффективности транспорта является переход на системный принцип управления им в режиме упреждающих воздействий.

Таким образом, транспорт, составляющий основу сферы обращения, рассматривается как система, которая обеспечивает связь между различными отраслями сферы материального производства и сферой потребления, выступающих в качестве среды, в которой функционирует транспортная система. Кроме того, определенная роль отводится транспорту, занятому непосредственно в сфере материального производства, т.е. технологическому (внутрипроизводственному) транспорту, обеспечивающему перемещение предмета труда и необходимые для того средства труда и рабочую силу.

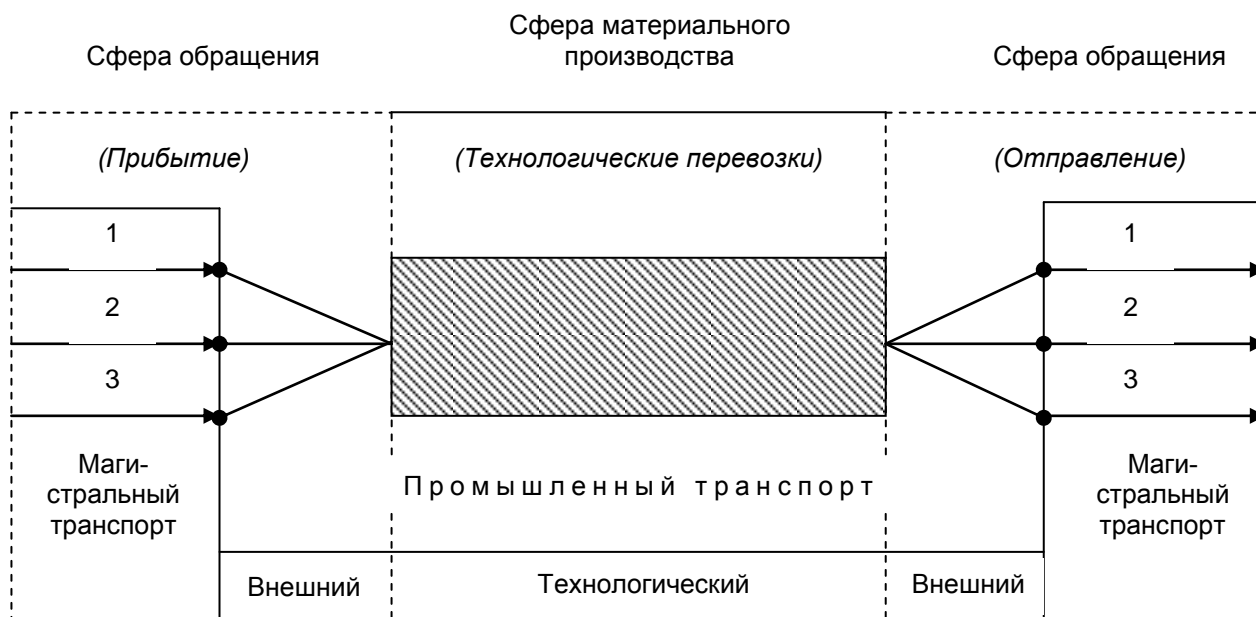
Отнесение внешнего промышленного транспорта к транспорту сферы обращения, т. е. к транспортной системе, представляет на современном этапе определенную методическую трудность.

Во-первых, эта трудность обусловливается двойственным характером функций внешнего промышленного транспорта, обеспечивающего связи и отношения на входе и выходе транспортной системы и соответственно – на выходе и входе среды, в которой она функционирует. В первом случае в качестве системы, в которой функционирует внешний промышленный транспорт, выступает транспортная система, во втором – сфера материального производства или потребления. При этом выход из сферы материального производства является одновременно входом в транспортную систему, а выход из нее – входом в среду (см. рисунок).

Во-вторых, эта трудность вызвана воздействием двойственного характера внешнего промышленного транспорта на функции распорядительства им, которые оказывают влияние, в свою очередь, на организационные формы управления. В итоге на практике имеет место большое многообразие организационных форм управления внешним промышленным транспортом. Это и полное или частичное его обслуживание средствами ОАО «РЖД» или министерства автомобильного транспорта; обслуживание силами и средствами железнодорожных (транспортных) хозяйств, находящихся в составе ОАО «РЖД» или других министерств и ведомств; обслуживание собственными силами и средствами отдельных промышленных предприятий или организаций.

Естественно, все это затрудняет внедрение системного принципа организации и управления материальными потоками в сфере обращения, установление обоснованных границ транспортной системы и учет ее затрат, а также учет транспортных издержек народного хозяйства. Кроме того, между внешним промышленным и магистральными видами транспорта возникают искусственно организационные (ведомственные) стыки, проявляющиеся в технических, технологических, экономических, правовых и социальных связях и отношениях. В

итоге имеют место падение скоростей продвижения материальных потоков в границах транспортной системы, снижение эффективности ее функционирования и, самое главное, ухудшение качества транспортного обслуживания и снижение транспортной обеспеченности народного хозяйства.



Состав транспортной системы: - - - - - – границы транспортной системы;
1, 2, 3 – виды магистрального транспорта

Состав транспортной системы вытекает из экономических границ перемещения грузов в сфере обращения. Это и предопределяет необходимость включения в ее состав кроме магистральных видов транспорта и внешнего промышленного транспорта.

С учетом изложенного и исходя из принципов системного подхода к объекту исследования, под единой транспортной системой, по нашему мнению, необходимо понимать комплекс технических средств, коммуникаций и обустройств разных видов транспорта и совокупность отношений (технологических, организационных, правовых, социальных и специальных), обеспечивающих полное, своевременное и качественное удовлетворение потребностей народного хозяйства в перевозке грузов в сфере обращения в условиях оптимального функционирования транспортной системы в целом и обеспечения хозяйственных интересов отдельных видов транспорта.

Такое толкование понятия «транспортная система» вытекает из роли и места транспорта в системе общественного производства. Кроме того, оно базируется на основных системных категориях, таких, как цель и системообразующий компонент; учитывает системные объекты (вход, процесс, выход, критерий, ограничения) и устанавливает границы функционирования транспортной системы. Оно служит основой для системного анализа объектов, связей, отношений и свойств транспортной системы.

Комплекс технических средств, коммуникаций и обустройств разных видов транспорта является функцией научно-технического прогресса, обеспечивающего создание материально-технической базы транспорта, предназначенного для перемещения материальных объектов. Перемещение грузов и пассажиров – это продукция транспорта.

В зависимости от среды и способов перемещения материальных объектов в составе транспортной системы могут быть выделены сухопутный, водный, воздушный и космический транспорт. По техническим средствам, используемым на перемещение материальных объектов, выделяются следующие виды транспорта: железнодорожный, автомобильный,

речной, морской, авиационный, трубопроводный, конвейерный, космический. По форме управления перевозочным процессом и функции распоряжения техническими средствами отдельные виды транспорта подразделяются на ведомственный и общего пользования.

Необходимо подчеркнуть, что именно формируемые системные связи и отношения являются основой для объединения отдельных видов транспорта в единую систему. Чем полнее комплекс этих связей и отношений и чем действеннее они функционируют, тем жизнеспособнее транспортная система и выше уровень эффективности ее функционирования. При этом системные связи и отношения подразделяются на технические, технологические, экономические, правовые, социальные, специальные, информационные, материальные и энергетические, складывающиеся, с одной стороны, между транспортом и сферой материального производства, и с другой стороны, между отдельными видами транспорта. Эти связи и отношения отражают, каждые по-своему, организационно-экономическую природу народного хозяйства и транспорта и достигнутый уровень формирования единой транспортной системы.

При системном подходе к транспорту речь идет в первую очередь о научно обоснованном управлении транспортом в целом как системой. В настоящее время управление им разрознено по отдельным видам транспорта, обособлено по их различным уровням иерархии, что обусловлено спецификой наземного, водного и воздушного видов транспорта. Но вместе с тем конечная цель их деятельности обладает общностью. Это положение в условиях является объективной предпосылкой для создания на их основе транспортного комплекса как системы.

Результат функционирования транспорта как системы – это не простая арифметическая сумма результатов деятельности отдельных видов транспорта. Каждый вид транспорта должен взаимодействовать друг с другом исходя из необходимости обеспечения достижения общей цели всей системы. Управлять транспортом как системой в полном смысле этого слова – значит обеспечить последовательно системный подход к определению его целей, путей комплексного развития отдельных видов транспорта и рационального распределения ресурсов; комплексно решать всю совокупность системных связей и отношений, возникающих в процессе функционирования транспорта. Общим критерием эффективности такого управления должно быть достижение в кратчайшие сроки поставленных перед транспортом целей с максимальной результативностью в условиях ограниченных ресурсов. Переход на системный принцип организации управления транспортом зависит в первую очередь от состояния связей и отношений, сложившихся в транспортной системе, и требований системности.

Транспорт – это большая, искусственная, организационно-экономическая и техническая система, созданная человеком для решения конкретных социально-экономических задач. Как большая техническая система транспорт представляет собой комплекс технических средств, устройств и коммуникаций разных видов транспорта и людей, органически связанных между собой, характеризуется высокой размерностью, множественностью и сложностью зависимостей, иерархичностью его подсистем, высокой стоимостью, относительной длительностью сроков создания и освоения в пространстве и времени.

Транспортная система как составная часть системы высшего порядка (народное хозяйство) регулярно обменивается с нею веществом, энергией и информацией, что делает транспорт системой открытой. Как организационно-экономической системе транспорту должны быть присущи свойства совместимости (или гармонии) и оптимизации, т. е. наилучшее функционирование в определенном отношении.

Транспортная система – система потоковая с детерминированным, регулярным и стохастическим характером процесса. Транспортная система – система управляемая и относится к категории кибернетических систем. Для транспорта, как кибернетической системы, предполагается наличие таких свойств, как управляемость, централизованность, способность взаимодействовать с окружающей средой, наличие каналов информации как в системе, так и между системой и средой, наличие обратных связей, целенаправленное поведение системы и ее вероятностный характер, наличие свойства равновесия и свойства самоорганизации. При

этом управление транспортом необходимо рассматривать прежде всего как процесс преобразования информации или всего того, что устраняет неопределенность.

Рассмотрим, какими же из перечисленных свойств и в какой мере располагает транспорт в настоящее время.

Прежде всего транспорт отвечает свойствам больших искусственных организационно-экономических систем. Большие размеры транспортной системы являются следствием развития транспортной сети в пределах всего государства для обеспечения как внутригосударственных потребностей в перевозках, так и для связи с зарубежными странами.

Транспорту в полной мере характерны свойства динамических систем. Во-первых, он изменяется количественно и качественно во времени, поэтому системный анализ должен включать изучение исходного состояния, внутренних закономерностей, объективных тенденций развития транспорта как системы. Во-вторых, на транспорте происходят динамические процессы, как всякие преобразования входа и выхода системы, т. е. изменение на входе системы приводит к изменению ее выхода в результате происходящих в ней процессов. В этой связи транспорт должен рассматриваться не в статическом состоянии, а в движении и развитии.

Каждый вид транспорта представляет собой специализированный комплекс, ему присущи свои особенности развития технических средств, коммуникаций и обустройств, совершенствования технологии перевозок и организации управления, подготовки специалистов, т.е. он имеет свои не только технические, но и экономические особенности и сферу наиболее эффективного применения. Анализ вопроса целесообразности дальнейшего развития отдельных видов транспорта, их совместимости, естественно, приводит к проблеме оптимизации. В этом случае оптимизация означает приспособление (соответствие) транспорта к окружающей среде, в результате которого обеспечивается его наилучшее функционирование в определенно заданном отношении.

Оптимизация транспортной системы зависит прежде всего от ее управляемости. В специальной литературе по транспорту еще не получил надлежащей разработки вопрос об иерархии транспортной системы, еще не выявлены научные принципы и способы членения ее на составные компоненты. Это подтверждается наличием большого разнообразия организационных структур как по отдельным видам транспорта, так и по отдельным регионам страны, особенно в части автомобильного, речного и промышленного транспорта.

Таким образом, проведенный анализ в данной статье показал, что согласно общей теории систем, одним из условий оптимального функционирования больших систем является наличие в их управляющих частях центрального органа управления, функциями которого являются координация действий подсистем, стимулирование и регламентация их деятельности, обеспечивающие согласование собственных интересов подсистем с целью (интересами) всей системы. Для достижения важнейшего системного свойства транспорта – совместимости или гармонии подсистем, необходима оптимизация системы в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логистика автомобильного транспорта: концепция, методы, модели / В.С. Лукинский, В.И. Бережной, Е.В. Бережная и др. М.: Финансы и статистика, 2000. 280 с.
2. Бережной В.И. О поиске выхода автотранспортных предприятий из состояния кризиса / В.И. Бережной, О.А. Алексеева // Вестник СевКавГТУ. 2004. Серия «Экономика». № 2 (13). С. 34-39.

Биккенаев Рустам Фатихович – аспирант кафедры «Экономика и управление на автомобильном транспорте» Саратовского государственного технического университета

Bikkenyayev Rustam Fatikhovich – Post-graduate student of the Department of «Economics and Management on Automobile Transport» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 09.02.10, принята к опубликованию 08.04.10

В.В. Бурматова

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА

В современных экономических условиях остается необходимой независимая оценка коммерческой состоятельности бизнеса предприятия, сферы его хозяйственной деятельности и поиска перспектив рыночного развития. Особенно актуальной эта задача становится в условиях кризисных явлений в экономике. Решение указанных задач возможно при использовании стратегических аспектов маркетингового аудита.

Маркетинговый аудит, эффективность маркетинговой деятельности, финансовый аспект маркетингового аудита, финансовый кризис, маркетинговая активность предприятия.

V.V. Burmatova

A MANUFACTURING COMPANY'S MARKETING EFFICIENCY ANALYSIS WITHIN CRISIS CONDITIONS

The author points out the necessity in independent estimations of commercial success, production, enterprises' planned economy, growing perspectives in the present economic conditions. The actuality of this estimation becomes with any crisis occurrences in economy. Such tasks are possible to solve only with using strategic aspects of marketing audit.

Marketing audit, efficiency of marketing audit, financing aspects of marketing efficiency, finance crisis, marketing activity of a manufacturing company.

Производить оценку эффективности своей маркетинговой деятельности время от времени необходимо любой фирме.

Важную роль в организации маркетинга на предприятии играет аналитическая функция, предполагающая изучение и анализ маркетинговой среды. Значимость этой функции обуславливается тем, что качество маркетинговой информации о внешней и внутренней среде предприятия определяет качество управленческих решений, принимаемых на ее основе, а, следовательно, и эффективность промышленного производства.

Исследования маркетинговой активности предприятия проводятся в процессе маркетингового аудита, задача которого заключается в углубленной диагностике системы, стратегии, политики, философии, управления и практики маркетинга на предприятии. Маркетинговый аудит представляет собой один из видов контроля, предусматривающего всестороннюю, систематическую, комплексную и независимую оценку и анализ главных факторов внешней среды предприятия и проведение ситуационного анализа его внутренней среды, на основе чего должны разрабатываться обоснованные мероприятия по повышению эффективности управленческой деятельности предприятия в целом и его отдельных хозяйственных единиц.

Маркетинговый аудит – ревизия, проверка деятельности маркетинга на предприятии, обязательно комплексное, системное, объективное исследование фирмы или ее подразделений, ее задач, стратегий и оперативной деятельности.

Аудит маркетинга проводится в следующей последовательности:

определение и согласование целей маркетингового аудита, на основании текущих и стратегических целей предприятия;

получение необходимой информации (документы, работники, клиенты компании), анализ полученных данных и сведений;

получение выводов – определение «узких мест» фирмы и возможностей ее развития;

выработка конкретных рекомендаций по преодолению трудностей и использованию имеющихся возможностей (корректировка задач, стратегий фирмы);

оформление отчета о проделанной работе, презентация проделанной работы руководству компании.

В сфере маркетинга задачи, стратегии и программы относительно быстро могут стать неактуальными, поэтому может возникнуть необходимость переоценки фирмой своего базового подхода к рынку. Каждый руководитель знает, что существует три типа аудита – финансовый, управленческий и маркетинговый. Но, тем не менее, руководители, периодически проводя финансовый аудит, а иногда, более продвинутые, даже и управленческий, редко касаются такого важного предмета, как маркетинговый аудит. Маркетинговый аудит является одним из основных инструментов, которые гарантированно развивают маркетинг компании, так как не только оценивают текущее состояние дел, но и показывают, в каком направлении можно двигаться дальше... Маркетинговый аудит возможно проводить в компаниях с любым уровнем постановки маркетинга.

Решение обратиться за помощью к консультантам – не простое решение для руководителя компании. Непросто доверить разработку стратегии компании, поиск управленческих решений, разработку бренда и многое другое внешним сотрудникам, не работающим внутри компании. Однако именно это решение способно привести компанию и ее руководство к принципиально иному качеству, быть толчком к реализации самых смелых планов и идей.

Маркетинговый аудит позволяет конкретизировать цели компании, обозначить основные проблемные места в его функционировании и разработать оптимальный план действия для решения поставленных стратегических задач.

В последние годы экономика России росла очень быстрыми темпами. У компаний было достаточно средств, чтобы вкладывать их в долгосрочные проекты и собственное развитие. Все бежали вперед, пытались завладеть как можно большей долей рынка. Времени на то, чтобы привести в порядок собственные внутренние процессы, оптимизировать их, просто не было. На таком восходящем рынке можно позволить себе не слишком озадачиваться вопросами повышения эффективности управления, модернизации производства, снижения себестоимости продукции.

Сегодня ситуация изменилась, начался финансовый кризис. Многие предприятия переживают не лучшие времена: падает число заказов, растут цены на ресурсы, усиливается конкуренция, а очевидных возможностей для снижения издержек практически не осталось.

Кризисная ситуация начинается с серии небольших сбоев в деятельности компании, далее частота и/или последствия сбоев растут как «снежный ком», затрагивая все больше процессов в организации. Симптомы развития кризиса:

заметное уменьшение продаж продукции компании, уменьшение доли рынка;

существенный рост дебиторской задолженности;

существенная нехватка собственных оборотных средств и вследствие этого рост кредиторской задолженности компании;

нехватка сырья и материалов, приостановка отгрузок поставщиками;

снижение прибыли;

сокращение численности персонала, потеря ведущих специалистов.

В развитии кризиса всегда бывает критическая точка, переход через которую делает любые антикризисные действия бесполезными. В этом случае задача – спасти хоть какую-то

часть активов, а не бизнес. В реальности владельцы, топ-менеджеры и зачастую внешние эксперты не могут определить ее наступление – для каждой компании она своя.

Целями маркетингового аудита во время кризиса в компании являются:

определение возникающих проблем компании;

выявление открывающихся возможностей фирмы;

выдача рекомендаций относительно плана действий по совершенствованию маркетинговой деятельности конкретной компании.

Маркетинговый аудит имеет свои особенности. Одной из них является то, что он может осуществляться как собственными специалистами, так и сторонними консультантами, непредвзято относящимися к положению на фирме. При этом постановка задач осуществляется непосредственно высшим руководством компании. Для получения реальной отдачи от аудита специалистам должны быть предоставлены все необходимые документы и большая свобода действий с сотрудниками компании и, обязательно, с ее клиентами, как текущими, так и бывшими. Кроме предоставления соответствующих полномочий, специалисту необходимо всяческое содействие со стороны представителей компании, что желательно оформить соответствующим распоряжением руководства. Существенной особенностью аудита является также практика его проведения в компании на регулярной основе, при этом в различные периоды могут привлекаться различные собственные специалисты и консультанты из сторонних компаний.

В целом маркетинговый аудит призван продемонстрировать руководству предприятия, потенциальному инвестору или партнеру (в случае создания нового бизнеса или разработки инвестиционного проекта) следующее:

особенности общей рыночной конъюнктуры (в городе, регионе, стране, отрасли) таковы, что у данного бизнеса есть хорошие перспективы (с точки зрения экологии, местного и федерального законодательства, политической и социально-экономической ситуации);

на рынке имеется действительно неудовлетворенная потребность и сравнительные конкурентные преимущества продукта или компании в наибольшей степени ей соответствуют (по цене, качеству, технологии производства и доставке, уровню сервисного обслуживания и т.п.);

наличие рыночного потенциала у продукта (достаточный по емкости рынок, растущий или хотя бы стабильный потребительский спрос, надежно составленные прогнозы сбыта, четко оцененная конкуренция, правильно выбранные регионы сбыта, преодолимость барьеров для вхождения на рынок и т.п.);

насколько эффективны средства продвижения продукта на рынке, насколько хороши в этом отношении оперативные планы компании (правильно ли выбраны стратегия сбыта, формы и уровень финансирования рекламы, других мероприятий по продвижению, кто из сбытовых посредников выбран и почему, насколько надежны поставщики комплектующих и источники снабжения сырьем и материалами, рациональна ли схема складирования и транспортировки продукта и т.п.);

сравнительные конкурентные преимущества самого предприятия; почему именно оно (команда менеджеров, предпринимателей) лучше всего справится с продвижением продукта (в силу опыта и исторических особенностей прошлой производственно-хозяйственной деятельности предприятия, технологии и состава производственных мощностей, особенностей местоположения, накопленного научно-технического потенциала, которым оно располагает, благодаря опыту работы и квалификации руководителей и специалистов и т.п.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Березин И.С. Маркетинговый анализ / И.С. Березин. М.: ЭКСМО, 2004. 352 с.
2. Ассель Г. Маркетинг: принципы и стратегия / Г. Ассель. М.: ИНФРА-М, 2000. 250 с.

3. Котлер Ф. Маркетинг. Менеджмент: экспресс курс / Ф. Котлер, К.Л. Келлер; 3-е изд. СПб.: Питер, 2008. 480 с.

4. Крюков А.Ф. Управление маркетингом: учеб. пособие / А.Ф. Крюков. М.: КНОРУС, 2005. 368 с.

5. Соловьев Б.А. Маркетинг: учебник / Б.А. Соловьев. М.: ИНФРА-М, 2008. 383 с.

Бурматова Виктория Владимировна – **Burmatova Viktoriya Vladimirovna** –
аспирант кафедры «Маркетинг» Post-graduate Student of the Department
Российской экономической академии of «Marketing» of Russian Academy of Economics
им. Г.В. Плеханова, г. Москва in the name of G.V. Plekhanov, Moscow

Статья поступила в редакцию 12.10.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 502:338(075.8)

**М.И. Вернигор, М.А. Волков, В.А. Богданова,
А.А. Ильченко, И.С. Чугунов, А.В. Шерстнев**

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА ОАО «САРАТОВСКИЙ НПЗ» И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЕЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Представлены структура, специфика и особенности системы экологического менеджмента ОАО «Саратовский НПЗ» по международному стандарту ИСО-14000, показана эффективность её функционирования в достижении экологических целей.

Экологический менеджмент, нефтепереработка, выбросы, сбросы.

**M.I. Vernigor, M.A. Volkov, V.A. Bogdanova,
A.A. Ilchenko, I.S. Chugunov, A.V. Sherstnev**

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM OF JSC «SARATOV REFINERY» AND ITS OPERATION EFFICIENCY

The article presents the structure, specificity and the environmental management system of JSC «Saratov Refinery» according to the international standard ISO-14000, shows the efficiency of its operation in achieving environmental goals.

Environmental management, oil refining, emissions, dumping.

Экологический менеджмент по определению и по существу представляет структурированную систему административного управления для достижения экологических целей и показателей в сфере охраны окружающей среды, объединенной в единое целое с общей административной деятельностью.

Для создания эффективной системы управления окружающей средой международным сообществом, а именно международной организацией по стандартизации (ИСО) разработаны

международные стандарты, включающие научно-обоснованные с управленческой, экологической, социальной и мировоззренческой точек зрения эффективные элементы систем управления (ИСО-14000) [1].

По нашему мнению, экологический менеджмент является рациональным универсальным инструментом в достижении стабильного, устойчивого социально-экономического развития, не разрушающего природной основы жизни и обеспечивающего непрерывный прогресс общества.

Многие страны мира приняли у себя аутентичные тексты международного стандарта ИСО-14000, приняты они и в Российской Федерации. Общее количество документов, определяющих построение систем экологического менеджмента, – более 50, в Российской Федерации в качестве ГОСТов принято свыше 25 документов. Мировые тенденции развития систем управления подтверждают эффективность экологического менеджмента.

Ежегодный прирост компаний в мире, сертифицирующих систему экологического менеджмента, составляет десятки тысяч.

Наибольшее количество сертификатов выдано в Японии, Германии, Испании и Великобритании.

В мировой практике нет сектора экономики, который не занимался бы внедрением требований международного стандарта ИСО-14001 [1]. И в то же время следует отметить, что каждая организация, внедряющая систему экологического менеджмента, имеет свои особенности и разные уровни управления.

Ниже рассматриваются структура и специфика системы экологического менеджмента ОАО «Саратовский НПЗ» и эффективность ее функционирования. Деятельность ОАО «Саратовский НПЗ» направлена на переработку нефти с целью получения бензинов, дизельного топлива с переходом на нормы Евро-2 и Евро-3, а также мазутов, битумов и материалов на их основе.

В ОАО «Саратовский НПЗ» с 2006 года действует интегрированная система менеджмента (ИСМ) по качеству, экологии, охране здоровья и безопасности труда [2–4]. В соответствии с ИСМ разработано руководство, включающее три указанных вида менеджмента, утвержденное генеральным директором. По системе экологического менеджмента ОАО «Саратовский НПЗ» получен сертификат № 205851, выданный бюро Веритас Сертификейшн, 14.12.2006 г. и удостоверяющий соответствие требованиям международного стандарта ISO 14001:2004.

Структурно ИСМ выполнена в виде карт процесса и процедур. Важнейшими среди них являются: карта процесса, «Идентификация приоритетных экологических аспектов деятельности, ОАО «Саратовский НПЗ»», карта процесса «Идентификация опасностей, оценка рисков и управление рисками», процедура «Анализ интегрированной системы менеджмента», процедура «Порядок проведения внутренних аудитов интегрированной системы менеджмента», процедура «Порядок проведения оценки рисков при выполнении работ на ОАО «Саратовский НПЗ»» и другие.

Общее количество карт процесса более 30, общее количество процедур – более 60.

Итоги достижения экологических целей по сокращению отрицательного воздействия ОАО «Саратовский НПЗ» на окружающую среду, изложенные в экологической политике, целях и задачах в области качества, охраны окружающей среды, охраны здоровья и безопасности труда, приведены на рис. 1 и 2.

На рис. 1 показана динамика снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в ОАО «Саратовский НПЗ» за период с 2001 по 2007 годы.

Как видно из рис. 1, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу за период с 2001 по 2007 годы снизились более чем в 2 раза, с 3,54 до 1,68 кг на тонну переработанной нефти. Причем за указанный период вводились новые производства, увеличились глубина и количество переработанной нефти.

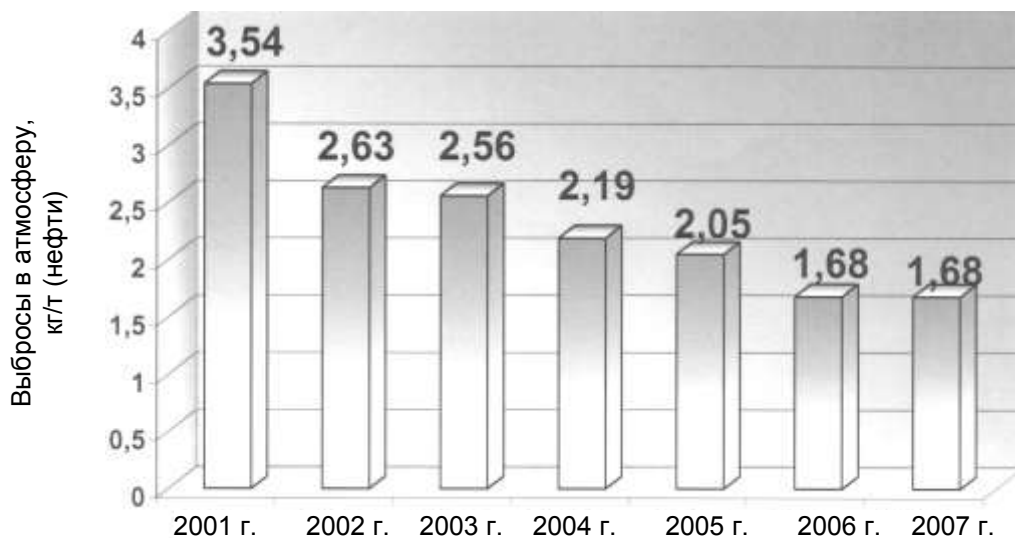


Рис. 1. Динамика снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в ОАО «Саратовский НПЗ» кг на 1 тонну переработанной нефти

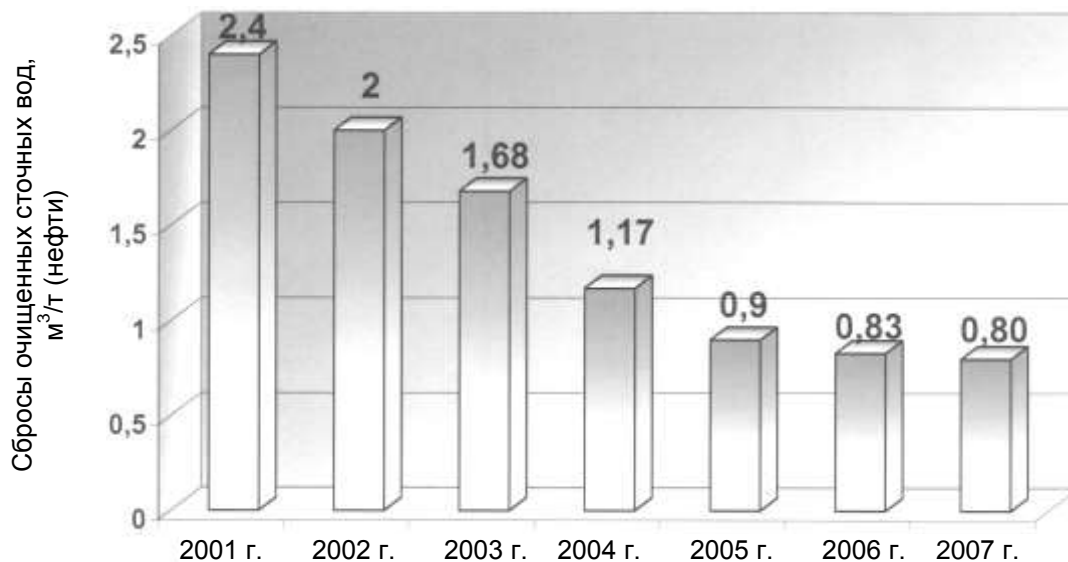


Рис. 2. Динамика снижения сброса очищенных сточных вод в р. Волгу в ОАО «Саратовский НПЗ», куб.м на 1 тонну переработанной нефти

На рис. 2 представлена динамика снижения сброса очищенных вод в р. Волгу в ОАО «Саратовский НПЗ».

Из рис. 2 следует, что сбросы очищенных сточных вод в ОАО «Саратовский НПЗ» за период с 2001 по 2007 годы сократились в 3 раза, с 2,4 до 0,8 м³ на тонну переработанной нефти.

Приведенные данные характеризуют существенные достижения ОАО «Саратовский НПЗ» в плане снижения экологической нагрузки на окружающую среду.

В ОАО «Саратовский НПЗ» для совершенствования системы экологического менеджмента применяются подходы, основанные на использовании риска. Это прогрессивное направление позволяет оценить возможное негативное развитие событий с последующими потерями в экономических, социальных, экологических и имиджевых аспектах.

Кроме того, в рискованных подходах закрепляются ответственность (владелец риска) и система контроля за снижением риска.

Например, на снижение экологического риска, связанного с загрязнением почв и грунтов, планируются ежегодные финансовые затраты на ликвидацию исторического наследия до 40 млн руб. на период до 2018 года.

Важным элементом повышения эффективности системы экологического менеджмента в ОАО «Саратовский НПЗ» является практика проведения экологических аудитов общественными экологическими организациями.

Так, Саратовским региональным отделением общественной организации «Российская экологическая академия» были проведены экологические аудиты и представлены аудиторские заключения в 2004, 2005 и 2008 годах.

Все высказанные замечания и рекомендации фиксируются в приказах Генерального директора ОАО «Саратовский НПЗ» и неукоснительно выполняются.

В заключение следует отметить, что внедрение в ОАО «Саратовский НПЗ» системы экологического менеджмента позволяет все возникающие проблемы в природоохранной деятельности, связанные с постоянно изменяющимися требованиями Российского законодательства в области охраны окружающей среды, оперативно и эффективно решать на самом высоком научно-техническом уровне, с применением новейших достижений в области контроля и управления охраной окружающей среды, а также применением рискованных подходов, что требует высокого уровня культуры производства и профессионализма коллектива специалистов, ответственных за эту работу.

На изучение проблем и внедрение природоохранных мероприятий отпускаются значительные материальные средства, что свидетельствует о том, что защита окружающей природной среды, здоровья людей является одним из высших приоритетов ОАО «Саратовский НПЗ».

Система экологического менеджмента на ОАО «Саратовский НПЗ» разработана и внедрена впервые в Саратовской области, эффективно функционирует и улучшается, обеспечивая достижение целей и задач, определенных экологической политикой ОАО «Саратовский НПЗ».

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО 14001-2004. Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. Зарегистрировано ВНИИКИ Госстандартом России. Номер регистрации: 1313/ISO, дата регистрации 30.11.2004 г.
2. OHSAS 18001-2007. Системы менеджмента в области охраны труда и предупреждения профессиональных заболеваний. Требования.
3. ГОСТ Р 51 897-2002. Менеджмент риска. Термины и определения.
4. ГОСТ Р 51 901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем.

Вернигор Михаил Иванович – директор департамента по охране труда, промышленной безопасности и охране окружающей среды ОАО «Саратовский НПЗ»

Волков Михаил Алексеевич – начальник отдела охраны природы ОАО «Саратовский НПЗ»

Богданова Валентина Александровна – ведущий менеджер отдела охраны природы ОАО «Саратовский НПЗ»

Ильченко Александр Александрович – аспирант кафедры «Менеджмент, коммерция и право»

Vernigor Mikhail Ivanovich – Industrial Hygiene & Environment Protection Department Director of JSC «Saratov Refinery»

Volkov Mikhail Alekseyevich – Environment Protection Department Director of JSC «Saratov Refinery»

Bogdanova Valentina Aleksandrovna – Environment Protection Department Lead Manager of JSC «Saratov Refinery»

Ichenko Aleksandr Aleksandrovich – Post-graduate Student of the Department

Саратовского государственного
технического университета

of «Management, Commerce and Law»
of Saratov State Technical University

Чугунов Илья Сергеевич –
аспирант кафедры
«Менеджмент, коммерция и право»
Саратовского государственного
технического университета

Chugunov Ilya Sergeyeovich –
Post-graduate Student
of the Department
of «Management, Commerce and Law»
of Saratov State Technical University

Шерстнев Алексей Валерьевич –
аспирант кафедры
«Менеджмент, коммерция и право»
Саратовского государственного
технического университета

Sherstnev Aleksey Valeryevich –
Post-graduate Student
of the Department
of «Management, Commerce and Law»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 14.09.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 338.24:339.138

О.Ю. Гордашникова

РАЗВИТИЕ МАРКЕТИНГОВОГО ПОТЕНЦИАЛА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Приводятся результаты исследования функциональной составляющей экономического потенциала системы менеджмента качества (СМК) – маркетингового потенциала. Маркетинговый потенциал СМК рассматривается как максимальная возможность системы в применении различных маркетинговых ресурсов, а также в использовании всех передовых разработок в области маркетинга.

Система менеджмента качества, маркетинговый потенциал, удовлетворенность персонала.

O.Yu. Gordashnikova

MARKETING POTENTIAL DEVELOPMENT OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

The article considers the results of the research of functional constituent of economic potential of quality management systems - marketing potential. Marketing potential of QMS is regarded as the greatest possibility of the system in applying marketing resources and in using all the progressive works in the marketing sphere.

Quality management systems, marketing potential, personnel's satisfaction.

Изучение показало, что с внедрением на предприятиях системы менеджмента качества, действующая система управления качеством стала ориентироваться, главным образом, на запросы и требования потребителей. Качество продукции должно быть одним из основных объектов управления, рассматриваемых во взаимосвязи с общей ориентацией деятельности предприятия на потребителя. Такой подход может быть реализован в рамках концепции маркетинга.

Стратегия маркетинга предполагает управление качеством на протяжении всего жизненного цикла продукции от разработки до сбыта. При планировании качества изделия необходимо исходить из требований и условий его эксплуатации или потребления.

Главной целью маркетинга и управления качеством продукции является повышение степени удовлетворения потребностей на основе улучшения качества продукции, используемой потребителем. Поэтому качество и эффективность маркетинговой деятельности и управления качеством продукции должны оцениваться приростом качества и полезности продукции, обусловленным мероприятиями в области маркетинга и управления качеством. Этот прирост выступает критерием оценки эффективности данных видов деятельности. Общность их конечных результатов сводится к приросту фактической степени удовлетворения потребностей, возникающему вследствие прироста качества продукции, используемого в процессе потребления.

С учетом вышеизложенного состав и содержание экономического потенциала СМК представим в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика функциональных составляющих экономического потенциала системы менеджмента качества

Функциональная составляющая СМК	Содержание
Производственный потенциал	Наличие материально-вещественных средств и возможностей их использования в производственном процессе
Финансовый потенциал	Наличие финансовых средств и возможностей их использования в деятельности предприятия для реализации целей политики в области качества
Научно-технический потенциал	Наличие возможностей и способностей предприятия развивать и внедрять результаты НТП в СМК
Управленческий потенциал	Наличие условий функционирования предприятия, систематический мониторинг внутренних потенциалов управления, определение масштабов и целей управленческой подготовки и выделение соответствующих ресурсов
Рыночный потенциал: маркетинговый, логистический	Наличие маркетинговых и логистических наработок и возможностей по их эффективному совокупному использованию для комплексного развития СМК
Экологический потенциал	Наличие механизма, способного сохранять экосистему

Несмотря на то, что базовые функциональные составляющие экономического потенциала предприятия в достаточной степени детально исследованы и описаны многими авторами, проблема эффективной оценки маркетингового потенциала остается во многом открытой для исследователей. Для решения данной задачи первоначально следует конкретизировать в теоретическом обороте экономическую категорию «маркетинговый потенциал СМК», а затем наполнить ее конкретным функциональным содержанием для практического применения.

Маркетинговый потенциал означает способность определять перспективный платежеспособный спрос, основанный на углубленных запросах и нуждах потребителей, в зависимости от прогнозируемых социально-экономических ситуаций и тенденций развития общества. Необходимость введения маркетингового потенциала и его составляющих обусловлена

насушным требованием разработки аппарата оценки применимости экономических подходов в практике функционирования системы менеджмента качества. Оперативная оценка подобного потенциала позволит выявить скрытые резервы в развитии СМК и увеличить отдачу от более обоснованного применения передового экономического инструментария.

Маркетинговый потенциал СМК – это неотъемлемая часть экономического потенциала СМК, которая является максимальной возможностью системы в применении различных маркетинговых ресурсов, а также в использовании всех передовых наработок в области маркетинга.

Сегодня наблюдается тенденция относить потребителей к категории заинтересованных лиц и актуально ставить вопрос об исследовании их удовлетворенности. Машиностроительному предприятию целесообразно проводить мониторинг информации об удовлетворенности потребителей, определив способы получения этой информации, своевременно разрабатывать методы измерения и анализировать полученную информацию с целью удовлетворения запросов и ожиданий потребителей машиностроительной продукции, т.к. внедрение элементов системы менеджмента качества является главным направлением, определяющим перспективное развитие и совершенствование инфраструктуры предприятия.

Для машиностроительного предприятия важно проводить подобные исследования и выявлять основные требования потребителей, это необходимо для определения приоритетных целей развития СМК, для повышения эффективности системы. Кроме того, измерение удовлетворенности потребителя машиностроительной продукции позволит:

- 1) выявить и определить текущие и будущие потребности;
- 2) выявить приоритеты, влияющие на улучшения деятельности;
- 3) определить отношения потребителей к предприятию, соответствует ли его деятельность их требованиям;
- 4) придерживаться требований стандартов ISO 9000;
- 5) сравнить представления персонала с ожиданиями потребителей;
- 6) выполнить требования потребителей к качеству продукции, цене, дисциплине поставок, превзойти их ожидания;
- 7) определить направления увеличения удовлетворенности потребителя;
- 8) обеспечить необходимое развитие производственной базы, повысить эффективность производственно-хозяйственной деятельности машиностроительного предприятия.

Согласно сказанному актуальность исследований, посвященных измерению и оценке удовлетворенности потребителей, не вызывает ни единого сомнения. В связи с этим руководству машиностроительного предприятия в рамках СМК необходимо организовать процессы, связанные:

- «с определением потребностей и ожиданий;
- с преобразованием потребностей и ожиданий в требования;
- с доведением требований до сведения всего персонала предприятия;
- с концентрацией деятельности на улучшении процессов, добавляющих ценность»

[3, с.86].

С учетом принципа СМК в практической деятельности предприятия целесообразно проводить оценку уровня удовлетворенности потребителей машиностроительной продукции, которая включает деятельность по сбору информации, измерение комплексного показателя уровня удовлетворенности и анализ результатов измерения. Под оценкой следует понимать результат процесса измерения.

Оценивание данных позволит руководству машиностроительного предприятия принимать решения, основанные на фактах. В этом случае объектом исследования будет мнение потребителей. Следует отметить, что оценивание удовлетворенности потребителей продукции будет иметь особое значение, т.к. это позволит оценить конкурентоспособность не только выпускаемой продукции, но и предприятия в целом.

Так как процессный подход предполагает наличие входа и выхода по отношению к системе, то в первом случае это будет информация от потребителей, во втором случае – документированные результаты оценивания.

Для принятия управленческих решений в области определения уровня удовлетворенности потребителей в качестве машиностроительной продукции, необходимо тщательно выбрать метод оценки. В экономической литературе представлено многообразие подобных методов, которые можно объединить в три группы:

- качественные (мониторинг договоров, мониторинг рекламаций, метод наблюдений);
- количественные (RFM-анализ, опрос потребителей);
- комплексные.

Удовлетворенность потребителя от выполнения его требований определяется на большинстве машиностроительных предприятий:

- отзывами потребителей о качестве продукции;
- частотой повторного обращения потребителя для размещения заказа;
- обращением новых потребителей по рекомендации постоянных потребителей продукции предприятия;
- количеством рекламаций от потребителя по качеству, комплектности и срокам поставки продукции.

На взгляд автора, для оценки уровня взаимоотношений с ключевыми потребителями целесообразно применить рейтинг основных критериев, в зависимости от особенностей продукции и классификации потребителей: доля предприятия в бизнесе клиента (потребителя), закупаемый ассортимент, частота контактов, объем продаж и др. (табл. 2).

Таблица 2

Модель оценки уровня взаимоотношениями
с основными клиентами (потребителями) продукции

Критерии	Оценка критерия по потребителям				Рейтинг критерия
	А	Б	В	...	
Доля предприятия в бизнесе клиента					
Закупаемый ассортимент					
Частота контактов					
Объем продаж					

Кроме того, исследования удовлетворенности потребителей должны выявлять успешность предприятия в достижении главной задачи на рынке – удовлетворение потребностей потребителей. В связи с этим, в методике исследования следует предусмотреть решение следующих задач:

– во-первых, предоставить потребителям возможность определить значимые для них критерии на основе анкетного опроса, например, качество продукции, уровень цен на продукцию, затраты в сфере эксплуатации, уровень сервиса, надежность поставок, доступность и др. Для измерения удовлетворенности используется минимальное количество наиболее важных показателей. Однако для корректного и эффективного использования индекса удовлетворенности потребителей необходимо правильно выявить, отобрать и расставить приоритеты в отношении критериев, формирующих модель. В противном случае изменение индекса может привести к принятию некорректных управленческих решений;

– во-вторых, выявить комплекс критериев, влияющих на выбор предприятия. К примеру, в зависимости от вида деятельности данный комплекс критериев выглядит в форме табл. 3.

Необходима также реализация главной задачи внутреннего маркетинга, которая заключается в достижении лояльности персонала как следствия его удовлетворенности рабо-

той. Комплексность данного понятия более подробно представлена Ю.П. Ранде, который выделил три составляющих этого термина:

– во-первых, аспект безопасности, способствующий «выявлению и пресечению фактов нелояльности персонала, мониторинг информационных систем и ресурсов с целью выявления несанкционированных действий отдельных сотрудников внутри фирмы, пресечение попыток внешних контрагентов нанести экономический ущерб организации с использованием ее кадрового потенциала» [8, с.64];

Таблица 3

Частные критерии оценки удовлетворенности ключевых потребителей

Объект, подлежащий оценке
1. Доля продукции, сданной с первого предъявления
2. Доля продукции, на которую не получены рекламации, в общем числе сданной продукции
3. Доля продукции, на которую от заказчика получены несоответствия, не оформленные в виде рекламаций, но признанные предприятием, в общем числе сданной продукции

– во-вторых, социально-психологический аспект, обеспечивающий «учет личностных факторов при подборе персонала, контроль за состоянием психологического климата в коллективе, формирование командного духа и т.д.» [8, с.64];

– в-третьих, кадровый аспект, включающий «работу по формированию корпоративной культуры, решению вопросов по соотношению оплаты труда с фактическим уровнем физических и умственных затрат и практической значимостью деятельности специалиста, подбор, расстановку и обучение кадров» [8, с.64].

В соответствии с международным стандартом необходимо постоянно осуществлять измерение и проводить мониторинг удовлетворенности заинтересованных сторон, в частности: изучать мнения своих работников о степени удовлетворенности их потребностей и ожиданий, проводить оценку вклада индивидуальной и коллективной работы персонала в результаты предприятия. Следовательно, оценка удовлетворенности персонала может служить одним из показателей результативности СМК.

Анализ практической деятельности машиностроительных предприятий Саратовской области позволил сделать следующие выводы:

- 1) предприятия испытывают реальную нехватку опытного и квалифицированного персонала;
- 2) принудительное вовлечение персонала в систему управления качеством;
- 3) отсутствие в полном объеме системы поощрения, внесения персоналом инноваций, предложений в совершенствование работы по качеству;
- 4) отсутствие обучения персонала на регулярной основе.

Решением указанных проблем является использование современных теорий мотивации. Теоретические основы мотивации были заложены содержательными и процессуальными теориями мотивации. В первом случае это теории Маслоу, Мак Клееланда и Герцберга. Во втором случае это теория ожиданий, теория справедливости, модель мотивации Портера-Лодера.

В современном менеджменте предпринимается попытка пересмотра классических теорий мотиваций с целью их приспособления к современной структуре потребностей. Современные системы мотивации персонала могут быть основаны на самых разнообразных методах, выбор которых зависит от проработанности системы стимулирования на предприятии, общей системы управления и особенностей деятельности самого предприятия. Социологические исследования показывают, что наибольший вес среди форм мотивации имеют оклад и индивидуальная надбавка, премии, возможность получения кредитов и материальная помощь. Значимыми также являются следующие мотивационные факторы: хороший моральный климат в коллективе, карьера, хорошие условия труда.

Таким образом, основными объектами исследования должны стать процессы активизации мотивов работников (внутренняя мотивация) и создание стимулов (внешняя мотивация) для их побуждения к эффективному труду.

Как показал анализ практической деятельности зарубежных предприятий, существует прямая связь между удовлетворенностью персонала и удовлетворенностью потребителей, т.е. достижение удовлетворенности одной заинтересованной группы во многом определяется преимуществами, полученными от удовлетворенности других заинтересованных сторон. В этой связи для отечественных машиностроительных предприятий становится актуальной разработка методики постоянной оценки удовлетворенности персонала.

Механизм формирования удовлетворенности персонала зависит от многих критериев, которые следует учитывать в управленческой деятельности. Эти критерии можно разделить на внутренние и внешние. Внутренние относятся к трудовой установке (ценностные ориентации на труд), внешние – к обстоятельствам, с которыми работник сталкивается на своем рабочем месте.

Анализ экономической литературы показал, что существует множество подходов к оценке удовлетворенности персонала (табл. 4).

Таблица 4

Классификация критериев удовлетворенности персонала

Автор	Признак классификации критериев удовлетворенности персонала	Перечень критериев удовлетворенности персонала
К. Замфир	Критерии содержания труда	Общие условия труда. Физические условия труда. Содержание труда. Отношения между людьми в труде. Организационные рамки труда [5, с.43]
М. Аргайл	Критерии удовлетворенности трудом	Заработная плата. Отношения с сотрудниками. Отношения с руководством. Возможности продвижения по службе [1, с.71]
Ф. Герцберг	Факторы гигиены	Свобода на работе. Отношения с руководителем и сослуживцами. Возможность для профессионального роста. Хорошие рабочие условия. Хорошая зарплата. Продвижение по службе. Стабильная и надежная работа. Информированность о результатах работы
	Факторы мотивации	Лидерство в группе. Интересная и качественная работа. Достижение личных целей, относящихся к работе. Получение новых навыков и знаний. Участие в принятии решений [7]
Г.В. Ефимова	Показатели удовлетворенности персонала	Отношение к изменениям на предприятии. Гордость за принадлежность к предприятию. Удовлетворение выполняемой работой. Соотношение размера зарплаты и качества работы. Отношения с окружающим персоналом.

Автор	Признак классификации критериев удовлетворенности персонала	Перечень критериев удовлетворенности персонала
		Отношение к деятельности руководства по улучшению организации труда. Организация досуга и отдыха на предприятии. Социальная политика предприятия [4, с.100]
Ю.Д. Красовский	Критерии характеристики работы	Характер работы. Содержание и объем работы. Достойная оплата и возможность продвижения. Состояние рабочего места и его окружение. Распорядок и правила поведения [6]
Ю.В. Асташова, А.И. Демченко	Показатели удовлетворенности персонала	Карьерный рост. Стабильность и рост оплаты труда. Социальные гарантии. Безопасность труда [2, с.88]

Данные критерии удовлетворенности персонала разнообразны и носят достаточно общий характер. В реальной практической деятельности машиностроительных предприятий они могут быть конкретизированы или дополнены в зависимости от направления деятельности предприятия, характеристик трудового коллектива. Практика показывает, что приоритетность этих критериев также может существенно различаться как у отдельных членов коллектива внутри предприятия, так и на различных машиностроительных предприятиях.

Теоретические исследования показывают взаимосвязь теории управления качеством и теории современного маркетинга. Маркетинговая теория близка к самой идее повышения качества, поскольку в основе лежат два условия – поддержания конкурентоспособности предприятия и необходимость приспособления к требованиям потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аргайл М. Психология счастья / М. Аргайл. М.: Прогресс, 1990. 204 с.
2. Асташова Ю.В. Показатели процесса в системе менеджмента качества / Ю.В. Асташова, А.И. Демченко // Менеджмент в России и за рубежом. 2005. № 1. С. 86-97.
3. Горячев А. Об ответственности руководства в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001-2001 / А. Горячев, Ю. Зауерлендер, Н. Петровская // Стандарты и качество. 2004. № 3. С. 84-87.
4. Ефимова Г.В. Повышение результативности системы менеджмента качества машиностроительного предприятия: дис. ... канд. техн. наук / Г.В. Ефимова. Брянск, 2005. 215 с.
5. Замфир К. Удовлетворенность трудом. Мнение социолога / К. Замфир. М.: Политиздат, 1983. 156 с.
6. Красовский Ю.Д. Организационное поведение / Ю.Д. Красовский. М.: Прогресс, 2001. 184 с.
7. Новаторов Э.В. Аудит внутреннего маркетинга методом анализа «важность – исполнение» / Э.В. Новаторов // Маркетинг в России и за рубежом. 2000. № 1. С. 27-36.
8. Ранде Ю.П. Удовлетворенность и лояльность персонала как главные показатели эффективности внутреннего маркетинга / Ю.П. Ранде // Маркетинг в России и за рубежом. 2006. № 3. С. 61-69.

Гордашникова Ольга Юрьевна –
доктор экономических наук,
профессор кафедры
«Маркетинг и рекламный менеджмент»
Саратовского государственного
социально-экономического университета

Gordashnikova Olga Yuryevna –
Doctor of Sciences in Economics,
Professor of the Department
of «Marketing and Advertising Management»
of Saratov State University
of Sociology and Economics

Статья поступила в редакцию 03.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 656.13

С.А. Гусев, Д.А. Красникова, В.В. Лозовая

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

Рассматривается процесс движения материальных потоков от первичного источника сырья до конечного потребителя. Обсуждаются вопросы управления производственными процессами на макро- и микроуровнях, сравниваются логистическая и традиционная концепции организации производства и различные подходы к управлению материальными потоками в рамках внутрипроизводственных логистических систем.

Логистика, производство, организация, поток, система.

S.A. Gusev, D.A. Krasnikova, V.V. Lozovaya

LOGISTICS IN PRODUCTION ORGANIZATION

The authors study the process of material flows' movement from the first source of raw materials up to final consumers. They focus on the questions of production process management on the macro- and micro level. And they also present the comparison of logistical and traditional conceptions of organization of production and different methods of material flow management in the in-production logistics systems.

Logistic, production, organization, flow, system.

Материальный поток на своем пути от первичного источника сырья до конечного потребителя проходит ряд производственных звеньев. Управление материальным потоком на этом этапе имеет свою специфику и носит название производственной логистики.

Напомним содержание термина «производство». Как известно, общественное производство подразделяется на материальное и нематериальное. Производственная логистика рассматривает процессы, происходящие в сфере материального производства.

Задачи производственной логистики касаются управления материальными потоками внутри предприятий, создающих материальные блага или оказывающие такие материальные услуги, как хранение, фасовка, развеска, укладка и др. Характерная черта объектов изучения в производственной логистике – их территориальная компактность. В литературе их иногда называют «островными объектами логистики».

Логистические системы, рассматриваемые производственной логистикой, носят название внутрипроизводственных логистических систем. К ним можно отнести: промыш-

ленное предприятие; оптовое предприятие, имеющее складские сооружения; узловую грузовую станцию; узловой морской порт и др.

Внутрипроизводственные логистические системы можно рассматривать на макро- и на микроуровнях.

На макроуровне внутрипроизводственные логистические системы выступают в качестве элементов макрологистических систем. Они задают ритм работы этих систем, являются источниками материальных потоков. Возможность адаптации макрологистических систем к изменениям окружающей среды в существенной степени определяется способностью входящих в них внутрипроизводственных логистических систем быстро менять качественный и количественный состав выходного материального потока, т. е. ассортимент и количество выпускаемой продукции.

Качественная гибкость внутрипроизводственных логистических систем может обеспечиваться за счет наличия универсального обслуживающего персонала и гибкого производства.

Количественная гибкость также обеспечивается различными способами. Например, на некоторых предприятиях Японии основной персонал составляет не более 20% от максимальной численности работающих. Остальные 80% – временные работники. Причем до 50% от числа временных работников составляют женщины и пенсионеры. Таким образом, при численности персонала в 200 человек предприятие в любой момент может поставить на выполнение заказа до 1000 человек. Резерв рабочей силы дополняется адекватным резервом оборудования.

Центральным элементом производственной системы являются подробные описания выполняемых работ. В качестве примера рассмотрим установку переднего сиденья на модели автомобилей. Процесс включает в себя семь задач, которые необходимо выполнять за 55 секунд по мере продвижения машины с постоянной скоростью через рабочую зону.

Если оказывается, что рабочий выполняет задачу 1 (установка задних болтов) раньше задачи 2 (установка передних болтов), то такая ситуация означает, что выполнение задачи идет с отклонениями от первоначальной схемы, то есть произошла какая-то ошибка. Аналогично, если спустя 40 секунд рабочий все еще выполняет задачу 2, которая должна была быть завершена за 31 секунду, то это тоже является указанием на ошибку. Чтобы сделать процесс распознавания ошибок еще более простым, рабочая зона по всей длине пола размечена отметками, которые делят каждый шаг производства на 10 частей. Если рабочий проходит шестую из десяти отметок на полу (это 33 секунды от начала цикла) и при этом все еще занимается задачей 2, то ему и его непосредственному руководителю известно, что они отстают от графика. Как только отклонение становится очевидным, рабочий и его наблюдатель могут либо устранить проблему непосредственно и уже впоследствии решить, как необходимо изменить описания работ, либо переобучить рабочего. Рабочие описания производственной системы «Тойоты» подробные, но не жесткие. Описания следует рассматривать как гипотезу, которую постоянно подвергают проверке: либо задание выполняется, либо не выполняется согласно спецификациям в отведенное на это время, а спецификации либо совершенствуются, либо не совершенствуются в целях уменьшения времени на выполнение задачи.

Необходимо отметить, что одним из ключевых факторов в организации производства и применения логистических подходов и в том числе достижения преимуществ от использования логистической концепции является гибкое производство – способность перестройки станков с нескольких часов до считанных минут (Тойота). В основе этого – технические решения, позволяющие достигать таких результатов.

На микроуровне внутрипроизводственные логистические системы представляют собой ряд подсистем, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство. Эти подсистемы: закупка, склады, запасы, обслуживание производства, транспорт, информация, сбыт и кадры, обеспечивают входение материального потока в систему, прохождение внутри нее и выход из системы. В соответствии с концепцией логистики построение внутрипроизводственных логистических систем должно обеспе-

чивать возможность постоянного согласования и взаимной корректировки планов и действий снабженческих, производственных и сбытовых звеньев внутри предприятия.

Логистическая концепция организации производства включает в себя следующие основные положения:

- ◆ отказ от избыточных запасов;
- ◆ отказ от завышенного времени на выполнение основных и транспортно-складских операций;
- ◆ отказ от изготовления серий деталей, на которые нет заказа покупателей;
- ◆ устранение простоев оборудования;
- ◆ обязательное устранение брака;
- ◆ устранение нерациональных внутривозвездских перевозок;
- ◆ превращение поставщиков из противостоящей стороны в доброжелательных партнеров.

В отличие от логистической традиционная концепция организации производства предполагает:

- никогда не останавливать основное оборудование и поддерживать во что бы то ни стало высокий коэффициент его использования;
- изготавливать продукцию как можно более крупными партиями;
- иметь максимально большой запас материальных ресурсов «на всякий случай».

Содержание концептуальных положений свидетельствует о том, что традиционная концепция организации производства наиболее приемлема для условий «рынка продавца», в то время как логистическая концепция – для условий «рынка покупателя».

Когда спрос превышает предложение, можно с достаточной уверенностью полагать, что изготовленная с учетом конъюнктуры рынка партия изделий будет реализована. Поэтому приоритет получает цель максимальной загрузки оборудования. Причем, чем крупнее будет изготовленная партия, тем ниже окажется себестоимость единицы изделия. Задача реализации на первом плане не стоит.

Ситуация меняется с приходом на рынок «диктата» покупателя. Задача реализации произведенного продукта в условиях конкуренции выходит на первое место. Непостоянство и непредсказуемость рыночного спроса делают нецелесообразным создание и содержание больших запасов. В то же время производитель уже не имеет права упустить ни одного заказа. Отсюда необходимость в гибких производственных мощностях, способных быстро отреагировать производством на возникший спрос.

Снижение себестоимости в условиях конкуренции достигается не увеличением размеров выпускаемых партий и другими экстенсивными мерами, а логистической организацией, как отдельного производства, так и всей товаропроводящей системы в целом.

Управление материальными потоками в рамках внутрипроизводственных логистических систем может осуществляться различными способами, из которых выделяют два основных, принципиально отличающихся друг от друга.

Первый вариант носит название «толкающая система» и представляет собой систему организации производства, в которой предметы труда, поступающие на производственный участок, непосредственно этим участком у предыдущего технологического звена не заказываются. Материальный поток «выталкивается» получателю по команде, поступающей на передающее звено из центральной системы управления производством.

Толкающие модели управления потоками характерны для традиционных методов организации производства. Возможность их применения для логистической организации производства появилась в связи с массовым распространением вычислительной техники. Эти системы, первые разработки которых относят к 60-м годам, позволили согласовывать и оперативно корректировать планы и действия всех подразделений предприятия – снабженческих, производственных и сбытовых, с учетом постоянных изменений в реальном масштабе времени.

Толкающие системы, способные с помощью микроэлектроники увязать сложный производственный механизм в единое целое, тем не менее, имеют естественные границы своих возможностей. Параметры «выталакиваемого» на участок материального потока оптимальны настолько, насколько управляющая система в состоянии учесть и оценить все факторы, влияющие на производственную ситуацию на этом участке. Однако чем больше факторов по каждому из многочисленных участков предприятия должна учитывать управляющая система, тем совершеннее и дороже должно быть ее программное, информационное и техническое обеспечение.

Толкающие системы имеют один общий недостаток - недостаточно строгое отслеживание спроса с обязательным наличием страховых запасов.

Второй вариант основан на принципиально ином способе управления материальным потоком. Он носит название «тянущая система» и представляет собой систему организации производства, в которой детали и полуфабрикаты подаются на последующую технологическую операцию с предыдущей по мере необходимости, т.е. размещение заказов на пополнение запасов материальных ресурсов или готовой продукции происходит, когда количество их в определенных звеньях логистической системы достигает критического уровня.

Здесь центральная система управления не вмешивается в обмен материальными потоками между различными участками предприятия, не устанавливает для них текущих производственных заданий. Производственная программа отдельного технологического звена определяется размером заказа последующего звена. Центральная система управления ставит задачу лишь перед конечным звеном производственной технологической цепи.

На практике реализованы различные варианты «толкающих» и «тянущих» систем.

Толкающие системы управления материальными потоками известны под названием «системы МРП» и характерны для традиционных способов организации производства. Они характеризуются высоким уровнем автоматизации управления, позволяющим реализовать следующие основные функции:

- ♦ обеспечивать текущее регулирование и контроль производственных запасов;
- ♦ в реальном масштабе времени согласовывать и оперативно корректировать планы и действия различных служб предприятия – снабженческих, производственных, сбытовых.

В современных, развитых вариантах систем МРП решаются также различные задачи прогнозирования. В качестве метода решения задач широко применяются имитационное моделирование и другие методы исследования операций.

Самой известной среди «тянущих» концепций является концепция «точно в срок» (just-in-time, JIT). С логистических позиций концепция «точно в срок» основана на довольно простой бинарной логике управления запасами без какого-либо ограничения к требованию минимума запасов, в которой потоки материальных ресурсов тщательно синхронизированы с потребностью в них, задаваемой производственным расписанием выпуска готовой продукции. Подобная синхронизация есть не что иное, как координация двух базисных логистических функций: снабжения и производственного менеджмента. В дальнейшем эта концепция была успешно применена и в дистрибуции, системах сбыта готовой продукции, а в настоящее время – и в макрологистических системах.

В идеальном случае материальные ресурсы или готовая продукция должны быть доставлены в определенную точку логистической цепи (канала) именно в тот момент, когда в них есть потребность (не раньше, не позже), что исключает излишние запасы, как в производстве, так и в дистрибуции. Многие современные логистические системы, основанные на данном подходе, ориентированы на короткие составляющие логистических циклов, что требует быстрой реакции звеньев логистической системы на изменения спроса и соответственно производственной программы.

Еще одна система, относящаяся к классу «тянущих» микрологистических систем, интегрирующих процессы снабжения и производства – это система ORT. Основным принципом работы этой системы является выявление в производственном процессе так называемых

«узких» мест или критических ресурсов. По существу ОРТ является компьютеризованной версией KANBAN с той разницей, что система ОРТ препятствует возникновению узких мест в логистической сети «снабжение-производство», а система KANBAN позволяет эффективно устранять уже возникшие узкие места. В качестве критических ресурсов, оказывающих влияние на эффективность логистической системы, могут выступать запасы сырья и материалов, размер незавершенного производства, технология изготовления, персонал и др. Предприятия, использующие систему ОРТ, не стремятся максимально загрузить персонал, выполняющий некритические операции, так как это вызывает нежелательный рост запасов незавершенного производства. Эффективность системы ОРТ с логистических позиций заключается в увеличении выпуска продукции, снижении производственных и транспортных издержек, уменьшении запасов незавершенного производства.

В настоящее время большинство систем управления производством принадлежат к «толкающим». Как правило, чем крупнее система, тем более характерны для нее следующие утверждения:

1. При изменениях спроса или задержках в поставках практически невозможно перепланировать производство для каждой его стадии, вследствие чего появляются избыточные запасы.
2. Необходимо создание избыточных страховых запасов из-за сложности в определении норм выработки и параметров материальных запасов.
3. Любые оперативные, срочные изменения вызывают большие осложнения, так как детально рассчитать оптимальные производственные планы очень трудно.

Таким образом, применение логистического подхода в организации производства, т.е. внедрение «тянущих» систем, позволяет минимизировать товарные запасы, а в ряде случаев вообще отказаться от их использования, существенно сократить время доставки товаров, ускоряет процесс получения информации, повышает уровень сервиса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мейер М.В. Оценка эффективности бизнеса / М.В. Мейер; пер. с англ. А.О. Корсунского. М.: Вершина, 2004. 272 с.

2. Модели и методы теории логистики: учеб. пособие / под ред. В.С. Лукинскогo; 2-е изд. СПб.: Питер, 2007. 448 с.

Гусев Сергей Александрович – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета

Gusev Sergey Aleksandrovich – Candidate of Sciences in Economics, Assistant Professor of the Department of «Organization of Haulage and Management on Transport» of Saratov State Technical University

Красникова Дарья Андреевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета

Krasnikova Darya Andreyevna – Candidate of Sciences in Economics, Assistant Professor of the Department of «Organization of Haulage and Management on Transport» of Saratov State Technical University

Лозовая Виктория Владимировна – соискатель кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета

Lozovaya Victoriya Vladimirovna – Post-graduate Student of the Department of «Organization of Haulage and Management on Transport» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 18.09.09, принята к опубликованию 25.03.10

Е.С. Захарченко

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КЛАСТЕРОВ В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Показано, что внедрение кластерной стратегии в Саратовской области может не только повысить конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность региона, но и способствовать устойчивому (сбалансированному) развитию региона. Подчеркивается, что функционирование кластеров должно быть направлено не только на повышение экономической выгоды, но и на улучшение экологической обстановки в регионе.

Экологическая инфраструктура, кластеры, инновации.

E.S. Zakharchenko

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF CLUSTERS FUNCTIONING IN THE SARATOV REGION

The introduction of a cluster strategy in the Saratov region can not only improve the competitiveness and investment attractiveness of the region, but also contribute to sustainable (balanced) development of the region. Moreover, the cluster should be directed not only at increasing the economic benefits, but also to improve the environmental situation in the region.

Ecological infrastructure, clusters, innovations.

В Саратовской области в последние годы активно разрабатывается кластерная политика, которая предполагает, что в условиях рыночной экономики объектом экономического управления должна стать не отрасль, не компания, а территория.

Кластер – это территориальный социально-экономический и индустриально-инновационный саморегулируемый комплекс, в формировании которого принимают участие местные власти и бизнес, стратегические и иные внешние инвесторы. Именно в результате эффективной кластерной политики Саратовская область должна превратиться в территорию инвестиций, поскольку кластер является системным и гарантированным потребителем инвестиций как базовый компонент инвестиционного процесса. Важнейшей предпосылкой кластеризации региональной экономики является наличие высокотехнологичных предприятий, технопарков, высших учебных заведений, научно-исследовательских институтов и других элементов индустриально-инновационного комплекса, обеспечивающего непрерывность цикла «исследования – разработки – технологии – производство – реализация». Конечным результатом этого является серийный выпуск на промышленных предприятиях региона наукоемкой конкурентоспособной продукции.

Внедрение кластерной стратегии должно не только повысить конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность региона, но и способствовать устойчивому (сбалансированному) развитию региона. Согласно общепринятому определению, устойчивое развитие – это социально, экономически и экологически сбалансированное развитие городских, районных и сельских территориальных громад (объединений), направленное на реализацию их экономического потенциала, обеспечение полноценной окружающей среды для совре-

менных и грядущих поколений на основе рационального использования ресурсов (природных, трудовых, производственных, научно-технических, интеллектуальных и т.п.), технологического переоборудования и реструктуризации предприятий, усовершенствования социальной, производственной, транспортной, коммуникационно-информационной, инженерной, экологической инфраструктуры, улучшения условий проживания, отдыха и оздоровления, сохранения и приумножения биологического разнообразия и культурного наследия. Цель создания кластера, на наш взгляд, – сформировать территориальные объединения пользователей природных ресурсов, обеспечивающих оптимальные конкурентные условия в сочетании с высокой экономической эффективностью производства и услуг с принципами устойчивого развития и требованиями природоохранного законодательства.

Саратовская область относится к регионам с высоким научно-техническим и инновационным потенциалом. В структуре промышленного производства существенна доля высокотехнологичных отраслей, таких как топливно-энергетический комплекс, машиностроение, химическая промышленность. Индустриально-инновационную деятельность осуществляют свыше пятидесяти организаций, исследования и разработки выполняют около шестидесяти промышленных предприятий, высшие учебные заведения, научно-исследовательские институты. Доля инновационной продукции в общем объеме выпускаемой продукции составляет 8-10% [1].

В Саратовской области сложились кластеры отраслевого вида, которые на сегодняшний день не являются конкурентоспособными образованиями, т.к. не прослеживается вся цепочка «исследования – разработки – технологии – производство – реализация». Эти кластеры не поставляют на рынок готовую продукцию, а выпускают только сырье для следующих этапов производства. Здесь необходимо отметить, что складывающиеся кластеры отраслевого типа довлеют на один ресурс. Экологическая эффективность и результативность таких кластеров очень низкая.

Результативность функционирования кластера можно оценивать с точки зрения выгоды для эколого-экономической системы. Успешное функционирование кластера может выражаться не только в улучшении экономических составляющих, но и в сохранении благоприятной экологической обстановки. В европейских странах под этим чаще подразумевается не сохранение налоговой базы (как принято говорить в России), а отсутствие необходимости платить за выбросы и сбросы загрязняющих веществ и образование отходов, т.к. рост этих параметров всегда сопровождается ухудшением качества окружающей среды, что в немалой степени обуславливает неблагоприятную экологическую обстановку в регионе.

В Саратовской области показатели загрязнения атмосферного воздуха, превышающие предельно допустимые концентрации, выше, чем в среднем по РФ. Основой водных ресурсов области является поверхностный сток. Главная водная артерия – Волга. Качество сточных вод, сбрасываемых в водоемы водопользователями, из года в год не улучшается, лишь единичные предприятия сбрасывают стоки без нарушения установленных нормативов, значительное количество сточных вод продолжает сбрасываться в водоемы без очистки.

Проблема загрязнения городских земель в настоящее время выдвинулась в разряд наиболее важных при решении задач улучшения экологической обстановки на урбанизированных территориях. В г. Саратове, других промышленных центрах области от 60 до 90% городской пыли в атмосфере носит техногенный характер. Резкое снижение площади зеленых насаждений, высокая концентрация пыли и других вредных компонентов в атмосфере городов, жаркий сухой воздух, дымные агрессии от сжигаемого в городах области мусора приводят к ухудшению здоровья населения. Таким образом, в Саратовской области, насыщенной промышленным производством, с интенсивным в прошлом сельским хозяйством, АЭС, объектами хранения и испытания отравляющих веществ, десятками экологически опасных предприятий, экологическая обстановка остается напряженной [1].

Эколого-экономический анализ Саратовской области показывает, что на сегодняшний день в области сложились кластеры отраслевого вида – химический, нефтехимический, энер-

гетический, машиностроительный, аграрный. В этом случае используется один ресурс и идет давление на одну составляющую ландшафта (водоемкие производства). Региональный кластер основан на другом подходе – здесь идет использование уже готового продукта, а это уменьшает экологическую нагрузку на территорию, что влечет за собой и увеличение экологической результативности таких кластеров. Региональный кластер в Саратовской области представлен кластером строительной индустрии.

Повышение экологической результативности возможно путем формирования в области кластеров, причем функционирование их должно быть направлено не только на повышение экономической выгоды, но и на улучшение экологической обстановки в регионе. Одной из важных характеристик кластеров является инновационная ориентированность, что включает в себя внедрение новых технологий, оптимизацию технологических процессов и др. Косвенный эффект от внедрения инноваций в кластер – улучшение параметров окружающей среды, т.к. любая инновация включает в себя ресурсосбережение и снижение потерь при производстве продукции (уменьшение сбросов и выбросов загрязняющих веществ).

На наш взгляд, с точки зрения экологической составляющей развития региона наиболее оптимально формировать территориальные (региональные) кластеры, в которых экологическая нагрузка распределяется более равномерно на все составляющие ландшафта, а соответственно и эколого-экономическая результативность таких кластеров будет выше.

На сегодняшний день в Саратовской области достаточно эффективно развит, прежде всего, региональный кластер стройиндустрии. На территории области существует перспективная сырьевая база: залежи сырья для цементного производства в Вольске и Озинках, крупные меловые месторождения в Хвалынском районе. Опорными точками кластера стали муниципалитеты с существующими объектами стройиндустрии – Саратов, Энгельс, Вольск, Балаково. В этих городах расположены предприятия, которые выпускают из местного сырья всю «линейку» стройматериалов, начиная от различных строительных смесей и кончая полиэтиленовыми трубами, которые применяются в жилищно-коммунальной сфере. Также проводятся модернизация и реконструкция действующих предприятий, например цементного завода в Вольске. Строятся новые предприятия с применением современных технологий. В Балаково внедряется проект строительства металлургического завода на миллион тонн переработки лома. На заводе будут изготавливаться арматура и профиль для строительной индустрии. На данном этапе в кластере стройиндустрии первоочередная цель – получение прибыли, не учитывается ни количество образовавшихся отходов, ни количество выбросов и сбросов загрязняющих веществ. Для создания полноценного устойчивого кластера необходимо всем участникам кластера внедрять более экологически чистые технологии в производство, производить очистку выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, разрабатывать экологическую политику на предприятиях.

В отраслевой структуре промышленности Саратовской области ведущее место занимает топливно-энергетический комплекс. На территории области расположены крупные электростанции – Балаковская АЭС и Саратовская ГЭС, суммарная мощность которых составляет соответственно 4000 и 1360 МВт. Этими электростанциями вырабатывается четвертая часть электроэнергии Поволжского региона и 3% электроэнергии России. Кроме того, в городе энергетиков Балаково действует ТЭЦ (465 МВт, 1532 Гкал/ч), в Саратове ТЭЦ-5 (440 МВт, 1260 Гкал/ч), ТЭЦ-2 (296 МВт, 1077 Гкал/ч), ГРЭС (54 МВт, 506 Гкал/ч) и ТЭЦ-1 (22 МВт, 255 Гкал/ч), в Энгельсе ТЭЦ-3 (202 МВт, 844 Гкал/ч). Таким образом, для формирования полноценного территориального кластера необходимо наличие энергоемких производств на базе избытка производимой в области электроэнергии. В частности, создание в городе Балаково энергоемких производств, таких как алюминиевый завод и завод передельной металлургии, с точки зрения эколого-экономической эффективности является выгодным, поскольку произойдет экономия потребления энергоресурсов за счет уменьшения потерь при

передаче энергии. Общеизвестно, что такие потери при транспортировке составляют 41%. Приближение производства к источнику выработки энергоресурсов (Балаковская АЭС) приведет к снижению потребления ресурса. На примере Балаково можно говорить о реализации идеи кластеризации на базе энергоемких производств, уменьшении экологической нагрузки на окружающую среду и, соответственно, повышении эколого-экономической результативности. Формирование таких промышленных комплексов – первые попытки создания экологичного промышленного кластера.

Одной из составляющих экологической результативности является экономия ресурса, она достигается за счет уменьшения потерь энергии при передаче ее от производителя к потребителю. Здесь необходимо отметить, что происходит не только снижение потребления ресурса, но и уменьшение электромагнитного загрязнения, которое называют безмолвным загрязнением, т.к. оно неощущаемо.

Другая составляющая экологической результативности – химическое загрязнение, которое будет возникать при штатной работе заводов. Уровень этого загрязнения будет зависеть от внедрения инноваций в технологические процессы и степени очистки сбросов и выбросов токсичных веществ. СМИ сообщает, что работа сталеплавильного оборудования на металлоломе позволит исключить первый металлургический передел, что приведет к снижению риска негативного воздействия на окружающую среду. Проект предполагает современные системы очистки воздуха и замкнутый водооборотный цикл, что позволит исключить сброс сточных вод. Твердые отходы предполагается использовать вторично. Таким образом, уменьшение потерь при транспортировке, внедрение в промышленные процессы ресурсосберегающих технологий и научного подхода ведет к формированию взаимосвязанного замкнутого эколого-промышленного цикла, обеспечивающего увеличение эколого-экономической результативности.

Повышение экологической результативности уже имеющихся в области отраслевых кластеров (химический, нефтехимический, машиностроительный, сельскохозяйственный) возможно путем разработки и внедрения инноваций. Основная задача таких инноваций должна выражаться в снижении негативного воздействия производственно-хозяйственной деятельности на состояние окружающей среды. Такие инновации могут затрагивать как технологические процессы основного производства, так и технологии специальной природоохранной деятельности предприятий за пределами основного производства — технология «конца трубы» [2]. Для достижения этой цели необходимо, чтобы использовались возможности регионального и федерального уровней государственной власти, органов местного самоуправления, а также система мер по развитию высокотехнологичных, наукоемких отраслей производства, ориентирующая промышленный сектор на внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий, способных обеспечивать экологическую чистоту и безопасность производства и продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. О состоянии окружающей природной среды Саратовской области: доклад комитета экологии и природных ресурсов Саратовской области. Саратов, 2008 // <http://www.saratov.gov.ru>.
2. Интернет-ресурс: <http://ecocommunity.ru>.

Захарченко Екатерина Сергеевна – аспирант кафедры «Эксплуатация и управление на транспорте» Саратовского государственного технического университета

Zakharchenko Ekaterina Sergeyevna – Post-graduate Student of the Department of «Exploitation and Management on Transport» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 21.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

А.Н. Крайнюков

**ПОЛУЧЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ
РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ КАК ОСНОВЫ
ФОРМИРОВАНИЯ НОВОЙ СИСТЕМЫ ОПЛАТЫ ЕГО ТРУДА**

Обсуждается новая методика получения интегральной рейтинговой оценки труда преподавателей вуза.

Оплата труда, метод, оценка работы, новая система, пример расчета, матрица.

A.N. Kraynyukov

**MULTI CRITERIA ESTIMATION OF HIGHER EDUCATIONAL EMPLOYEES
LABOUR RESULTS AS BASIC OF NEW SYSTEM OF PAYMENT**

The author describes a new method of integral evaluation estimation of high education institution teachers labor.

Labor payment, method, work estimation, new system, calculation estimation, matrix.

Данная публикация является продолжением исследований в области оценивания деятельности специалистов, обсуждаемых в статье [1]. Здесь эта актуальная проблема рассматривается как задача получения интегральной оценки показателей деятельности специалиста, для определенности, преподавателя вуза.

Предположим, что имеется некоторое количество альтернативных субъектов сравнения A_1, \dots, A_n ($n \geq 2$), деятельность которых представляет собой многоэтапный процесс D_1, \dots, D_n принятия ответственных поведенческих решений. Например, для преподавателя вуза D_1 – его учебная работа, D_2 – научно-исследовательская работа и т.д., т.е. все виды преподавательской деятельности, отраженные в его индивидуальном плане на текущий учебный год. Каждый этап характеризуется критериями оценки (или эффективности) результатов деятельности. Необходимо найти приоритет альтернатив, в частности, ту из них, которая наилучшим образом удовлетворяет всем частным критериям оптимальности. Обычно приходится довольствоваться оценкой известных к концу учебного года показателей, а не доведением их до совершенства. Поэтому под оптимизацией будем понимать стремление преподавателя к наилучшим результатам, которые, возможно, и не будут достигнуты в текущем учебном году.

В.В. Кузнецовым предложена общая иерархическая модель комплексной многокритериальной оценки результатов деятельности организационных систем [4]. Воспользуемся этой моделью для иерархической декомпозиции обсуждаемой здесь проблемы.

Рассмотрим следующий многоуровневой кортеж:

$$H = \langle F_i(D_1, \dots, D_n); (K_{11}, \dots, K_{1\alpha_1}), \dots, D_n : (K_{\beta_1}, \dots, K_{\beta\alpha_\beta}); (A_1, \dots, A_n) \rangle. \quad (1)$$

Здесь $K_{11}, \dots, K_{1\alpha_1}$ – критерии, частные показатели эффективности реализации этапа; $D_n; \dots; K_{\beta_1}, \dots, K_{\beta\alpha_\beta}$ – критерии, частные показатели эффективности реализации этапа D_n . Оптимальный выбор стратегий поведения каждым преподавателем обеспечивается выполнением условий:

$$K_{1i} \rightarrow \max(i + 1, \dots, \alpha_1), \dots, K_{\beta i} \rightarrow \max(i + 1, \dots, \alpha_\beta).$$

Задача многокритериальной оптимизации поведенческих решений не позволяет однозначно ответить на вопрос, получено ли на самом деле оптимальное решение. Положительный ответ на этот вопрос зависит от информации о степенях значимости самих частных показателей оптимальности, т.е. от весовых коэффициентов $W_1, \dots, W_{\alpha\beta}$ (большее значение весового коэффициента соответствует большей степени значимости его частного показателя). В этом случае задачу многокритериальной оптимизации трудовой деятельности преподавателей вуза $A_j = A_j(C_1, \dots, C_\beta)$ ($j = 1, \dots, n$) можно сформулировать в виде:

$$\begin{cases} G(A_j; W) = \sum_{i=1}^{\alpha} W_i K_{1i} + \dots + \sum_{i=\beta_1}^{\alpha_\beta} W_i K_i \rightarrow \max \\ \sum_{i=1}^{\alpha} W_i + \dots + \sum_{i=\beta_1}^{\alpha_\beta} W_i = 1; W_1, \dots, W_{\alpha\beta} > 0. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь предполагается, что все частные числовые показатели преподавательского труда являются нормализованными, т.е. приведены к безразличной форме описания (q): $K_{1i}, \dots, K_{\beta i} \rightarrow q_i$ ($i = 1, \dots, s$; $s = \alpha_1 + \dots + \alpha_\beta$).

Основной процедурой оценки результатов является проверка за отчетные временные периоды t_i ($j = 1, \dots, J$) выполнения неравенств

$$E_j = \frac{\mathbf{f}_i(t_j)}{\mathbf{f}_i(t_0)} \geq 1, \quad (3)$$

где

$$\mathbf{f}_i = [q_1, \dots, q_s] \begin{pmatrix} W_1 \\ \dots \\ W_s \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{f}_i \\ \dots \\ \mathbf{f}_n \end{pmatrix} \quad (i = 1, \dots, n) \quad (4)$$

(nxs) (sx₁) (nx₁)

Нужно найти приоритеты стратегий поведения и весовые коэффициенты W_1, \dots, W_s частных показателей q_1, \dots, q_s .

На каждом уровне (кроме первого) модели (1) формируются соответствующие матрицы попарных сравнений оценочных высказываний ЛПР, если элементами этого уровня являются не числовые (качественные) характеристики результатов деятельности.

Рассмотрим частный случай иерархической модели (1), когда её параметрами являются: $N = 4$, $\beta = 4$, $\alpha_1 = \dots = \alpha_3 = 4$, $\alpha_4 = 3$, $n = 4$. Для этого варианта D_1, D_2, D_3 и D_4 – учебно-педагогическая, учебно-методическая, научно-исследовательская деятельности преподавателя и его воспитательная работа со студентами соответственно. Для D_1 : K_{11} – лекции (час); K_{12} – практические (или лабораторные) занятия (час); K_{13} – дипломники (чел); K_{14} – число дипломников (чел), рекомендуемых ГАК в аспирантуру. Для D_2 : K_{21} – учебники (печ. л); K_{22} – учебные пособия (печ. л); K_{23} – методические указания (печ. л); K_{24} – электронные учебники и (или) методические рекомендации («да» – 1, «нет» – 0). Для D_3 : K_{31} – участие в научно-технических программах (число); K_{32} – подготовка научных кадров (число защищенных кандидатов, докторов наук); K_{33} – участие в работе диссертационных советов (число); K_{34} – публикации (печ. л). Для D_4 : K_{41} – куратор («да» – 1, «нет» – 0); K_{42} – руководство студенческими коллективами, кружками («да» – 1, «нет» – 0); K_{43} – привлечение студентов к участию в художественной самодеятельности, спортивных секциях и других массовых мероприятиях («да» – 1, «нет» – 0).

Был проведен анализ результатов деятельности четырех ($n = 4$) доцентов A_1, \dots, A_4 одной из выпускающих кафедр СГТУ в 2006, 2007 и 2008 гг. по указанным выше частным по-

казателям, для которых имеется необходимая открытая информация в их индивидуальных планах за годы работы.

По составленной автором компьютерной программе реализовывалась следующая вычислительная процедура:

1. Устанавливается главная цель (F) проблемы – определить приоритеты интегральных показателей деятельности преподавателей в 2006, 2007 и 2008 гг.

2. Определяются приоритеты этапов D_1, D_2, D_3 и D_4 в виде компонентов вектора $d = (d_1, \dots, d_4)$.

3. Находятся векторы приоритетов частных критериев по отношению к каждому этапу D_i ($i = 1, \dots, 4$): $m_i = (m_{i1}, \dots, m_{i4})$ ($i = 1, 2, 3$), $m_4 = (m_{41}, \dots, m_{43})$.

4. Находятся векторы весовых коэффициентов критериев: $w = (b_1, \dots, b_4)$, где $b_i = d_i m_i$ ($i = 1, \dots, 4$). В обсуждаемом случае компоненты этого вектора оказались равными:

$$w = (0.04, 0.094, 0.188, 0.348, 0.078, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.01, 0.18, 0.032, 0.125, 0.018).$$

$$\text{Здесь } \sum_{i=1}^{15} w_i = 1.$$

5. Выясняется, какой из преподавателей лучше с точки зрения критерия K_{11}, \dots, K_{43} . Ответом на этот вопрос являются оценки нормированных значений известных данных по частным показателям деятельности преподавателей на конец учебного 2006, 2007 и 2008 гг. Для рассматриваемого года находятся числовые значения компонент векторов

$$q_1 = \begin{pmatrix} q_{1,1} \\ \dots \\ q_{1,4} \end{pmatrix}, \dots, q_{15} = \begin{pmatrix} q_{15,1} \\ \dots \\ q_{15,4} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Искомый вектор рейтинговой оценки результатов определяется по формуле (4), где $s = 15$ и $t = 4$.

Итоговые результаты численных расчетов в рейтинговых оценок (с масштабным множителем 100%) приведены в следующей таблице (где в круглых скобках – показатели эффективности работы конкретного преподавателя, определенные по формуле (3)):

Преподаватели	$t_0 = 2006$ г.	$t_1 = 2007$ г.	$t_2 = 2008$ г.
A_1	32,4	35,0 (1,08)	33,0 (1,02)
A_2	19,9	22,7 (1,14)	23,0 (1,16)
A_3	20,9	18,8 (0,9)	21,9 (1,05)
A_4	26,8	23,5 (0,88)	22,1 (0,82)

Наилучшим по всем 15 частным критериям оказался преподаватель A_1 , демонстрируя, как и A_2 , устойчивый рост со временем собственно интегрального, рейтингового показателя деятельности. Устойчивое снижение этого показателя демонстрирует A_4 , хотя за предшествующие 2008 г. учебные годы он уверенно занимал второе место в рассматриваемой группе преподавателей.

Обсуждаемый здесь подход является методологической основой формирования новой системы оплаты труда преподавателя вуза (и специалистов в целом). Действительно, предположим, что в базовом (здесь условно 2006) году возникла необходимость в оптимальном распределении среди преподавателей стимулирующей надбавки S денежных единиц (рублей). По данным, приведенным в таблице, она должна быть распределена в следующей пропорции: $S_1: S_2: S_3: S_4 = (32,4: 19,9: 20,9: 26,8)\%$ от S . Если эта сумма не растет со временем, то в 2007 году преподаватель A_1 должен по достигнутому интегральному показателю (при сравнении с предыдущем годом) получить на 8% больше, A_2 – на 14% больше; A_3 и A_1 – соответственно, меньше на 10 и на 12%. Нетрудно, при необходимости, организовать процедуру по-

парного сравнения рейтинговых результатов конца текущего и предыдущего учебных годов. А число частных критериев может быть, разумеется, изменено в любом направлении – в сторону роста или уменьшения. Поэтому без каких-либо изменений принципиального характера предлагаемый метод может быть эффективно использован для получения многокритериальных рейтинговых оценок деятельности и заведующих кафедрами, и деканов факультетов, и вуза в целом (по своим показателям), отслеживать их во времени.

Наконец, важно отметить, что экономической интеграцией определенной с помощью формулы (3) рейтинговой оценки является количественное значение достигнутого уровня конкурентоспособности рассматриваемого субъекта (объекта) сравнения в определенный период времени. Это позволяет, в частности, эффективно оценивать конкурентный потенциал преподавателей и сотрудников, структурных подразделений вуза, их руководителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крайнюков А.Н. Математическая модель структуры заработной платы специалистов производственного предприятия / А.Н. Крайнюков, В.В. Кузнецов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2008. № 4 (36). С. 195-199.
2. Кузнецов В.В. Вербально-числовой метод анализа социально-экономических организационных структур. Ч. 3. Определение приоритетов возможных сценариев с учетом действия факторов риска и (или) неопределенности / В.В. Кузнецов // Человек и общество на рубеже тысячелетий: Междунар. сб. науч. тр. Воронеж: ВГПУ, 2003. Вып. 21. С. 14-18.
3. Кузнецов В.В. Сценарное моделирование будущих состояний социально-экономической системы / В.В. Кузнецов // Информационные технологии моделирования и управления: Междунар. сб. науч. тр. Воронеж: ВГПУ, 2004. Вып. 31. С. 320-325.
4. Кузнецов В.В. Многокритериальная оценка эффективности управления / В.В. Кузнецов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2009. № 2 (39). С. 72-78.

Крайнюков Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и управление в машиностроении» Саратовского государственного технического университета

Kraynyukov Aleksandr Nikolayevich – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of «Economics and Management in Machine building» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 22.10.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 331.5

В.Ю. Лопухин

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СИСТЕМУ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ХОДЕ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ КАК ИННОВАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

Человеческие ресурсы страны – сложная система с высокой степенью взаимосвязей, как явных, так и в большей степени – неявных. Развитие человеческих ресурсов России как основы инновационного общества находится под воздействием двух групп факторов: внутренних (определяемых со-

стоянием макроэкономической ситуации в стране) и внешних (являющихся следствием всё более усиливающейся глобализации экономических процессов, с одной стороны, и ростом противоречий и напряженности, ими вызванной, с другой).

Инновационное общество, человеческие ресурсы, глобализация, факторы.

V.Yu. Lopuhin

**ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING
HUMAN RESOURCES SYSTEM IN RUSSIA'S ECONOMIC SYSTEM PROCESS
AS OF AN INNOVATIONAL SOCIETY**

Human resources of the country – complex system with a high degree of interrelations, as obvious, and in the greater degree – implicit. Development of human resources of Russia as bases of an innovational society is under influence of two groups of factors: internal (determined by an estate of a macroeconomic situation in the country) and external (being consequence more and more amplifying economic processes on the one hand, and growth of contradictions and intensity them caused, with another).

Innovational society, human resources, globalizations, factors.

На развитие человеческих ресурсов России в направлении создания экономической системы инновационного общества воздействует большое количество факторов, проявляющих себя, на первый взгляд, в качестве косвенных.

Одним из таких факторов является всё более углублённое вхождение России в мировую экономику. С одной стороны, вхождение России в мировую экономическую систему в качестве полноправного субъекта, ставшее возможным вследствие успехов российской экономики, несёт много плюсов. Но, приобретая положительные последствия глобализации, Россия вынужденно обретает и болезни, к которым не имеет иммунитета и оттого они протекают в более острой форме. Новым фактором, оказывающим всё более негативное давление на макроэкономическую ситуацию в стране, является агфляция¹. В 2008 г. рост цен на продовольствие в мире составил в среднем 26%. В 2009 г. рост цен на продовольствие увеличился до 41%. Еще больший рост ожидается в 2010 г. Goldman Sachs отмечают, что глобальный дисбаланс спроса и предложения, наряду с привычными факторами, такими как выбытие земель из сельскохозяйственного оборота (вследствие эрозии, засоленчаковывания, капитального строительства) и ростом численности населения земного шара, поддерживается двумя новыми факторами: использованием агросырья для производства биотоплива² и изменением рациона жителей развивающихся стран, которые

¹ Lenta.ru <http://lenta.ru/news/2008/04/08/agflation/>. Экономисты из инвестбанка Goldman Sachs стали говорить о новом термине «агфляция», который обозначает резкий рост цен на аграрную продукцию.

² www.un.org/russian/news/fullstorynews.asp. Выступая 26.10.2007 в Третьем комитете 62-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН, специальный докладчик ООН по вопросу о праве на питание Жан Зиглер обратил внимание на то, что для изготовления биотоплива, необходимого для одноразовой заправки одного автомобиля, требуется такое количество кукурузы, которого хватило бы для того чтобы прокормить мексиканского ребенка в течение года. Жан Зиглер подчеркнул, что «внезапно возникшая поспешность» с использованием кукурузы, ржи, сахара и пальмового масла для изготовления топлива – путь к неминуемой катастрофе. Расширение масштабов использования этих культур для топлива «вызовет обострение конкуренции за землю и другие природные ресурсы».

стали потреблять больше мяса. Только в Китае цены на мясо выросли в 2008 г. на 58%. Для производства мяса необходимо выращивать корма, что ещё более усугубляет проблему нехватки сельхозугодий. Меры, предпринимаемые правительством России в последние годы, сводятся в основном к «увещеванию» продавцов и частично – производителей. Эти шаги могли бы дать определённый результат в условиях экономики, существующей в условиях самоизоляции. В условиях открытой рыночной экономики бороться с мировой инфляцией в «одной отдельно взятой стране» не реально.

В новом качественном состоянии мировой экономики, каковым является глобализация, впору говорить о «длинных»¹ волнах инфляции. В обозримом прошлом волны инфляции носили «короткий» характер – то есть не выходили за пределы одного государства и в большой степени поддавались гашению за счёт мер антикризисного регулирования. Сейчас мы имеем дело с совершенно новым феноменом. Зарождаясь на Африканском континенте, как следствие быстрого прироста населения при сокращении и без того относительно небольшого подушевого количества сельхозугодий, агфляция усиливается в Азии, где наряду с приростом населения включается рост уровня жизни, сопровождающийся ростом потребления. Многократно усиливаясь, агфляция докатывается до Северного полушария, нося характер уже не волны (пусть и девятибалльной), а цунами, сотрясающего основы стабильности национальных экономик². В результате продукты питания, давшие толчок к росту цен, дорожают настолько, что становятся недоступными для всё большего числа людей, отбрасывая их из состояния недоедания за порог голода. По разным оценкам, наша страна владеет 10-13% мировых запасов пахотных земель в целом, и в том числе – от 40 до 60% самых продуктивных – черноземных. При этом население России составляет не более 2% от численности населения Земли (см. таблицу). Эта диспропорция не может оставаться вечной. Либо россияне займут территорию своей страны, либо это сделают другие³.

Плотность населения в странах мира

Страны	Площадь, км ²	Население	Плотность населения, чел. на км ²
Япония	378253,01	125580000,00	332,00
Индия	3203975,00	1029000000,00	321,16
Китай	9557172,00	1522310000,00	159,28
Пакистан	879902,00	130700000,00	148,54
Нигерия	923800,00	135632000,00	146,82
Индонезия	1948732,00	220060000,00	112,92
Иран	1638000,00	68220000,00	41,65
США	9809431,00	300000000,00	30,58
Бразилия	8547404,00	173640000,00	20,31
Россия	17075400,00	142500000,00	8,35

Сегодня на Земле проживают более 6 млрд человек. В нормальных условиях живут около 1,5 млрд человек. Остальное население планеты не желает с этим мириться и не смирится никогда. Их стремление к справедливому миропорядку во многих странах всё более

¹ По аналогии с Кондратьевскими «К-волнами».

² Не только относительно благополучных стран (каковой в последние годы стала Россия), но и совсем, казалось бы, благополучной Западной Европы. Забастовочное движение, нарастающее в странах Евросоюза, во многом является следствием агфляции.

³ Американские геополитики рассматривают территорию, на которой проживают менее 5 чел. на квадратный километр, как «terra nolis» (латин.) – «ничья земля» со всеми вытекающими последствиями. В России за Уралом проживают столько же людей, сколько в Москве и Московской области (порядка 20 млн человек).

выражается в крайних формах, таких как терроризм, противостояние одних групп государств другим, социальная нестабильность [5]. С другой стороны, если уступить стремлению желающих жить хорошо и поднять уровень жизни всего населения Земли до западных стандартов (технологически это можно сделать в пределах 10-15 лет), то нагрузка на биосферу Земли вырастет в несколько раз, что неминуемо приведёт к перегреву атмосферы и превращению её в подобие Венеры¹. Кроме того, поскольку основу современной энергетики составляет органическое топливо, то оно будет исчерпано в существенно более короткие сроки. В основе оценки перспектив выживания так называемого «цивилизованного общества» лежит понимание того, что ресурсный потенциал России является основным условием достижения цели сохранения уровня потребления «золотого миллиарда». Олвин Тоффлер, Фрэнсис Фукуяма и Сэмюэль Хантингтон в разное время и независимо друг от друга попытались описать глобальный образ ближайшего будущего. В результате сложилось то, что в западных источниках обозначает термин *post-Cold War world*. Выводы делаются гораздо более чем человеконенавистнические: население Земли предлагается сократить до численности тех самых 1,5 млрд человек, т.е. до численности населения западных стран. Одних уничтожить голодом, других – водкой и табаком, третьих – прямой военной силой. Это проявляется и в политике подавления дальнейшего развития цивилизации. В первую очередь, это относится к ограничению развития энергетики, ибо в основе любого развития лежит рост энергетических возможностей. Декларируемые сегодня программы сокращения энергоёмкости производства и использования возобновляемых ресурсов эффективны локально и к базовой энергетике, являющейся основой развития производства, имеют практически мизерное отношение. Эти программы стоят на повестке дня уже многие десятилетия, но прогресса практически нет. Поэтому программы сокращения энергоёмкости производства и использования возобновляемых ресурсов никогда не будут существенно влиять на энергетическую ситуацию в мире. Более ранние, но от того не менее циничные замыслы «окончательного решения русского вопроса» содержатся в Директиве Совета Национальной Безопасности США 20/1 от 18 августа 1948 года: «Нашими основными задачами в отношении России на самом деле являются только две следующие: а). Уменьшить мощь и влияние Москвы до таких пределов, при которых она больше не будет представлять угрозу миру и стабильности международного сообщества; и б). Внести фундаментальные изменения в теорию и практику международных отношений, которых придерживается правительство, находящееся у власти в России. С решением этих двух задач наши проблемы в отношениях с Россией сократились бы до уровня, который можно было бы считать нормальным» [1]. Следует отметить то обстоятельство, что решение вышеобозначенных задач рассматривается не только политическими средствами. В «мирном» наступлении на Россию ещё в послевоенный период предлагались следующие способы и методы: «Человеческий мозг, сознание людей способны к изменению. Посеяв хаос, мы незаметно подменим их ценности на фальшивые и заставим их в эти фальшивые ценности верить. Как? Мы найдем своих единомышленников, своих союзников в самой России. Мы будем всячески поддерживать и поднимать так называемых художников, которые станут насаждать и вдалбливать в человеческое сознание культ секса, насилия, садизма, предательства – словом, всякой безнравственности. Хамство и наглость, ложь и обман, пьянство и наркомания, животный страх друг перед другом и беззастенчивость, предательство, национализм и вражда народов, прежде всего вражда и ненависть к русскому народу, – все это расцветёт махровым цветом»². Не исключаются и чисто военные методы.

¹ <http://r.mail.ru/n15143540>. Александр Тутуков, заведующий отделом физики и эволюции звезд Института астрономии РАН: «Если производство энергии будет расти всего на 2% в год, то через 500-600 лет температура поднимется так, что океаны закипят».

² <http://venec-vl.ru/articlemain/topsecret.html>. Из доклада Аллена Даллеса Конгрессу США «Размышления о реализации американской послевоенной доктрины против СССР», 1945 г.

Анализируя политические и экономические события современности, можно предположить, что неявно данная концепция сделалась руководящей доктриной, которая реализуется с постоянством, достойным лучшего применения. В качестве примеров можно привести отношения Запад-Россия. Это и экспансия НАТО на Восток, политика США на Балканах, раздувание противоречий России с бывшими советскими республиками (в частности – Грузией и Украиной), другими соседними государствами с целью выстраивания из недружественных государств нового «санитарного кордона» против нашей страны¹.

Рассматривая факторы внутренней среды, оказывающие воздействие на развитие человеческих ресурсов России, следует обратить на всё определеннее проявляющуюся тенденцию сосредоточения российских граждан на незначительной части территории страны² – семьдесят процентов населения России проживают на 10% территории страны. Как образно выразился декан социологического факультета МГУ профессор, доктор социологических наук Анатолий Антонов, сейчас плотность населения на Урале и Дальнем Востоке такая же, какой была в каменном веке [4]. В настоящее время ежегодная убыль населения в РФ составляет в среднем 800 тысяч человек в год. Согласно проведенной в 2002 г. переписи населения, в стране проживало 142 миллиона граждан; значит, сегодня их осталось порядка 138 миллионов. А к середине века численность населения может сократиться до 40 миллионов. Стремление оказаться поближе к «цивилизации» вполне понятно, однако следствием этого становится чрезмерная урбанизация населения, в то время как сельские местности вымирают целыми деревнями. Неслучайно в последние годы голоса о необходимости «поделиться» с Россией её ресурсами становятся всё нетерпеливее и настойчивее.

Между тем решения, которые предлагаются как способ миновать демографический тупик, многим исследователям представляются по меньшей мере скоропалительными и непродуманными в должной мере. Нынешнюю демографическую ситуацию в значительной мере определяет прошлое, а будущую – текущее состояние воспроизводства человеческих ресурсов (и в плане воспроизводства человека, как существа биологического, и воспроизводство человека социального). Таким образом, воспроизводство человеческих ресурсов представляет собой систему с высокой инерционностью действия, в которой результаты, казалось бы, оправданных шагов, по прошествии лет могут оказаться ошибочными.

На протяжении XX века ситуация с воспроизводством человеческих ресурсов в России радикальным образом изменилась. Произошел полный отход от традиционной модели воспроизводства населения, характеризующейся высокой рождаемостью, и сравнительной молодостью населения, к низкой рождаемости и тенденцией к старению населения. Губительные последствия в состоянии человеческих ресурсов внесли почти непрерывные войны, которые велись на протяжении всего XX века. Возникшая диспропорция между мужчинами и женщинами привела к нарушению баланса потенциальных супругов [3]. В современной России женщин существенно меньше, чем мужчин. Как следствие – многие женщины на протяжении всей жизни не вступают в брачные отношения, и, как следствие – всё больше женщин рожают не более одного ребенка, или не рожают вовсе. В итоге, за последние пятнадцать лет (1992-2006 гг.) естественная убыль населения России составила 11790,6 тыс. человек. За счёт миграционного прироста произошла компенсация естественной убыли ориентировочно на 5468,2 тыс. человек. В результате за указанный период российское население сократилось на 6322,6 тыс. человек и продолжает сокращаться дальше, сообщает в одной из

¹ Размещение на территории сопредельных государств элементов американской ПРО во многом служит далеко идущим политико-идеологическим планам: страх перед ударом по позициям американских ракетчиков неминуемо приведёт к формированию у местного населения образа врага в лице России.

² Трифонова М. Скоро почти все россияне станут москвичами / М. Трифонова. <http://www.utro.ru/articles/2007/07/13/662932.shtml>.

своих работ директор Института демографических исследований Игорь Белобородов [2]. Когда детородного возраста достигнут те, кто родился в конце 1980-х (а тогда была относительно высокая рождаемость), абсолютные числа будут расти. «Хотелось бы предостеречь от такого необдуманного оптимизма, потому что на одну женщину не стало приходиться больше детей, а подросли лишь абсолютные числа за счет того, что в брак стало вступать больше молодежи» [2]. Другими словами, это явление временное, продлится максимум до 2011-2012 гг., после чего будет очень серьезный спад. Одна из особенностей России – демографические волны, то есть чередование много- и малолюдных поколений. В 20-е годы прошлого века в России произошел мощный демографический взрыв. Многочисленные «дети НЭПа» дали относительно многолюдное поколение 50-х годов, а последнее многолюдное поколение – поколение 80-х. Теперь эти внуки «детей НЭПа» вступают в тот возраст, в котором рожают большинство детей. Отсюда – увеличение чисел ежегодных рождений с 2000 года. Это следствие, главным образом, увеличения числа потенциальных молодых родителей, что отнюдь не «повышение рождаемости».

В демографии любая программа действует не ранее, чем через 20 лет. То, что происходит сейчас, называется демографической волной, мы находимся на ее гребне – скоро будем находиться внизу этой волны, потому что снова произойдет спад, начнут вступать в детородный возраст те, кто родился в 1990-х, когда наблюдался обвальный спад рождаемости. В период реформ рождаемость снижалась по ряду исторических и социокультурных причин. Мерами исключительно материального стимулирования можно вызвать небольшой всплеск на 3-4 года, но потом наступит спад. Специалисты в области демографии отмечают следующую закономерность: в атеистическом обществе рождаемость поднять невозможно, поскольку рождение ребенка – это всегда решение иррациональное. Респондентам задавался следующий вопрос: сколько необходимо иметь детей, чтобы не ограничивать себя материально? Типичный ответ – ни одного. В виде обоснования приводится то, что любое рождение, так или иначе, ощутимо для семейного бюджета [2]. Есть в человеческой жизни ряд решений, которые иррациональны по своей природе. И рождение ребенка – тоже, поэтому апеллировать к другим факторам, кроме ментальных, религиозных, идеологических, здесь бесперспективно [5].

Относительно новым фактором в экономической жизни России, является трудовая миграция (в том числе и в первую очередь – из бывших советских республик). Мы идём не по самому лучшему пути, повторяя ошибки Европы. Общей ошибкой для всех бывших метрополий явилось начавшееся с середины прошлого века привлечение рабочей силы из обретших независимость колоний. Неквалифицированные рабочие места, на которых в начале XX века трудились коренные европейцы и освободившиеся, во-первых, под воздействием демографического спада, и во-вторых – в результате повышения образовательного и профессионального уровня европейцев, планировалось заполнить выходцами из бывших колоний [5]. В условиях слабого миграционного контроля, наличия «прозрачных» границ с соседними государствами и других факторов возникла проблема нелегальной иммиграции – незаконного въезда или пребывания иностранцев на территории Евросоюза. Наличие изначально криминального аспекта в существовании «новых граждан» приводит к возникновению криминальных этнических группировок, «защищающих» соплеменников от «враждебного окружения», а на деле – обирающих тружеников и «рекрутирующих» в свои ряды их детей, заманивая перспективами «уголовной романтики». Таким образом, возникают целые криминальные слои, отрицающие любые законы и традиции демократического общества и оттого – неуязвимые для правовой системы. Неконтролируемый приток жителей бывших колоний, культурно далеких от традиционных европейских ценностей и культурного уклада европейцев, не привёл к обратному результату. Вновь обретенные граждане не пополнили редующие ряды европейцев. Они не желают ассимилироваться и в принявших их государствах живут компактными группами, с одной стороны – охотно пользуясь всеми благами современного

общества, с другой стороны – ничего не давая взамен. Особенную проблему создают дети мигрантов. Они не хотят учиться и поэтому могут претендовать только на низкоквалифицированные (и, следовательно – низкооплачиваемые) рабочие места. Низкий социальный статус, являющийся следствием низкого дохода, их не устраивает. В результате – всё более значительную часть населения составляют агрессивные молодые люди, в наиболее трудоспособном возрасте, с одной стороны, всегда готовые к яростному конфликту с любыми представителями властей по самому незначительному поводу, и с другой стороны – прекрасно владеющие приемами и методами социальной демагогии, что позволяет им добиваться от государства всё больших уступок в плане социальной поддержки. Реакция местной молодёжи на неспособность (и вызванное ею нежелание) властей бороться с асоциальными проявлениями «понаехавших» часто носит откровенно националистический, густо замешанный на фашистской идеологии характер.

Ещё одним немаловажным фактором в развитии человеческих ресурсов России является продолжающееся несмотря ни на что падение обороноспособности страны. Под давлением извне, наша армия становится всё меньше по численности, всё больше утрачивает Качественные параметры и при этом теряет то, что делает ее слаженным боевым механизмом – дисциплину¹. Трудно заподозрить в любви к России разного рода иностранные фонды, часто напрямую связанные со спецслужбами государств, предлагающих России сотрудничество на манер американского анекдота, в котором волк предложил свинье создать совместный бизнес по производству свиной тушенки. Между тем, метко запущенное острыми на язык журналистами выражение «современный танк бессилён против телевизора» как нельзя лучше характеризует причины снижения боеготовности вооруженных сил, комплектуемых молодыми людьми, воспитанными в духе преклонения перед «настоящими американскими героями». Напомним, «Рим погиб, когда к его стенам подошли варвары, но защищать его никто не вышел – мужчины были слишком увлечены зрелищами». Нацисты в своих экспериментах над военнопленными шли двумя путями изменения сознания: первый – психологический, второй – нейрохирургический. Запад пришел к выводу, что эффективнее первый вариант. Не надо менять мозг, достаточно изменять установки мозга. Надо дать людям новую шкалу ценностей, и новые ориентиры побудят их творчески относиться к деятельности, полезной не им (то, о чем мечтал Гитлер, – создать творческого раба). Эксперименты подтверждали, что огромные массы людей можно на длительное время погружать в состояние гипноза, сохраняя при этом их способности к творчеству и дееспособность. Но нельзя сбрасывать со счетов самый бесперспективный из всех возможных сценариев уничтожения России – военный. Пока Россия ядерная держава, вступать с ней в конфликт означает самоубийство. Но совершенно сбрасывать со счетов такой сценарий нельзя. Крушение экономики естественным способом приведет Россию к утрате статуса ядерной державы. В недалеком будущем заканчивается срок годности российского ядерного оружия, и с нынешним состоянием экономики и науки новым его не заменить. Кроме того, мешают договоры о сокращении этого типа оружия. Одновременно наши потенциальные противники наращивают обычные виды вооружения. Теоретически по ослабленной России они могут нанести такой массивный удар неядерными ракетами, что уровень поражения будет равен ядерному².

¹ <http://www.izvestia.ru/investigation/article3091255>. «Служить должны все, а не только "неблагополучные"». Пишет подполковник Дмитрий Марков: «Я тогда еще майором был. Приводит ко мне командир роты пьяного солдата и говорит: «Вот он – пьяный, я ничего не могу с ним сделать, меня обзывает». Вызываю его к себе в кабинет, ругаю. А он мне и говорит: «Товарищ майор, а что вы мне сделаете? Ну, сделайте мне что-нибудь. На гауптвахту вы меня не посадите. Попробуйте меня хоть пальцем тронуть – я в военную прокуратуру сразу пожалуюсь. Выговор объявите? Да хоть 20 выговоров мне объявляйте». Самое страшное, что все остальные солдаты видят мое бессилие, видят, что я ничего не могу ему сделать. Не могу наказать провинившегося. И они делают выводы!»

² <http://www.argumenti.ru/publications/1394>. Аргументы и факты. 2006. № 19.

Подводя итог, следует отметить, что человеческие ресурсы России могут: а) сократиться в процессе естественной убыли до незначительных величин и раствориться в пришлых массах; б) быть уничтожены, а их остатки будут фактически порабощены в результате прямой военной агрессии.

Но есть и другой путь – восстановление контроля над собственной территорией через развитие малых муниципальных образований, базой которых являются семейные малые и микропредприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Thomas H. Etzold and John Lewis Gaddis, eds. / Н. Thomas // Containment: Documents on American Policy and Strategy. 1945-1950. NSC 20/1. P. 173-203.
2. Белобородов И. Россия: 15 лет демографической трагедии / И. Белобородов. www.km.ru/magazin/
3. Букалов А.В. О статистике отношений в супружеских парах / А.В. Букалов, О.Б. Карпенко, Г.В. Чикирисова // Соционика, ментология и психология личности. Киев. 1999. № 1. С. 34-40.
4. Антонов А.И. Демографическое будущее России: депопуляция навсегда? / А.И. Антонов // Репродуктивное поведение семей в условиях социально-экономического кризиса в России: сб. науч. ст. М.: Изд-во МГУ, 1999. С. 83-88.
5. Хантингтон С. Кто мы? Вызовы американской национальной идентичности / С. Хантингтон. М.: Транзиткнига, 2004. 260 с.

Лопухин Владимир Юрьевич –
кандидат экономических наук, доцент кафедры
«Экономическая теория и учения»
Саратовского государственного
технического университета

Lopukhin Vladimir Yuryevich –
Candidate of Sciences in Economics,
Assistant Professor of the Department
of «Theory of Economics and Studies»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 10.12.09, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 338.24

Л.А. Милехина

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Рассмотрены процессная модель управления промышленным предприятием и основные тенденции развития бизнес-процессов в современных условиях динамично меняющейся внешней среды. Совершенствование бизнес-процессов на промышленных предприятиях позволяет сформировать целый блок стратегических преимуществ и обеспечить более высокий уровень конкурентоустойчивости. Данный процесс расширяет возможности произвести своевременные корректирующие и предупреждающие действия для устранения негативных факторов.

Бизнес-процесс, процессная модель, управление, эффективность.

L.A. Milekhina

BUSINESS PROCESSES ELABORATION

The article deals with the process model management of an industrial enterprise. It also shows the main trends of business process development under the modern conditions of dynamic environmental changes. Elaboration of business processes at industrial enterprises allows to form a whole block of strategic advantages and to provide a higher level of competitive stability. This process enlarges the possibilities of accomplishing prompt corrective and anticipative actions for negative factors elimination.

Business processes, process model, management, efficiency.

Эффективное управление производственным объектом традиционно рассматривается как процесс, основанный на применении современных управленческих технологий и более совершенных форм его организации. Анализ теоретических и практических материалов зарубежных и отечественных ученых по проблемам формирования адекватной и адаптированной системы менеджмента на промышленных предприятиях показывает, что решение данной проблемы наиболее часто связывают с развитием и совершенствованием бизнес-процессов.

Теория бизнес-процессов впервые появилась приблизительно два десятилетия назад с появлением книги М. Хаммера и Дж. Чампи «Реинжиниринг корпораций: революция в бизнесе». В своей книге авторы определяют бизнес-процесс как «совокупность различных видов деятельности, в рамках которой «на входе» используются один или более видов ресурсов, и в результате этой деятельности на «выходе» создается продукт, представляющий ценность для потребителя» [5]. В настоящее время реструктуризация бизнеса на основе бизнес-процессов взята на вооружение почти всеми ведущими компаниями мира. Считается, что даже частичное усовершенствование бизнес-процессов организации приносит эффект в виде роста производства на 10-20%, фундаментальное же переосмысление и радикальное проектирование бизнес-процессов для достижений коренных улучшений по основным показателям деятельности предполагает кардинальное повышение эффективности в десятки раз.

Однако в экономической науке взгляд на бизнес-процессы неоднозначен. М. Портер и В. Миллар считают, что бизнес-процессы – это множество внутренних шагов (видов) деятельности, начинающихся с одного и более входов и заканчивающихся созданием продукции, необходимой клиенту и удовлетворяющей его по стоимости, долговечности, сервису и качеству. Или – полный поток событий в системе, описывающий, как клиент начинает, ведет и завершает использование бизнеса [7]. Автору импонирует точка зрения В. Деминга, который описывает бизнес-процессы как любые виды деятельности в работе организации [6].

Управленческая деятельность на уровне управления промышленным предприятием на основе процессного подхода представляет собой непрерывное выполнение комплекса определенных взаимосвязанных между собой видов деятельности и общих функций управления. Однако необходимо отметить, что выполнение отдельных работ и функций управления также рассматривается в виде процесса, т.е. общий процесс является совокупностью взаимосвязанных непрерывно выполняемых действий, преобразующих некоторые входы ресурсов, информации и т.д. в соответствующие выходы, результаты. Управление в целом – вот основополагающее значение и сущность процессного подхода.

Описание бизнес-процессов на предприятии может быть различным, но его основой является прослеживание четкой структуры всех взаимосвязей участников процессов производственной деятельности. Например, на промышленном предприятии в их состав следует включать: маркетинговые исследования, поиск и изучение рынков, анализ конкурентов, мониторинг потребностей, исследование и проектирование новых видов продукции и услуг,

выбор и мониторинг поставщиков, постановка продукции на производство, управление качеством, маркетинговые мероприятия на стадии товарооборота продукции и услуг, работы по сбыту и распределению продукции (в том числе допродажное и сервисное обслуживание, выбор и мониторинг посредников), работы по транспортировке, хранению и монтажу продукции, эксплуатационный мониторинг, развитие предприятия. Все они могут подразделяться на subprocesses. При этом каждый бизнес-процесс должен иметь начало – вход, последовательно выполняемые потоки состояний и работ, конец – выход.

Совершенствование бизнес-процессов на промышленных предприятиях позволяет сформировать целый блок стратегических преимуществ и обеспечить более высокий уровень конкурентоустойчивости:

1. Система управления на основе бизнес-процессов позволяет оперативно реагировать на изменения внешней среды.

2. Управление становится более четким, т.к. появляется возможность оценивать эффективность на каждом этапе производственно-хозяйственной деятельности предприятия.

3. Позволяет использовать процессный подход с соответствии в требованиями ИСО 9000.

Все вышеперечисленное доказывает, что процессный подход приводит к синергетическому эффекту, в результате которого совершенствование одного из бизнес-процессов ведет к улучшению других.

В условиях стремительного роста напряженности и нестабильности внешней среды многообразие процессов рыночной экономики требует постоянной адаптации процессов управления промышленным предприятием к изменениям и переориентации на потребности рынка, что в свою очередь требует необходимости систематического совершенствования управления. Совершенствование управления в первую очередь должно быть направлено на оптимизацию организационной структуры предприятия. Анализ экономических источников позволяет сделать вывод, что большинство предприятий России основывают свою работу на функциональном принципе и бюрократическом иерархическом построении, что не соответствует реалиям времени. Переход организации к процессному способу формирования структур управления ведет к достижению коренных улучшений основных показателей деятельности предприятия, к созданию более оптимальной системы управления, повышению ее гибкости. Процессно-ориентированная модель управления (т.е. модель управления, ориентированная на бизнес-процессы) требует выделения бизнес-процессов на уровне современных требований: назвать определенный вид работ, обозначить его начало и конец, найти «владельца процесса» (того, кто отвечает за результат) и определить требуемый результат (в том числе показатели качества и эффективности) [3].

Одной из основных задач системы управления является формирование организационной структуры управления или ее приспособление к определенным условиям и задачам, исходя из размеров предприятия, ее целей, технологии, персонала и т.д. Ключевыми моментами любых организационных систем являются процессы. Значительная часть исследователей считает, что: «Если предприятие успешно осуществляет деятельность, присутствует на рынке, то это значит, что его процессы в достаточной степени результативны и эффективны. Вопрос лишь в том, обеспечит ли существующая система управления устойчивое, в заданной степени рентабельное функционирование предприятия в определенной перспективе. Процессный подход в данном случае – базовое средство в наборе важнейших инструментов, которые может использовать руководитель. При этом вопросы совершенствования бизнес-процессов предприятия являются ключевыми» [2].

По мнению автора, совершенствование бизнес-процессов является необходимым условием эффективного управления в условиях динамично меняющейся внешней среды, т.к. данный процесс позволит произвести своевременные корректирующие и предупреждающие действия для устранения негативных факторов, позволит сглаживать или демпфировать циклические колебания внешней среды. Именно руководство предприятия, начальники отделов, служб должны,

в первую очередь, учитывать изменения инновационной среды, соотношение качества продукции с основными конкурентами, наличие фаз роста или спада в отрасли, а также явлений неравномерности в целом в экономике. Управление процессами в условиях изменчивой рыночной среды требует от владельцев и собственников процессов своевременно выявлять слаборазвитые процессы и производить их корректировку путем дробления больших процессов на более мелкие или, наоборот, объединяя несколько небольших процессов в один крупный, собственник процесса имеет возможность гибко реагировать на требования времени и разрабатывать новые адаптируемые процессы, заменяя при необходимости старые, не удовлетворяющие потребностям конечного потребителя и не обеспечивающих достижения результативности.

В настоящее время некоторые экономисты и ученые основными тенденциями в области развития организационных структур управления считают массовый переход к органическим структурам, придание иерархическим пирамидам более плоской формы за счет сокращения среднего управленческого звена и развития горизонтальных связей, ориентацию на работу в командах и целевых группах вместо постоянных отделов, организацию и автономизацию разнообразных деловых центров взамен традиционных иерархий. При этом одной из ключевых функций управления становится стратегическое планирование, предполагающее анализ слабых и сильных сторон предприятия и выработку на их основе управленческих решений, способных объединить усилия всего трудового коллектива для достижения миссии и целей предприятия. На основе миссии, стратегии развития и долгосрочных целей можно определить необходимые бизнес-процессы, информационные и материальные потоки, а также поддерживающую их организационно-штатную структуру.

Бизнес-процессы в современных промышленных организациях являются центральным элементом построения архитектуры предприятия. Процессная модель управления организацией обладает рядом преимуществ:

1) позволяет связывать воедино деятельность всех структурных элементов, пронизывая все подразделения хозяйственного объекта, что обеспечивает интегрированность предприятия и быстрое реагирование при совершенствовании деятельности по принятию решений, контролю, координации и мониторингу различных частей организации;

2) процессный подход способствует переходу системы управления на управление сквозными бизнес-процессами и предлагает различные маршруты их исполнения;

3) прозрачность и открытость процесса достигается возможностью измерения каждой созданной ценности (например, стоимостью процесса, степенью удовлетворенности потребителя и т.д.).

Майк Робсон и Филип Уллах, считающие, что управление на основе построения бизнес-процессов есть одна из новаций, способствующих получению максимального эффекта в процессе создания материальных благ, отмечают: «Не существует стандартного перечня процессов, и организации должны разрабатывать свои собственные не в последнюю очередь потому, что это помогает более глубокому пониманию их собственной ситуации, когда ее описывают в терминах процессов. Описание бизнес-процессов даже на макроуровне часто приводит к замечательным результатам, позволяющим глубже проникнуть внутрь явлений. Связи и взаимоотношения, которые игнорировались или не осознавались, неожиданно оказываются ключевыми для эффективного функционирования всей организации, не говоря уже о процессах, к которым они относятся» [4].

Промышленные предприятия, производящие различные товары и услуги, рассматриваются как производственные системы, которые потребляют ресурсы из внешней среды, преобразуют их и на выходе получают продукт. Вся производственная цепочка состоит из набора процессов, которые постоянно модернизируются и совершенствуются для повышения качества конечных результатов деятельности. Чаще всего изменяются следующие бизнес-процессы: система управления качеством, система управления кадровыми ресурсами, система управления финансовыми ресурсами, система управления информационными ресур-

сами, система управления безопасностью, система управления новыми проектами, система управления защитой окружающей среды и система управления ценными бумагами.

Процессный подход в управлении требует развития информационной системы предприятия, что позволит более тесно скоординировать деятельность функциональных частей и быстрее реагировать на происходящие изменения, организовывать бизнес-процессы более эффективно, с более выраженной ориентацией на клиентов. Электронный документооборот позволяет накапливать информацию, составляя и наполняя сетевые базы данных. В условиях постоянных внешних и внутренних воздействий главная задача – это обеспечение взаимосвязи между существующими информационными потоками, организация работы всех подразделений хозяйствующего объекта в одном «информационном пространстве». Например, использование общей базы данных отделом главного конструктора и главного технолога предприятия упрощает и ускоряет процесс подготовки производства. Современная система управления с применением адекватных технических и программных решений внедрена на многих промышленных предприятиях Саратовской области. Так, за последние годы заводской локальной сетью были связаны все подразделения Саратовского подшипникового завода, что позволяет совершенствовать существующую систему управления предприятием за счет приближения к управлению на основе фактов, т.е. за счет лучшего информационного обеспечения. Именно с этой целью крупные предприятия внедряют процессные методы управления и соответствующие компьютерные технологии, например EPR-систему. Компьютерные технологии обеспечивают каждому пользователю режим оперативного доступа к необходимой информации, минуя посредников, что, безусловно, повышает качество работы.

Внедряя передовые информационные технологии, предприятие получает мощный современный инструмент, позволяющий наиболее эффективно решать сложные задачи в условиях неравновесности, что в конечном итоге приведет к повышению конкурентоспособности и укреплению устойчивости предприятия на рынке. Положительным примером может служить усовершенствование процесса управления охраной окружающей среды (УООС) на ОАО «СПЗ» за счет компьютеризации некоторых subprocessов, в результате которого улучшились такие показатели как снижение выплат за отходы, за выбросы, за сброс недостаточно очищенной воды и социально значимые показатели в виде снижения негативного воздействия на окружающую среду в процессе деятельности предприятия.

Изменяющаяся не линейно, а скачкообразно, внешняя среда любой организации требует постоянного приспособления управления для решения все более сложных проблем в целях эффективной деятельности, которая определяется, в первую очередь, рациональностью организационной структуры, т.к. «...не секрет, что именно организационная структура является, как правило, тщательно охраняемой коммерческой тайной, ибо технологию производства можно купить или придумать, а технологию управления крупной организацией можно только вырастить, как живое существо, вместе с самой организацией» [1].

Грамотно построенная организационная структура с помощью бизнес-процессного подхода позволяет реализовать выбранную стратегию развития, повышает эффективность и стабилизирует текущую деятельность предприятия, путем снижения рисков.

Требование к качественному исполнению бизнес-процессов заложено и в требованиях Международных стандартов ИСО серии 9000. Согласно этим требованиям, желаемый результат достигается эффективнее, когда деятельностью управляют как процессами. При этом под процессным подходом понимается применение в организации системы процессов наряду с их идентификацией и взаимодействием, а также менеджмент процессов, что обеспечивает непрерывность управления в рамках всей системы и между отдельными процессами, при их комбинации и взаимодействии. Комплекс названных выше международных стандартов аккумулирует мировой опыт многочисленных наиболее успешных компаний различных отраслей. Особенностью стандарта ISO является то, что, в первую очередь, предъявляются требования к системе управления предприятием, которая и обязана обеспечить высокий уровень качества продукции.

Построение системы управления бизнес-процессами основано на 8 принципах менеджмента качества:

- ориентация на потребителя;
- лидерство руководства;
- вовлечение персонала;
- процессный подход;
- системный подход;
- постоянное улучшение;
- принятие решений, основанных на фактах;
- взаимовыгодные отношения с поставщиками.

Следование данным принципам позволит промышленным предприятиям создать систему эффективного процессного управления и обеспечить экономический и социальный эффект.

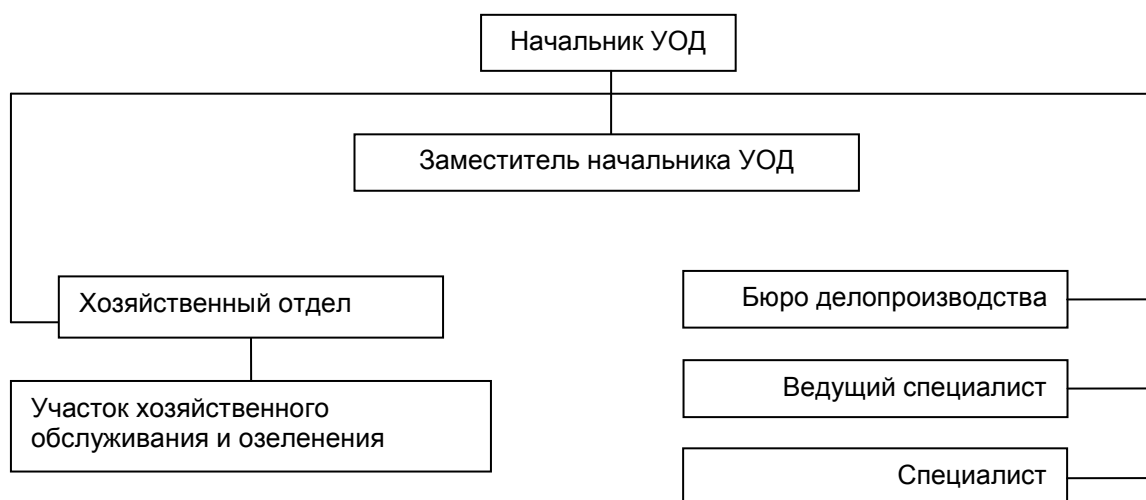
Управление качеством на многих предприятиях в различных странах является приоритетным среди других направлений управленческой деятельности, важнейшей составляющей конкурентоспособности и повышения эффективности организации. Реализация на хозяйственном объекте тотального управления качеством возможна только при эффективном управлении на основе выполнения двух взаимосвязанных требований:

- управленческая деятельность должна удовлетворять интересам и потребностям предприятия, что возможно при эффективном использовании всех имеющихся на предприятии ресурсов и, в первую очередь, человеческих;
- удовлетворение потребителей продукции по всем параметрам.

Эти требования реализуются при исполнении бизнес-процессов, когда каждый работающий воспринимает себя как изготовителя продукции, а исполнителя следующей операции технологического процесса – как его потребителя. Согласно системе менеджмента качества, в основе каждого процесса лежит цикл PDCA: планирование процесса → выполнение процесса → анализ показателей процесса → корректировка процесса.

Стоит также отметить, что любая организация имеет документированное описание основных бизнес-процессов, которое согласовано и утверждено в качестве стандарта. Исполнение процессов также описывается в виде текста, таблиц, графиков и т.д. Рассмотрим, например, один из существующих управленческих бизнес-процессов на ОАО «Саратовский подшипниковый завод» – управление общими делами предприятия (УОД).

Структура отдела УОД ОАО «СПЗ»



В документально изложенном положении описаны основные функции данного отдела, к которым относятся: деятельность по делопроизводству, деятельность по хозяйственно-

му обслуживанию и озеленению, деятельность по связям с общественностью, деятельность по художественно-оформительским работам, а также выделены основные задачи, организация и выполнения работ, их контроль и корректировка, вопросы взаимодействия с другими подразделениями предприятия, описаны права УОД и персональная ответственность.

Итак, результаты нашего исследования доказывают, что промышленные организации, согласно общей логике развития, эволюционируют, постоянно развиваются в целях улучшения своей деятельности и повышения устойчивости в условиях непредсказуемости трансформации внешней среды. Успешное функционирование хозяйствующего объекта складывается на основе реализации и качественного исполнения всех составляющих систему бизнес-процессов, индивидуальная эффективность которых должна оцениваться через конкретный вклад в достижение целей всей организации. Таким образом, результативность предприятия достигается коллективным эффектом, т.к. отдельные процессы могут различаться по своей эффективности. В современной обстановке резкого усиления конкуренции управление промышленной структурой призвано осуществлять адекватные меры, позволяющие получать наибольшую отдачу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Практика глобализации: игры и правила новой эпохи / О.В. Братимов, Ю.М. Горский, М.Г. Делягин, А.А. Коваленко. М.: Инфра-М, 2000. 344 с.
2. Буч О.В. Процессный подход к управлению предприятием: аутсорсинг бизнес-процессов / О.В. Буч // Вестник МГТУ. 2008. Т. 11. № 2. С. 264-267.
3. Кондратьев В.В. Показываем бизнес-процессы / В.В. Кондратьев, М.Н. Кузнецов. М.: Эксмо, 2007. 352 с.
4. Робсон М. Практическое руководство по реинжинирингу бизнес-процессов / М. Робсон, Ф. Уллах; пер. с англ. под ред. Н.Д. Эриашвили. М.: Аудит; ЮНИТИ, 1997. 221 с.
5. Хаммер М. Реинжиниринг корпорации / М. Хаммер, Дж. Чампи; пер. с англ. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 1997. 332с.
6. Deming W.E. Quality, productivity and competitive position / W.E. Deming. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, 1982. 373 p.
7. Porter M.E. How Information Gives You Competitive Advantage / M.E. Porter, V.E. Millar // Harvard Business Review. 1985. № 85. (July-August). P. 149-160.

Милехина Людмила Александровна – аспирант кафедры «Менеджмент» Саратовского государственного социально-экономического университета

Milekhina Liudmila Alexandrovna – Post-graduate Student of the Department of «Management» of Saratov State University of Sociology and Economics

Статья поступила в редакцию 23.10.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 336.1

Н.В. Орлова

ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА РОССИИ

Рассматривается поддержка инновационного пути развития государством.

Инвестиции, инновация, государство, экономика, производство.

N.V. Orlova

RUSSIA'S INNOVATIVE PRODUCTION FORMATION INSTRUMENTS

The author studies the growth prospects and the state's support of innovative way of development in the article.

Investments, innovation, state, economy, production.

Выход на инновационный путь развития для России означает активное формирование нового технологического уклада. Но эти процессы сдерживаются как неотработанностью соответствующих этому этапу технологий, так и неготовностью социально-экономической среды к их применению. «Тем не менее, основные технологические траектории его роста уже сформировались. Вдоль них нарастает концентрация ресурсов, определяющих конкурентные преимущества различных стран на 20-30-летнюю перспективу нового длинноволнового подъема. Именно сейчас, в самом начале *конкуренции альтернативных технологий*, есть шанс захватить лидерство на перспективных направлениях применения нанотехнологий и тем самым «оседлать» соответствующие восходящие потоки новой длинной волны экономического роста» [1, с.3].

Объективно оценить совершающиеся в российской экономике в течение последних десятилетий макроэкономические процессы, выявить перспективы и тенденции их развития можно, используя воспроизводственный подход, разработанный в рамках классической экономической теории. В соответствии с этим подходом, оценивая состояние экономики России, известный экономист К. Хубиев определил, что она «за последние два десятилетия проходит особый инновационный цикл с известными историческими аномалиями» [2, с.38]. Главным фактором длительного разрушительного цикла стали, по мнению ученого, политические цели и установки зарубежных и отечественных политических сил, заинтересованных в разрушении государства. Разобщение трудовых и технологических ресурсов, а тем более их деградации и разрушения были спровоцированы демонтажем плановой системы и расчленением общенародной собственности в ее государственной форме. По сути, был осуществлен процесс разрушения экономической системы, и решающую роль в этом процессе сыграла политика, ставшая концентрированным угнетением, а не выражением экономики. Этим объясняется длительность российского экономического цикла, который стал беспрецедентным по глубине спада (сокращение ВВП к 1997 г. составило около 50%) [2, с.39].

Длительность кризисного цикла в России связана с нарушением важнейших закономерностей, характерных для циклов, имеющих экономическую природу. Согласно классической экономической теории в фазе оживления и подъема происходит массовое обновление основного капитала на новой технологической основе. В этом состоит главный позитивный результат цикла. «Массовые технологические обновления основного капитала, при которых создается технологическая основа для более высокой производительности труда, экономического роста, служат главным оправданием трудностей, переживаемых во время кризиса населением и предприятиями» [2, с.39].

В России эта закономерность себя не проявила. Обновления капитала не произошло, а рост производства с 1999 по 2008 гг. носил компенсационный характер и происходил в основном за счет загрузки старых производительных мощностей, высвободившихся во время спада производства. «Социально-экономические жертвы, растянутые на два десятилетия, оказались напрасными. Выходя с самым ущербным результатом из двадцатилетнего цикла, экономика России вползает в текущий финансово-экономический кризис. Сырьевая направленность ее экономики может оказаться не временным качеством трансформационного периода, а приобретенным свойством с наследственными перспективами» [2, с.39].

Сложилось так, что на большой трансформационный цикл наслоились кризис 1998 г., затем кризис 2008 г. Если страны Запада (включая США) фрагментарно пережили кризис 1998 г. и вступили в новый кризис после десятилетнего подъема с активным технологическим прогрессом, то в России оба кризиса пришлось на большой цикл, а экономика так и не испытала ни подъема производства, ни технологического обновления основного капитала.

Для характеристики состояния экономики России воспользуемся приведенным анализом К. Хубиева. Он отмечает, что либерализация цен в начале января 1992 г. дала взрывную инфляцию в 2700% в год. В 1993 г. цены выросли еще на 1900%. Производство резко сокращалось, опережающими темпами снижались инвестиции. До 1997 г. шел непрерывный спад производства, хотя и замедляющимися темпами. В 1997 г. сформировались ожидания достижения дна экономического цикла в депрессионной фазе и перехода к фазе оживления. Для этого были следующие основания. ВВП показал прекращение спада и даже рост в пределах статистической погрешности 0,4%. Инфляция составила 11% и опустилась до психологического минимума. Но ожидаемого оживления после длительной рецессии не началось.

Мировой финансовый кризис 1998 г. прервал процесс стабилизации российской экономики. Он был непродолжительным, но сильным, и вызвал дополнительное сокращение производства на 4,8% при быстром скачке инфляции до 84%. По своей природе это был финансовый кризис, и основные последствия для экономики России тоже были финансовые – обвал фондового рынка и девальвация национальной валюты. Курс рубля по отношению к доллару снизился в 4 раза. Кризис не затронул глубоко реальный сектор, и в 1999 г. началось оживление.

За последующие 10 лет номинальный ВВП вырос в 2 раза и, по оценкам Госкомстата и Минэкономразвития РФ, к 2008 г. экономика России вернулась к докризисному уровню 1990 г. Но эти официальные выводы вызывают сомнения. Тщательный анализ данных за этот период позволяет оценить реальное положение и выявить, что глубокий спад производства еще далек от преодоления. К примеру, противоречивую картину дал анализ крупного блока промышленного производства – транспортных средств и оборудования. Выросло производство легковых автомобилей (на 6,7%), автобусов (на 70%), грузовых и пассажирских вагонов (на 34 и 27%), но сократилось производство вагонов метрополитена (на 18%), грузовых автомобилей (на 36,8%), прицепов (на 91%), мотоциклов и мотороллеров (на 99%). В сельском хозяйстве уменьшилось поголовье крупного рогатого скота (на 77%). По производству зерна Россия в 2008 г. приблизилась к уровню 1990 г. В целом же, сельскохозяйственное производство не восстановило утраченные позиции. К. Хубиев признает, что есть методологические трудности сопоставления взвешенных по физическим объемам и стоимости величин. Тем не менее, анализ динамики натуральных величин не допускает никаких сомнений в том, что уровень производства 1990 г. по сопоставимой товарной структуре еще не достигнут [2, с.41-42].

Очевидно, что в российской экономике сложности возникли в силу того, что перед вступлением в последний финансово-экономический кризис не произошло ни подъема производства, ни технологического обновления основного капитала. Выход из этой сложной ситуации лежит на путях формирования наукоемкого производства, выстроенного на новой инновационной основе. Для этого предстоит обновить основной капитал и тем самым обеспечить подъем производства. В качестве основных инструментов при решении данных проблем важно будет использовать:

1) корпоратизацию ресурсов промышленной сферы. Основные цели корпоратизации ресурсов: формирование воспроизводственной структуры, способной обеспечить развитие наукоемкого производства; создание хозяйствующих субъектов (предприятий), способных сформировать современную технологическую базу для инновационного производства; выстраивание производственно-логистических комплексов, способных обеспечить выпуск высокотехнологичной продукции;

2) формирование государственно-корпоративного сектора и превращения его в консолидированную основу развития производства. Государство и корпорации – два основных

слагаемых государственно-корпоративного сектора. Сила и значимость этого сектора заключается в том, что: во-первых, в руках государства политическая и экономическая власть; во-вторых, межотраслевые корпорации организационно выстраивают экономическое пространство, а их поведение приводит в действие механизм его развития. Поэтому государственно-корпоративный сектор становится определяющим, он влияет на действие всех субъектов в экономике, институтов развития, на результаты хозяйствования. От того, как и насколько он развит, соответствуют ли его жизнеопределяющие процессы объективным экономическим законам, по сути зависят социально-экономическая жизнь национальной экономики, нацеленность предприятий на передовые технологии, финансирование науки, осуществление процессов машинозамещения, на повышение производительности труда;

3) машинозамещение и рост производительности труда. Для формирования инновационного производства нужен инновационный прорыв в производительности труда и его оснащенности системой машин, управляемых с помощью машин, иными словами речь идет о создании целостной системы машинозамещения, обеспечивающей иной, инновационный уровень оснащенности и производительности труда. По оценкам, Россия располагает ресурсами для обеспечения процесса машинозамещения (научные разработки и технологии высшего мирового уровня, научные и инженерные кадры, высокий уровень массового образования). Осуществить процесс машинозамещения и выйти на современный уровень производительности труда можно лишь при тесном взаимодействии государства и хозяйственной системы.

Все эти инструменты, реализуясь сами как экономические процессы, действуя во взаимосвязи и взаимозависимости, тесно переплетаются между собой, и лишь их совместное действие способно изменить процесс производства и воспроизводства материальных благ. Для социально-экономического развития экономики не только нужна прочная основа совершенствования производства, но в немалой степени необходимо и научно-техническое его обеспечение, активное и результативное осуществление конкретных основополагающих процессов его преобразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазьев С. Перспективы социально-экономического развития России / С. Глазьев // Экономист. 2009. № 1. С. 3-9.

2. Хубиев К. Особенности российского экономического цикла / К. Хубиев // Экономист. 2009. № 3. С. 35-42.

Орлова Надежда Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Менеджмент, коммерция и право» Саратовского государственного технического университета

Orlova Nadezhda Victorovna – Candidate of Sciences in Economics, Assistant Professor of the Department of «Management, Commerce and Law» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 25.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 33

Е.А. Петрунина

МАЛЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ. ГРАНИЦЫ НЕВОЗМОЖНОГО

Рассматриваются условия развития малого инновационного бизнеса и современная инфраструктура его поддержки.

Малые инновационные предприятия, малый инновационный бизнес, инновационный менеджер, руководитель инновационного предприятия, ученый (изобретатель), инновационная инфраструктура.

E.A. Petrunina

SMALL INNOVATIONAL ENTERPRISES. LIMITS OF IMPOSSIBLE

The author researches the real economic conditions within which small enterprises develop their business and the modern infrastructure of its support.

Small innovational enterprises, small innovational business, innovational manager, manager of innovational enterprise, scientist (inventor), innovational infrastructure.

В современных условиях важным элементом развития и повышения конкурентоспособности российской экономики является стимулирование предпринимательства в инновационной сфере.

В настоящей статье мы проанализируем условия развития малого инновационного бизнеса и современную инфраструктуру его поддержки, чтобы помочь начинающему предпринимателю сориентироваться в современном бизнес-пространстве, также мы сделаем выводы о способах и возможностях различной помощи малым инновационным предприятиям, которые предлагают организации инфраструктуры.

По словам Дмитрия Сергеева (руководителя комиссии по инновациям Общественного совета по малому предпринимательству при губернаторе Санкт-Петербурга), в России на сегодняшний день существует около 12 тысяч предприятий, носящий инновационный характер. Доля инновационного предпринимательства в общей структуре малого бизнеса России варьирует, по разным оценкам, от 1,4 до 3,5%.

По результатам исследования, проведенного общероссийской общественной организацией малого и среднего предпринимательства «Опора России» совместно со ВЦИОМ (Всероссийский центр изучения общественного мнения), из всех малых инновационных предприятий России около 15% можно отнести к инновационным предприятиям, ориентированным на рынок. Имеется в виду, что эти 15% проводят научные исследования, занимаются охраной интеллектуальной собственности и коммерциализацией нововведений на рынке. Средний возраст опрошенных компаний 10-13 лет. Уже тот факт, что им удалось выжить, для подобных компаний – значительное достижение [1].

На сегодняшний день известно несколько путей создания малого инновационного предприятия. Первый путь, когда сам ученый (изобретатель) создает малое предприятие и становится его руководителем. На подобном пути создания иногда возникают трудности: низкая мотивация ученых (изобретателей) заниматься инновационным бизнесом, недостаточные знания, навыки и опыт в части коммерциализации своих научных разработок. Многие исследователи отказываются верить в то, что наука и бизнес – вещи совместимые, так как часто исследования носят фундаментальный характер и только применение их результатов в конкретных областях может принести доход. Но даже при таком применении доход не гарантирован и степень риска велика. Недоверие к бизнесу со стороны исследователей объяснимо достаточно часто возникающими фактами мошенничества, когда с ученым (изобретателем) заключается фиктивный договор, заказчик-предприниматель узнает все, что нужно о разработке, а затем исчезает. Сегодня ученые (изобретатели) привыкли больше рассчитывать на поддержку государства, например, получение грантов – когда конкретный фонд

спонсирует научный поиск. Возможный путь эффективного взаимодействия фундаментальной науки и бизнеса – это параллельное их развитие, то есть применение достижений фундаментальной науки в малом инновационном бизнесе, а затем использование доходов этого бизнеса для дальнейшего развития фундаментальной науки.

Сегодня у России богатые кадровые ресурсы в области высоких технологий, но ученые (изобретатели) иногда обладают небольшими знаниями о возможностях коммерциализации инноваций. В качестве примера можно привести поступающие в «Росинфокоминвест» заявки на финансирование. Из полученных 108 заявок 52 от предприятий уровня стартапа, у 38 компаний создана команда и проработан сам проект, 22 проекта имеют признаки защиты интеллектуальной собственности, в 12 предпринята попытка оценить инвестиционные показатели проекта, в 4 оценивается рынок сбыта, и всего 2 заявки поданы в соответствии с формальными требованиями «Росинфокоминвеста» [2]. Возможный путь повышения образовательного уровня ученых (изобретателей) в части коммерциализации научно-технических разработок – это участие в программах, семинарах, тренингах, которые проводят организации образовательной инфраструктуры инновационного бизнеса.

Второй путь создания малого инновационного предприятия – когда коммерциализацией разработки занимается специалист по управлению – инновационный менеджер (руководитель инновационного проекта или предприятия).

По данным НАИРИТ (Национальной ассоциации инноваций и развития информационных технологий) на январь 2009 года, только 2% выпускников вузов выбирают инновационное предпринимательство или научную деятельность, 44% – другие направления бизнеса, 31% – работу за границей, 14% – госслужбу [3]. Это объясняется общим направлением социально-экономического развития: к примеру, работать и развивать бизнес в сфере торговли на сегодняшний день проще, быстрее и менее рискованно, чем заниматься инновационным проектом. Но в то же время именно та совсем небольшая часть инновационных предприятий, которым удастся подняться, получают огромную прибыль, которую практически невозможно заработать в обычном бизнесе. В последнее время над созданием интереса молодых специалистов к инновационному бизнесу начинают работать различные организации инновационной инфраструктуры.

Для коммерческого использования результатов научных исследований и разработок и эффективного продвижения инновационной продукции на внутренние и зарубежные рынки малому инновационному предприятию требуется высокая степень мобилизации финансовых, материальных, информационных, интеллектуальных и кадровых ресурсов. Деятельность всех участников инновационного процесса достаточно часто основывается на реализации целого комплекса услуг, оказываемых субъектами инфраструктуры инновационного цикла. Это, прежде всего, следующие направления: финансово-экономическая поддержка; информационно-консультационное обеспечение; производственно-технологическая поддержка создания и освоения новой, наукоемкой, конкурентоспособной продукции; маркетинговая поддержка – выставки, форумы, ярмарки, семинары, конференции; подготовка и переподготовка кадров в области инновационного предпринимательства.

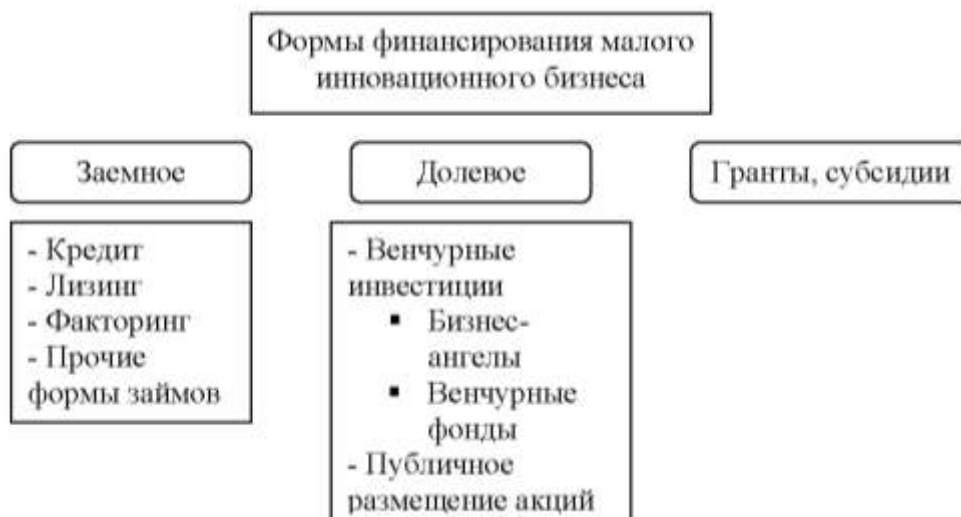
Предпринимателю, руководителю предприятия в сфере малого инновационного бизнеса зачастую сложно сориентироваться в многообразии организаций, предоставляющих те или иные услуги. Затрачивая усилия на поиск необходимой информации, предприниматель теряет время и упускает возможности. Поэтому понимание этих возможностей поддержки и помощи со стороны организаций инфраструктуры является важным для развития малых инновационных предприятий.

Инновационная инфраструктура – это совокупность всех подсистем, обеспечивающих доступ к различным ресурсам (активам) и/или оказывающих услуги участникам инновационной деятельности. Обычно выделяют несколько видов (подсистем) инновационной инфраструктуры.

Следующее разделение организаций инновационной инфраструктуры по сферам поддержки достаточно условное, так как многие из них оказывают услуги сразу по нескольким направлениям:

1. Финансовая поддержка

Для того чтобы определиться с выбором способа стороннего финансирования инновационного проекта, необходимо понимать, какие бывают формы финансирования, чем они отличаются друг от друга, в чем отрицательные и положительные стороны каждой из них.



Формы финансирования малого инновационного бизнеса

На данный момент существуют несколько способов финансовой поддержки малого инновационного бизнеса:

Заемное финансирование. Банки крайне редко кредитуют малый инновационный бизнес, так как это достаточно рискованная сфера, и здесь крайне сложно предугадать степень окупаемости, прибыльности разработки. Еще одна сложность получения заемного финансирования состоит в том, что необходимо предоставить ликвидный залог, при этом сумма залога должна быть, по оценке независимого эксперта, как минимум в 1,5 раза больше суммы получаемого финансирования.

Долевое финансирование. «Бизнес-ангелы» – это частные инвесторы, физические или юридические лица, вкладывающие собственные денежные средства в инновационные компании (проекты). Деятельность «бизнес-ангелов» позволяет повысить степень выживаемости малых инновационных компаний: она решает вопрос недостатка собственного капитала, управленческих навыков и деловых связей на начальных стадиях развития. Но при этом «бизнес-ангелы», обычно, хотят обладать контрольным пакетом акций вновь созданной компании. Получение «бизнес-ангельских» инвестиций не исключает и возможностей получения субсидий и субвенций из городского бюджета. Сегодня в России формируются различные объединения «бизнес-ангелов», крупнейшим из которых является Национальное содружество бизнес-ангелов России (СБАР).

Венчурные фонды аккумулируют средства нескольких инвесторов с целью диверсификации рисков и вкладывают их в развитие инновационного бизнеса. В России основной формой венчурных фондов являются закрытые паевые инвестиционные фонды (ЗПИФ), находящиеся под управлением специализированных управляющих компаний. Инфраструктура венчурного финансирования в России довольно большая: в нашей стране

действует порядка 140 венчурных фондов, общая капитализация которых составляет 10 млрд руб. Сейчас в РФ работает 15 крупных венчурных институтов с капитализацией от 150 млн до 1,5 млрд долл., они занимают около 2/3 рынка и не работают с малым и средним инновационным бизнесом. Для маленьких компаний больший интерес представляют фонды средние (их около 30) и малые (в 2007 г. их было 40) [4]. Также одним из источников финансирования инновационных разработок являются средства Российской венчурной компании (РВК). ОАО «РВК» сама не финансирует инновации, но передает средства фондам, которые и направляют деньги в бизнес.

На сегодняшний день для поддержки молодых специалистов в России применяется также *грантовая система*: для кандидатов наук до 35 лет ежегодно выделяется 500 грантов на общую сумму 75 млн руб., для докторов наук до 40 лет – 100 грантов на общую сумму 25 млн руб. 200 млн руб. ежегодно выделяется на поддержку ведущих научных школ [4].

Также малый инновационный бизнес сегодня может получить целевые бюджетные денежные средства в виде субсидий. В Москве действует научно-технический совет при Департаменте поддержки и развития малого предпринимательства, который анализирует предлагаемые компаниями инновационные проекты. В 2008 г. состоялось пять заседаний совета, на которых было рассмотрено около 30 проектов малых инновационных предприятий, 10 из которых получили финансовую поддержку.

Малое предприятие, занимающееся инновационным бизнесом, может получить несколько видов субсидий. Среди них – субсидия на компенсацию затрат на патентно-лицензионную работу, брендинг и защиту интеллектуальной собственности, ее размер составляет до 500 тыс. руб. на компенсацию затрат в России и до 1 млн руб. – за рубежом. Другие субсидии – это, к примеру, субсидия в размере от 2,5 млн руб. на изготовление опытного или демонстрационного образца, или субсидия для оплаты затрат малого инновационного предприятия на участие в специализированных мероприятиях по продвижению продукции (выставки, ярмарки, конференции), ее размер до 1 млн руб. Кроме того, департамент предоставляет субсидии на сертификацию в соответствии с международными стандартами [5].

Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере – это государственная некоммерческая организация, образованная Постановлением Правительства Российской Федерации от 3 февраля 1994 года. Среди основных задач Фонда – «оказание прямой финансовой, информационной и иной помощи малым инновационным предприятиям, реализующим проекты по разработке и освоению новых видов наукоемкой продукции и технологий на основе принадлежащей этим предприятиям интеллектуальной собственности». На настоящее время профинансировано более 4000 проектов на сумму более 2500,0 млн руб. Фонд выделяет примерно 30-50 млн долл. в год на инновационный бизнес в России.

Чтобы получить финансирование для инновационного проекта, руководители малого инновационного предприятия могут использовать все перечисленные выше инвестиционные возможности, предоставляемые государственными и частными инвесторами, организациями, фондами и другими.

2. Производственно-технологическая поддержка

Производственно-технологическая инфраструктура включает технопарки, инновационно-технологические центры (ИТЦ), инновационно-промышленные комплексы, бизнес-инкубаторы, научные парки и другие.

Производственная инфраструктура сегодня оказывает слабое влияние на деятельность малых инновационных фирм: чаще всего технопарки и другие подобные структуры рассматриваются руководством малых инновационных предприятий лишь как выгодное место аренды помещений. Малые предприятия, расположенные в ИТЦ и технопарках, достаточно редко

вырастают до размера средних. Российские ИТЦ и технопарки (за редким исключением) не выполняют функций инкубирования, а служат своеобразными «площадками безопасности», ограждающими находящиеся в них предприятия от агрессивной внешней среды. В итоге сроки пребывания малых фирм в этих структурах не ограничены и составляют на сегодняшний день в среднем около десяти лет (при международном стандарте два-три года).

Организации производственно-технологической инфраструктуры могут помочь малым инновационным предприятиям на начальной стадии их развития, но, как показывает российская практика, очень мало инновационных проектов, работающих в этих организациях, становятся успешными.

3. Образовательная поддержка

Не так давно появилась новая специальность «Управление инновациями» (220602). Широкого распространения она пока не получила, хотя имеется в нескольких российских вузах, где ее содержание близко к международному стандарту MBA.

Высшее управленческое образование в инновационной области можно получить, например, в Институте инноватики и логистики Государственного университета управления, в Институте инновационного менеджмента Московского инженерно-физического института. Некоторые вузы готовят специалистов в области высоких технологий, которые вдобавок обладают набором знаний в сфере управления инновационными проектами. В качестве примера можно привести факультет инноваций и высоких технологий в Московском физико-техническом институте (МФТИ) и Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства (РГУИТП).

Профессиональную переподготовку по предпринимательству и менеджменту в инновационной сфере осуществляют Академия народного хозяйства при Правительстве РФ и Московская Международная высшая школа бизнеса «МИРБИС». В структуре «МИРБИС» создан центр венчурного предпринимательства для оказания консультационных, экспертных услуг и формирования команд менеджеров инновационных проектов. В центре помимо программы MBA по инновационному предпринимательству реализуется программа «открытых» (бесплатных) семинаров и мастер-классов, а также презентационные сессии инновационных проектов для «бизнес-ангелов».

Бесплатные семинары, тренинги и мастер-классы по инновационному предпринимательству также проводит ЗАО «Научный парк Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова» в рамках программ «Формула успеха» и «Коммерциализация НИОКР».

«Агентство по развитию инновационного предпринимательства» приглашает пройти льготное обучение (50%, 70% стоимости обучения за счет средств города Москвы) по таким учебным направлениям, как «Основы предпринимательской деятельности», «Технология самопрезентации и делового общения», «Основы предпринимательской деятельности с использованием программно-имитационной модели малого предприятия», «Разработка и анализ бизнес-планов на базе программы Project Expert» для начинающих предпринимателей из числа учащейся молодежи и «Управление инновационными проектами», «Основы коммерциализации НИОКР», «Привлечение внебюджетных финансовых ресурсов при реализации инновационных проектов», «Защита интеллектуальной собственности при реализации инновационных проектов» для руководителей и специалистов малых и средних предприятий города Москвы. Обучение проводится в лучших вузах Москвы, в таких как Плехановская академия, Академия менеджмента и рынка, Академия народного хозяйства при Правительстве Москвы, Финансовая академия при Правительстве Москвы и др.

Таким образом, на сегодняшний день у предпринимателя в сфере инновационного бизнеса есть достаточно возможностей для получения основного и дополнительного образования в этой сфере. Но это утверждение в большей степени относится к столице. В россий-

ских регионах пока намного меньше подобных возможностей. Хотя, к примеру, в июне 2008 г. в Санкт-Петербурге, Томске и Ульяновске стартовала программа по подготовке менеджеров инновационных проектов. Эта программа была реализована Центром развития инноваций «СТАРТАП» под эгидой Комитета Государственной думы РФ по делам молодежи. Цель программы – подготовка современных инновационно мыслящих менеджеров для регионов. Как отмечается в материалах Центра развития инноваций «СТАРТАП», для реализации проекта, сразу в трех городах – Санкт-Петербурге, Томске и Ульяновске были организованы школы инновационных менеджеров.

4. Консультационная поддержка

На сегодняшний день в России много консалтинговых государственных и частных организаций в инновационной сфере: «Агентство по развитию инновационного предпринимательства», «Научно-инвестиционная корпорация развития технологий «НИОКР», Международный фонд технологий и инвестиций и другие.

По данным НАИРИТ, представители молодежи отмечают такие проблемы молодежного инновационного сектора, как отсутствие единой централизованной информационной системы, значительное число организаций, оказывающих неквалифицированную консультационную помощь в сфере инноваций [3].

Таким образом, обращаясь за помощью и поддержкой в те или иные организации инфраструктуры, руководителям малых инновационных предприятий необходимо обратить внимание на риск недобросовестного поведения представителей этих организаций. Застраховаться от подобного риска можно с помощью юридически грамотно и правильно оформленных документов взаимодействия с ними. Также руководителям малых инновационных предприятий стоит обратить внимание на правильность подачи информации в научной части бизнес-плана или другого документа, подаваемого в ту или иную организацию, особенно если интеллектуальная собственность на изобретение еще не оформлена. Научная часть (описание идеи, продукции, технологии или услуги) в бизнес-плане должна быть достаточно полной и давать понимание инновационности проекта, но не содержать информации, которой могут воспользоваться конкуренты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малый инновационный бизнес: проблемы и перспективы. Аналитическая записка. Общественный Совет по малому предпринимательству при губернаторе Санкт-Петербурга и Северо-Западный Ресурсный Центр «Помощь бизнесу». СПб., 2006 г. URL: <http://www.spb-mb.ru/index.php?page=297>.

2. Инновационная отрасль РФ: ужасное положение с блестящими перспективами // Альянс Медиа. 11.12.2008. URL: http://www.rvca.ru/rus/show_info.php?id=572.

3. Москва: молодежное инновационное предпринимательство – перспективное направление // Альянс Медиа. 05.03.2009. URL: <http://www.allmedia.ru/newsitem.asp?id=844233>.

4. Нужен нацпроект развития малого инновационного бизнеса в регионах РФ // Альянс Медиа. 08.12.2008. URL: http://www.rvca.ru/rus/show_info.php?id=573.

5. Писаревская Д. Бизнес-ангелы и инвестиции / Д. Писаревская // Деловая пресса. 17.11.2008. URL: http://www.rvca.ru/rus/show_info.php?id=584.

Петрунина Елена Андреевна – аспирант кафедры «Экономика труда и персонала» Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова

Petrulina Yelena Andreyevna – Post-graduate of Student of the Department of «Economics of Labor and Personnel» of Moscow State University in the name of Lomonosov

УДК 336.025; 338.246.87

А.Н. Ружейников

ИЗМЕНЕНИЕ УСЛОВИЙ ЧАСТНОГО ФИНАНСИРОВАНИЯ ИННОВАЦИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Рассматривается воздействие экономического кризиса на применение методов частного финансирования для инновационной деятельности. Определены условия эффективного применения данных методов. Подготовлены предложения по коренному изменению ситуации в Российской Федерации с финансированием инновационной деятельности в условиях кризиса.

Финансирование, инновации, кризис, экономика, методы финансирования.

A.N. Ruzhenikov

INNOVATIONS' PRIVATE FINANCING CONDITIONS CHANGES WITHIN THE ECONOMIC CRISIS IN RUSSIA

The impact of economic crisis on the application of methods of private financing for innovation activities is considered in the article. The conditions of effective application of these methods are determined. Proposals of innovation's financing for radical change of the situation in Russian Federation in the crisis are prepared.

Financing, innovations, crisis, economics, methods of financing.

Негативные изменения ситуации с финансированием инноваций мировое сообщество начало ощущать еще в марте 2008 г., но тогда этому не придали большого значения. Все началось с первых отголосков в Соединенных Штатах Америки относительно ликвидности банковских активов, а точнее с того, что страховые компании, взявшие на себя обязательства по страхованию банковских рисков, не смогли возместить ущерб по принятым на себя обязательствам. В нашей стране тогда во всех выступлениях официальных лиц слышалось, что мы «тихая гавань» и «нас все минует», или что «мы накопили достаточные резервы, которые позволят нам прожить 4-5 лет в кризисе».

Но уже через полгода все мировое сообщество начало ощущать на себе сокрушительные удары первой волны мирового финансового кризиса: падение продаж, разорение банков, рост безработицы и т.д. Масштабность этих явлений продолжает потрясать весь мир и сегодня, и наша страна, несмотря на все заявления, пострадала не меньше остальных (по данным на апрель 2009 г.: безработица составляет почти 10% от всего трудоспособного населения, падение ВВП на 9,5%, цифры о дефиците бюджета называются примерные [1-5] около 10%.

Разработанные осенью 2008 г. шаги имели противоречивый характер, привели к негативным последствиям по всему финансовому сектору. Для примера можно привести следующие данные:

- убыток группы ВТБ по итогам девяти месяцев 2009 года составил 54 млрд;
- ВЭБ вообще пока сообщил только об убытках и о том, что готовится к реализации пакетов активов, полученных во время кризиса реструктуризацией долгов компаний.

Теперь мы можем официально констатировать, что до сих пор не выработано четкой единой позиции, с четкой программой по реализации антикризисных мер. Анализ мер, разработанных и реализованных в 2008-2009 гг., позволяет выделить факторы, оказавшие наиболее сильное влияние на применение методов частного коммерческого финансирования при реализации инновационной деятельности.

Факторы, оказавшие влияние на методы финансирования, можно условно разделить на следующие группы:

1) Внешние макроэкономические факторы, то есть факторы, проявившиеся в общемировом масштабе.

2) Факторы «страновые» – макроэкономические.

Их воздействие привело к изменению ключевых показателей финансовой деятельности финансового рычага долгового финансирования, средневзвешенной стоимости капитала, а точнее, они мультиплицировали финансовые риски. Возросла средневзвешенная стоимость капитала, а удорожание привлекаемых средств произошло многократно.

Только с учетом рассмотренных выше финансовых условий (факторов) необходимо рассмотреть особенности использования различных методов частного коммерческого финансирования инновационной деятельности, а именно:

- Венчурное финансирование;
- Бизнес-ангельское финансирование;
- Фондовое финансирование (акционерное и облигационное);
- Банковское кредитное финансирование.

Оценка влияния финансовых условий (факторов) на особенности использования метода финансирования должно осуществляться по следующим критериям:

- требования и сроки;
- субъекты;
- условия эффективного применения.

При венчурном финансировании произойдет изменение сроков вхождения, то есть венчурный фонд будет стремиться войти позже с целью экономии возрастающих издержек по собственным источникам. По аналогичным причинам будет наблюдаться и более ранний выход. Но самые значительные изменения будут претерпевать субъекты данного метода. Сами венчурные фонды очень сильно зависят от заемных средств, и продолжение данной политики в финансовой области может привести к значительному увеличению нагрузки на транзакционные издержки, что скорее всего повлечет повторение ошибок 90-х годов и данный метод для финансирования инновационной деятельности будет потерян.

Детализуя ключевые потребности инновационной деятельности, можно констатировать, что объем возможных средств к привлечению за счет данного источника будет сокращаться, а требования к вознаграждению по данному источнику возрастут, срок финансирования сократится.

Для бизнес-ангельского финансирования необходимо отметить, что источниками средств являются в основном доходы физических лиц и гранты государственных и негосударственных фондов, а в связи с сокращением, обесценением и необходимостью переориентации доходов физических лиц, мы получаем сокращение средств, привлекаемых с помощью данного метода с реальным сокращением источника. За счет этого класс частных бизнес-ангелов

может перестать существовать, что особенно негативно скажется на реализации инновационной деятельности в рамках малых инновационных компаний.

Детализируя потребности, можно констатировать снижение объемов средств, которые возможно привлечь данным методом, с возрастанием транзакционных издержек и сокращением сроков финансирования.

Фондовое акционерное финансирование по-прежнему остается неразвитым в России: доминируют короткие инвестиции спекулятивного характера, так, по словам А. Улюкаева, инвестиции спекулятивного характера составляют до 87%, от общего объема, при этом прямые инвестиции доходят до 4% от общего объема, поэтому рассчитывать на привлечение данного источника внутри РФ довольно наивно.

Таким образом, можем ожидать сокращения сроков использования средств данного метода, за счет увеличения спекулятивного капитала на рынке и сокращения числа долгосрочных портфельных инвесторов, а также объемов привлекаемых средств, или возрастания транзакционных издержек ввиду привлечения данного источника из-за рубежа.

Облигационное финансирование в мировой практике является одним из самых весомых методов долгового финансирования, но при этом более дешевым, чем банковское финансирование. Правда, в 2008 г. резкое сокращение денежного агрегата М2 из-за ужесточения требований к резервам на возможные потери по ссудам, предусмотренные инструкцией № 254-П ЦБ РФ, привело к резкому дефициту заемных средств, что спровоцировало увеличение издержек на привлечение облигационного финансирования как альтернативного источника, данная тенденция продолжалась почти до июня 2009 г.

В связи с тем, что тенденций к значительному снижению финансовых рисков не наблюдается, продолжается тенденция прессинга по отношению к банкам второго уровня, со стороны ЦБ и других государственных органов на 2010 г. Можно прогнозировать также дефицит средств долгового финансирования, что выльется в высокие издержки по облигационному финансированию и сокращение сроков его предоставления, соответственно будет продолжаться негативная тенденция для инновационных компаний.

Для банковского финансирования проблемы, которые обнажил кризис, остаются нерешенными, поэтому можно ожидать дальнейшего дефицита данного источника на финансовом рынке, что будет не только негативно сказываться на инновационной деятельности, но и приведет к дефициту средств для других источников (так как мы уже знаем, что данный источник является очень важным и для венчурных фондов, бизнес-ангелов и т.д.).

К положительным тенденциям можно отнести лишь снижение ставки рефинансирования, которая снизилась в декабре до 8,75%, и инфляции, которая за 2009 год составила по различным оценкам от 8,4 до 8,9%.

Негативные тенденции продолжают усиливаться, можно отметить лишь самые значительные:

- регуляторы начали «войну» с иностранными составляющими в пассивах банков второго уровня, а так как для банков зарубежное финансирование было самым дешевым, а внутри страны аналогичные источники не предоставлены, мы и дальше будем наблюдать сокращение банковских портфелей и переход к более низко рискованным клиентам, что может привести к заморозке инновационных проектов, не связанных с госфинансированием;

- регуляторы отдельных стран начали повышать требования к капиталу банков, что будет способствовать снижению кредитной активности и стимулировать банки к сокращению инвестиционного и проектного кредитования (что мы можем наблюдать на примере сбербанка), и будет стимулировать отток частного капитала из этих стран;

- искусственное увеличение кредитной активности в банках, имеющих государственную долю для определенных структур и компаний, лишь увеличивает риски невозврата по

выданным кредитам, так как данные компании уже закредитованы и используют их как средства для расчета с кредитами, которые были выданы ранее (яркий пример ВАЗ и целый ряд строительных компаний);

- создание искусственных барьеров банковским организациям приведет к сокращению кредитной активности и сжатию кредитных портфелей и повлечет поиск дополнительных источников прибыли, например за счет сокращения и передачи на баланс аффилированных структур «плохих» долгов (яркий пример ВТБ-Капитал и т.п.), что приводит к возникновению «коротких» прибылей, за счет сокращения резервов на возможные потери, по ссудам.

Из всего вышесказанного следует, что эти факторы и условия привели к кризису финансирования, особенно инновационной деятельности, так как данная деятельность требует рискованных, дешевых и длинных денег.

Дифференцированный подход к финансированию, который на сегодня предлагается использовать на всех уровнях власти, не приведет к должному эффекту, так как сразу возникнет много предприятий (на бумаге разрабатывающих и внедряющих инновации) с псевдоинновационной деятельностью, которые будут использоваться для аккумуляции средств для предприятий-учредителей, занимающихся типичной деятельностью, что еще более негативно скажется на состоянии инновационной деятельности внутри страны.

Для преодоления сложившейся ситуации можно рекомендовать:

- 1) стимулировать использование иностранных кредитов и инвестиционных фондов, как более дешевых источников для покрытия внутренних потребностей, и сдерживать выживание иностранного капитала;

- 2) запретить размещение денежных средств, имеющих отношение к госкорпорациям и правительству на внешних рынках, переориентировать их на внутренний рынок;

- 3) ввести мораторий на все мероприятия, проводимые регуляторами, с целью ограничения банковской активности в кредитовании, как физических, так и юридических лиц;

- 4) запретить проведение валютных интервенций, направленных на снижение курса национальных валют, по отношению к другим валютам;

- 5) запретить лоббирование интересов компаний, занимающихся торговлей сырьем на внешних рынках;

- б) принять в сжатые сроки закон об «инсайдерской» информации, причем без исключений для госслужащих;

- 7) отказаться от профицитной модели бюджета;

- 8) исключить из антикризисных мероприятий девальвационные сценарии;

- 9) разработать и внедрить мотивационную базу для частных инвесторов в инновационную деятельность, а именно, снижение налогового бремени для прямых и долгосрочных портфельных инвесторов, развить систему ;

- 10) упростить процедуру притока иностранного частного капитала на российский фондовый рынок;

- 11) усилить борьбу с коррупцией;

- 12) переходить к ревальвации рубля и к рефляционному¹ сценарию, а именно, к стимулированию спроса и увеличению занятости, сопровождая все это либо снижением налогового бремени, либо введением моратория на его повышение.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.banki.ru/>

¹ Рефляция – экономическая политика, ориентированная на социальную эффективность: на расширение спроса и занятости, на снижение налогов, на увеличение государственных расходов. Рефляция характерна для периодов снижения инфляции.

2. <http://worldcrisis.ru/>
3. <http://www.vedomosti.ru/>
4. <http://vz.ru/>
5. <http://finam.ru/>

Ружейников Александр Николаевич –
аспирант кафедры
«Экономика и управление в строительстве»
Саратовского государственного
технического университета

Ruzheynikov Aleksandr Nikolayevich –
Post-graduate Student of the Department
of «Economics and Management
in Construction»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 14.01.10, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 336

С.В. Шевченко

ЛИЗИНГ ПЕРСОНАЛА В КОМПЛЕКСНОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЕКТА

Лизинг начинает распространяться на трудовые ресурсы, особенно при использовании высокотехнологичного оборудования. Для лизинговой компании открывается новая перспектива комплексного ресурсного обеспечения инвестиционного проекта.

Финансовая аренда, лизинг персонала, эффективность комплексного сервиса.

S.V. Shevchenko

PERSONNEL LEASING FOR OF AN INVESTMENT PROJECT COMPLEX SERVICE

Leasing begins to extend over labor resources too. The paper describes new opportunities which leasing companies offer for investment projects considering complex recourse provision.

Finances leasing, leasing of personnel, the efficiency of complex service.

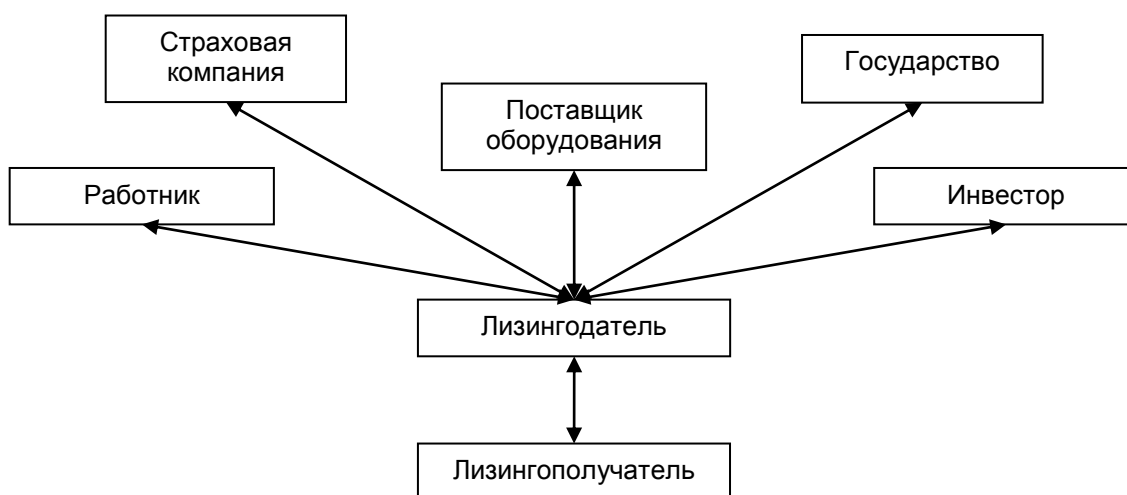
Лизинг – особая форма арендных отношений. Лизинговая компания (ЛК) выступает не только как самостоятельный инвестиционный институт, но и в качестве связующего звена в отношениях лизингополучателя, кредитора и поставщика оборудования.

Прямая заинтересованность в успешности использования арендатором полученного оборудования превращает лизингодателя в координатора всего инвестиционного процесса.

Предусмотренные Законом «О лизинге» налоговые и финансовые льготы и гарантии защиты прав лизингодателя обусловлены, по нашему мнению, стремлением государства содействовать превращению лизингодателей в активных участников инвестиционного процесса, профессиональных менеджеров проектов и финансовых консультантов, заинтересованных участников инвестиционных проектов малых и средних предприятий.

Благодаря высокой эффективности и быстрому росту объемов оказываемых услуг, лизинг начинает распространяться и на трудовые отношения. Как за рубежом, так и в нашей стране все шире применяется лизинг персонала. Его исходная цель – оперативно обеспечить лизингополучателя квалифицированными работниками.

В целях повышения эффективности инвестиций предлагается осуществлять данную услугу вместе с предоставлением в аренду нового оборудования. Объединение лизинга оборудования с лизингом персонала – новый шаг к комплексному обслуживанию инвестиционного проекта. Особенно актуальным это становится при лизинге высокотехнологичного оборудования, подбор, изучение и освоение которого требуют продолжительного обучения персонала и большого опыта (см. рисунок).



Взаимодействие контрагентов при включении лизинга персонала в комплексное обслуживание инвестиционного проекта

Практика применения лизинга персонала показывает, что самую большую долю (42%) в аренде труда занимают не вспомогательные работники, а менеджеры высокой квалификации. Как правило, их поиск, подбор и мотивирование требуют значительных затрат времени, а достаточно высокая оплата труда делает практически невозможным привлечение их к участию в проектах на постоянной основе.

С другой стороны, мотивированное участие заемного труда необходимо для успешности проекта. Инициативные, квалифицированные работники дефицитных специальностей часто требуют особых условий найма (труда, отдыха, переподготовки, страхования и пр.), организация которых обременительна, а часто непосильна для небольшой фирмы, реализующей краткосрочный инвестиционный проект. Помощь профессионалов ЛК или же их посредничество с рекрутинговой компанией для многих является единственной возможностью привлечения к участию в проекте специалистов высокой квалификации. Это особенно актуально при реализации венчурных проектов на этапе их запуска.

Расширение перечня предоставляемых услуг важно и для самой ЛК, поскольку повышает ее осведомленность и компетентность в оценке потенциала и экономического состояния обслуживаемого клиента и надежности возврата инвестиций. Кроме того, предоставление арендатору высококвалифицированных проверенных и лояльных специалистов снижает ее риски. Соединение финансового лизинга с лизингом персонала открывает новые горизонты по работе с венчурными проектами и повышает вероятность их успешной реализации.

Расширение спектра деятельности по обслуживанию инвестиционного проекта лизингодателем может потребовать привлечения к его исполнению специализированных субподрядчиков, например, рекрутинговой компании. Выбор между привлечением сторонней орга-

низации и самостоятельным предоставлением услуг должен осуществляться исходя из экономической целесообразности [1].

Новые услуги потребуют дополнительных затрат со стороны лизингополучателя. Задачей координирующей ЛК станет надежная оценка эффективности (окупаемости) этих затрат, убеждение клиента в их необходимости, а также организация работы с контрагентами, предоставляющими данные услуги, если они не могут быть предоставлены самой лизинговой компанией.

Бесспорно, что лизинговая компания, несущая часть рисков при реализации бизнес-проекта своего клиента, объективно заинтересована в контроле за ходом и успешным выполнением проекта. Одним из механизмов такого контроля и является лизинг персонала.

В последние годы в зарубежной практике получили распространение гибкие формы занятости. Появился и термин «*заемный труд*», который охватывает собственно лизинг персонала и выведение части работников за штат.

Услуги лизинга персонала включают следующие виды [2]:

- предоставление *персонала в аренду* на краткосрочные и долгосрочные проекты (Temporary leasing, Staff leasing);

- *выведение персонала* из штата компании (Outstaffing);

- *массовый подбор* персонала (Mass recruitment).

Зоны ответственности клиента и компании-провайдера зависят от программы сотрудничества. На практике в рамках одного проекта осуществляется сотрудничество сразу по нескольким схемам.

В частности **staff leasing** и **outstaffing** предполагают разделение ответственности между клиентом и ЛК. При этом в обязанности ЛК входят: своевременное предоставление персонала требуемой квалификации в необходимом клиенту количестве и замена сотрудника в случае, если он некачественно выполняет работу. Клиент же несет ответственность за установление и утверждение графика работы сотрудников, учет рабочего времени, отслеживание качества работы персонала и инструктаж на рабочем месте.

При оказании любых из перечисленных выше видов услуг ЛК обеспечивает соблюдение всех стандартов качества, гарантирует соответствие квалификации предоставляемого сотрудника запрашиваемой, обеспечивает реализацию всех социальных гарантий в отношении каждого сотрудника, следит за соблюдением требований трудового и налогового законодательства, а также за выполнением норм охраны труда и техники безопасности.

Таким образом, предназначение аренды персонала заключается в том, чтобы освободить лизингополучателя от всех организационных вопросов, касающихся подбора персонала, кадрового учета, налоговых выплат и обеспечения социальных гарантий.

Данная услуга особенно востребована при привлечении специалистов высокой квалификации на краткосрочный период. Несмотря на наличие дополнительных (к оплате заемного труда) операционных издержек, лизинг персонала позволяет лизингополучателю значительно сократить ФОТ, гибко регулировать период использования труда, оперативно привлекать и отказываться от услуг работника, не нарушая при этом трудового законодательства и интересов работника.

Экономия затрат достигается за счет специализированного выполнения функций кадрового и налогового учета, а также за счет особой организационно-хозяйственной формы ЛК.

Статус малого предприятия ЛК открывает возможность упрощенного налогообложения и связанных с ним налоговых льгот.

Изначально именно «налоговая оптимизация» вызвала бурное развитие аутстаффинга, что с точностью повторяет историю зарождения классического лизинга. Начальное негативное отношение к нему как проявлению недобросовестности налогоплательщиков со временем сменилось осознанием позитива – поддержанием уровня занятости и роста налоговой базы.

Многие страны отменили запреты на использование заемной рабочей силы и приняли законы, регулирующие отношения заемного труда. Объективные потребности производства оказались сильнее формальных запретов. Использование заемной рабочей силы стало предметом коллективно-договорного регулирования. И в настоящее время оборот рынка труда заемных работников постоянно растет.

Новые формы занятости, безусловно, выгодны фактическим пользователям рабочей силы, поскольку позволяют варьировать количество работников, не обременяют работодателя социальной ответственностью, позволяют снижать издержки.

Для арендатора стоимость услуг по аутстаффингу составляет до 30% от общего ФОТ. Любопытно, что далеко не всегда аренда персонала вызвана желанием снизить уровень заработной платы. Одним из мотивов здесь выступает открывающаяся перед арендатором возможность дифференцировать оплату труда служащих, благодаря отсутствию формальной связи между арендованными и штатными сотрудниками.

При лизинге топ-менеджеров арендатор может значительно варьировать оплату их труда (на ограниченный период), не вызывая при этом недовольства штатных работников. Организация-лизингодатель вольна заключать дополнительные контракты, проводить расширение штата сотрудников, комбинировать режим, формы организации работы и оплаты труда. Более того, прямо взаимодействуя с работниками, лизинговая компания способна планировать рост, профессиональную подготовку работников, используя как собственные средства, так и средства лизингополучателя и самого работника. При этом, являясь принципиально профессиональным работодателем, лизинговая компания может пользоваться преимуществами, связанными с данной спецификой. Например, в случае сотрудничества с рекрутинговой компанией, получать от нее скидки на услуги по поиску персонала, проводить коллективное обучение персонала на выгодных условиях в государственных и негосударственных образовательных учреждениях и т.д.

Для кадровых агентств лизинг персонала – одно из направлений деятельности, приносящей доход. Бытует мнение, что в стремлении к налоговой оптимизации агентства аутстаффинга лишь меняют формальный статус занятых работников, не создавая новых рабочих мест, а, следовательно, не способствуют уменьшению безработицы.

Необходимо отметить, что аутстаффинг – лишь принцип организации трудовых отношений и не имеет ничего общего с противоправными действиями и налоговыми преступлениями.

Предназначение лизинга персонала остается прежним: обеспечить постоянную занятость работников, чей труд востребован различными компаниями лишь для участия в разовых проектах. При отсутствии посредника труд этих квалифицированных специалистов используется не-полно из-за потерь времени на поиск, кастинг, оформление трудового контракта и т.д.

При посредничестве лизинговой компании к работе привлекаются также работники, не нашедшие постоянной высокооплачиваемой работы. Для них риски пониженной оплаты труда в период (недо-) незагруженности предпочтительнее рисков полной потери работы. При перемене работодателя (лизингополучателя) на новом месте в новом окружении для работника психологически менее проблематичны изменения в должности, составе выполняемых обязанностей, а также в режиме работы.

Практика использования заемных работников свидетельствует о сокращении постоянных (по бессрочному контракту) рабочих мест и замене их временными (по срочному контракту), которые в зависимости от экономического положения работодателя то создаются, то ликвидируются.

Но желаемой и вполне возможной является и обратная замена временной занятости на постоянное место работы в лизинговой компании. Повышенная ее эффективность обеспечивается специализацией кадровой деятельности и концентрацией временно свободных трудовых ресурсов.

Процентное соотношение должностей сотрудников, выводимых за штат: 46% – административный персонал, 24% – финансовые услуги, 14% – ИТ специалисты, 6% – рабочие специальности [2].

При краткосрочном лизинге персонала затруднено масштабное внедрение новой технологии, совершенствование организации труда, моральное и материальное стимулирование работников у временного работодателя. Однако привлеченный профессионал становится переносчиком (распространителем) опыта других организаций, он объективно сравнивает условия и результаты деятельности разных фирм, способен к конструктивным улучшениям и предупреждениям типичных ошибок.

Возможно, лизингодатель пока мало заинтересован в росте квалификации работника, если речь идет о низкооплачиваемой временной работе, но в любом случае его отношения с работником более долгосрочны и стабильны, чем с эпизодическим работодателем. Профессиональная деградация арендованных работников в лизинговой компании менее вероятна. Представляется, что законодательное закрепление прав и обязанностей участников договора лизинга персонала должно оговаривать вопросы социального обеспечения и профессиональной переподготовки.

Стабильные доходы арендованных работников в период отсутствия заказов лизингополучателей обеспечиваются выплатами лизингодателя из специального фонда, или единого фонда оплаты труда. Данный механизм снижает нагрузку на государственные социальные фонды и потому является общественно значимым и эффективным с позиции государства.

Стоимость аренды труда рассчитывается в соответствии с системой оплаты труда, действующей у арендатора, и всех составляющих компенсационного пакета:

- доход арендованных сотрудников в отчетном месяце, включая НДФЛ;
- обязательные налоги, предусмотренные законодательством;
- стоимость услуг банка за перевод денег на счет сотрудника;
- затраты ЛК на дополнительные выплаты в рамках проекта (подбор нового персонала, обучение, страхование, питание, компенсации сотрудникам, командирование и пр.);
- гонорар за услуги ЛК.

Равно как и при лизинге оборудования, арендуя труд, лизингополучатель оплачивает еще и операционные услуги лизингодателя. ЛК должна покрыть свои операционные расходы, обеспечить плановые накопления. Этот компонент смущает многих клиентов, не желающих «тратиться на посредников». В каждом конкретном случае необходимо вести анализ экономической эффективности использования лизинга персонала, делая акцент на следующих составляющих эффекта:

- снижение расходов на кадровое сопровождение персонала;
- квалифицированное взаимодействие ЛК с налоговыми органами и социальными работниками;
- профессиональный поиск, подбор, администрирование персонала разных уровней и квалификации;
- налоговые льготы (хотя данное обстоятельство неправомерно оспаривается ИМНС);
- в случае комплексного сопровождения проекта одной лизинговой компанией: финансовая аренда в соединении с лизингом персонала дает возможность клиенту ускорить подготовку и реализацию проекта, а при неудаче – оперативно свернуть работы, предотвращая большие потери.

Особо отметим готовность ЛК обеспечить кадрами реализацию проектов в любой точке России и ряде стран СНГ без открытия клиентом филиалов и представительств.

При необходимости ЛК может организовать проведение медицинских осмотров работников, оформление санитарных книжек, обеспечение средствами индивидуальной защиты и спецодеждой.

Нельзя не учитывать выгод и гарантий, получаемых работником. Представляется, что для работника постоянное нахождение в штате лизинговой компании с эпизодической реальной занятостью предпочтительнее статуса безработного. Поэтому агентствам по социальной защите и занятости населения имеет смысл отслеживать и дотировать работу таких лизинговых компаний из своих фондов. Условием дотирования должно быть соблюдение гарантий, предоставляемых работникам ЛК.

В типовом договоре о предоставлении заемного персонала присутствуют обязанности работодателя по обеспечению условий охраны труда, страхованию от несчастных случаев во время выполнения работ на предприятии арендатора. ЛК может и должна контролировать соблюдение работодателем положений трудового законодательства, защищать права своих работников, трудящихся в специфических условиях работодателя.

В период отсутствия заказов ЛК способна обеспечивать страховые выплаты незанятым работникам, перераспределяя фонд оплаты труда. Как и пенсионное обеспечение неработоспособных, такое перераспределение нельзя считать несправедливым, даже при разном уровне занятости отдельных работников. Более детальные правила и масштабы взаимной (и госбюджетной) поддержки необходимо проработать законодательно.

Стабильность трудовых отношений при непостоянной занятости выгодна лизинговой компании, располагающей резервами труда и контролирующей загрузку проверенных специалистов. У ЛК появляется возможность переподготовки зарекомендовавших себя работников в связи с перепрофилированием деятельности работодателя или изменением спроса.

Компании, занимающиеся аутстаффингом (и лизингом персонала), при численности менее 100 чел., как малые предприятия, используют свое право на упрощенную систему налогообложения с соответствующими налоговыми льготами. ИМНС упорно оспаривают это право (в том числе, и через суд), взыскивая с ЛК упомянутую льготу, пени и штрафы за «недобросовестное начисление налогов». Стремление ИМНС повысить поступление налогов в бюджет понятно. Но налоговая система, кроме фискальных, выполняет также и регулирующие функции. Ее стремление ущемить налоговые льготы парализует экономический рост, препятствует расширению налоговой базы, увеличивает социальные выплаты, уменьшает эффективность распределения трудовых ресурсов страны в целом, пополняя армию безработных, живущих на социальное пособие.

Существуют предложения легитимизировать систему лизинга персонала, то есть принять специальный нормативный правовой акт или внести соответствующие изменения в действующее законодательство. При этом одни предлагают найти правовую форму существующей модели лизинга персонала; другие – разработать специфическое право, регламентирующее использование заемного труда, предусмотреть гарантии для этой категории работников и разделить ответственность за соблюдение их трудовых прав между реальным и формальным работодателями.

Второй вариант ориентирован на определенную систему защиты работников от произвола работодателей и ретивого налогового пресса, лишаящего заемный труд экономической привлекательности.

Критерием народно-хозяйственной значимости предлагаемых мер защиты должна стать бюджетная эффективность – прирост дисконтированных налоговых поступлений в бюджеты всех уровней за среднесрочный период (5 лет). Согласно этому критерию, налоговые льготы считаются оправданными, если они стимулируют рост налоговой базы, обеспечивают прирост интегральных поступлений в бюджет даже по пониженной (льготной) ставке.

Вместе с налоговыми льготами, предоставляемыми субъектам договора о финансовом лизинге, закрепление права на льготы при лизинге персонала будет содействовать ускоренному экономическому развитию страны через рост инвестиционной активности.

При расширении сферы услуг, в равной степени обеспеченных налоговыми льготами, лизинговые компании получают новую возможность комплексного сопровождения инвестиционных проектов.

Обороты лизинга персонала в России прирастают на 20-30% в год. В перспективе лизинг персонала не просто откроет новые возможности для компаний-арендаторов, но позволит им в долгосрочной перспективе значительно увеличить объем предоставляемых услуг, сократить удельные затраты.

Для примера межрегиональная лизинговая компания АНКОР обслуживает более 1500 клиентов. За 1-е полугодие 2007 г. трудоустроились более 3000 чел., оборот холдинга за этот период составил 1,042 млрд руб. Число сотрудников компании – около 1000 человек [3].

Прогнозируется увеличение компаний-заказчиков в 1,5-2 раза. Развитию услуги способствует снижение общего уровня теневой экономики и выход российских компаний на «белые» схемы бизнеса.

В системе ресурсного обеспечения инвестиционного проекта для лизинговой компании открывается новая перспектива – не простого расширения предоставляемых услуг, а комплексной организации формирования и реализации инвестиционного проекта:

- на начальной стадии в качестве эксперта, оценивающего перспективность проекта, потенциальную инвестиционную привлекательность арендатора;
- далее, в роли инвестора проекта;
- при реализации – в качестве профессионального заказчика, посредника в поставках оборудования, его наладчиков, эксплуатационщиков;
- в роли профессионального партнера по взаимодействию с работниками, обеспечивая комплектацию квалифицированным персоналом.

Величина интегрального эффекта совместной деятельности участников договора лизинга зависит от:

- снятия предубеждений, укрепления взаимного недоверия, необходимого для согласованной кооперации;
- ориентации на позитив и паритетность распределения дополнительного результата между участниками многостороннего соглашения;
- поиска сильных сторон сотрудничества, выявления прямых выгод согласия и позитивных косвенных последствий для каждого из участников;
- раскрытия и количественной оценки допустимости рисков;
- использования опыта переговоров в разработке вариантов соглашения и достижении компромисса интересов всех участников;
- правовой чистоты взаимных обязательств и оформление текста многостороннего соглашения, исключающего превратное толкование;
- создания заделов, предпосылок дальнейшего сотрудничества сторон.

Кооперативный эффект – дополнительный результат совместной деятельности партнеров при использовании финансовой аренды и лизинга персонала, состоящий в уменьшении риска неэффективного использования имущества, переданного в лизинг, лизингополучателем, из-за неукomплектованности или недостаточной квалификации персонала лизингополучателя.

Уменьшение данного риска снижает затраты на страхование и резервирование ресурсов проекта, делает возможным участие лизинговой компании в инновациях, фактически осуществлять венчурное финансирование.

При использовании одновременно классического лизинга и лизинга персонала в одном проекте лизингополучатель получает преимущества каждого вида лизинга в отдельности и кооперативный результат их совмещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горемыкин В.А. Лизинг / В.А. Горемыкин. М.: Дашков и К°, 2003. 944 с.

2. Пашутин С. Оптимизация административных расходов коммерческой структуры / С. Пашутин // Управление персоналом. 2006. № 9. С. 43-48.

3. Анфилатова В. Персонал напрокат / В. Анфилатова // Бизнес-журнал. Екатеринбург, май 2008. С. 14-19.

Шевченко Станислав Васильевич –
аспирант кафедры
«Экономика и управление в машиностроении»
Саратовского государственного
технического университета

Shevchenko Stanislav Vasilyevich –
Post-graduate Student of the Department
of «Economics and Management
in Machine Building»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 13.11.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 331.101

Е.В. Янченко

ЭКОНОМИКА ЗНАНИЙ И ОСОБЕННОСТИ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ

Раскрываются закономерности становления, общие и специфические характеристики экономики знаний. Ее распространение обуславливает изменения в социально-трудовых отношениях. Содержанию, тенденциям развития, новым ролям субъектов данных отношений посвящена настоящая статья.

Экономика знаний, интеллектуальный продукт, интеллектуальное производство, интеллектуальный капитал, социально-трудовые отношения, социальное партнерство.

E.V. Yanchenko

ECONOMICS OF KNOWLEDGE AND SOCIAL AND LABOR RELATIONS FEATURES

The regularities of formation, the general and specific characteristics of knowledge economy are revealed in the article. Its distribution causes changes of social and labor relations. It also describes the maintenance, the tendencies of development, new roles of subjects of the given relations.

Economics of knowledge, intellectual product, intellectual manufacture, intellectual capital, social and labor relations, social partnership.

Современный этап развития социально-экономической системы связан с прогрессом позднекапиталистического общества и становлением так называемой экономики знаний (knowledge economy). Интеллектуализация труда, рост гносео- и наукоемкости производства, демократизация знаний и информации, – лишь некоторые тенденции, которые уже сегодня формируют облик экономики знаний. НТП, так называемая «третья технологическая волна» обуславливают изменения в трудовой сфере. Отношения участников производства приобре-

тают новое качество. Соглашение между ними достигается на иной основе, при другой расстановке сил и распределении ресурсов. Создается запрос на теоретико-методологические исследования в области социально-трудовых отношений, характерных для экономики знаний.

Формирование и распространение понятия экономики знаний, или креативной, интеллектуальной экономики отражает тот факт, что научные знания определяют параметры экономического роста. Посредством их создаются инновации и совершенствуется квалификация рабочей силы. По статистике, доля наукоемких отраслей обрабатывающей промышленности и сферы услуг ведущих индустриальных стран составляет на сегодняшний день более половины ВВП. Достижения науки и техники становятся главным фактором улучшения качества продукции и услуг, энерго-, трудо- и ресурсосбережения, роста производительности труда и совершенствования организации производства. Все это работает на усиление конкурентоспособности как продукции и услуг, так и самих предприятий на внутренних и внешних рынках.

Экономика знаний отличается стремительным возрастанием значимости информации для технологического и социально-экономического прогресса. Речь идет не об информации как таковой, а об информации как популяризованном знании, – воплощенной в навыках, суждениях, понимании законов природы, техники, общества и принципах их практического использования. Это свидетельствует об интеллектуализации экономики. Общественный продукт характеризуется уже не столько своим материальным субстратом, сколько функциональным назначением и информационно-познавательным содержанием. Величина издержек производства все сильнее зависит от инвестиций в нематериальные активы – затрат на научные исследования и разработки, приобретение патентов и лицензий, образование и профессиональную подготовку кадров, программное обеспечение, инженеринговые и консалтинговые услуги, маркетинг, рекламу и т.п. Сама информация становится объектом купли-продажи. На рынке ее стоимость оценивается выше, нежели стоимость товаров натурально-вещественного содержания, или энергия.

Формирование экономики знаний обусловлено повышением роли тех видов экономической деятельности, которые связаны с производством интеллектуальных услуг, и соответствующими структурными сдвигами в экономике. Яркое проявление этих тенденций – интенсивный рост сферы услуг. На ее долю в ряде стран приходится от двух третей до трех четвертей ВВП и численности занятых в экономике. В России эти показатели сравнимы с уровнем, достигнутым в Мексике, Корее, Греции, Португалии [1]. Ускоренному развитию данного сектора способствует, прежде всего, рост уровня занятости и объема услуг в сфере науки, образования, обработки данных, компьютерного сервиса, рекламы, профессионального консультирования, юридического обслуживания. Изменяются пропорции между производством товаров и сферой услуг в пользу последней, что рассматривается как глобальный структурный сдвиг, характерный для постиндустриальной экономики XXI века.

Несмотря на национальные различия в распределении затрат на НИОКР по отраслям сферы услуг в развитых странах, основная их доля приходится на деятельность, связанную с компьютерами (разработка программного обеспечения, баз данных и т.п.), на услуги в области исследований и разработок, прочие деловые услуги (в области архитектуры и инженерных изысканий), телекоммуникации, оптовую и розничную торговлю, финансовое посредничество.

Информатизация экономики – фактор усиления интеграции названных видов деятельности, позволяющий по-новому взглянуть на их совокупность. В частности, информационные системы, программные средства, новые модели вычислительной техники являются результатами научных исследований и разработок, что определяет высокую наукоемкость продукции индустрии информации. Наукоемкость российского сектора информационных технологий в 2006 г. составила 9,6%, превысив величину аналогичного показателя даже по инновационной продукции промышленности (8,5%) [2]. С другой стороны, совершенствование методов научного познания и организации управления наукой предполагает использование

информационных технологий, которые образуют универсальный технологический базис всех видов интеллектуальной деятельности. В связи с формированием их материально-технической базы выделяются отрасли по производству соответствующих средств производства. Речь идет, в первую очередь, о научном приборостроении, производстве средств вычислительной техники, ее техническом обслуживании и программном обеспечении.

Появились также специализированные профессиональные группы, связанные с обслуживанием вычислительной техники и процессов обработки информации (операторы, программисты, системные аналитики и проектировщики и т.п.), оказанием консультативных, научно-информационных и других услуг подобного рода. Помимо того, сами ученые все активнее занимаются консультированием, выполнением информационно-вычислительных работ. Так, в США, по данным Национального научного фонда, в начале XXI века 19 % общей численности ученых работали в области консультирования, учета, статистики, обработки данных. Интенсивно растет и занятость ученых в области компьютерных наук: в 2005 г. на их долю приходилось 32,8% ученых, занятых в экономике США. Дальнейшее развитие индустрии информации в период до 2010 г., по оценкам Бюро статистики труда Министерства труда США, будет сопровождаться увеличением их численности на 90%, что выдвигает эту профессию в число наиболее распространенных занятий в экономике США [3].

Наиболее полно качественные изменения в трудовой сфере информационной экономики отразил Р.И. Цвылев: «Постиндустриальный этап развития знаменует собой начало преодоления господства экономики над людьми, когда на смену производству материальных благ, как главной формы жизнедеятельности, приходит новая форма жизнедеятельности – развитие и реализация человеческих способностей в процессе труда. Свободное проявление творческих способностей человека перестает быть утопией» [4, с.92].

Информационное будущее часто рассматривается как альтернатива индустриальному прошлому с его системой «выжимания пота» и капиталистической эксплуатацией. Общество в нем представляется как общество свободы и высокого уровня благосостояния, определяемого, прежде всего, широкими возможностями развития личности, возвышением культуры труда и доминированием интеллектуально-творческих потребностей. Прогресс в трудовой сфере не является одномоментным и подготавливается всем предшествующим развитием. Его черты состоят в следующем:

✓ Экономика знаний основана на интеллектуальном производстве – создании интеллектуального продукта. По сути, это – производство знаний, информации и услуг по их обработке и передаче. Экспансия наукоемкого, интеллектуального производства обуславливает снижение доли пролетариата на фоне повышения доли высококвалифицированных работников. Формируется новый социальный класс – «класс интеллектуалов». В него входят носители знаний, интеллектуального капитала. Обладание научным знанием становится прочной основой материального благосостояния человека.

✓ Изменяются характер и роль труда. Преобладает интеллектуальный, но даже в шаблонном, физическом – проявляется креативная, интеллектуальная составляющая. В интеллектуальной деятельности повышается значимость творческих начал, нешаблонных операций и эвристических функций. Эффективным становится не частичный, монотонный, рутинный труд, а совокупный, разнообразный, содержащий неалгоритмируемые элементы. Человек перестает быть «придатком» машины, как в индустриальной экономике. В экономике знаний он – создатель, творец, автор.

✓ Нарастают постматериалистические мотивации в трудовой деятельности, стремление к преумножению интеллектуального капитала, к обладанию информацией. Доминируют мотивы не столько обогащения, сколько самоактуализации, саморазвития, созидания, креативности и получения уникальных, неповторимых результатов. Благосостояние значительной части населения, начиная с середины XX в., выросло настолько, что

интеллектуальный рост, индукция творческих способностей заняли важное место в шкале общественных ценностей.

✓ В экономике знаний не могут быть эффективными прежние принципы управления как на микро-, так и на макроуровне. Уходят традиционные отношения власти и подчинения, основанные на экономических факторах и целях. В распределении доходов определяющим становится интеллектуальный, а не вещественный капитал. Конфликт власти – диктатура подчинения – возникает между классом интеллектуалов, контролирующим общественное производство, и теми, кто исключен из интеллектуального производства.

✓ Информация и знания более «демократичны», чем традиционные символы хозяйственной власти – земля и капитал. Они могут генерироваться и преумножаться бесконечно, при этом оставаясь доступными многим. Знания и информация по существу «не отчуждаемы». Это обуславливает гуманизацию и демократизацию производства и управления трудом, апеллирует к сотрудничеству и взаимодействию в трудовых отношениях.

Социально-трудовые отношения – отношения, складывающиеся в процессе труда, между его участниками. Традиционно рассматриваются отношения «работник – работодатель». В экономике знаний интерес представляют социально-трудовые отношения, складывающиеся между участниками интеллектуального производства, дифференцируемыми в зависимости от следующих критериев:

- *роли в процессе создания интеллектуального продукта* –
 - отношения между создателем интеллектуального продукта и потребителем этого продукта;
 - между создателями коллективного интеллектуального продукта;
 - между создателями интеллектуального продукта и вещественных условий труда;
- *формы труда (наемный или свободный)* –
 - отношения между работником-создателем и работодателем;
 - между создателем интеллектуального продукта и заказчиком;
- *отношения к собственности на капитал* –
 - отношения между носителем интеллектуального капитала и собственником вещественного капитала;
 - между носителем интеллектуального капитала и обществом;
 - между носителем интеллектуального капитала и государством;
 - между собственником вещественного капитала и государством, обществом.

Предмет социально-трудовых отношений – договоренность по поводу условий труда и найма; прав и обязанностей в отношении режима труда, использования факторов производства, интеллектуальной собственности, продуктов интеллектуального труда и т.д. Специфика социально-трудовых отношений в экономике знаний обусловлена невещественной сущностью их объектов.

Следует различать социально-трудовые отношения 1) участников собственно интеллектуального производства и 2) социально-трудовые отношения работников преимущественно интеллектуального труда других сфер. Для первых знания и информация являются непосредственными результатами и средствами труда. Для вторых – опосредованными. Это обуславливает различия в предмете социально-трудовых отношений. Для создателей – работников собственно интеллектуального производства – имеют значение не столько условия и характеристики труда (трудовое самоопределение, порядок найма-увольнения, социально-профессиональное развитие, интенсивность труда, оплата труда, режим работы, порядок разрешения трудовых конфликтов, социальные гарантии и льготы), сколько права на интеллектуальный продукт и условия ренты на интеллектуальный капитал.

Отношения «работодатель – создатель интеллектуального продукта» детерминируют качественно иную основу системы трудовых отношений во всем обществе. Они либерализованы, менее формализованы, не столь жестко детерминированы, как в сфере материально-

го, неинтеллектуального производства. В экономике знаний наблюдается экстраполяция такого типа отношений на всю трудовую сферу. Они выходят за рамки жестко рационалистических функций организации труда. Постепенно пришло понимание, что в условиях революционных изменений в производственных и информационных технологиях, когда профессиональная компетенция, интеллектуальный капитал, креативность и новаторское мышление обеспечивают выживание и экономический успех организации, ключевыми фигурами становятся работники, обладающие высоким интеллектуальным потенциалом. Именно благодаря им знания становятся источником инноваций, высокой производительности и конкурентных преимуществ. Стратегическая задача организатора производства – «высвободить заключенный в знаниях потенциал», «управление знаниями», формирование «спирали знаний», «когда неизвестные (неявные) знания выявляются, распространяются, становятся частью каждой индивидуальной базы знаний» [5, с.112].

Работодатель осознает и включает в перечень своих функций такие «мягкие» составляющие, как поиск и подбор работников, учитывающий психологические особенности человека, планирование карьеры ценных для организации работников, повышение их квалификации, оценка интеллектуального и творческого потенциала. Он начинает проводить корреляцию между эффективностью труда и факторами чисто психологическими, такими как личностные отношения, мотивация, учет целей и намерений. В частности, Г. Форд – один из успешнейших организаторов производства и работодатель – подчеркивал: «Предприятие может жить лишь в той мере, в какой оно развивает таланты своих служащих и их работоспособность, ибо только при их помощи предприятие и может вестись. Предприятие живет силой и мозгами тех людей, каких оно вырабатывает» [6, с.52].

Работник в экономике знаний рассматривается не просто как должность, а как невозобновляемый ресурс, частица социальной организации, управлять которым можно только путем постановки согласованных с ним целей. Это делает систему социально-трудовых отношений более согласованной, бесконфликтной. Отношения «работник – работодатель» в системе постиндустриальных координат начинают строиться на принципах солидарности, патернализма и партнерства.

Трансформации социально-трудовых отношений способствовал, помимо прочего, отход от тейлоризма и фордизма в пользу концепции «управления человеком». В ее рамках организация трактуется как культурный феномен, а работник – как развивающийся в рамках определенной культурной традиции индивид. При этом организационная культура рассматривается как совокупность соответствующих эталонов развития, выражающихся в системе знаний, ценностях, нормах и стереотипах, лежащих в основе повседневной деятельности людей. В организационной культуре ценятся своеобразие и индивидуальность каждого работника, признается его творческий потенциал, развивается атмосфера доверия и открытости, культивируются преданность и лояльность работников своему предприятию (фирме). Трудовой коллектив расценивается как единая команда, в которой нет традиционного противопоставления «мы – они».

Определяющей разновидностью трудовых отношений становятся взаимодействия внутри коллектива создателей – команды. Новые идеи, знания производятся из интерперсонального взаимодействия. Этот феномен интеллектуальных связей можно назвать «командным интеллектом». Он представляет собой не простую сумму индивидуальных интеллектов, а систему информационно-коммуникативного обмена, направленного на получение общего интеллектуального продукта.

Работодатель не может навязать работникам экономики знаний строгий режим труда, трудовой распорядок и дисциплину в силу эвристического характера интеллектуального труда. Кроме того, представителям класса интеллектуалов свойственна высокая мобильность. Они могут применять свои знания и интеллектуальные навыки в различных сферах производства. В результате снижается их зависимость от работодателя и организации, в которой они заняты. В интеллектуальном производстве ни одна из сторон социально-трудовых

отношений – ни работники, ни предприниматели – не является ни зависимой, ни независимой, они взаимозависимы. Вот почему социально-трудовые отношения между ними строятся на паритетных началах, как отношения партнеров.

В сущности, трансформируется само понятие найма. Представитель класса интеллектуалов обладает интеллектуальным капиталом. Его нельзя считать пролетарием (несобственником), т.е. наемным работником в классическом смысле этого слова. В интеллектуальном производстве наем – исполнение заказа по созданию знаний, информации, воплощаемых в интеллектуальном продукте. Интеллектуальный труд – большей частью труд самоуправляемый. Еще Й. Шумпетер отмечал разницу между исполнительским трудом, который он отождествлял с наемным, и трудом по управлению – не наемным. «Труд по управлению, – писал он, – несет в себе нечто творческое, он сам устанавливает цели для себя и осуществляет особую функцию. Разницу между не наемным и наемным трудом можно свести к различиям между управляемым трудом и трудом по управлению» [7, с.79]. Интеллектуальным творческим трудом управляет сам индивид, поэтому считать его наемным можно с большой натяжкой. Он отличается от физического шаблонного труда слабой регулируемостью интенсивности и производительности, ритмичностью, дискретностью результата.

Работодатель ограничен в средствах «инфосмента» (принуждения), которые он может применить к создателю интеллектуального продукта. Последний более свободен в распоряжении результатами своего интеллектуального труда и их использовании, даже если по контракту они являются собственностью работодателя – заказчика. Знания не отчуждаемы. Они доступны для использования любому количеству потребителей и не исчезают в процессе потребления. Их циркуляцию сложно проконтролировать. Границы в распространении и индивидуальном применении знаний – лишь когнитивные способности людей. Знания и информацию отличает легкость копирования и тиражирования. Вот почему у создателя, членов его команды, в интеллектуальной сфере в целом так сильны стимулы к оппортунизму. На сегодняшний день средств ограничить оппортунизм в использовании интеллектуальной собственности очень мало. Имеющиеся – не столько технические и экономические, сколько правовые. В социально-трудовые отношения включается государство. Его миссия – гарантировать и защищать права их участников, в частности, работодателя – законного собственника интеллектуального продукта.

Следует отметить важную институциональную особенность социально-трудовых отношений в экономике знаний. Они контрактны по своей природе, но подпадают под содержание не столько контракта о найме, сколько о продаже. Контракт о найме предполагает делегирование права контроля над рабочей силой со стороны работника в пользу работодателя. В обмен он получает фиксированное вознаграждение, не зависящее от внешних условий, результатов деятельности фирмы. Делегирование права контроля обуславливает отношения власти и подчинения. Подчиняется работник. Рабочая сила работника сферы интеллектуального производства – это его интеллектуальные способности. Интеллектуальные способности, интеллект, равно как и результат интеллектуального труда, можно свести к совокупности знаний и информации. Право контроля над ними физически реализовать очень сложно. Соответственно, нет оснований для подчинения и отношений власти. Контракт о продаже здесь более уместен. Объект – права на интеллектуальный продукт, а не на интеллект. Стороны равноправны. По сути, это – не работник и работодатель, а заказчик и создатель. На такой основе традиционно строятся социально-трудовые отношения в креативной сфере – сфере творчества (искусства, литературы). Это же подтверждает, что доминирующим типом социально-трудовых отношений в экономике знаний будет социальное партнерство.

Нельзя сказать, что социально-трудовые отношения в экономике знаний однородны. Особенность их состоит в том, что они дифференцированы в зависимости от вида труда. Их содержание различно в отношении субъектов интеллектуального и неинтеллектуального – шаблонного труда. Для экономики знаний характерна некоторая доля шаблонного (исполни-

тельского) труда, которая стабилизируется на определенном уровне при росте доли интеллектуального творческого труда. Разграничение шаблонного и интеллектуального труда проводит С.Г. Михнева: «Шаблонный труд – это труд, который базируется на знании некоторого набора (определенных методов, стандартов поведения) достижения цели. В отличие от шаблонного труда, занимающегося копированием, многократным повторением, механическим использованием информации, интеллектуальный труд всегда представляет процесс воображения, познания, который передается в форме новой информации» [8, с.38].

Из подобных утверждений следует, что шаблонным может быть не только физический, но и умственный труд: деятельность исполнителей с инженерной подготовкой, чиновников, врачей, педагогов и т.п., если она сводится только к выполнению приказов, инструкций, тиражированию стандартных навыков и знаний. Кроме того, существуют довольно сложные виды умственной деятельности, например, оператор АСУ, летчик, машинист, в которых просто запрещены какие-либо отступления от заданного регламента действий.

Субъект интеллектуального труда обладает большей гибкостью, приспособляемостью к смене организационно-технических условий производства, способностью развивать специфические интеллектуальные навыки, выступающие источником дополнительной ренты, обучаться и обучать. На его фоне работники шаблонного труда, занятые на работах, требующих преимущественно универсальных знаний и обладающие низкой адаптационной способностью (либо лишенные этого качества), уже не представляют для работодателя особого интереса. Отношения работодателей с данной категорией работников строятся на иной концептуальной основе. Институциональная форма таких социально-трудовых отношений – контракт о найме. Тип отношений – корпоративный патернализм, возможны дискриминация и конфликт.

Работники интеллектуального труда имеют гарантию занятости на длительную перспективу (вплоть до пожизненного найма). К ним применяются разнообразные формы стимулирования труда (премии, доплаты, участие в прибылях и т.п.), внепроизводственные льготы от предприятия, стопроцентная оплата больничных листов, гарантированное пенсионное обеспечение, возможность обучения и переквалификации за счет предприятия, профессиональное и карьерное продвижение и т.п. Данные элементы контракта детерминированы объемом интеллектуального капитала. Когда мы говорим – «значимый для предприятия работник» или «сильно ресурсная группа персонала», то имеем в виду не просто высококвалифицированного работника или сплоченную команду, а тех, чей интеллектуальный капитал является для самой фирмы (работодателя) источником реального дохода и конкурентных преимуществ. Интеллектуальный капитал подразумевает не только знания, навыки, но и социальные связи, информационные базы, потенциальную способность решить любую проблему, имидж, даже нормы, ценности и ментальные установки на успех.

В социально-трудовых отношениях с работниками шаблонного труда работодатель исходит из подхода «использования трудовых ресурсов». Они лишены многих прав и могут рассчитывать лишь на элементарную, кратковременную подготовку, плохие условия труда, низкий уровень заработной платы, неполную (частичную) занятость. В экономике знаний данная категория оценивается как «слабо ресурсная группа» именно по критерию объема интеллектуального капитала.

Уже сегодня, на этапе перехода к экономике знаний, у работодателя формируется стойкая заинтересованность в сохранении «потенциала знаний», в пожизненном закреплении работников интеллектуального труда в рамках своей организации. В то же время работники, обладающие способностями к шаблонному, исполнительскому труду, уходят на второй план, становясь просто необходимым «трудовым ресурсом». Смена значимости работников шаблонного труда в организационной структуре фирмы находит свое отражение в изменении их социального статуса и двойной идеологии социально-трудовых отношений.

Организационно-трудовые отношения также двойственны. Применительно к работникам интеллектуального производства обязанность работодателя – это создание условий для их самоактуализации – благоприятной «ноосферы» на рабочем месте, повышение качества трудовой жизни. «Ноосфера» в интеллектуальном производстве подразумевает факторы внешней среды, инициирующие креативность автора, способствующие интеллектуальной деятельности, – от цвета стен в рабочем помещении до обеспеченности специальным лабораторным оборудованием. Неотъемлемая составляющая – психологический комфорт, бесконфликтность, отношения взаимосвязи и взаимовыручки в коллективе, отсутствие дестабилизирующих психологических факторов, свобода и достоинство творческой личности.

Повышение качества трудовой жизни в экономике знаний означает не просто хорошие условия труда и рост благосостояния, а обеспечение их на таком уровне, при котором решены личные материальные и социальные проблемы работника и его семьи, и начинают доминировать потребности в самореализации и самовыражении.

Все более широкое распространение получают самозанятость, частичная занятость и виртуальные формы организации труда. Благодаря им, создатель интеллектуального продукта более свободен в выборе режима труда и отдыха, самостоятельно устанавливает регламент работы, что положительно влияет на производительность и качество результата.

Организационно-трудовые отношения применительно к работникам, занятым преимущественно физическим трудом, формируются на принципах тейлоризма в самой его жесткой форме. Режим труда ставится в зависимость от режима работы оборудования. Работник расценивается как «придаток машины». Высоки интенсивность и темпы труда. Нормы устанавливаются, исходя из затрат труда наиболее квалифицированного и умелого работника. Материальное стимулирование предусматривает систему штрафов, понижающих коэффициентов. Перевыполнение норм оплачивается по повышенным ставкам. Провоцируется конкуренция между рабочими, которая мало эффективна в сфере интеллектуального труда. Работники, не выдерживающие высоких темпов труда, либо переводятся на нижеоплачиваемые работы, либо вытесняются с предприятия.

Поскольку процессы гуманизации, социализации и интеллектуализации захватывают, так или иначе, всех членов общества, возможны элементы социального партнерства, субсидиарности и партисипативности. Это минимальные социальные гарантии и выплаты; рациональные режимы труда и отдыха, способствующие сохранению высокой работоспособности; нормы организационной культуры; личная заинтересованность. Естественно, что даже в сфере физического шаблонного труда социально-трудовые отношения не повторяют полностью те, которые были в начале XX века, и отражались тейлористской системой «выжимания пота».

Означает ли это, что в экономике знаний не будет трудовых конфликтов и споров? Нет. Однако суть нового конфликта – не в противоречии интересов труда и капитала. В отличие от вещественного капитала, недр земли, которые исчерпаемы, знания и информация неисчерпаемы. Они генерируются, накапливаются и могут одновременно использоваться многими. Даже если знание находится в открытом доступе, оно может быть недоступно для некоторых в интеллектуальном, когнитивном смысле. Противоречивы интересы труда и интеллектуального капитала. В экономике знаний распределение благ будет происходить по затратам в том числе и интеллектуального капитала. Возможны конфликты по поводу ренты на интеллектуальный капитал. Таким образом, ни в экономическом, ни в социальном или политическом аспектах информационное общество не может быть однородным. Социальная стратификация по интеллектуальному признаку принимает явные формы и компенсирует относительное преодоление традиционных отношений господства-подчинения.

Какова роль государства в становлении присущих экономике знаний социально-трудовых отношений? Государство не самоустраивается из данного процесса. Оно если не генерирует, то находится в русле таких тенденций, характерных для позднекапиталистическо-

го общества, как солидаризация и развитие социального партнерства. Его роль – не только и не столько посредническая между работодателями и работниками, государство само выступает активным субъектом социально-трудовых отношений. Его функции в таком качестве: 1) защита интересов общества в трудовой сфере; 2) социальное вспомоществование не только в адрес уязвимых категорий граждан, но и людей труда, независимо от его формы и вида. Этапу становления экономики знаний сопутствуют социально-трудовые отношения, которые можно квалифицировать как *солидарную субсидиарность*. Уже сегодня это означает при сохранении общей социальной ориентации государства следующее:

- сокращение социальных программ (ориентация не на получение благ, а на создание условий для их получения);
- политику эффективной занятости (не только и не столько создание новых рабочих мест, сколько использование имеющихся для производства инновационной, высококонкурентной продукции);
- активную политику на рынке труда (профессиональная переподготовка и переобучение).

Усилия государства как субъекта социально-трудовых отношений должны быть сконцентрированы на аспектах гуманизации и повышения качества трудовой жизни. Это подразумевает поддержание социальной справедливости, обеспечение равных возможностей для трудовой и экономической деятельности, самореализации, участия в управлении.

С одной стороны, субсидиарность, возможно, приведет к демонтажу традиционной для позднекапиталистического общества системы социального обеспечения. В экономике знаний усилятся тенденции к отчуждению, инициированные также новыми формами занятости, когда человек может остаться без социальной поддержки, предоставленной самому себе. С другой стороны, помощь государства будет состоять в том, чтобы дать возможность человеку раскрыть, реализовать свои способности. Только в случае отсутствия физической возможности работать человек в эпоху экономики знаний может рассчитывать на прямую помощь, субсидиарное участие государства.

Идеология государства в социально-трудовых отношениях – не только помогать людям в решении их проблем, но и устранять причины, которые их вызвали. Посредством своей экономической и социальной политики государство должно стать генератором общества нового типа, в котором все желающие имеют свою «нишу» в социальной кооперации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гильбо Е. Россия в постиндустриальном контексте / Е. Гильбо // www.economics.ru.
2. <http://www.gks.ru>.
3. <http://www.nsf.gov/statistics/>
4. Цвылев Р.И. Постиндустриальное развитие. Уроки для России / Р.И. Цвылев. М.: Наука, 1999. 176 с.
5. Мильнер Б. Управление знаниями – вызов XXI века / Б. Мильнер // Вопросы экономики. 1999. № 9. С. 112-130.
6. Форд Г. Сегодня и завтра / Г. Форд. М.: Финансы и статистика, 1992. 208 с.
7. Шумпетер Й. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия / Й. Шумпетер. М.: ЭКСМО, 2007. 864 с.
8. Михнева С.Г. Рынок труда: методологические и теоретические основы познания (системно-эволюционный подход) / С.Г. Михнева. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2001. 195 с.

Янченко Елена Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономическая теория и учения» Саратовского государственного

Yanchenko Yelena Viktorovna – Candidate of Sciences in Economics, Assistant Professor of the Department of «Theory of Economics and Studies»

СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ

УДК 316.42

Н.А. Борщов

ИНФОРМАЦИОННОЕ НАСИЛИЕ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Актуализируется проблема информационного насилия. Информационное насилие, имея природные предпосылки, выступает особой формой социального насилия, где информационная составляющая в результате инверсии приобретает самостоятельную сущность на основе силовых – вещественных и энергетических процессов. Автор статьи доказывает, что информатизация общества происходит в определенной социальной среде и испытывает зависимость от этой среды. С эволюцией общества информационная составляющая приобретает явный, а не латентный характер (при этом вещественные и энергетические компоненты не исчезают), происходит дифференциация информационного насилия.

Информационное насилие, средства массовой информации, информационное общество, информационная безопасность

N.A. Borshchov

INFORMATION VIOLENCE IN A MODERN SOCIETY

An urgent problem of information violence is considered in the article. Having natural premise the information violence is a special form of social violence when the information component out of inversion acquires independent entity on the basis of power process – both material and energy. The author of the article proves that growing of amount of information in a society takes place in the certain social environment and depends on it. Within the evolution of society, information component gets obvious, instead of latent character (thus material and power components do not disappear), differentiation of information violence happens.

Information violence, mass media, information society, information safety.

Появление новых информационных технологий закладывает прочную основу для развития мирового информационного сообщества. В развитых странах этот переход приведет к изменению социальных и экономических отношений. Противоречия интеграционных стратегий глобализации и регионализации конструируют новые информационные и виртуальные

потоки, продуцирующие информационное насилие и стремящиеся к собственной власти, господству слова.

Функционирование государства, его социальная, политическая, экономическая, индустриальная сферы находятся в прямой зависимости от работы информационных сетей, систем связи и управления, программного обеспечения, составляющих техническую базу информационного пространства. Данная взаимосвязь сегментов инфраструктуры государства зависит от надежного функционирования средств передачи и обработки информации, и возникающие в этой связи новые реалии не могут не учитываться мировым сообществом. Сегодня жизнедеятельность общества осложняется вектором агрессии и насилия, их специфического преломления, соответствующего социально-экономической и культурной ситуации региональных пространств и временных характеристик социума. На фоне явлений кризиса и нестабильности информационное насилие оказывается неизбежным сопровождением общественного бытия.

В современном обществе сложилась система государственного и частного информационного насилия. Средства массовой информации навязывают выгодные им и их реальным хозяевам оценки, мнения, электоральное поведение. Информационным насилием являются прославление культа силы и гангстеризма, вестернизация либо, наоборот, заполнение вульгарной отечественной эстрадой экранов телевидения и кинематографа. Насилие входит в язык, семантику передач, повседневные коммуникации.

Сегодня чрезвычайно актуально внесение терминологической ясности в категориальный аппарат социологии, включая понятия информационного насилия и информационной безопасности, которые выступают продуктом социального конструирования, кодирования в культуре, приобретения собственной семантики за счет взаимодействия разнообразных культурных дискурсов.

Все перечисленное актуализирует проблему информационного насилия, презентуя ее как социальную проблему, связанную с истоками бытия и экзистенции человека. Обостряется необходимость развития социальной теории информационного насилия как обобщения и рефлексии феномена насилия в информационном поле. При этом важно привлечь как отечественные, так и зарубежные разработки, раскрыть концептуальный аппарат предлагаемой тематики и показать возможности практических приложений данной проблемы.

Насилие – это социальный феномен, весьма сложный, многоаспектный по своей структуре и включенности в социальные сети. Несмотря на обилие публикаций по самым различным направлениям рассматриваемой проблемы, пока практически не встречаются работы со специальной акцентуацией социальных проблем насилия в его информационных формах, с разработкой типологии информационного насилия и возможностей его превенции. Отмеченные обстоятельства в значительной степени обусловили выбор темы исследования.

Нарушение равновесия между родовой и видовой сущностями человека, связанное с распадом механизмов социализации, приводит к освобождению антисоциальной энергии с последующими колоссальными потрясениями для всего общества в различных формах насилия. Несмотря на некоторые природные и антропологические предпосылки насилия, оно по своей сути есть феномен культуры, институциональный атрибут социальных процессов и отношений. Имея универсальный характер, социальное насилие конкретизируется в открытых и закамуфлированных формах локально определенных сфер всей общественной жизни. В социальной, политической, экономической, духовной, семейно-бытовой сферах оно выступает как детерминированное социально значимой информацией силовое или несиловое воздействие, противоречащее закономерному ходу событий: физическим и биологическим закономерностям, юридическим нормам, моральным принципам. Информационная компонента насилия содержится на любом этапе развития общества, в любых формах насилия, модулируя их и являясь атрибутом насилия.

Информационное насилие в широком смысле, предполагающем существование информации в любых социальных системах – это не силовое (не вещественное и не энергетиче-

ское) упорядоченное воздействие на объекты, носящее антисоциальный либо антиличностный характер. Информационное насилие, имея природные предпосылки, выступает особой формой социального насилия, где информационная составляющая в результате инверсии приобретает самостоятельную сущность, на основе силовых: вещественных и энергетических процессов. Его распространение связано с антропологическим кризисом, модернизационным шоком, распадом традиционных культур, освободившим деструктивные и антисоциальные импульсы. В узком смысле информационное насилие – несиловое воздействие на ментальную сферу.

С эволюцией общества информационная составляющая приобретает явный, а не латентный характер (при этом вещественные и энергетические компоненты не исчезают), происходит дифференциация информационного насилия. Основные свойства информационного насилия: нелинейность, скрытность, максимальная дальность и скорость воздействия, кумулятивность, невещественный и неэнергетический характер, нелокализованность в социальном времени и пространстве, возможность фокусировки, селективность, опосредованный характер социального воздействия, возможность клонирования, виртуальный характер. Данные свойства не существуют изолированно, а образуют систему атрибутов и модусов информационного насилия.

В контексте современной социокультурной ситуации информационные потоки включены в существующие тенденции культурного развития, нелинейность эволюции культуры, сложные социальные трансформации. Процессы глобализации культуры дополняются усилением влияния локальных культурных течений, этнизации социальных конфликтов. Монополизм глобальной транскультуры, компьютерных сетей, профессиональных и потребительских сайтов таит опасность поглощения индивидуализированных социальных субъектов, которые не в состоянии идентифицировать себя в собственной локальности. Идентичность индивидов оказывается под сомнением, здесь создается граница, переступив которую, информация становится насилием. Типологизацию информационного насилия можно осуществлять по следующим принципам: в зависимости от того, кто является субъектом и объектом насилия: отдельные физические лица, группы, компании; в зависимости от способов и механизмов осуществления насилия (вербальное, невербальное, аудиовизуальное); в зависимости от степени проявления насилия: явное и латентное, непосредственное и опосредованное. Причем, типологизация с позиций объекта и субъекта, между которыми может происходить инверсия (хотя и не в полной мере) является основной.

Социальные институты – государство, СМИ, образование, семья – устойчиво воспроизводят информационные и социальные практики, в том числе социальные действия, связанные с насилием и агрессией. Основными генетическими источниками экстремизма и насилия выступают конструирующие их духовные, культурные, экономические, политические, психологические и языковые источники. Симулякр насилия, возникающий в прессе, радиопередачах, телевизионном экране, – это информационное насилие, заключенное в самой природе образов. Основными формами информационного насилия являются: информационный прессинг, искаженная информация, недостаточная информация, нелегитимная информация. Отсюда, наиболее общими механизмами являются: информационное давление, искажение информации, утаивание информации, незаконное получение информации. Взятие власти над объектом происходит посредством дискурсивного акта, фактом своего выполнения создающего соответствующее состояние социального объекта.

Информационная безопасность должна рассматриваться в контексте социальной безопасности бытия человека, а концепция информационной безопасности должна быть прописана в контексте концепции прав человека. Превенция информационного насилия, носящего частный, конкретный характер, не только необходима, но и возможна. Информационное насилие возникает в социальном взаимодействии объекта и субъекта, осуществляемом как столкновение культурных и социальных установок в едином социальном хронотопе. Поэто-

му актуальной становится уже не защита информации, а защита от информации, для предотвращения насилия возможно разделение времени и пространства агентов и реципиентов насилия, либо устранение конфликта установок. Опасность глобального информационного насилия полностью неэлиминируема, поскольку существуют проблемы контроля над усложняющимися информационными системами. Отсюда возникает необходимость добровольных и законодательных ограничений развития информационных систем.

У человека прошлого и настоящего относительно немного выбора. Люди будущего, число которых возрастает с каждым днем, столкнутся не с выбором, а со сверхвыбором, для них наступит взрывное расширение свободы, и эта свобода придет не вопреки новой технологии, а в большей степени благодаря ей. Если для ранней технологии индустриализма требовался бездумный, роботоподобный человек, чтобы выполнять бесконечно повторяющиеся задания, то технологии завтрашнего дня выполняют эти задания более точно, оставив человеку только те функции, которые требуют решений, искусства общения и воображения. Супериндустриализм требует, и он создаст, не одинаковых «массовых людей», а людей, глубоко отличных друг от друга, индивидуальных. Насилие также предполагает «простой» способ борьбы с растущей сложностью выбора и всеобщего сверхвозбуждения. Для старых поколений и политических организаций полицейские дубинки и военные штыки кажутся заманчивым лекарством, способным покончить раз и навсегда с разногласиями. И черные экстремисты, и белые дружины самоуправления используют насилие для сужения выбора и «очищения» своей жизни. Тем, кто потерял понимание окружающего, ясную программу, кто не может справиться с новизной и сложностью ослепляющих изменений, терроризм заменяет необходимость думать: терроризм не может свергнуть режимы, но он избавляет от сомнения [1, с.328-394]. Мало кто из аналитиков, политологов, социологов не высказался в том смысле, что важнейшим признаком терроризма являются не жертвы, а информационный эффект. Также популярно суждение, что так называемому цивилизованному миру со своими гуманными устоями трудно противостоять терроризму, ибо тяжело победить наглую и бесцеремонную силу правовыми судебными-следственными церемониями.

В настоящее время насилие, как отмечает Ж. Бодрийяр, приобрело новое обличье – наши СМИ сделали его общедоступным. Информация о насильственных актах мгновенно появляется на первых страницах газет, в телевизионных новостях, не говоря уже о фильмах, где насилие пропагандируется в многочисленных видах, и это намного интересней, чем какое-то событие культуры. Люди до такой степени стали чужды друг другу, что насилие становится обычаем, которое хотя бы на миг возвращает людей к ближним. Бодрийяр считает, что в своей основе насилие – это, скорее, отсутствие события. Насилие взрывает безразличие, политическую пустоту (а не злобу той или иной группы людей), молчание истории (а не психологическое подавление индивидов) [2, с.7-9].

Социальное насилие в России стало неизбежным и закономерным результатом чрезмерно затянувшегося переходного периода, сопровождающегося развалом экономических связей, социальным расслоением населения, национальными конфликтами, резким падением уровня жизни, кризисом нравственности. Взаимосвязь между моралью и насилием как социальным действием имеет довольно сложный характер, обозначенный прямой и косвенной взаимозависимостью. Он обуславливается целым рядом дополнительных факторов исторического, социально-экономического, правового, культурологического, психологического характера [3, с.34-35].

В любой, даже самой примитивной силовой форме всегда есть информационная составляющая. Информационное насилие присутствует, хотя бы этого исследователи или нет, в любой форме насилия. Силовое воздействие всегда промоделировано информацией, отсюда различная амплитуда (величина информации). Новейшие технологии лишь усиливают опасность информационного насилия, происходит экспоненциальное развитие риска и уязвимости нашей цивилизации. Однако, несмотря на увеличивающуюся информационную доминиро-

вание, вещественные и энергетические компоненты насилия сохраняются, они не исчезают, что-то должно оставаться носителем информации. Разница между информационным и физическим насилием заключается, в том числе, и в энергетических затратах. Можно обозначить наиболее распространенные формы информационного насилия: физическое (громкая музыка, излучение); физиологическое (негативное воздействие от сочетания цветов, 25-й кадр); психологическое (страх, расстройство, негативная информация).

Информационная цивилизация меняет не просто статус информации, то есть роль ее позитивных последствий, но и резко расширяет негативные возможности. На смену знанию приходит информация, а точнее информированность, информация становится все более специфической и трудной для понимания, поэтому объект или событие, попавшие в фокус внимания, необходимо изучать более тщательно, чем когда-либо в прошлом. Информация становится объектом продуктивного упорядочения и регулирования, от результатов которого зависит использование информации в качестве глобального стратегического ресурса выживаемости общества. Информационно-психологическое воздействие на общество оказывается повсеместно.

В современном мире возрастает возможность манипулирования обществом вообще и отдельной личностью в частности. Информатизация общества происходит в определенной социальной среде и испытывает зависимость от этой среды. Мощь информационных потоков не сдерживается ни моральными, ни культурными границами. На нас обрушивается мощный поток информации, воздействующий на общественное сознание и чувства.

Психика любого человека, если он недостаточно владеет ее механизмами и закономерностями, плохо понимает, не осознает достаточно отчетливо, что именно с ним происходит в конкретной жизненной ситуации, чрезвычайно уязвима для различных методов психологического насилия и психологической эксплуатации.

Самое слабое, уязвимое место в современной цивилизации – это противоестественное сочетание универсальных производительных сил каждый раз с локальным многократно (национально, регионально, социально) ограниченным мировоззрением, компьютерной технологии с пещерной этикой. Нависшая над человечеством глобальная опасность – ядерная, экологическая, демографическая, антропологическая и другие – поставила его перед роковым вопросом: или оно откажется от насилия, «этики вражды», или оно вообще погибнет.

Современный терроризм является практикой применения насилия в политических целях. Он предполагает концентрацию общественного мнения на жертвах – пострадавших от теракта, заложниках. Современный терроризм, в отличие от недавнего времени, когда вершиной террористического акта считалось убийство главы государства, предпочитает в качестве жертв людей, максимально далеких от власти. Идеальная жертва современного теракта – это простой человек, обыватель, «невинная жертва», вызывающая жалость именно своей полной непричастностью к насилию, политике и публичности. Это связано с тем, что террористы хотят повлиять не на власть, а на общественное мнение. Убийство или захват первых лиц государства не вызывает в современном обществе чувство сопереживания, это всего лишь «разборки» высокого начальства со своими противниками. Все меняется, когда умирают или страдают такие же, как сам обыватель, непричастные люди: они, столь далекие от этих дел, оказываются в них втянуты. При этом гнев обывателя вызывают не только, и не столько террористы [4]. Принято считать, что насилие связано с прямым физическим и материальным ущербом и проявляется как убийство, угроза. Все это прямые, наиболее очевидные, грубые и вопиющие формы насилия, однако наряду с ними существует еще насилие, которое пронизывает психологическую и интеллектуальную сферы и проявляется незаметно в виде навязывания собственных убеждений оппоненту, искаженной информации. К одному из видов насилия можно отнести и обман. Стабилизирующая функция обмана широко используется государственными органами, средствами массовой информации, причем в самых разнообразных формах – от тщательно продуманной дезинформации (хорошо застрахованной от разоблачений), до тонких манипуляционных действий над общественным сознанием,

формирующих выгодное общественное мнение, поддерживающих нужные правительству символы веры [5, с.20].

Видов насилия ничуть не меньше, чем областей человеческой деятельности. Суть насилия состоит в том, чтобы вынудить конкретного человека или сообщество людей к действиям, которые противоречат их собственным интересам. Таким образом, сокрытие от людей информации об их истинных интересах, либо сознательная подмена их на ложные, путем информационного наката, представляет собой наихудший вид насилия.

Все более актуальной становится не защита информации, а защита от информации. С появлением всемирной сети Интернет любой желающий может заявить о себе на весь мир, причем фактически бесплатно, в отличие от использования традиционных СМИ. Цензура в сети, как таковая, практически бессмысленна, так как даже при закрытии сайта всегда остается возможность выложить эту же информацию на любом другом сервере, причем все это анонимно, или практически анонимно. Интернет – открытое поле для информационного насилия. У человека, который начинает воспринимать мир через Интернет, возникает новая картина мира. В этой ситуации меняется даже традиционное представление о знаковых системах. Во-первых, огромный поток информации переводит ее с дискретного уровня на континуальный, возможна даже информация без всякого содержания. Во-вторых, теряется возможность верифицировать эту информацию, определить, где правда, а где ложь. Происходят изменения в языке как основе коммуникации, а это, в свою очередь, порождает глобальные трансформации в обществе.

Несмотря на различные толкования свободы массовой информации, существует ее фундаментальное понимание: необходимым условием существования свободы масс-медиа является отсутствие предварительной цензуры или необходимости обращаться за особым разрешением к властям для издания нового печатного органа, издательства, независимо от того, правильные они или ложные, хорошие или плохие; в более широком значении под ним понимается право на сбор информации, доступ к ее источникам и к самим событиям для их освещения; в более поздних трактовках к неотъемлемым условиям существования свободы слова относят право получать информацию. Не должно быть никаких ограничений со стороны властей для отдельных граждан на получение любой письменной, звуковой или изобразительной информации, как не должно быть и никаких наказаний за это.

Функциями массовой коммуникации на макроуровне являются следующие: информационная, интеграционная, социализирующая, рекреационная, мобилизационная. На микроуровне: информационная, идентификационная, интеграционная, рекреационная [6, с.15-17]. При этом возможно наблюдать и дисфункциональные проявления массовых коммуникаций, к которым, например, относятся дезинформация, попытки контроля сознания, информационное насилие.

Эффективность реализации функций массовой коммуникации на макроуровне определяется, во-первых, процессами, происходящими в массовом и групповом сознании под воздействием той или иной социальной информации, во-вторых, изменениями поведенческих практик больших и малых социальных групп. На микроуровне эффективность массовой коммуникации зависит от изменений в системе знаний и их усвоения, изменений познавательной активности, а также изменений в убеждениях (где первостепенную роль играют наличие и развитость идеологии). Означенные факторы имеют решающее влияние на актуальное состояние общественного мнения, информированность социальных групп, морально-психологическое состояние людей, их готовность к активности. Таким образом, эффективность массовой коммуникации определяется вниманием коммуникатора к характеристикам реципиентов: она тем выше, чем в большей степени коммуникатором учитывается информация о социальных группах (целевых аудиториях), господствующих настроениях, системах норм и ценностей, мотивов и установок. В числе функций массовой коммуникации, как правило, называются: направление и социальный контроль, реализация которых направлена на

формирование общественного мнения, которое, в свою очередь, предполагается использовать для легитимации политики и практики.

Невидимая деятельность по манипуляции общественным сознанием изменила облик мира и затронула практически каждого жителя планеты. Манипуляция – это, прежде всего, часть технологии власти, заменившая в информационном веке такие виды власти, как насилие и принуждение. В связи с этим существует несколько подходов к этому явлению. С одной стороны, манипуляция рассматривается в качестве мягкой, «прогрессивной» властной технологии, позволяющей мудрым правителям управлять сознанием своих граждан. Подразумевается, естественно, что правители при этом преследуют интересы своих граждан. С другой стороны, свобода воли человека – это его неотъемлемое качество, делающее его по истине свободным, и оно ни в коем случае не должно приноситься в жертву даже самым «прогрессивным» формам власти.

Манипуляция сознанием предполагает вторжение именно в эту область человеческого существа. Манипуляция не только побуждает человека, находящегося под таким воздействием, делать то, чего желают другие, она заставляет его хотеть это делать. Одним из основных условий успешной манипуляции является тот факт, что у современного человека в основном нет ни времени, ни желания проверять подлинность сообщений, а ведь именно сообщения средств массовой информации формируют мировоззрение человека, живущего в информационную эпоху. Отличительная черта современных СМИ состоит в переходе в подаче информации от убеждения к внушению. Убеждение воздействует на сознание человека, взывая к его разуму и здравому смыслу, тогда как внушение, обходя разум субъекта, непосредственно воздействует на психическую сферу без соответствующей обработки, благодаря чему происходит настоящее прививание идеи, чувства, эмоции или того или иного психофизического состояния.

Практические опыты показали, что прямая ложь в печатной информации более заметна, чем в радиопередачах, тогда как в телевизионном вещании она практически незаметна. Это объясняется тем арсеналом средств внушения, которым обладает современное телевидение. Прежде всего, речь идет о пассивном характере восприятия телевизионной информации, об отсутствии «диалогичности». В результате притупляется критическая способность мыслить, информация воспринимается как заведомо и однозначно правдивая и объективная. Сочетание текста и видеоизображения обеспечивает повышенные возможности для манипуляции, когда ложность текста прикрывается подлинностью изображения и наоборот. Значительные возможности по манипуляции заложены в поведении диктора.

На первый план сегодня выдвигается не сбор информации, а умение отыскать во всей массе данных то, что необходимо, верно проанализировать отсеянные сведения и своевременно доставить их нужному заказчику. Существует важная закономерность, знакомая всем специалистам по воздействию: люди не только больше верят тому, что видят, чем тому, что слышат, но и больше верят событиям, чем словам. Причина этого одинакова в обоих случаях. Слово – это всегда описание ситуации, и при его оценке мы начинаем рассматривать его как правду или ложь. Событие – это всегда действительность, то есть всегда правда, поэтому оно убеждает больше. При этом люди, как правило, не думают о том, что событие тоже может быть организованным и отрепетированным. Событие также может быть организовано на том или ином фоне, который, в свою очередь, будет влиять на интерпретацию события, на поведение его участников [7, с.11-21].

Необходимо отметить ряд оснований для выделения типологизации информационного насилия, осуществить типологизацию по следующим принципам: в зависимости от субъекта насилия – того, кто осуществляет насилие (отдельные физические лица, хакеры, спецслужбы, PR-группы, идеологические организации, государственные органы, производственные компании, теле- и радиокomпании, научные работники, системы искусственного интеллекта); в зависимости от объекта насилия – того, над кем осуществляется насилие

(отдельные физические лица, человечество в целом, научные сотрудники, атеисты); в зависимости от способов и механизмов осуществления насилия (вербальное, невербальное, аудиовизуальное); в зависимости от степени проявления насилия: явное и латентное (ложь, сокрытие информации, злоупотребление доверием), прямое и косвенное, то есть непосредственное и опосредованное (радио в автобусе, на остановках). При этом, типологизация объекта и субъекта, между которыми может происходить инверсия, хотя и не в полной мере, является основной.

Информационная цивилизация, к которой пришло человечество, меняет не просто статус информации, то есть роль ее позитивных последствий, но и резко расширяет негативные возможности. Перед нами оказалось сильнодействующее средство, для которого нет пределов. Отсюда следуют как усиливающая общество и государство роль информационных систем и сетей, так и роль ослабляющая, поскольку они становятся основной целью противника или оппонента. Информация начинает нести в себе как созидательную, так и разрушительную силу, но в гораздо более сильной степени, чем это было ранее. Таким образом, существует неустраняемая связь информационной и неинформационной компонент. Информационное насилие не возникает в информационном обществе, а существует всегда, является двигателем исторического развития.

Основными формами информационного насилия являются: информационный пресинг, искаженная информация, недостаточная информация, нелегитимная информация. Отсюда, наиболее общими механизмами информационного насилия являются: информационное давление, искажение информации, утаивание информации, незаконное получение информации. Они связаны друг с другом, взаимодополняют и взаимопологают друг друга. Взятие власти над объектом происходит посредством дискурсивного акта, фактом своего выполнения создающего соответствующее состояние социального объекта.

Особая опасность информационного насилия заключается в том, что оно вызывает постоянный и глубокий эмоциональный стресс, вызванный несоответствием хранимой в подсознании человека на генетическом уровне родовой информации и навязываемой извне через сознание текущей информации. Информационное насилие существует всегда, отличие лишь в том, что в информационном обществе информационная составляющая приобретает явный, а не латентный характер. В информационном обществе возникает целая индустрия информационного насилия, появляется относительная самостоятельность информационной составляющей, даже без участия человека (воздействие информационных полей друг на друга). Информационное насилие является составной частью любого насилия, существует в живых и неживых системах, имеет биологические, физические корни. Однако, с другой стороны, происходит инверсия, оборотность. В информационном обществе меняются лишь специфика, способы осуществления информационного насилия.

Полученные в ходе исследования результаты и выводы представляют определенную значимость для развития социальных исследований проблемы информационного насилия. Концептуализация представлений об информационном насилии дает возможность развивать научные представления на более определенном, систематизированном поле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тоффлер Э. Шок будущего / Э. Тоффлер. М.: АСТ, 2002. 557 с.
2. Бодрийяр Ж. Прозрачность зла / Ж. Бодрийяр. М.: Добросвет, 2000. 258 с.
3. Остроухов В.В. Насилие сквозь призму веков: историко-философский анализ / В.В. Остроухов. М.: ОЛМА-ПРЕСС, 2003. 191 с.
4. Крылов К. Пробуждение от идиотизма / К. Крылов. www.russ.ru/politics/20021105-kr.html.
5. Дубровский Д.И. Обман. Философско-психологический анализ / Д.И. Дубровский. М.: Эусмо, 2004. 120 с.

6. Назаров М.М. Массовая коммуникация в современном мире – методология анализа и практика исследований / М.М. Назаров. М.: УРСС, 2002. 240 с.

7. Почепцов Г.Г. Коммуникативные технологии двадцатого века / Г.Г. Почепцов. М.: «Рефл-бук»; Киев: Ваклер, 2001. 352 с.

Борщов Никита Александрович – кандидат философских наук, доцент кафедры «Прикладные информационные технологии» Саратовского государственного технического университета

Borshchov Nikita Aleksandrovich – Candidate of Sciences in Philosophy, Assistant Professor of the Department of «Applied Information Technologies» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 15.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 316.334

О.В. Бочарова

РОЛЬ СОЦИАЛЬНОГО ИНСТИТУТА ТРАНСПОРТА В СОЦИАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ГОРОДА

Анализируется роль транспорта в развитии городов, приводятся методологические принципы изучения транспорта как социального института, обосновывается приоритет развития городского общественного транспорта.

Транспорт, город, пространство, институт, потребность, мобильность.

O.V. Bocharova

SOCIAL TRANSPORT INSTITUTE ROLE WITHIN A CITY SOCIAL SPACE

The role of transport in the development of cities is studied in the article. The methodological principles of transport research as a social institution are taken, and the priority of development of city public transport is proved.

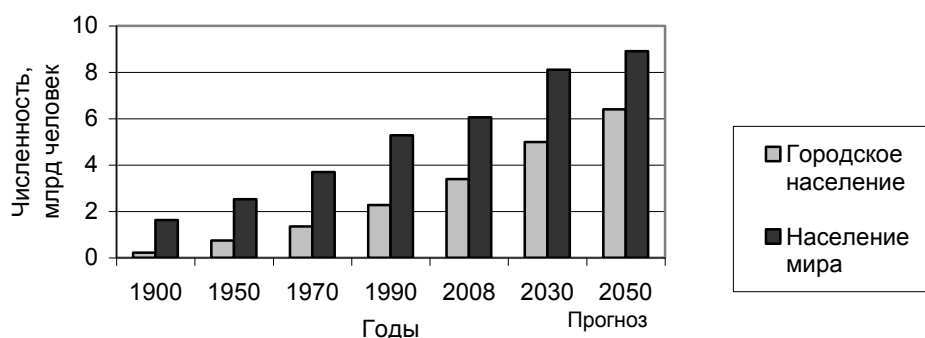
Transport, city, space, institution, requirement, mobility.

Современный город располагает широкими возможностями предоставления социальных благ населению. Исторически сложилось, что город – одна из эффективных форм социально-пространственной организации жизни людей, которая создает достаточно предпосылок для обеспечения более комфортных условий проживания по сравнению с другими типами поселений. В городе имеется наиболее широкий выбор сфер приложения труда, направлений получения образования, возможностей для проведения досуга. Город создан для человека, для удовлетворения его разнообразных потребностей.

Необходимость концентрации различных областей и видов деятельности, материального и духовного производства на ограниченной территории обуславливает зарождение го-

родов и основы их развития. Наиболее общее понимание урбанизационных процессов проявляется через действие двух взаимосвязанных тенденций. С одной стороны, происходит динамичный рост числа городов и численности городского населения. Э.Дюркгейм отмечал: «Города всегда происходят от потребности, побуждающей индивидов постоянно находиться в максимально возможной близости друг к другу; они представляют как бы точки, в которых социальная масса сжимается сильнее, чем в других местах» [1, с.241].

Если в начале XX века всего 10% населения земного шара проживало в городах и только один город – Лондон – насчитывал более 1 млн жителей, то уже к началу XXI века численность городского населения превысила 50% (3,4 млрд человек) всего населения Земли, а число городов-миллионеров достигло 300. По прогнозам экспертов ООН [2], численность городского населения сохранит тенденцию к росту и в дальнейшем, так, к 2050 г. в городах будет проживать около 70% всего населения планеты (см. рисунок).



Динамика численности городского населения в сравнении с численностью населения мира (с прогнозом на 2030 и 2050 гг.)

С другой стороны, процесс урбанизации сопровождается не только увеличением размеров города и ростом численности его населения, но и, как отмечал Роберт Э. Парк, включает в себе «сопутствующие изменения и движения, которые неизбежно сопряжены с попытками каждого индивида найти свое место в хитросплетениях городской жизни» [3]. Современный тип урбанизации – это интенсивное развитие процессов субурбанизации и образования на этой основе новых пространственных форм городского поселения. Как отмечают представители Чикагской экологической школы (Р. Парк, Э. Берджесс), возникает необходимость организации пространства в соответствии с объективными закономерностями среды [4]. Происходит «расползание» городов, расширение их территории, переход от «точечного» города к городским агломерациям, объединенным интенсивными многообразными экономическими, производственными и культурными связями в сложную динамическую систему.

А.С. Ахиезер [5] отмечает, что окружающее пространство становится сложнейшей мозаикой иерархично взаимодействующих центров притяжения и отталкивания, где социокультурное содержание меняется от одной территориальной точки к другой. Город становится отражением территориально закрепленных социокультурных различий. Складывающиеся условия постоянно вступают в противоречие с изменяющимися потребностями. Система обслуживания в городе идет вразрез с динамичными интересами потребителя, который стремится к выбору широкого ассортимента благ и услуг, даже если для этого надо преодолевать большие расстояния.

В связи с этим, закономерно возникают вопросы реализации возможности перемещения человека в точку «притяжения» или удаления от точки «отталкивания», обеспечение пространственной доступности благ и услуг, которые предоставляет город, чтобы каждый человек мог свободно ими воспользоваться и удовлетворить свои запросы. Жизненно необходимой становится потребность в мобильности.

Это актуализирует значение роли и места транспорта в функционировании городов, в оформлении и структурировании их социокультурного пространства.

Исторически именно транспорт и его инфраструктура сформировали пространственный каркас современных городов и мегаполисов. Сначала его формировали передвижения человека пешком, но с изобретением колеса и возникновением электричества все изменилось. Появилась возможность преодолевать большие расстояния за меньшее количество времени с помощью технических средств, материальных конструкторов жизни общества.

С развитием города и оформлением транспортной инфраструктуры – строительством предприятий, учреждений транспорта; формированием технической базы (закупка подвижного состава), привлечением человеческих ресурсов, созданием управляющих инстанций, законодательных основ и норм функционирования – проблема роли транспорта становится острее и требует социологического обоснования. Сложившаяся ситуация в современных городах – многокилометровые пробки, скопление транспорта в центре городов, загрязнение атмосферы выхлопными газами, неутешительная статистика ДТП и смертей на дорогах – все это требует рефлексивного отражения реальности в обществе, акцентирования внимания на фокусе социологического аспекта затрагиваемой автором проблемы.

Транспорт, тесно вплетаясь в повседневную реальность людей, в ее системы и структуры, становится неотъемлемой частью их жизни.

Значимость транспорта признавалась всеми социологами. Традиции объяснения социальных феноменов в социальном пространстве заложены в трудах М. Вебера, П. Бурдьё, Г. Зиммеля, Э. Гидденса, Р. Парка, Х. Хойта, Д. Боден, Х. Молоча.

Макс Вебер в своих исследованиях отмечал, что город – часть масштабного исторического процесса, в ходе которого общество создает институты, помогающие ему функционировать [6]. Л.А. Зеленову город в качестве социальной общности представляется с точки зрения пяти параметров: социальных потребностей, социальных отношений, социальных способностей, социальной деятельности и социальных институтов [7].

Таким образом, транспорт – это важнейший социальный институт, который занимает ключевое место в городах. Если город – форма организации социальной жизни, без которой невозможно современное общество, тогда транспорт – это инструмент организации этой социальной жизни.

В теории структуризации, предложенной Э. Гидденсом, транспорт является социальным механизмом «обеспечения среды протекания взаимодействия» [8, с.185]. Гидденс отмечал, что социальные отношения в пространстве определяются «местом действия» и соотносятся со свойством «наличия-присутствия» в том или ином месте. Транспорт с этой точки зрения – регулятор, гарант взаимодействия.

Исследования П. Бурдьё, который предложил идею присвоения пространства [9], отражают наибольшую разработанность социальных оснований проблемы роли транспорта в городе. П. Бурдьё разделял пространство на «физическое» и «социальное», отмечая, что это не равнозначные понятия. Тем не менее, социальное пространство стремится реализоваться в физическом более или менее полно и точно. Он охарактеризовал возможности доступа или присвоения пространства через отношение между распределением в пространстве агентов и распределением свободных социальных благ или услуг.

П. Бурдьё определил, что структура пространственного распределения власти (или присвоенные свойства и агенты), которые наделены неравными возможностями доступа к благам или их присвоению, представляет собой объективированную форму состояния социальной борьбы за пространственные прибыли. Эта борьба может принимать индивидуальную форму, реализовываться как пространственная мобильность.

Распределение «агентов и благ» определяют «дифференцированную ценность» различных областей реализованного социального пространства. Наиболее дефицитные блага концентрируются в определенных местах физического пространства. Ценность

пространства заключается во власти над этим пространством, в возможности получить желаемую мобильность.

П. Бурдые отмечал, что способность владеть пространством осуществляется главным образом за счет присвоения дефицитных благ и благодаря «экономическому и символическому господству над средствами транспорта и коммуникации» [9]. Транспорт – своеобразная форма капитала, ресурс, позволяющий держать на расстоянии нежелательных людей и предметы и в то же время сближаться с желательными людьми и предметами, минимизируя, таким образом, затраты (особенно временные), необходимые для их присвоения. Транспорт определяет пространственную прибыль, а значит, и мобильность. Отсутствие капитала приковывает к месту. Отсутствие транспорта – тоже.

Социальные отношения соотносятся с пространственными отношениями, а физические расстояния часто являются или кажутся показателями социальных дистанций.

С этой точки зрения, большая роль принадлежит концепции Г. Зиммеля, по которой транспорт может являться социальной технологией, регулирующей социальную дистанцию и определяющей мобильность человека [10]. В городе, по Г. Зиммелю, как нигде ярко и наглядно проявляется диалектическая взаимообусловленность противоположных пространственных явлений: социальной удаленности и приближенности. Наличие дистанции между объектами является прямым следствием свойства исключительности – если два объекта не могут одновременно занимать одно и то же место, то есть основание предположить, что между ними существует дистанция. Зиммель концентрирует внимание на том, как меняется социальная дистанция при изменении географического расстояния. Зиммель связывает исторически обусловленную возможность перемещений в пространстве с мобильностью, которая определяется свободой изменения дистанции от любого объекта в социальном пространстве [11].

Другие авторы дополнили этот подход и считают, что сокращение расстояний изменяет наше понимание общественной жизни. Эта линия мысли представлена британским (Дейдри Боден) и американским (Харви Молочем) социологами [12], которые настаивают, что вопреки всем глобальным влияниям, люди испытывают особое притяжение пространственной близости.

Урбанистом Х. Хойтом была выдвинута смелая концепция секторов, в которой автор утверждал, что жилые комплексы сосредотачиваются в секторах и расходятся от центра вдоль транспортных магистралей [13]. В дальнейшем, по мере развития и накопления эмпирических фактов исследований, эта модель оказалась не универсальной (она не учитывала влияние на секторальную структуру города географических и социокультурных факторов). Тем не менее, роль транспорта в секторальной концепции Х. Хойта была показана с альтернативной точки зрения и это представляет большую ценность для понимания роли транспорта в городском пространстве.

Р. Парк отмечал, что многое из того, к чему исследователи общества обычно проявляют интерес, тесно связано с положением, распределением и движениями в пространстве, и социальные явления можно интерпретировать и описать в терминах пространства и изменений положения индивидов в пределах «естественного ареала». В своих исследованиях города ученый доказывает, что увеличение численности населения в любой точке городского ареала неизбежно отражается и ощущается в каждой другой части города. Степень такого отражения во многом зависит от характера «местной транспортной системы» [3].

Таким образом, транспорт – необходимый и объективно существующий социальный институт. Он функционирует в городском пространстве с целью обеспечения присвоения пространства и пространственной доступности благ и услуг, сервисов города, регулируя жизнедеятельность городского социума, создавая основы качества жизни, интеграции и стабильности городского общества.

Транспорт – это социальная детерминанта как развития города, так и мобильности его жителей, гарант их права на достойное существование и комфортное проживание.

В заключение приведем утверждение, которое является одной из квинтэссенций понимания роли транспорта: «...в условиях высокоспециализированного производства **основные очертания современного города** будут определяться «локальной географией и маршрутами транспортных перевозок» [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Дюркгейм Э. О разделении общественного труда. Метод социологии / Э. Дюркгейм. М.: Наука, 1991. 572 с.
2. <http://www.ruslife.ru/patrol/statistics/2897.smh>.
3. Парк Э. Роберт. Городское сообщество как пространственная конфигурация и моральный порядок / Роберт Э. Парк // Социологическое обозрение. 2006. Т. 5. № 1. <http://sociologica.hse.ru/s12/12tra2.pdf>.
4. Ахиезер А.С. Социальное пространство и человеческий фактор в свете теории урбанизации / А.С. Ахиезер // Проблемные ситуации в развитии города. М.: Институт социологии, 1988. С. 32-41.
5. Ахиезер А.С. Воплощение свободы или сосредоточение зла? / А.С. Ахиезер. http://www.libertarium.ru/l_lib_ahies1.
6. Вебер М. Город / М. Вебер; пер. с нем. А. Филиппова // М. Вебер. Избранное. Образ общества. М.: Юристъ, 1994. С. 509-528.
7. Зеленов Л.А. Социология города / Л.А. Зеленов. М.: Владос, 2000. 310 с.
8. Гидденс Э. Устроение общества: очерк теории структуризации / Э. Гидденс. М.: Академический проект, 2003. 528 с.
9. Бурдьё П. Социология политики / П. Бурдьё; пер. с фр. Н.А. Шматко; сост., общ. ред. и предисл. Н.А. Шматко. М.: Socio-Logos, 1993. 260 с.
10. Гусев А.Н. Категория социальной дистанции в творчестве Г. Зиммеля / А.Н. Гусев // Социологические исследования. 2009. № 4. С. 123-128.
11. Simmel G. The sociological significance of the stranger / G. Simmel // Introduction to the science of sociology / Ed. by R. Park, E. Burgess. Chicago: The University of Chicago Press, 1972. P. 51-63.
12. Boden D. The Compulsion of Proximity / D. Boden, H. Molotch / Ed. R. Friedland, D. Boden. Now Here: Space, Time and Modernity. Berkeley, 1994. P.258-264.
13. Матяш С.В. Человек в городе: социол. очерки / С.В. Матяш. Киев: Политиздат Украины, 1990. 223 с.

Бочарова Оксана Викторовна – аспирант, ассистент кафедры «Менеджмент туристического бизнеса» Саратовского государственного технического университета

Bocharova Oksana Viktorovna – Post-graduate, Junior Teaching staff Member of the Department of «Tourist Business Management» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 20.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 2

М.Р. Гатина

РЕЛИГИЯ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАУКИ В АНГЛИИ XVII В.

Статья посвящена вопросу важности религиозных идей в развитии науки Нового времени. Анализируются смысл и значение работы Р.К. Мер-

тона «Наука, техника и общество в Англии XVII века». Производится анализ главного тезиса Мертона о влиянии пуританства на процесс институционализации науки в Англии XVII века.

Наука, религия, пуританство, «тезис Мертона».

M.R. Gatina

RELIGION AND MODERN SCIENCE ORIGIN IN 17TH CENTURY ENGLAND

This article is about the importance of religious ideas in the development of modern science. The meaning and the significance of R.K. Merton's "Science, Technology and Society in Seventeenth Century England" is studied here. The main thesis of R.K. Merton on the influence of the Puritanism on institutionalization processes of science in Seventeenth century England is researched.

Science, religion, Puritanism, thesis of R.K. Merton.

«Никогда – ни до, ни после – наука, философия и теология не рассматривались как почти одно и то же занятие»
А. Функенштайн

Казалось бы, что может быть более противоположным друг другу, чем религия и наука? Эти два автономных института понимались, да и сейчас зачастую понимаются, как заклятые враги. Однако историки науки XX в. неожиданно и ярко показали несостоятельность подобных заключений. Методологический прорыв, совершенный в нач. XX в., привел к возникновению пограничных вопросов, объединивших специалистов различных областей. В этом смысле плодотворное сотрудничество и взаимодействие истории и социологии породило целое направление, по-новому взглянувшее в рамках истории науки на давно привычные сюжеты.

Изучение вопроса взаимовлияния и взаимодействия религии и науки развивалось в нескольких направлениях. Самый первый и самый существенный вклад внес известный американский социолог, основатель структурного функционализма, Роберт Кинг Мертон (1910-2003) [5-8]. Мертон, являясь автором, соавтором и издателем более чем 20 книг и 200 статей, сейчас по праву считается классиком в социологии.

В обширной статье «Наука, техника и общество в Англии XVII века», изданной в авторитетнейшем журнале по истории и философии науки «Осирис», Мертон проявил себя не только как социолог, но и как историк науки [26]. В 1970 г. работа «Наука, техника и общество в Англии XVII века», была переиздана отдельным изданием [27]. Статья Мертона стала первым текстом по квантитативной истории и социологии науки, и ей присущ резкий поворот в сторону от общепризнанной антитезы «наука-религия» [18].

Мертон подверг проверке гипотезу М. Вебера, касающуюся роли этики пуританства в становлении науки в эпоху Нового времени. Он проанализировал труды теологов, философов и ученых-естествоиспытателей, а также различные статистические данные. В результате Мертон пришел к заключению, что некоторые составляющие пуританства, такие как позитивная оценка мирской деятельности, эмпиризм, утилитаризм, сомнение в авторитетах, отношение к познанию как к богоугодному занятию, ведущему к постижению мудрости Творца, весьма значительно стимулировали интерес к науке в Англии XVII в.

В отечественной научной литературе исследование идей Мертона ведется в основном в рамках его социологических достижений [11-13]. Среди наиболее важных исследований по-прежнему следует отметить работы Е.З. Мирской и Э.М. Мирского [9-10]. С недавнего време-

ни историко-культурные интерпретации взглядов Мертона, выполненные западными исследователями, стали проникать в отечественную историографию. К числу недавних работ, ставших доступными читателям, следует отнести статью норвежского историка философии Нильса Гилье [2]. Кроме того, теория Мертона всплывает в контексте известной нашим историкам науки статьи И.С. Дмитриева о зарождении научного сообщества в Англии XVII в. [3].

Среди современных историков науки принято использовать термин «Тезис Мертона», имея в виду его главную мысль о влиянии пуританства. Однако подобная терминология сталкивается с определенными сложностями, поскольку, анализируя работу Мертона, некоторые критики склонны выделять несколько тезисов [18]. Например, в качестве обособленного теоретического достижения некоторые исследователи выделяют экстерналистский подход Мертона, заключающийся в связывании развития науки с экономическими потребностями общества.

Напомним, что первая попытка объяснить происхождение науки социально-экономическими причинами была предпринята Ф. Энгельсом. В 1894 г. он писал, что техническая нужда помогает науке сильнее, чем 10 университетов [25]. Согласно материалистической интерпретации, историю в целом, и науку в частности, двигают не человеческий гений, а социальные силы и потребности.

«Тезис Мертона» применяется по простой аналогии с тезисом Вебера о влиянии духа протестантизма на развитие капитализма [1]. Связь между двумя тезисами налицо, да и сам Мертон признавал, что Вебер выступил для него, как впрочем, и для других ученых, в роли предвестника [14]. Учитель Мертона в Гарварде, знаменитый социолог Питирим Сорокин в период 1931-1939 гг. неоднократно заявлял, что Мертон находился под влиянием Вебера, закрывая глаза на все слабые стороны его теории [32]. По словам Чарльза Вебстера, Вебер в своем знаменитом эссе «Протестантская этика и дух капитализма» призывал изучать все средства, с помощью которых протестантский аскетизм был склонен переделать мир. Фактически он призывает к проверке влияния аскетического рационализма на развитие философии научного рационализма [37].

Религия во второй половине XVII в., по мнению Мертона, способствовала повышению социальной значимости тех, кто занимается научными изысканиями. Пуританство доказывало, что наука может быть достойным призванием, воздействуя одновременно и на ученых и на общество. По Мертону, пуританство благоприятствовало процессу институционализации науки в Англии. Аскеты-протестанты были убеждены, что Бог может быть познан только через познание его творений. Поэтому источником истины может служить Книга Природы (*Biblia naturae*), наравне со Святым Писанием. Значит, естественные науки могут восприниматься в роли инструмента познания «Бога в природе».

Согласно Мертону, основные принципы новых научных дисциплин олицетворяли собой «образцы поведения, совпадающие с пуританскими нравами. Кроме того, они содержали в себе две высоко котирующиеся ценности: утилитаризм и эмпиризм» [26]. Несмотря на то, что пуритане, согласно Мертону, были меньшинством среди английского населения, они составляли 62% первоначального состава Лондонского Королевского общества, ставшего в 60-е гг. XVII в. научным центром не только Англии, но и всего мира [26].

Параллельно с Мертоном, аналогичной проблемой в 30-е годы занимались Дороти Стимсон [35] и историк литературы Ричард Ф. Джонс [24]. Джонс определил в пуританстве новый дух, выступивший против общепринятых авторитетов и за принятие философии Бэкона из-за ее утилитарной ценности [29]. И Мертон, и Стимсон, и Джонс пришли к более или менее одинаковым заключениям, несмотря на тот факт, что их исследования основывались на разных методиках и разных данных.

Современники не сразу откликнулись на работу Мертона. Только в 60-х гг. XX в. стала разворачиваться обширнейшая дискуссия, продолжавшаяся несколько десятилетий. Активными участниками дискуссии 60-х гг. XX в. стали Кристофер Хилл [20], Ричард Хойкаас

[21] и Чарльз Вебстер [36-38]. В работе Хилла наука понимается как общий социальный феномен, аналогичный и связанный с подъемом пуританизма и ростом буржуазии [25]. Хилл заметил, что поиск личного религиозного опыта, зафиксированный во многих дневниках и записках пуритан, близок экспериментальному духу [34]. Кроме того, Библия, по словам Хилла, – большая книга, и в ней каждый может найти тот текст, который будет защищать именно то, что ему необходимо защищать [34].

Вебстер предположил, что пуритане повернули к неистовому исследованию знания по причине скорого наступления миллениума и реализации пророчества Даниила, означающего надвигающуюся интеллектуальную реставрацию [29]. Однако в начале революции они были полностью разочарованы и устремились к возрождению античной мудрости и отцов церкви. Но ради сохранения интеллектуального лидерства они вынуждены были повернуть в сторону Бэкона.

Многие историки развивали альтернативный подход, связанный с поиском других религиозно-идеологических течений, повлиявших на науку. Некоторые из них были увлечены идеей существования гораздо более «скромного» мировоззрения, так называемого «латитудинаризма», игравшего более серьезную роль, чем пуританство [33]. «Латитудинаризм» свойственны воля к компромиссу и религиозной терпимости. Причина, по которой «латитудинаризм» нашел множество сторонников, кроется, по мнению историков, в самой политической обстановке 60-х гг. XVII в., когда люди инстинктивно стремились к сдержанности, избегая всех проявлений крайности как в политике, так и в морали и религии.

Одной из тех, кто стремился раскрыть идеи «латитудинаризма», стала американская исследовательница Барбара Шапиро. Как и многие другие, Шапиро писала о сложности анализа работы Мертона в связи с крайне неопределенной дефиницией пуританства и включением слишком широкого спектра религиозной мысли под его рубрикой [33]. Шапиро отмечает наличие некой средней, пограничной между двумя лагерями - англиканством и пуританством, группы священников, ученых и политиков, объединившихся благодаря общей для всех идее терпимости, умеренности, сдержанности. Центральная фигура – сэр Джон Вилкинс (1614-1672), британский философ и лингвист, один из основателей Лондонского Королевского общества. Он стремился создать умеренный климат в период своего ректорства в Уэдхэм-колледже (Wadham College), одном из 38 существующих по сей день колледжей Оксфорда, основанном Николасом и Доротой Уэдхэм в 1610 г. Уэдхэм-колледж стал тогда приютом, как для пуритан, так и для англикан, приходивших в Оксфорд для развития научной деятельности [33].

Тезис Мертона неоднократно подвергался детальной проверке. Одной из самых интересных попыток стала работа Лоте Маллиган, австралийской исследовательницы в области истории научных идей Нового времени. Она изучила взгляды 162 членов Лондонского Королевского общества, и выяснила, что только 38 из них были на стороне парламента, а 85 были роялистами. Заключительный вывод Маллиган противоположен Мертонову: «Типичной чертой научного энтузиаста 1660-х гг. была не среднеклассовая, торговая, пуританская, политически радикальная, неакадемическая или утилитарная среда. Напротив, наш типичный объект был роялистом, англиканцем и университетски образованным джентльменом» [30].

Данные, накопленные в 60-е и 70-е гг., стали основой для бурного обсуждения тезиса Мертона историками науки и социологами в 80-е. Объектом критики стал аспект тезиса, связанный с пиетизмом [15-16]. Пиетизм представляет собой собирательный термин, обозначающий движение внутри лютеранства, акцентирующееся на религиозных переживаниях верующих, личном благочестии, а не на догматичном следовании церковным предписаниям. Поскольку схожие идеи возникали не только в лютеранстве, но и в других протестантских течениях, то термин «пиетизм» стал широко применяться, в том числе и по отношению к английской научной среде XVII в.

Сейчас историки называют подобные убеждения «естественной теологией», имея в виду особые религиозные взгляды, в рамках которых занятие наукой понималось как сред-

ство изучения проявления Божьих могущества и милости. Одним из самых ярчайших примеров такого ученого стал английский химик и физик Роберт Бойль (1627-1691) [34]. Бойль предстает перед нами как «священник природы», рассматривающий свою исследовательскую экспериментальную службу как разновидность службы духовной, направленной на прославление воли Божьей [17, с.31], а естественный мир – как «храм», одушевленный «мастерством» Божьим в соответствии с его добродетельной «властью».

Он часто уподоблял сотворенный мир «редким часам», в коих «все части столь искусно придуманы, что, будучи однажды приведены в действие согласно замыслу Мастера, продолжают работать, а их движение ... не требует для своего поддержания вмешательства ни самого мастера, ни какого-либо подчиненного ему разумного агента» [3].

Ближих, хотя и не тождественных взглядов придерживался младший современник Бойля – Исаак Ньютон (1642-1727), физик, математик и астроном, величайший ученый своего времени. Природа, считал он, целиком и полностью зависит от Божественной воли. Бог создал Природу, но создал ее так, чтобы ею можно было управлять с помощью законов природы, характер которых полностью отвечает целям Творца [3]. Вообще следует отметить, что Ньютон стал самой таинственной, если не мистической фигурой для историков науки. Впервые о его религиозных и философских взглядах написал в 1957 г. Александр Койре – французский философ и историк. Интересно, что самое величайшее открытие Ньютона – сила притяжения – непосредственно связывается Койре с религиозными взглядами Ньютона, поскольку эта сила притяжения была проявлением Божьего присутствия и Его действия на мир [4]. Однако с течением времени сила притяжения стала просто природной силой, свойством материи, а пространство – пустым пространством атомистов, теряя при этом статус божественного атрибута.

Бурная критика Мертона, развернувшаяся в 80-х, имела несколько направлений. Среди историков науки можно условно выделить тех, кто в целом принял тезис о влиянии религиозных ценностей на развитие и продвижение науки, но, однако, требовал конкретизации терминов, с головой погружаясь в хитросплетения религиозных и научных высказываний ученых.

Многие исследователи, буквально по частицам собиравшие данные о религиозных убеждениях ученых Нового времени, обсуждали огромное значение ученых-католиков. Такие ученые, как Галилео Галилей (1564-1642), Рене Декарт (1564-1650), Марен Мерсенн (1588-1648) и Пьер Гассенди (1592-1655), внесли значительный вклад в механизацию картины мира и создание нового «атомизма». Следовательно, вопрос заключается в том, существует ли в католической культуре нечто, функционально эквивалентное аскетическому протестантизму Мертона?

Большинство историков предполагало, что термин «пуританин» может быть заменен на «англиканин» [23]. Большая часть критики тезиса Мертона, говорили они, могла бы быть иной, используя Мертон термин «протестантская этика и практика» вместо «пуританской этики и практики». Как было выявлено Майклом Хантером, Мертон установил «обобщенную связь между религиозными и интеллектуальными тенденциями, которая неоспорима по причине своей неопределенности» [22].

Термин «пуританин» может пониматься двояко. В узком смысле, «пуританство» – название фундаменталистской религиозной элиты, возглавившей Английскую революцию. В более широком смысле «пуританство» – собирательный термин, включающий в себя достаточно разнообразные религиозные и идеологические направления. Как пишет историк Джон Морган, с течением времени происходило изменение значения термина. Во время Английской буржуазной революции значение термина значительно отличалось от смысла, вкладывавшегося в него 80 или даже 30 лет до революции.

Буквальное восприятие тезиса помешало многим историкам увидеть новаторский подход, использованный Мертоном [14]. Большой части споров можно было бы избежать, если признать, что пуританство для Мертона – это собирательный термин, означающий ре-

лигиозное предписание изменить мир. По Мертону, пуританство не может пониматься как определенная теологическая доктрина, чей эффект на науку можно измерить количеством ученых-пуритан. Кроме того, для Мертона сама «религия» – это доминантные культурные ценности и мнения, а не конкретные взгляды, существующие в определенный отрезок места и времени. Таким образом, большая часть критики происходила, скорее всего, по причине изначальной методологической разницы в позиции самих историков науки. В то время как Мертон обращался к религии как социальному институту, будучи прежде всего социологом, прочие историки стремились к конкретно-исторической трактовке религии.

Прояснить возникшие между учеными разногласия была призвана статья Мертона «Хитрость последнего слова: случай «пиетизма и науки» 1984 г., в которой автор не только стремился ответить на наиболее острые замечания критиков, но и значительно дополнил первоначальное ядро своего тезиса [28]. Как замечают некоторые историки, текст 1938 г. и идеи, высказанные Мертоном в этой статье, значительно разнятся [19]. Он постарался придать своей теории социологический уклон, структурируя свои взгляды на 3 уровня первоначальной гипотезы о связи протестантской этики и науки:

1. Абстрактный уровень: социоисторическая гипотеза:

– аскетический протестантизм помогал мотивировать и направлять активность людей в направлении к экспериментальной науке [28]. По мнению автора, эта помощь не является обязательной, в том смысле, что если бы протестантского этоса не существовало, английская наука не получила бы своего развития в XVII в. Следовательно, аскетический протестантизм мог быть с успехом заменен на функционально эквивалентные идеологические течения.

2. Средний уровень: динамическая взаимозависимость социальных институтов религии и науки:

– наука, как и другие социальные институты, могла быть поддержана с помощью ценностей развивающей ее группы. Таким образом, наука приобретает легитимный характер благодаря ценностной ориентации пуританства.

3. Общий уровень: динамическая взаимосвязь социальных институтов:

– социально значимые мотивы и интересы в одной институциональной сфере (например, науке) взаимосвязаны с мотивацией и поведением в других (религии или экономике). Другими словами, различные институциональные сферы лишь частично независимы, и только с течением длительного промежутка времени они способны добиться автономии [28].

Мертон и его последователи считали, что тезис был неправильно понят и истолкован. Как говорит известный историк науки Стивен Шейпин, интерналистская историография стала неизменно связываться с именами Мертона и его учеников, с которыми он работал в 1930-х [32]. Мертон старался отгородиться от подхода Бориса Гессена, впервые обратившего внимание на социально-экономические факторы развития науки в Англии. Советский историк Б. Гессен произвел фурор своим выступлением на II Международном конгрессе по истории науки в 1932 г. Мертон утверждал, что он не является ни марксистом, ни идеалистом.

Что такое наука в религии и религия в науке, обсуждается и будет обсуждаться благодаря Мертону еще достаточно долгое время. Ученые изучали и изучают роль протестантизма, католичества, иудаизма и других фундаментальных религий и религиозных течений. Социологический подход к истории науки привел к пониманию развития науки в тесной взаимосвязи не только с философией, но и с религией. Кроме того, последующее изучение науки как особого социального института, привело к возникновению новой яркой картины научной жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вебер М. Протестантская этика и дух капитализма / М. Вебер // Избранные произведения. М.: Прогресс, 1990. 808 с.
2. Гилье Н. Тезис Вебера-Мертона: протестантизм и прорыв современного естествознания / Н. Гилье // Теория и методы в социальных науках / под ред. С. Ларсена; пер. с англ.

М.: Московский государственный институт международных отношений (Университет); «Российская политическая энциклопедия» (РОССПЭН), 2004. С. 19-38.

3. Дмитриев И.С. Чисто английская наука (природознание в посткризисном социуме) / И.С. Дмитриев // Наука и кризисы. Историко-сравнительный очерк. СПб.: ИИЕТ РАН, 2003. С. 26-122.

4. Койре А. От замкнутого мира к бесконечной Вселенной / А. Койре. М.: Логос, 2001. 274 с.

5. Мертон Р.К. Социальная структура и аномия / Р.К. Мертон // Социологические исследования. 1992. № 2. С. 118-124; № 3. С. 91-96; № 4. С. 104-114.

6. Мертон Р.К. Социальная теория и социальная структура / Р.К. Мертон. М.: Аст; Хранитель, 2006. 880 с.

7. Мертон Р.К. Фрагменты из воспоминаний / Р.К. Мертон // Социологические исследования. 1992. № 10. С. 128-133.

8. Мертон Р.К. Явные и латентные функции / Р.К. Мертон // Американская социологическая мысль / под ред. В.И. Добренкова. М.: Изд-во МГУ, 1996. С. 379-448.

9. Мирская Е.З. Р. Мертон и его концепция социологии науки / Е.З. Мирская // Современная западная социология науки: критический анализ. М.: Наука, 1988. С. 42-60.

10. Мирский Э.М. Развитие мертоновской парадигмы в 60-е и 70-е годы / Э.М. Мирский // Современная западная социология науки: критический анализ. М.: Наука, 1988. С. 61-80.

11. Покровский Н.Е. Одиннадцать заповедей функционализма Роберта Мертона / Н.Е. Покровский // Социологические исследования. 1992. № 2. С. 114-117.

12. Покровский Н.Е. Ранний вечер на утренних холмах (субъективные заметки о Роберте Мертоме) / Н.Е. Покровский // Социологические исследования. 1992. № 6. С. 80-88.

13. Штомпка П. Роберт Мертон: динамический функционализм // Современная американская социология / П. Штомпка / под ред. В.И. Добренкова. М.: Изд-во МГУ, 1994. С. 78-93.

14. Abraham G.A. Misunderstanding the Merton Thesis: A Boundary Dispute between History and Sociology / G.A. Abraham // Isis. 1983. Vol. 74(3). P. 368-387.

15. Becker G. Pietism and Science: A Critique of Robert K. Merlon's Hypothesis / G. Becker // American Journal of Sociology. 1984. Vol. 89(2). P. 1065-1090.

16. Becker G. Pietism's Confrontation with Enlightenment Rationalism: An Examination of the Relation between Ascetic Protestantism and Science / G. Becker // Journal of the Scientific Study of Religion. 1991. Vol. 30(2). P. 139-158.

17. Bel-Chaim M. Empowering Lay Belief: Robert Boyle and the Moral Economy of Experiment / M. Bel-Chaim // Science in context. 2002. Vol. 15(1). P. 51-77.

18. Cohen Y.F. Puritanism and the Rise of Modern Science: The Merton Thesis by I. Bernard Cohen / Y.F. Cohen // ISIS. 1992. Vol. 83(2). P. 324-325.

19. Gierin T.F. Distancing Science from Religion in Seventeenth Century England / T.F. Gierin // ISIS. 1988. Vol. 79(4). P. 582-593.

20. Hill C. Intellectual Origins of the English Revolution / C. Hill. Oxford: Oxford University Press, 1965. 438 p.

21. Hooykaas R. Religion and the Rise of Modern Science / R. Hooykaas. Edinburgh: Scottish Academic Press, 1972. 162 p.

22. Hunter M. Science and Society in Restoration England / M. Hunter. Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 245 p.

23. Jacob J.R. The Anglican Origins of Modern Science: The Metaphysical Foundations of the Whig Constitution / J.R. Jacob, M.J. Jacob // ISIS. 1980. Vol. 71(2). P. 251-257.

24. Jones R.F. Ancients and Moderns: A Study of the Rise of the Scientific Movement in Seventeenth-Century England / R.F. Jones. St. Louis: Washington University Press, 1961. 384 p.

25. Kearney H.F. Puritanism, Capitalism and Scientific Revolution / H.F. Kearney // Past and Present. 1964. Vol. 28(1). P. 81-101.
26. Merton R.K. Science, Technology and Society in Seventeenth Century England / R.K. Merton // Osiris. 1938. Vol. 4(1). P. 360-632.
27. Merton R.K. Science, Technology and Society in Seventeenth Century England / R.K. Merton. New York: Fertig, 1970. 336 p.
28. Merton R.K. The Fallacy of the latest word: «The Case of “pietism and science”» / R.K. Merton // The American journal of sociology. 1984. Vol. 89 (5). P. 1091-1121.
29. Morgan J. Puritanism and Science: A Reinterpretation / J. Morgan // The Historical Journal. 1979. Vol. 22(3). P. 535-560.
30. Mulligan L. Civil War Politics, Religion and the Royal Society / L. Mulligan // Past and Present. 1973. Vol. 59(2). P. 92-116.
31. Mulligan L. Robert Boyle, «Right Reason» and the Meaning of Metaphor / L. Mulligan // Journal of the History of Ideas. 1994. Vol. 55(2). P. 235-257.
32. Shapin S. Understanding the Merton Thesis / S. Shapin // Isis. 1988. Vol. 79(4). P. 594-605.
33. Shapiro B.J. Latitudinarianism and Science in Seventeenth-Century England / B.J. Shapiro // Past and Present. 1968. Vol. 40(3). P. 16-41.
34. Solt L. Puritanism, Capitalism, Democracy, and the New Science / L. Solt // The American Historical Review. 1967. Vol. 73(1). P. 18-29.
35. Stimson D. Puritanism and the New Philosophy in XVIIth Century England / D. Stimson // Bulletin of the Institute of the history of Medicine. 1935. Vol. 3. P. 321-334.
36. Webster C. The Intellectual Revolution of the Seventeenth Century / C. Webster. London: Routledge and Kegan Paul, 1974. 445 p.
37. Webster C. Paracelsus, Paracelsianism, and the Secularization of the Worldview / C. Webster // Science in Context. 2002. Vol. 15(1). P. 9-27.
38. Webster C. The Great Instauration: Science, Medicine and Reform, 1626-1670 / C. Webster. New York: Holmes & Meier, 1976. 630 p.

Гатина Мария Руслановна –
аспирант кафедры «Социальная
антропология и социальная работа»
Саратовского государственного
технического университета

Gatina Mariya Ruslanovna –
Post-graduate Student
of the Department
of «Social Anthropology and Social Work»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 15.01.10, принята к опубликованию 08.04.10

УДК 316.346.32-053.9

Ю.В. Кац

СТЕРЕОТИПИЗИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ СТАРЕНИЯ: ГЕНДЕРНЫЙ АСПЕКТ

Рассматриваются проблемы старения в гендерной перспективе – женская старость оказывается дискриминирована сразу по двум основаниям – гендерному и возрастному. Анализируются системные причины, не позволяющие женщинам оказываться в одинаковых с мужчинами условиях, несмотря на декларируемое равенство полов.

Социальная геронтология, старение, гендер, дискриминация по возрасту, эйджизм.

Ju.V. Kats

THE STEREOTYPIFIED MODEL OF AGING: GENDER ASPECT

The article presents problems of aging in gender prospect. An old age of female is appeared to be discriminated at once on two bases – gender and age. The system reasons which do not allow women to appear in identical conditions with men despite a declared equality of sexes are studied here.

Social gerontology, aging, gender, age discrimination, ageism.

Старение населения есть неизбежное следствие развития цивилизации, которое предполагает улучшение качества питания, медицинского обслуживания, санитарных условий, условий жилья и других параметров жизнедеятельности. Как уже отмечалось выше, спецификой российского старения населения является его «женское лицо», беспрецедентная разница в продолжительности жизни между мужчинами и женщинами в пользу последних. Средняя продолжительность жизни женщин как в развитых, так и в развивающихся странах превосходит мужскую. В результате количество пожилых женщин в разы превышает количество мужчин третьего возраста, в связи с чем гендерные подходы в геронтологии оказываются одними из наиболее перспективных. Вместе с тем проблема постарения населения часто рассматривается без учета гендерной специфики. Интерес к проблеме гендерных стереотипов сформировался в западной социологии еще в 1970-е годы, но в отечественной науке изучение гендерных стереотипов началось сравнительно недавно. Как отмечает Т.Б. Рябова, несмотря на немалое количество весьма ценных работ, где затрагивается эта тема, серьезных трудов, в которых бы рассматривались как универсальные механизмы гендерной стереотипизации, так и специфика функционирования гендерных стереотипов в российском обществе, пока не появилось [26, с.121]. Кажется, в отечественном дискурсе чуть ли не первым заговорил о социокультурных стереотипах, связанных с полом, писатель-фантаст И. Ефремов [13, с.186].

Гендерная модель старения представляет гендерно чувствительную матрицу, связанную с ключевыми семейными, профессиональными, личностными интересами и определенными способами самовосприятия данного этапа жизненного пути. Основными «полями пересечения» гендерных и возрастных стереотипов можно считать следующие:

1. Женщины считаются социально менее престижными, что формирует двойной стандарт старения, усиливая негативные ассоциативные ряды, связанные с представлениями о пожилых людях [21, с.82, 89, 91]. В западной социологии в обращение входит термин 'double jeopardy' (Подробнее см.: [8, p.88-105]), который можно в данном контексте перевести как «вторичное привлечение к уголовной ответственности за одно и то же преступление», характеризующий суммирование гендерной и возрастной дискриминации. Такое положение женщин связано со существованием исторического наследия патриархата, лишения женщин политических, экономических и прочих прав. Можно предположить, что ситуация старения населения в странах с традиционным укладом, где социальные позиции женщин невысоки (например, страны исламского мира), создадут еще большие по масштабу и остроте проблемы. Таким образом, в проблему старения населения тесно вплетается вопрос гендерной дискриминации. С другой стороны, в современном укладе жизни сельского населения некоторыми исследователями отмечается возрастающая роль домашнего воспитания, родителей и школы бабушек и дедушек, их опыта и авторитета [12, с.129], что можно трактовать как ответную реакцию на глобализацию в тех регионах, которые в силу тех или иных причин (политическое, экономическое, культурное несоответствие западным стандартам, «отставание») не могут или не хотят пойти по пути «догоняющего развития».

2. Если мужская власть, вложенная в статус и богатство, имеет тенденцию не уменьшаться, а увеличиваться с возрастом, то женские красота и очарование гораздо менее долговечны, со временем подвержены неизбежной эрозии [10, p.223]. Следовательно, женщины с возрастом стремительнее (если не неизбежнее) растрачивают социальный капитал и инструменты влияния на ситуацию, чем мужчины, в результате чего дискриминация женщин по возрасту на практике начинается гораздо раньше, чем дискриминация мужчин, вынуждает женщин активно пользоваться различными способами маскировки старости – от косметики до пластических операций. Возникает замкнутый круг – женщина, не обладающая достаточным «ресурсом внешности», имеет невысокие шансы обеспечить себе достаточный доход, отсутствие же последнего является серьезным препятствием для достижения «маскировочного» эффекта. Из многочисленных телепередач и гламурных журналов известны астрономические суммы, затрачиваемые медийными звездами на удержание своего имиджа в границах молодости. К затратам времени на воспитание детей добавляется необходимость затрат на конструирование собственного визуального образа. На практике это время оказывается вычтенным из (само)образования и карьеры. В итоге даже в западных странах с более сбалансированной и эффективной социальной политикой качество жизни у мужчин в старости оказывается выше, чем у женщин [2, p.634]. Исследование шуток о пожилых людях показало, что, хотя шутки о женщинах менее часты, но более негативны, чем шутки о мужчинах, причем их меньшую пропорцию автор склонен объяснять их относительной «невидимостью» и более низким статусом в современном Западном обществе [3, p.25, 31].

3. Как отмечает Е. Гуаланди, люди стали жить дольше, но это говорит только лишь о том, что они еще большую часть времени остаются в одиночестве, а это кризисная ситуация для человека [5, p.7]. Возрастающее одиночество и неприспособленность к новым условиям жизни вынуждают развивать обширные социальные службы [1, s.10], по сути, замещающие традиционные, внутрисемейные формы поддержки пожилых.

Старость ассоциируется с одиночеством – а значит, и с социальной неуспешностью, эксклюзивностью, изоляцией. Вместе с тем известно, что женщины в меньшей степени, чем мужчины, боятся одиночества [19, с.48], и, следовательно, при прочих равных обстоятельствах не станут стремиться, например, к совместному проживанию, в нарушение своих интересов. Одиночество, в свою очередь, с большей вероятностью может провоцировать агрессию, эбьюзинг по отношению к одинокому человеку – как в домашних, внутрисемейных условиях, так и в ситуации домов престарелых, когда пожилую женщину просто некому навещать. Статистическое преобладание среди пожилых людей женщин, переживших своих супругов/партнеров, еще более усиливает этот эффект. Основными причинами геронтологического эбьюзинга специалисты считают: а) социальную изоляцию – обычно у эбьюзируемых мало социальных контактов (а, как мы уже указали выше, женщины в старости чаще остаются в одиночестве); б) плохие отношения между жертвой и насильником; в) существование образцов семейного насилия – человек, усвоивший такие образцы в детстве, будет склонен сам воспроизводить их во взрослом состоянии [4, p.10] (здесь следует подчеркнуть, что жертвами семейного насилия являются почти исключительно женщины и дети). Едва ли случайно самоубийства среди женщин резко возрастают именно в пожилом возрасте [22, с.72].

4. Старость ассоциируется с бессилием, неспособностью отстаивать свои интересы, и «женское лицо» старости может усиливать этот эффект, особенно в условиях анонии, широкого распространения девиаций. В 1998 г. в Нижегородской области среди женщин – жертв преступлений старше 60 – 9,2%, а жертвы убийств в этом же возрасте – 23,7% [24, с.96]. Нередко пожилые одинокие люди становятся жертвами преступников, претендующих на их жилье и имущество. Согласно данным З.Х. Саралиевой, «женские модели старения» в большей степени относятся к разряду неблагополучных, чем мужские [27, с.60].

Как считает В.Г. Доброхлеб, именно гендерными и эйджистскими стереотипами можно объяснить гигантский рост смертности от неточно обозначенных состояний: причины смертности старых мужчин, и старых женщин особенно, не заслуживают внимания. Была выдвинута гипотеза о том, что основные причины роста смертности до 1984 г. и после связаны с принципиально разными факторами: до 1984 г. они сводились к традиционным поведенческим факторам риска, после 1984 г. они стали вторичными, на первый план вышли социальные факторы. С этой позиции становятся понятными гендерные диспропорции. Исследователи сходятся во мнении о большей устойчивости женского организма и более широко распространенных практиках виктимного поведения, с другой стороны, женщины являются группой, более социально уязвимой [15, с.155]. Вместе с этим, как отмечает Е.С. Балабанова, в отличие от стереотипов, согласно которым жертва семейного насилия – это женщина, данные ее исследований позволяют утверждать, что мужчины и женщины – в равной степени и жертвы, и субъекты насилия. Гендерные различия проявляются лишь в запрещении женщинам работать («домохозяйки поневоле»), и в том, что мужчины чаще подвергаются специфически женскому способу давления – «плач, упреки, жалобы» [[11, с.118].

Можно предположить, что большая социальная активность, склонность к контактам и публичному возмущению пожилых женщин есть не следствие их особой «социальной сознательности» или «скандальности», а главным образом – именно защитный механизм, выработанный вследствие постоянного пребывания в потенциально агрессивной среде.

5. В силу традиций, гендерно несимметричной социальной политики и ряда других факторов, динамика карьерного роста женщин в нашей стране либо прерывалась беременностью и последующим воспитанием детей, либо специфика женской занятости (например, обслуживающий персонал) вообще не предполагала существенных карьерных достижений. Женщина нередко жертвовала (и жертвует) карьерой ради успехов мужа или даже других родственников, так как предполагается, что именно муж (или родственники) должны ее материально обеспечить, женский заработок в доходах семьи традиционно мыслился как вторичный. Исследования фиксируют отсутствие явных карьерных амбиций для многих женщин, независимо от уровня образования и занимаемой должности. По данным С.В. Катаевой и Е.М. Жидковой, в советское время женщины легко шли на снижение своего профессионального статуса, если это было нужно в интересах карьеры мужа. Отсутствие возможностей для собственной профессиональной самореализации компенсировалось активной деятельностью в сфере досуга и общественной работы (например, участие в кружках самодеятельности), абсолютным приоритетом выступала семья. Авторы утверждают, что такой цели, как продвижение по служебной лестнице, большинством женщин не ставилось. Даже те женщины, которые проработали много лет на руководящих должностях, говорили о своем назначении на эту работу как производственной необходимости. Скорее многие из опрошенных женщин были озабочены тем, чтобы работа была интересная и соответствовала полученному ими образованию (Подробнее см.: [17, с.40-46]).

Согласно исследованиям В.Г. Доброхлеб, в стране сложилась ситуация, при которой численность пожилых женщин больше, а их экономическая активность ниже, чем у их сверстников. Занятость в пожилом возрасте тесно связана с уровнем образования людей. От половины до двух третей работающих пенсионеров имеют специальное, профессиональное образование. По данным Всероссийской переписи населения 2002 г. установлена закономерность: чем выше уровень профессионального образования, тем больше пожилых россиян остаются востребованными в экономической сфере. Это характерно как для мужчин, так и для женщин всех старших возрастных когорт [15, с.162].

З.А. Хоткина выявила следующую закономерность – если большинство безработных мужчин достаточно быстро находят новую работу, то основная масса женщин, вытесненных из общественного производства, теряет работу на долгое время [30, с.361].

При этом «свободное время» женщин оказывается занятым работой по хозяйству; эгалитарные установки в распределении семейных обязанностей по сравнению со средневозрастной группой снижаются, хотя, казалось бы, оба супруга не работают, имеют пенсию, и ничто не мешает мужчинам взять часть домашних забот на себя. Тем не менее, и на пенсии большинство женщин продолжают нести груз домашних обязанностей в одиночку.

В результате сегодняшние пожилые женщины, как правило, получают меньшую пенсию/доход, чем мужчины. Здесь следует вновь указать и на тот факт, что образцы престижного/приемлемого внешнего вида женщин требуют больших затрат, чем мужские, что усиливает эффект женской бедности (см. п. 1).

6. Аналогичные причины являются препятствием для получения образования даже в большей степени, чем для трудовой карьеры, так как рождение первого ребенка для многих женщин, сегодня вышедших или выходящих на пенсию, пришлось как раз на возраст, определяемый обществом как наиболее подходящий для учебы в вузе. Согласно данным С.В. Катаевой и Е.М. Жидковой, на вопрос об удовлетворенности жизнью в целом, тем, как складывалась семья, респонденты отмечали два момента: сожаление о том, что не продолжили обучение, и неправильный выбор брачного партнера [17, с.43]. К близким выводам приходит и Т.З. Козлова, добавляя в качестве причин жизненных неудач «болезнь в зрелом возрасте» [18, с.130-135].

7. Еще один аспект гендерно-возрастной проблемы, отнимающий (или по крайней мере существенно сокращающий) у пожилых женщин возможность самореализации – традиционное перепоручение им заботы о внуках [20, с.108-116], особенно после выхода на пенсию, когда у человека появляется «так много времени» [16, с.55]. «Связи между матерью и дочерью могут быть особенно продуктивны, если основываются на совместной заботе о детях и внуках» [29, с.84], – пишет Б. Уэллман, видимо, подразумевая под «продуктивностью» в числе прочего и эксплуатацию пожилой женщины в качестве няни. С появлением внуков только женщины уходят из сферы занятости, что характеризует гендерную асимметрию в сфере репродуктивного труда [15, с.165].

Исследование социальных сетей жителей Санкт-Петербурга в первой половине 1990-х показало, что наличие бабушки или дедушки, проживающего в деревне или другом городе, как правило, решает проблему детского летнего отдыха. Нередко пожилые родители, проживающие в сельской местности или просто имеющие дачные участки, оказываются источником продуктовой помощи [25, с.194, 196-197]. При этом, следует отметить, непросто представить себе ситуацию, когда дети были бы отправлены в деревню на попечение одинокого старика, в то время как делегировать эту обязанность одинокой пожилой женщине представляется вполне уместным.

8. Исследователями неоднократно отмечалось негативное влияние медицинского дискурса на конструирование образа старости (См., например: [28, с.242]). Вместе с тем известно, что мужчины в меньшей степени склонны обращаться к врачам, в то время как женщины более чувствительны к своему здоровью, и предпочитают «перестраховываться», тем самым усиливая восприятие пожилой женщины как больной и нуждающейся в повышенном медицинском внимании. Кроме того, согласно некоторым статистическим данным, женщины, несмотря на то, что живут дольше, больше времени проводят в состоянии «несамостоятельности» [7, р.403].

9. Важным аспектом гендерно-возрастной дискриминации являются проблемы с трудоустройством. Как отмечают западные исследователи, зрелые женщины-работники офисов, которые попали под сокращение штатов, столкнулись с серьезными проблемами, когда начали искать новую работу в той же самой сфере деятельности. Женская занятость вообще нередко характеризуется непроизводительной спецификой; женщины задействованы главным образом в сфере обслуживания, что создает дополнительную проблему. Дж. Ханди и Д. Деви указывают, что большинство их респонденток предпочитали обращаться в агентства по тру-

доустройству заочно или общаться с потенциальным работодателем по телефону, предоставляя информацию о своих профессиональных навыках, опыте работы, так как типовая реакция работодателя на женщину в возрасте, претендующую на «публичную» должность – немедленный отказ [6, p.87-91]. Авторы, в частности, пишут: «Как цинично заметил один консультант: «В приёмной должна работать женщина с приятной внешностью» [6, p.93]. На наш взгляд, такая позиция все же требует уточнения – едва ли сам консультант осознавал свое замечание как циничное; вполне можно представить себе и клиентов, предпочитающих видеть «лицом компании» молодую симпатичную девушку. Проблема, безусловно, заключается в существовании в обществе определенных стереотипов относительно того, как должен выглядеть сотрудник в приемной – например, высока вероятность того, что пожилой человек будет ассоциироваться с недостатком средств, неспособностью компании подобрать сотрудника, в большей степени отвечающего ожиданиям клиентов. Едва ли проблема «визуального соответствия» в этом вопросе может быть в принципе преодолена.

10. В результате пожилым женщинам приходится часто браться либо за временную работу, либо выбирать стабильную занятость гораздо более низкого статуса (кондуктор в общественном транспорте, билетер, вахтер, уборщица), что, как правило, приносит весьма скромный доход, негативно влияет на собственную самооценку, может внушать чувство постоянной униженности, потери статуса. Примечательно, что такое пренебрежительное отношение к людям пенсионного возраста как работникам рассматривается большинством опрошенных женщин как вынужденная мера и поэтому вполне оправдывается. Возможно, это объясняется тем, что для женщин в целом, в отличие от мужчин, выход на пенсию не означает полной смены образа и ритма жизни, не становится «социальной отставкой» [14]. Если раньше им приходилось сочетать профессиональные и семейные обязанности, то теперь они сосредоточены на приватной сфере деятельности, когда на первый план выступают внуки, дети, хлопоты по домашнему хозяйству и т.д. Исследователи отмечают, что у женщин со средним специальным и более низким уровнем образования достижение пенсионного возраста зачастую сопровождалось переходом на более низкие должности, причем, данное явление воспринималось ими как закономерное. Происходила смена предпочтений и требований, предъявляемых к работе, вызванная переходом в новую социально-возрастную группу [17, с.40-46].

Ведущей мотивацией занятости в пожилом возрасте является стремление улучшить свое материальное положение. Это главный мотив продолжать работать для 46,7%. Женщины чаще мужчин идут на работу по этой причине. Вместе с тем для 20,9% важен хороший коллектив, для 14,5% – «режим труда», для 13,7% – интересная работа и лишь менее чем для 1% (0,8%) – перспектива профессионального роста [15, с.167].

Речь здесь, безусловно, идет об эйджистских практиках, почти не осознаваемых самими пожилыми женщинами. Сегодня западные исследователи обращают внимание на удивительный факт, что многие люди даже не подозревают об эйджизме или отрицают его, так как понятие это сравнительно новое и тонкое. Тем не менее, в отличие от традиционного общества, в современных культурах эйджизм широко распространен [9, p.41].

11. Неотрефлексированность проблемы и иждивенческие ожидания части женщин осложняют практическую реализацию здоровых феминистских потенциалов. Гендерное неравенство нередко осознается женщинами не столько как проблема, сколько как существующий порядок вещей. Еще меньшей проблемой представляется неравенство возрастное [17, с.40]. Феминистский взгляд на проблему нередко представляется ненужным и вызывает негативные общественные реакции, главным образом со стороны мужчин.

По сути, сами пожилые женщины редко считают свою жизненную ситуацию следствием комплекса гендерно-возрастных дискриминационных практик, в то время как анализ заставляет предположить, что именно скрытое принятие этих практик самими женщинами как неизбежных негативно сказывается на их жизненной карьере.

Изложенный комплекс проблемных ситуаций и установок способствует закреплению низкого статуса пожилой женщины, причем одним из цементирующих такое положение элементов является позиция самих женщин, нередко воспринимающих собственную жизненную ситуацию как закономерность. Отсутствие социальной активности со стороны, казалось бы, наиболее заинтересованной, и создает широчайшую социальную базу для воспроизводства различных форм дискриминации. «Никогда прежде не существовало такого, все возрастающего числа возможностей для женщин стать субъектами в самом полном смысле слова, будь то индивидуально или коллективно» – пишет Луиза Пассерини [23, с.98]. Можно понять часть женщин, привыкших полагаться на мужчин решительно во всем, но необходимо и осознавать, что процесс социальной перестройки в направлении нового мира со значительно меньшей степенью гендерного неравенства будет идти в любом случае, и ориентация на привычный, старый стандарт взаимоотношений может оказаться проигрышной.

Обобщая вышеизложенное, можно выделить несколько ключевых позиций наших размышлений – основными полями пересечения возрастных и гендерных практик дискриминации являются следующие:

а) если мужская власть, вложенная в статус и богатство, имеет тенденцию скорее увеличиваться с возрастом, то женская красота и очарование менее долговечны, как инструменты влияния на ситуацию к пенсионному возрасту, как правило, обесцениваются;

б) поскольку женщины в меньшей степени, чем мужчины, боятся одиночества, и лучше умеют его преодолевать, женская старость чаще попадает в ассоциативный ряд старость – одиночество – социальная изоляция, страдание;

в) и старческое, и женское ассоциируются с бессилием, неспособностью отстаивать свои интересы; можно предположить, что большая социальная активность, склонность к контактам и публичному возмущению пожилых женщин есть именно защитный механизм, выработанный вследствие постоянного пребывания в потенциально агрессивной среде;

г) в силу традиций, гендерно несимметричной социальной политики и ряда других факторов, динамика карьерного роста женщин в нашей стране либо прерывалась беременностью и последующим воспитанием детей, либо специфика женской занятости (например, обслуживающий персонал, дополнительная нагрузка по ведению домашнего хозяйства и заботе о детях/внуках) вообще не предполагала существенных карьерных достижений. Аналогичные причины являются препятствием для получения образования. В результате этого сегодняшние пожилые женщины, как правило, получают меньшую пенсию/доход, чем мужчины, испытывают существенные затруднения в поиске работы в позднем возрасте;

д) женщины более чувствительны к своему здоровью, чаще склонны обращаться за медицинской помощью, что создает образ хронически больного человека, нуждающегося в постоянном медицинском контроле;

е) одной из главных проблем видится слабое осознание самими женщинами необходимости отстаивать свои права, а не следовать установленным дискриминационным стандартам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Altern braucht Zukunft. Hamburg, Europäische Verlagsanstalt, 1996. 357 s.
2. Quality of Life in healthy old age: relationships with childhood IQ, minor psychological symptoms and optimism / G.H. Bain, H. Lemmon, S. Teunisse et al. // *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology*. 2003. Vol. 38. № 11. P. 630-635.
3. Bowd A.D. Stereotypes of Elderly Persons in Narrative Jokes / A.D. Bowd // *Research on Aging*. 2003. Vol. 25. № 1. P. 18-39.
4. Fitzgerald G. Explaining about... elder abuse / G. Fitzgerald // *Working with Older People*. 2006. Vol. 10. № 2. P. 3-11.

5. Gualandi E. Mobilizing all material and human resources / E. Gualandi // Europe and its elderly people. The policies of town and regions: a comparison. Working documents and conclusions. Siena. 14-16 October 1993. Council of Europe Press, 1994. P. 7-8.
6. Handy J. Gendered ageism: Older women's experiences of employment agency practices / J. Handy, D. Davy // Asia Pacific Journal of Human Resources. 2007. Vol. 45. № 1. P. 77-91.
7. Disability-free life expectancy of elderly people in a population undergoing demographic and epidemiologic transition / S. Jitapunkul, C. Kunanusont, W. Phoolcharoen et al. // Age and Ageing. 2003. Vol. 32. № 4. P. 402-406.
8. Onyx J. Older women workers: A double jeopardy? / J. Onyx // Managing an ageing workforce. Warriewood, NSW: Business and Professional Publishing, 1998. P. 88-105.
9. Palmore E.B. Research note: Ageism in Canada and the United States / E.B. Palmore // Journal of Cross-Cultural Gerontology. 2004. Vol. 19. № 1. P. 41-45.
10. Powell J.L. Postmodernism versus Modernism: Rethinking Theoretical Tensions in Social Gerontology / J.L. Powell, Ch.F. Longino (Jr) // Journal of Aging and Identity. 2002. Vol. 7. № 4. P. 218-230.
11. Балабанова Е.С. Домашний труд как символ гендера и власти / Е.С. Балабанова // Социологические исследования. 2005. № 6. P. 109-120.
12. Бежан-Волк Ю. Особенности сельских гендерных моделей (на материалах республики Молдова) / Ю. Бежан-Волк // Социологические исследования. 2003. № 8. С. 126-129.
13. Галина М.С. Гендер в зеркале фантастики / М.С. Галина // Общественные науки и современность. 1998. № 1. С. 184-192.
14. Герасимова Т.М. Пожилые люди современной России: стратегии жизни или выживания? / Т.М. Герасимова // Материалы Первой Российской летней школы по женским и гендерным исследованиям «Валдай-96». М.: МЦГИ, 1997. С. 40-49.
15. Доброхлеб В.Г. Старшее поколение как объект социальных стереотипов / В.Г. Доброхлеб // Гендерные стереотипы в современной России. М.: ГУ ВШЭ, МАКС Пресс, 2007. С. 149-170.
16. Ермолаева М.В. Практическая психология старости / М.В. Ермолаева. М.: ЭКСМО-Пресс, 2002. 214 с.
17. Катаева С.В. Проблемы гендерного и возрастного неравенства: исследование историй жизни пожилых россиянок / С.В. Катаева, Е.М. Жидкова // Женщина в российском обществе. 1999. № 3 (15). С. 40-46.
18. Козлова Т.З. Социальное время пенсионеров / Т.З. Козлова // Социологические исследования. 2002. № 6. С. 130-135.
19. Кондакова Н.И. Трудовая занятость пенсионеров Москвы / Н.И. Кондакова, Э.В. Иванкова // Социологические исследования. 2001. № 11. С. 47-50.
20. Краснова О.В. Бабушки в семье / О.В. Краснова // Социологические исследования. 2000. № 11. С. 108-116.
21. Краснова О.В. Социальная психология старения / О.В. Краснова, А.Г. Лидерс. М.: Издат. центр «Академия», 2002. 223 с.
22. Орлова И.Б. Самоубийство – явление социальное / И.Б. Орлова // Социологические исследования. 1998. № 8. С. 69-73.
23. Пассерини Л. Женщина в массовой культуре: двойственность образа / Л. Пассерини // Гендерные исследования. 2004. № 12. С. 90-100.
24. Первякова И.К. Женщины – жертвы преступлений (по материалам Нижегородской области) / И.К. Первякова // Социологические исследования. 2000. № 9. С. 96-97.
25. Порецкина Е.М. Социальные сети и повседневная жизнь жителей С.-Петербурга / Е.М. Порецкина, Т. Юркинен-Паккасвирта // Мир России. 1995. № 2. С. 190-201.
26. Рябова Т.Б. Стереотипы и стереотипизация как проблема гендерных исследований / Т.Б. Рябова // Личность. Культура. Общество. Т. V. Вып. 1-2 (15-16). С. 120-139.

27. Саралиева З.Х. Пожилой человек в Центральной России / З.Х. Саралиева, С.С. Балабанов // Социологические исследования. 1999. № 12. С. 54-63.

28. Смолькин А.А. Социальное проектирование отношения к старости / А.А. Смолькин // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2007. № 2 (24). Вып. 1. С. 240-247.

29. Уэллман Б. Место родственников в системе личных связей / Б. Уэллман // Социологические исследования. 2000. № 6. С. 78-87.

30. Хоткина З.А. Гендерный подход к анализу труда и занятости / З.А. Хоткина // Гендерный калейдоскоп: курс лекций / под общ. ред. М.М. Малышевой. М.: Academia, 2001. С. 353-377.

Кац Юлия Владимировна –
преподаватель кафедры «Иностранные языки»
Саратовского государственного
медицинского университета

Kats Yuliya Vladimirovna –
Lecturer of the Department
of «Foreign Languages»
of Saratov State Medical University

Статья поступила в редакцию 16.11.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 316.344

М.В. Лысиков

СТРАТЕГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ КУЛЬТУРЫ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРОМЫШЛЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ. СОЦИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Автор статьи полагает, что основой стратегии формирования культуры управленческого персонала является социокультурная концептуальная модель, которая интегрирует все виды и формы традиционной и инновационной подготовки. Данный интегральный подход позволяет объединить наработки по междисциплинарным аспектам комплексной проблемы подготовки персонала.

Стратегия формирования культуры управленческого персонала, социокультурная концептуальная модель подготовки, структура идеальных шкал универсальных индикаторов.

M.V. Lysikov

ADMINISTRATIVE PERSONNEL CULTURE FORMATION STRATEGY OF AN INDUSTRIAL ORGANIZATION

The author presents the need in development of scientifically proved strategy of formation of the administrative personnel. That puts before sociology of cultural management a corresponding problem. A basis of the given strategy, in opinion of the author, the conceptual model which integrates all kinds and forms of traditional and innovative preparation. The given integrated approach allows

to unite operating time on interdisciplinary aspects of a complex problem of preparation of the personnel.

Strategy of formation of the culture administrative personnel, socio-cultural conceptual model of preparation, structure of ideal scales of universal indicators.

Стратегия формирования культуры управленческого персонала промышленных организаций исследуется нами в рамках парадигмы социологии жизни, которая, оперируя понятиями реальности, позволяет измерять ее посредством сознания, поведения и окружающей среды [1]. Адаптируя ее к обозначенному объекту изучения – управленческому персоналу – получаем четко направленный вектор исследования, а именно: социологию культуры управленческого персонала промышленной организации.

Социологические концепции, понятийный аппарат, методы, формы и виды профессиональной подготовки управленческого персонала организации прошли сложный и противоречивый путь эволюционного развития. В настоящее время в условиях глобализации всех сфер жизнедеятельности человека и общества, в том числе промышленности и образования, сложились экономические предпосылки для конструирования современной стратегии формирования управленческого персонала на базе социокультурной концептуальной модели непрерывного образования, обучения, подготовки, совершенствования личностной и управленческой культуры менеджера, креативная направленность которой заключается в интеграции четырех этапов формирования образовательной цепочки: «университет – промышленная организация – MBA (программа «Мастер делового управления») – самосовершенствование» с учетом должностных полномочий занимаемого статуса, основных ролей, представляющих, по мнению автора, содержание профессионального труда руководителя высшего управленческого звена промышленной организации. Стратегия управления персоналом включает, прежде всего, планы, направления действий, последовательность принимаемых решений и методы, позволяющие дать оценку, произвести социологический анализ и разработать эффективную систему воздействия на персонал для реализации стратегии развития организации в целом [2].

Однако данное определение, применительно к объекту нашего исследования, необходимо сформулировать по-новому, учитывая при этом, что:

во-первых, предмет нашего исследования составляет подготовка управленческого персонала, а не персонала в целом, включая специалистов, рабочих;

во-вторых, нами выявлена тесная взаимосвязь понятийного аппарата социологии культуры управленческого персонала на всех этапах стратегии формирования, включая образование, обучение, подготовку, самосовершенствование.

В этой связи в нашем контексте «стратегия формирования культуры управленческого персонала организации» представляет стратегический план исследования образования, обучения, подготовки, самосовершенствования на основе выделенной структуры десяти идеальных шкал универсальных индикаторов оценки уровня подготовки:

1. Способность к непрерывному образованию, обучению, подготовке, самосовершенствованию, повышению квалификации.
2. Адаптация поведения к требованиям инноваций.
3. Способность сконструировать стратегию формирования управленческого персонала.
4. Способность сформировать команду управляющих специалистов.
5. Конкурентоспособность в деловой карьере.
6. Профессиональные знания должностных полномочий.
7. Умение аккумулировать профессиональный опыт наставников.
8. Умение извлекать уроки из ошибок личного профессионального опыта.
9. Управленческая культура организации и персонала.
10. Контроль за реализацией стратегии формирования управленческого персонала.

Рассмотрим ключевые этапы формирования управленческого персонала, составляющих основу стратегии подготовки высшего звена руководства промышленной организации.

1. Современное образование представляет единство приобретенных индивидом (путем обучения в различных типах учебных заведений или путем самостоятельного изучения необходимых источников) систематизированных знаний, умений и навыков, которые переводятся в деятельностный процесс их использования в решении кадровых задач менеджмента. Отсюда следует, что первый этап стратегии формирования управленческого персонала промышленных организаций осуществляется в системе образования, основными элементами которой являются государственные образовательные стандарты и программы, учреждения системы общего и дополнительного образования, органы управления образованием, а также подведомственные им организации и общественные объединения.

Подготовка управленческих кадров включает относительно самостоятельные уровни, являющиеся подсистемами образования: среднее, высшее, послевузовское, дополнительное.

Современное высшее профессиональное образование представлено тремя ступенями, на каждой из которых соответственно присваиваются квалификации: бакалавр, дипломированный специалист, магистр. Для получения квалификации (степени) «бакалавр» срок освоения базовых образовательных программ составляет не менее четырех лет, «дипломированный специалист» – пять лет, «магистр» – шесть лет. Получение высшего профессионального образования осуществляется в высших учебных заведениях, основными видами которых являются университет, академия, институт.

Послевузовское профессиональное образование заключается в защите кандидатских и докторских диссертаций через докторантуру, аспирантуру и соискательство путем прикрепления к организации или учреждению, имеющим аспирантуру и докторантуру.

В процессе дополнительного профессионального образования происходит процесс получения дополнительных современных знаний, умений, навыков по программам, которые предусматривают освоение учебных дисциплин, разделов наук, техник и технологий, необходимых для выполнения новых или усовершенствованных видов профессиональной деятельности, осуществляемых при повышении квалификации и переподготовке управленческого персонала в целях их адаптации к новым экономическим и социальным условиям.

Отсюда следует, что первым этапом стратегии формирования управленческого персонала организации является получение базового высшего, а также послевузовского и дополнительного видов образования, которые выполняют функцию профессиональной подготовки и приобщения к управленческой культуре реальных и потенциальных руководителей.

2. Обучение управленческого персонала представляет целенаправленный и планомерный процесс передачи и усвоения знаний, умений, навыков и способов познавательной деятельности человека, осуществляемый под руководством специалистов-профессионалов. В организации профессионального обучения управленческого персонала в промышленной структуре успешно зарекомендовал себя системный подход в обучении менеджеров крупных промышленных объединений [3].

Особо следует выделить некоторые правила руководителей, на которые ссылаются теоретики и практики, занимающиеся подготовкой управленческого персонала:

во-первых, результатом обучения руководителей промышленных организаций должно являться не только усвоение новых знаний, но и изменение основных установок и моделей поведения;

во-вторых, обучение представляет процесс освоения руководителями конкретных рекомендаций и правил, указывающих на объективные и субъективные возможности успешного решения управленческих задач;

в-третьих, высокое качество учебных программ и создание необходимых условий для эффективного процесса обучения демонстрирует менеджерам высокую степень значимости освоения ими новых знаний для последующего их использования в работе организации;

в-четвертых, обучение руководителей представляется более эффективным при условии привлечения к нему управленческого персонала конкретной промышленной организации;

в-пятых, руководители обучаются не только у преподавателей, специалистов в области культурного менеджмента, но и у своих коллег, то есть друг у друга.

Отсюда следует, что обучение управленческого персонала закладывает основу стратегической программы профессионального обучения до конца служебной карьеры, включающей в себя различные организационные формы, виды и методы совершенствования квалификации и переподготовки.

3. Профессиональная подготовка управленческого персонала и кадрового резерва на высшие должности руководства промышленными организациями Российской Федерации представляет целенаправленное и систематическое обучение российских менеджеров в области управления и организации производства, которое отвечает современным требованиям экономики и управления. В настоящее время профессиональная подготовка менеджеров ведется на базе программ МВА с адаптацией к социально-экономическим условиям Российской Федерации. Она началась в 1997 году, когда утверждался Государственный план подготовки управленческих кадров высшего и среднего звена в российских образовательных учреждениях и за рубежом и работала специальная комиссия по организации подготовки управленческих кадров для предприятий народного хозяйства Российской Федерации с отделениями в 80 регионах страны. Отбор российских образовательных учреждений, осуществляющих профессиональную подготовку менеджеров и кадрового резерва на выдвижение, осуществлялся на конкурсной основе. В российские образовательные учреждения ежегодно направлялись не менее 5 тысяч человек после прохождения конкурсного отбора. Государственный план подготовки управленческих кадров финансировался за счет средств Федерального бюджета, а также бюджетов субъектов Российской Федерации, организаций и собственных средств специалистов.

В деятельности по отбору и обучению менеджеров-стратегов, которые будут руководить производственными компаниями в XXI веке, интересен опыт ведущих стран Западной Европы, США, Юго-Западной Азии. Например, установка на подготовку руководителей нового поколения активно реализуется в школе государственного управления им. К. Мацуситы в Японии, где основными условиями приема являются наличие высшего экономического образования и практический опыт работы в организации «Мацусита дэнки» в течение 3-5 лет. Концепция обучения в данной школе базируется на философии воспитания этой фирмы, духовных ценностях корпоративной культуры; обучение продолжается в течение 5 лет [4].

4. Совершенствование личностной и управленческой культуры менеджера является не менее важным этапом стратегии формирования управленческого персонала, основу которой составляют планы, направления действий, последовательность принимаемых решений и методы, позволяющие представить объективную оценку, произвести социологический анализ и разработать эффективную систему воздействия на управленческий персонал для реализации стратегии развития организации в целом.

Умение разработать индивидуальную программу самосовершенствования, повышения квалификации менеджера заключается в освоении фирменных управленческих культурных ценностей, обучении руководителя, что возможно при эффективном формировании механизма самосовершенствования и является результирующим компонентом подготовки. Анализ конкретных социологических исследований позволяет автору выделить и интерпретировать ряд принципов самосовершенствования квалификации:

– непрерывность в процессе формирования профессиональной квалификации по всей траектории обучения до конца служебной карьеры;

– индивидуальность в процессе формирования сознания, поведения, видения личностью своей стратегической линии в карьере;

– междисциплинарность как активная аккумуляция управленческих культурных ценностей по пяти субкультурам инновационной деятельности;

- реальность в оценке ограничений материальных ресурсов: финансов, времени, информации, квалификации преподавателей;
- самостоятельность в исследовании биографий ведущих менеджеров в мировой классификации табеля о рангах;
- обязательность в освоении мирового опыта трансформации стратегий промышленной организации на основе приложенной методики;
- систематичность в ежедневных самодокладах по результатам деятельности – ведение творческого дневника;
- стремление реализовать свои природные дарования.

Таким образом, социологическая интерпретация этапов стратегии формирования управленческого персонала промышленной организации на основе выделенных десяти идеальных шкал универсальных индикаторов оценки уровня подготовки:

во-первых, составляет основу социокультурной концептуальной модели подготовки управленческого персонала;

во-вторых, демонстрирует существование различных подходов к вопросам подготовки менеджеров.

Авторский подход в разработке научных основ формирования управленческого персонала заключается в выделении единых индикаторов оценки уровня профессиональной подготовки по цепочке: университет – промышленная организация – дополнительное образование – самосовершенствование и повышение квалификации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тощенко Ж.Т. Парадигмы, структура и уровни социологического анализа / Ж.Т. Тощенко // Социс. 2007. № 9. С. 10-15.
2. Управление персоналом / под ред. проф. А.Я. Кибанова. М.: Кнорус, 2007. 135 с.
3. Травин В.В. Менеджмент персонала предприятия / В.В. Травин, В.А. Дятлов. М.: Дело, 2002. 256 с.
4. Пронников В.А. Управление персоналом в Японии / В.А. Пронников, И.Д. Ладанов. М.: Прогресс, 1989. 201 с.

Лысиков Михаил Валерьевич – аспирант кафедры «Социология» Саратовского государственного технического университета

Lysikov Michail Valeryevich – Post-graduate Student of the Department of «Sociology» of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 08.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 355.12

И.Ю. Суркова, Е.С. Щеглова

«ДАР ВОЙНЫ» ИЛИ ИСПЫТАНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ДУХА: СОЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ ВОЕННОГО СИНДРОМА

Рассматриваются причины возникновения войн и условия мира с точки зрения различных социологических теорий. Проводится социально-исторический анализ феномена посттравматического стрессового син-

дрома военнослужащих. Выделяются социальные последствия военного синдрома, оказывающие отрицательное влияние на личность военнослужащего и общество в целом.

Война, военный синдром, посттравматическое стрессовое расстройство, военнослужащие, ветераны, государство, социум.

I.Yu. Surkova, Ye.S. Scheglova

**«THE WAR GIFT» OR THE TEST OF HUMAN SPIRIT:
SOCIAL CONSTRUCTION OF THE WAR SYNDROME**

The reasons of war and peace conditions are considered in the frame of various sociological theories. The socio-historical analysis of the phenomenon of the post-traumatic stress syndrome by military-men is investigated in this article. The social consequences of the «war syndrome», had negative impact on the identity of military personnel and society as a whole.

War, military syndrome, posttraumatic stressful frustration, military men, veterans, state, society.

Преодолению времени и пространства сопутствуют диалоги прошлого и настоящего, выражающиеся в оценке и пересмотре тех или иных событий, формирующих историческую память. Эпохи чередуются, изменяют друг друга, демонстрируя факты и оставляя за нами право их интерпретации. Доминантное место в общественном сознании занимают войны, как постоянный атрибут человеческой истории. Именно с ними связаны победы и поражения, вызывающие либо гордость, либо стыд за свою страну. Однако в основе любой войны, даже самой справедливой, которая ведется во благо народа, лежат огромные потери: жертвы, разруха, нищета. Война оголяет человеческие чувства, выставляет напоказ внутренний мир, меняет всю систему ценностей. Это свойственно каждому участнику, будь то представитель мирного населения или военнослужащий. Испытание войной не проходит бесследно, эта печать, которая определяет дальнейший жизненный путь тех, кто вернулся с войны, трансформирует стратегии выживания в условиях мирной жизни. Мы решили посвятить эту статью тем, кто выжил после боевых действий, вернулся домой, испытав себя на прочность и стрессоустойчивость, но не смог избавиться от последствий этих сверхэкстремальных условий.

Война и мир выступали в качестве предмета исследования как мыслителей античности, так и философов средневековья, но в социологическом контексте об этих понятиях начали говорить, только начиная с конца XIX века. Многие социологи рассматривали войну и мир с различных точек зрения и социальных теорий. Вооруженные конфликты – это всегда насилие, которое представляет собой «узурпацию человеческой свободы, в том числе свободы этноса, социальной группы в ее наличном бытии, внешнем выражении, а его механизмы состоят в том, что люди принуждаются к определенным поступкам или удерживаются от них с помощью прямого или косвенного воздействия» [1, с.18]. Философско-социологический анализ, который был проведен С.А. Тюшкевичем, указывает на то, что в сущности войны диалектически взаимодействуют политика и средства насилия таким образом, что последние выступают продолжением политики [2]. Политика имеет прямое отношение и к причинам войны, и к методам ее проведения. Она выражается в завоевании, удержании и использовании государственной власти, ведь власть и насилие – одно из проявлений иллюзий человека, что в его силах чем-то или кем-то управлять, что он с помощью власти (физической или духовной) подчиняет часть бытия [3, с.141].

Продолжая утверждение Н.П. Михневича, что «войны всегда велись из-за экономических интересов преимущественно правящих классов, а не народных масс» [4, с.8], отметим, что они велись массами войск в зависимости от сил и средств государства. Это подтверждается и в высказываниях К. Клаузевица: «Все знают, что войны вызываются лишь политическими отношениями между правительствами и между народами; но обыкновенно представляют себе дело таким образом, как будто с началом войны эти отношения прекращаются и наступает совершенно иное положение, подчиненное только своим собственным законам. Мы утверждаем наоборот: война есть не что иное, как продолжение политических отношений при вмешательстве иных средств» [5, с.549]. Если политическая составляющая войны столь велика, то получается, что военнослужащие – это «солдатики» в политических играх, ценой которых с одной стороны, являются человеческие жизни и искалеченные судьбы выживших, а, с другой стороны, обретение правящей элитой экономического, социального или символического капитала.

По мнению Э. Гидденса, войны не являются прямым следствием человеческой агрессивности [6, с.252]. Война с точки зрения Гидденса видится как «одна из наиболее характерных черт процесса возникновения первых государств» [6, с.275]. Войны и военные столкновения сыграли своеобразную роль в определении карты современного мира. Возникновение современных армий неотделимо от индустриализации, начавшейся в XVIII веке. С тех пор ведущая роль в военном развитии принадлежит крупным государствам, корпорациям, занятым полностью или частично производством вооружений и внедрением технических новинок. Основатель теории эволюционизма Г. Спенсер приписывал войнам в прошлом историческом развитии человечества прогрессивную роль по созданию обширных государств и цивилизаций в целом. Он допускал «протекание процесса эволюции, как естественным путем, так и посредством войн» [7, с.289]. Взгляды данных социологов отражают положительную роль войны в прошлом человечества или в определенных ситуациях настоящего.

В рамках интегральной социологии П.А. Сорокин на основании понятия социальной системы вывел основы внутреннего и международного мира. Он видел главную причину войн, прежде всего, в ослаблении процесса усвоения обществом или его отдельными частями системы основных ценностей и соответствующих норм (религиозных, научных, экономических, нравственных, юридических, политических, эстетических), в нарушении их совместности. Поэтому и необходимые условия мира могут заключаться в следующем: «во-первых, основной пересмотр и переоценка большинства современных культурных ценностей; во-вторых, действительное распространение и внедрение во все государства, народы и общественные группы системы основных норм и ценностей, связующих всех без различий; в-третьих, ясное ограничение суверенности всех государств в отношении войны и мира; в-четвертых, учреждение высшей международной власти, обладающей правом обязательных и принудительных решений во всех международных конфликтах» [8, с.259].

Закономерным продолжением идей П.А. Сорокина о природе войны является обращение к сущности аномии, которая связана с рассогласованием между культурной и социальной структурой, невозможностью достичь определяемых культурой целей нормальными, узаконенными средствами, поиском незаконных удовлетворений потребностей [9]. Самым опасным способом аномичного поведения являются мятеж и, как следствие, военные действия. Участники войны сталкиваются с подобным явлением общественной жизни не только на войне, но и в гражданской жизни, когда возникают сложности легитимным способом найти свое место в структуре общества, доказать свое право на мирное существование.

Анализируя различные подходы к пониманию войны, целесообразно привести точку зрения на причину вооруженных конфликтов голландского этнолога и социолога Рудольфа Штейнметцера. В своей работе «Философия войны» он последовательно утверждал, что коренное отличие человека от животного – это «дар войны», и именно ему обязана своим развитием вся человеческая культура. Война, по его мнению, – это вид межгосударственной конкуренции, которая играет роль верховного судьи и реформатора в жизни общества: все

отрицательные стороны войны полностью покрываются ее важнейшей функцией – обеспечением существования государства как такового, так как без ведения войны существование последнего теряет смысл: «Невозможно желать жизни государству и одновременно с этим отказывать ему в проявлениях этой жизни... без войны нет государства... Не будь войны, ее пришлось бы выдумать» [10, с.189-190]. Это утверждение по большому счету пронизано цинизмом и абсолютным игнорированием того количества жертв, как среди мирного наследия, так и среди военнослужащих, которые пришлось заплатить за «существование государства».

Война является одним из тяжелейших испытаний человеческого духа, психологических и физических возможностей людей. Это своеобразный эксперимент, осуществляемый властью и политиками, в котором участники должны не просто выжить, но и суметь существовать после пережитых событий. Опасность, гибель товарищей, ранения, перманентное насилие и боль – это те стрессовые факторы, которые определяют сверхэкстремальные условия жизни в боевых условиях.

С.И. Съедин и Р.А. Абдурахманов дают своеобразную историческую справку о традициях исследования психологических последствий участия в войнах [11, с.4]. В частности, авторы обращают внимание на то, что размышления о природе и специфике психических расстройств содержатся еще в трудах мыслителей древности Геродота, Ксенофонта, Фукидида [11, с.5]. Например, в героическом эпосе «Илиада», посвященного событиям Троянской войны, Гомер дает точные описания реакций на психотравмирующие события. Так, в песне XXIV есть строки, посвященные страданиям Ахилла, который вспоминает о своем погибшем друге: «плакал, о друге еще вспоминая; к нему не касался все усмиряющий сон; по одру беспокойно метаясь, он вспоминал Менетидово мужество, дух возвышенный» [12, с.404]. Эти воспоминания носят повторяющийся, неотступный характер, они приносят беспокойство, которое прогоняет сон Ахилла.

Впервые психологические изменения у людей, которые пережили ту или иную экстремальную ситуацию, катастрофу глобального (война, землетрясение, наводнение) или личного плана, была описана Да Коста (Da Costa) у солдат во время Гражданской войны в Америке (1871 г.). Они были названы «синдромом солдатского сердца» [13, с.224]. А большинство диагнозов обозначалось как «ностальгия».

Психотравмирующие факторы воздействуют на личность военнослужащих, провоцируют возможные отклонения в психическом развитии человека, приводят к дезадаптации как в обществе, так и в ближайшем окружении. Однако такую прямую связь с последствиями пережитого боевого стресса обнаружили только в начале XX века благодаря исследованиям врачей периода Русско-японской войны (1904-1905 гг.). Так, согласно наблюдениям Г.Е. Шумкова, такие психические явления, как сновидения о боевых эпизодах, повышенная раздражительность, ослабление воли, ощущение разбитости, могут наблюдаться через многие месяцы после выхода из боя [14]. Войну как главную причину неврозов и психоневрозов у русских солдат, участвовавших в Русско-японской войне, анализировали в своих работах М.И. Аствацатуров (1912) [15] и В.М. Бехтерев (1915) [16].

Социально-психологические проблемы человека на войне заботили ученых и во время мировых войн. Так, в ходе Первой мировой войны было установлено преобладание у солдат расстройств, обусловленных психическими реакциями на взрывы артиллерии большого калибра, что носило название «взрывной» или «артиллерийский» шок. В русской армии большое внимание уделялось психическим последствиям воздушных контузий. Следующим этапом эволюции в восприятии последствий сверхэкстремальных условий становится середина XX века (1939-1945 гг.).

Вторая мировая война – это целая эпоха, вошедшая в историческую память как время порабощения целых народов, фашистского террора, борьбы за свободу и независимость своих государств, героических подвигов и небывалых жертв. В исследованиях отечественных авторов, посвященных психическим последствиям Великой Отечественной войны, основное внимание

уделяется последствиям боевых травм и ранений (прежде всего головного мозга), истощения, инфекционных заболеваний и других вредоносных воздействий на нервную систему солдат [17, с.18]. Согласно статистике, во время войны из Советской армии было демобилизовано около 3,8 млн солдат с ранениями по состоянию здоровья, из них 2576000 покинули армию как непригодные к службе инвалиды [18]. Отметим, что Б. Физелер считает эти данные весьма приблизительными, а реальная численность намного выше. Кроме того, послевоенные расстройства наблюдались не только у инвалидов войны, но и у людей, переживших этот опыт, но не получивших телесных увечий. Психологические проблемы вернувшихся к мирной жизни после войны не особенно волновали наше государство, поскольку необходимо было бросать максимальное количество ресурсов на восстановление разрушенной страны.

Следующая волна интереса научного сообщества к психологическим последствиям войны наблюдается после вьетнамских событий. По данным американских исследований, 30% всех ветеранов, участвовавших в этой войне, имели сильно выраженные проявления посттравматических стрессовых реакций в течение их послевоенной жизни [19, с.24]. По данным статистики, общие боевые потери США составили 47434 человека, 303000 военнослужащих получили ранения, 153303 из которых были госпитализированы [20]. В общей структуре ветеранов США участники вьетнамской войны составляют 29% [21, с.96].

Впервые вопрос о необходимости выделения целостного синдрома, называемого «посттравматическое стрессовое расстройство», был поставлен в США в 1980 г. [22, с.288]. Диагностирование американских военнослужащих, принимавших участие в боевых действиях на территории Вьетнама, выявило такие проявления, как нарушения сна, патологические воспоминания, неадекватная возбудимость, чувство вины перед погибшими и т.д. Кроме того, психологические проблемы участников войны во Вьетнаме не исчезали со временем, а наоборот, обострялись. Это подтверждалось возросшим количеством самоубийств среди демобилизованных ветеранов, а также увеличением лиц, страдающих алкогольной или наркотической зависимостью по сравнению со среднестатистическими данными.

На момент 1988 г. у 15,2% ветеранов-мужчин и 8,5% ветеранов-женщин были зарегистрированы посттравматические стрессовые расстройства [23, с.98]. Среди национальных меньшинств эти цифры несколько выше (27,9% – среди испаноязычных ветеранов, 20,6% – у ветеранов негритянского происхождения) [23, с.104]. Массовые случаи социальной и психологической дезадаптации ветеранов вьетнамской войны потребовали их активного изучения и организации своевременной помощи. С целью оказания социальной, психологической и медицинской помощи ветеранам за период с 1979 по 1989 г. было создано 196 специализированных центров. Кроме того, ветераны обслуживались в 172 медицинских центрах и 153 клиниках. За это время ветеранами было совершено около 4 млн визитов в центры, а более 600 тыс. из них получили всестороннюю медико-психологическую помощь [24, с.34]. Социально-психологические проблемы участников вьетнамской войны обострялись вследствие того, что данная война не была признана в качестве справедливой. На территории США проходили массовые антивоенные выступления, а участников боевых действий не героизировали, а, наоборот, покрывали позором, порой забывая, что военные выполняли приказы начальствующего состава своей страны, жителями которой являлись и бастующие.

Негативное, а чаще всего безразличное отношение к военнослужащим, принимавшим участие в военных операциях, было распространено и в СССР после ввода советских войск на территорию Афганистана. Самой типичной фразой, которой встречали представители государственных структур воинов-интернационалистов, обратившихся со своими проблемами, было: «Что вы от меня хотите? Я вас туда не посылал...». В связи с этим, значительная часть морально-психологических проблем «афганцев» связана именно с негативной оценкой афганской войны в большинстве средств массовой информации и общественном мнении [25]. Кроме того, участники боевых действий испытывают традиционные проявления посттравматического стрессового расстройства, такие как: яркие болезненные сновидения с элементами ужасов; пе-

риодические возвращения в стрессовые ситуации военной действительности, имеющие патологический характер; вытеснение травматических событий в область бессознательного, проявляющееся в избирательной амнезии; сверхвозбудимость и агрессивное поведение.

Распад Советского Союза послужил катализатором геополитических изменений на карте мира. Это стало очагом новых военных действий, межнациональных и межэтнических конфликтов, сопровождающихся вводом войск и увеличением участников вооруженных столкновений. Рано или поздно войны заканчиваются, и военнослужащие возвращаются в родные города к своим семьям. А какая она, новая жизнь: без стрельбы и лишений, без страха и отчаянья, без вины за спасенные жизни? Но эпизоды из прошлого постоянно возвращаются.

Переход от боевой обстановки к мирной жизни зачастую является очень быстрым, нередко психологически болезненным, когда человеку очень трудно перестроиться и интегрировать гражданский социум. В условиях постоянной угрозы жизни у военнослужащих происходят личностные изменения, формируется «комбатантная акцентуация». Она характеризуется совокупностью приобретенных в результате непосредственного участия в боевых действиях и ранее существовавших личностно-характерологических особенностей, динамика которых определяется спецификой боевых и мирных условий существования [26, с.313-314]. Военнослужащие уже в условиях мирной жизни продолжают оценивать окружающее на предмет обнаружения опасности, а малейший инцидент может вызвать агрессию. Оказывается, что их мировосприятие не соотносится с привычными образцами поведения представителей гражданской жизни, а пережитый на войне опыт, выходящий за пределы жизненного пространства неволевавших людей, оказывается не востребуемым.

В настоящее время интерес к изучению посттравматических стрессовых реакций достаточно высок, они рассматриваются в рамках психоаналитического, когнитивного, поведенческого, психосоциального, психофизического, психобиологического подходов [11, с.44]. Известный специалист по психологическим последствиям войны Р. Габриэль подчеркивает: «История показывает, что как бы хорошо ни были подготовлены войска, какими бы слаженными ни были их действия, какими бы умелыми и знающими ни были их командиры, многие солдаты не выдерживают тех психологических нагрузок, которые наваливаются на них в ужасе боя», «находясь длительное время на поле боя, невозможно не страдать от различных психологических расстройств» [27, с.15]. Объемы таких расстройств приобретают поистине гигантские масштабы. В литературе неоднократно приводились данные о том, что во время Второй мировой войны только американские войска потеряли более 500 тысяч человек по причине боевых психических расстройств. Такого количества солдат хватило бы для укомплектования 50 пехотных дивизий [28, с.84-85]. Эти дивизии могли бы изменить ход любой военной кампании. Из сказанного следует, что «война имеет свои пределы, главным из которых является способность человека сохранить ясность ума и способность трезво действовать, несмотря на весь ужас окружающей обстановки» [27, с.17].

Мировой опыт наглядно демонстрирует, что ветераны непобедоносных войн только тогда проявляют социально-деструктивные тенденции, когда их к этому подталкивает общество, навешивая на них ярлык психически и социально неполноценных, обесценивая те идеалы, за которые они сражались. На самом деле при всех вариациях государственного строительства – от Римской империи до Советского Союза – ветераны являются элитой и опорой, гарантом стабильности социума. Ветераны – это сила, которая при определенных усилиях со стороны может стать разрушительной, но ее естественная роль – созидание и укрепление государственности.

Уже давно упал «железный занавес», разделяющий два строя – социализм и капитализм, ушли в прошлое воспоминания о вьетнамской и афганской войнах, стали стираться из памяти недавние чеченские компании. На смену им приходят новые межнациональные и межэтнические военные конфликты, миротворческие операции и вооруженные вмешательства

ства, а с нами рядом продолжают жить люди, которые испытывали себя, свою волю, физические и моральные возможности на поле боя. Возможно, еще большие испытания их ожидают после возвращения в мирную жизнь, в период адаптации и интеграции в гражданский социум. С одной стороны, последствия «дара войны» в виде «вьетнамского», «афганского», «чеченского» синдромов станут неотъемлемыми спутниками их жизни, а, с другой стороны, комбатантам необходимо каждый день доказывать обществу право быть признанными и принятыми собственными соотечественниками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Социальная антропология насилия / В.Н. Ярская, В.В. Щепланова, И.Ю. Суркова и др. Саратов: СГТУ, 2002. 116 с.
2. Тюшкевич С.А. Философия и военная история / С.А. Тюшкевич, М.: Наука, 1975. 312 с.
3. Свиестиня И. Некоторые аспекты насилия: насилие как одно из проявлений власти / И. Свиестиня // Насилие и ненасилие: философия, политика, этика / под ред. Р.Г. Апресяна. М.: Ин-т философии РАН, 2003. 191 с.
4. Михневич Н.П. Эволюция военного дела в связи с эволюцией форм строения государства / Н.П. Михневич // Вестник милиционной армии. 1921. № 4-5. С. 8-16
5. Клаузевиц К. О войне / К. Клаузевиц. М.: ЭКСМО, СПб.: Мидгард, 2007. 864 с.
6. Гидденс Э. Социология / Э. Гидденс. М.: Эдиториал УРСС, 2004. 704 с.
7. История теоретической социологии. Т. 1. Социология XIX века / Ред.-сост. Ю.Н. Давыдов. М.: Канон+, 2002. 448 с.
8. Сорокин П.А. Причины войны и условия мира / П.А. Сорокин // Социология в России 19-20 веков. Вып. 4. Военная социология. Тексты / под ред. В.И. Добренкова. М.: Междунар. ин-т бизнеса и управления, 2002. С. 259-278.
9. Мертон Р.К. Социальная структура и аномия / Р.К. Мертон // Социология, хрестоматия. М.: Гардарики, 2003. С. 289-307.
10. Штейнметц Р. Философия войны / Р. Штейнметц; пер.с нем. Г. Абрамова. Пг.: Образование, 1915. 326 с.
11. Съедин С.И. Психологические последствия участия в боевых действиях / С.И. Съедин, Р.А. Абдурахманов. М.: МО РФ, 1997. 68 с.
12. Гомер. Илиада / Гомер; пер. Н.И. Гнедича. М.: Азбука, 2005. 576 с.
13. Медицинская реабилитация раненых и больных / под ред. Ю.Н. Шанина. СПб.: Специальная литература, 1997. 960 с.
14. Шумков Г.Е. Душевное состояние воинов после боя / Г.Е. Шумаков // Военный сборник. 1914. № 11. С. 68-76.
15. Ерхун С.Л. Сборник трудов, посвященный памяти М.И. Аствацатурова / С.Л. Ерхун. Л.: Издание Больницы им. Свердлова, 1937. 528 с.
16. Бехтерев В.М. Психопатия (психонервная раздражительная слабость) и ее отношение к вопросу о вменении / В.М. Бехтерев. Казань: Учпсигиз, 1986. 31 с.
17. Караяни А.Г. Отечественная психология в годы Второй мировой войны / А.Г. Караяни, А.В. Белоусов // Инновации в образовании. 2005. № 3. С. 17-27.
18. Физелер Б. «Нищие победители»: инвалиды Великой отечественной войны в Советском Союзе / Б. Физелер // Неприкосновенный запас. 2005. № 2-3 (40-41) // www.magazines.russ.ru/nz/2005/2/fi33-pr.html
19. Solomon Z. Combat Stress Reaction / Z. Solomon. New York: Plenum, 1993. 186 p.
20. Leland A. American War and Military Operations Casualties: Lists and Statistics / A. Leland, M.-J. Oboroceanu // <http://www.fas.org/sgp/crs/natsec/RL32492.pdf>.
21. Энциклопедия социальной работы: в 3 т. М.: Центр общечеловеческих ценностей, 1993. Т. 1. 480 с.

22. Караяни А.Г. Прикладная военная психология / А.Г. Караяни, И.В. Сыромятников. СПб.: Питер, 2006. 480 с.
23. Sonnenberg S.M. The Trauma of War / S.M. Sonnenberg, A.S. Blank, J.A. Talboll. Washington, DS: American Psychiatrics Press, 1989. 280 p.
24. Peterson K.C. Posttraumatic Stress Disorder / K.C. Peterson, M.F. Prout, R.A. Schwarz. New York: Plenum, 1991. 321 p.
25. Кинсбургский А.В. Реабилитация участников афганской войны в общественном мнении / А.В. Кинсбургский, М.Н. Топалов // Социс. 1992. № 1. С. 104-107.
26. Лыткин В.М. Динамика личностных изменений у ветеранов локальных войн / В.М. Лыткин, В.В. Нечипоренко, А.Г. Софронов // Серийные убийства и социальная агрессия: что ожидает нас в XXI веке? Медицинские аспекты социальной агрессии. – Ростов-н/Д: Феникс, 2001. С. 313-314
27. Габриэль Р. Героев больше нет / Р. Габриэль. М.: Наука, 1987. 634 с.
28. Сторм У. Психологический эффект массовых потерь / У. Сторм // Современная буржуазная военная психология / под ред. А.В. Барабанщикова и Н.Ф. Феденко. М.: Мысль, 1965. С. 84-87.

Суркова Ирина Юрьевна –
кандидат социологических наук,
доцент кафедры «Социальная антропология
и социальная работа»
Саратовского государственного
технического университета

Surkova Irina Juryevna –
Candidate of Sciences in Sociology,
Assistant Professor of the Department
of «Social Anthropology and Social Work»
of Saratov State Technical University

Щеглова Елена Сергеевна –
аспирант кафедры «Социальная
антропология и социальная работа»
Саратовского государственного
технического университета

Scheglova Yelena Sergeyevna –
Post-graduate Student
of the Department
of «Social Anthropology and Social Work»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 10.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

УДК 301.085:392

Е.Н. Шнейдер, Е. Ю. Филатова, Г. В. Фаина

ОБРАЗ ЖИЗНИ СОВРЕМЕННОЙ РОССИЙСКОЙ СЕМЬИ

Статья посвящена актуальным проблемам социального бытия современной российской семьи, особенностям их проявления в бытовой сфере – основополагающей составляющей образа жизни.

Российская семья, бытовая сфера.

Ye.N. Schneyder, Ye.Yu. Filatova, G.V. Fadina

THE WAY OF THE MODERN RUSSIAN FAMILY

This article deals with the urgent problems of social life of the modern Russian family, with the peculiarities of their manifestation in everyday sphere, which is the basic component of a modern life.

Russian family, everyday sphere.

Проводимые в стране радикальные реформы, призванные повысить уровень жизни населения, главным образом, за счет движения к рыночной экономике западного образца, оказались сопряженными со многими негативными последствиями, с обострением всех социальных проблем, наиболее остро проявляющихся в семейно-бытовой сфере как основы образа жизни семьи. В России проблемы улучшения бытовых условий населения (и в первую очередь, такой важной его составляющей, как семья) всегда были и остаются актуальными. Этому способствует ряд обстоятельств: низкая материальная обеспеченность подавляющего большинства российских семей, дефицит ресурсов для расширенного воспроизводства жилья, провал стратегий реформирования жилищно-коммунального хозяйства, крайне скудное финансирование здравоохранения и образования, низкий уровень развития современной российской индустрии быта, сети транспортных коммуникаций. Особенно остро вопрос совершенствования уклада повседневной жизни встал в период становления рыночных отношений. Ведь в бытовой сфере наиболее явно проявляются последствия проводимых реформ, и поэтому успех происходящих в стране общественно-политических преобразований напрямую зависит от того, ощутит ли рядовая российская семья их положительное влияние (рост доходов и повышение уровня благосостояния, обуславливающие улучшение бытовых условий) в краткосрочной перспективе. Быт россиян с конца 1980-х гг. претерпел значительные изменения, и для большей части российских семей – в худшую сторону. Рыночная стоимость жилья или его аренды является «неподъемной» для большинства российских семей, цена коммунальных услуг увеличилась настолько, что в бюджете среднестатистической российской семьи занимает до трети и более расходов. Происходит сокращение объемов бесплатной медицинской помощи населению, постепенное «вымывание» бесплатных услуг из сферы образования. Сеть предприятий бытового обслуживания населения, созданная в советский период, в настоящее время развалена, количество предприятий неуклонно сокращается, возросшая стоимость их услуг не подкреплена качеством выполнения работ.

Системный кризис, сопровождающийся разрушением основ прежнего образа жизни, привел к появлению иной социальной реальности, в которой зарождаются и формируются новые формы и проявления социального бытия, определяющие развитие образа жизни. Процессы трансформации образа жизни в первую очередь затронули такую важную его составляющую, как семейно-бытовая сфера, проблемам преобразования которой и посвящена наша статья. Прежде чем приступить к рассмотрению проблем быта современной российской семьи, необходимо пояснить, что мы вкладываем в понятия «бытовая деятельность», «бытовая среда». Бытовая деятельность понимается нами как совокупность всех видов деятельности населения, направленных на благоустройство повседневной жизни, потребление материальных и духовных благ. Согласно сформулированному нами определению бытовой деятельности, последняя включает в себя работу по дому (приготовление пищи, уборку, стирку, различные ремонтные и другие работы, осуществляемые своими силами в жилище и вокруг него), уход за детьми, за нетрудоспособными членами семьи, труд на садово-огородном участке, включая передвижение до него и обратно, передвижение до места работы и обратно, пользование услугами торговли, различных организаций, осуществляющих бытовые услуги, а также лечение, посещение медицинских учреждений, занятия физкультурой, повышение квалификации, самообразование, любительский труд, хождение в гости, прием гостей, посещение организаций, осуществляющих услуги культурно-досугового профиля. Таковым нам видится содержание бытовой деятельности. Для исследования со-

временных проблем семейного быта важное значение имеет также и определение понятия «бытовая среда», выявление содержания которого следует начать с рассмотрения исходного понятия – «социальная среда». Социальная среда рассматривается нами как вся совокупность условий жизни и общественных отношений. Бытовая среда представляет собой ту часть социальной среды, которая связана с непосредственной жизнедеятельностью человека и определяется потребительскими запросами, установками, ориентациями, характеризуется родственными, соседскими, товарищескими отношениями. Семейный быт – это бытовая среда, характеризующаяся прежде всего составом входящих в нее членов – по возрасту, занятиям, отношениям родства, наличием семейного домохозяйства, а также согласованности элементов бытовой деятельности членов семьи по месту жительства семьи. Следует пояснить, что термином «домохозяйство» мы называем сферу взаимодействия субъектов бытовой деятельности (одиночного или группового) с совокупностью ее материально-вещественных условий (общими жилищем, предметной средой, денежным доходом, земельным участком и т.п.), результатом которого является удовлетворение бытовых потребностей (личных или групповых). Домохозяйство, объединяющее лиц, связанных кровным родством или свойством, целесообразно называть семейным домохозяйством. Существенную сторону семейного быта занимают материально-экономические условия: доход, бюджет, жилище, питание, одежда и т.д. – все то, что составляет предметное окружение семьи. Духовную сторону семейного быта образует культурная направленность семьи: грамотность и образование ее членов, наличие книг, журналов, газет, различные виды деятельности по повышению образовательного и культурного уровня. В семейный быт включены также такие элементы, как режим жизни, распределение обязанностей.

Исследование актуальных проблем современного семейного быта, на наш взгляд, следует начать с рассмотрения деятельности в домашнем хозяйстве, так как данный элемент имеет огромное значение в быту человека и несет основную нагрузку в выполнении одной из социальных функций быта – физического воспроизводства населения. Прежде чем приступить к исследованию изменений, произошедших в сфере домашнего труда, следует определить, что мы понимаем под понятием «домашний труд». Домашний труд понимается нами как производство товаров и услуг исключительно для внутреннего потребления домохозяйств. Согласно социологическим исследованиям, домашний труд россиян в конце XX века претерпел значительные изменения, связанные с тем, что изменился общественный строй, изменились трудовые отношения и жизненные ценности. За период с начала 90-х годов XX века и по настоящее время увеличилась продолжительность домашнего труда, основную часть которого, как и в предыдущие годы, выполняют женщины [1].

Помимо гендерного фактора, на состав и продолжительность деятельности по дому существенное влияние оказывает место жительства. У жителей сел и деревень на домашние работы затрачивается вдвое больший объем внепроизводственного времени, чем у горожан [12]. Большое влияние на продолжительность домашнего труда оказывают также возрастной фактор и фактор занятости в общественном производстве. Так, В.Д.Патрушев отмечает: «После выхода на пенсию у пенсионеров значительно возрастают затраты времени на домашний труд. По данным наших исследований, в возрастной группе до 65 лет у мужчин по сравнению с работающими они возрастают в два раза (с 14,6 до 30,7 часов в неделю), а у женщин – в полтора раза (с 27,0 до 46,9 часов). У пенсионеров в возрасте от 66 до 87 лет эти затраты времени несколько меньше, но также весьма значительны» [8].

Необходимо отметить также то обстоятельство, касающееся деятельности по дому как важного элемента структуры быта современного российского общества, что во всех социологических исследованиях быта россиян за период с конца 1980-х гг. по настоящее время делается вывод о том, что затраты времени на домашний труд российских семей значительно больше, чем у семей, проживающих в развитых странах. Такой вывод характерен для исследований различных групп населения: мужчин, женщин, работающих, безработных, горожан,

сельских жителей. Особенно много времени в российских семьях тратится на приготовление пищи, уборку, стирку, глаженье одежды, мытье посуды, то есть на те виды работ, на которых жители ряда стран Запада экономят значительную часть своего свободного времени, прибегая к услугам столовых, ресторанов, широко используя блюда быстрого приготовления, а также за счет пользования прачечными, химчистками. Такой перекоп в быту россиян в сравнении с бытом американцев и западноевропейцев объясняется худшим материальным положением большинства семей России, которым не по карману услуги предприятий питания и бытового обслуживания.

Занятия домашним трудом подразумевают наличие у человека дома. Обеспеченность жильем является острой проблемой для большинства российских семей, влияющей на уклад повседневной жизни семьи в современной России, поэтому изменения, происходящие в жилищной сфере, находятся под пристальным вниманием со стороны исследователей быта. По данным статистики, на конец 2003 г. жилищный фонд России составлял 2885 млн кв.м, из которых в собственности граждан находилось 1971 млн кв.м, или 68,3% от общероссийского фонда жилья; в муниципальной собственности находилось 626 млн кв.м, или 21,7% от общего жилищного фонда. В среднем на одного жителя России приходилось 18 кв.м в 1995 г., 19,3 кв.м – в 2000 г., 19,7 кв.м – в 2001 г., 20 кв.м – в 2002 г., 20,2 кв.м – в 2003 г. Однако, несмотря на приведенные цифры, демонстрирующие хоть и медленный, но рост площади жилищ, приходящейся в среднем на одного россиянина, обеспеченность жильем была и остается острой социально-экономической проблемой, о чем свидетельствуют данные статистики. На конец 2003 года число российских семей, состоящих на учете на получение жилья, составило 4 409 000, на конец 2006 г. – 3 118 000. Число семей, получивших жилые помещения и улучшивших свои жилищные условия в 2005 составило 151 000 (4% от общего числа нуждающихся в улучшении жилищных условий), в 2006 – 139 000 (4%). При такой огромной потребности в жилье его строительство, согласно статистическим данным, ведется медленными темпами. Так, в 1995 г. было построено 41,0 млн кв.м общей площади жилых домов, в 2000 г. – 30,3 млн кв.м, в 2001 г. – 31,7 млн кв.м, в 2002 г. – 33,8 млн кв.м, в 2003 г. – 36,4 млн кв.м; в 2006 г. было построено 609 000 квартир, в 2007 г. – 721 000. Низкие темпы ввода в действие новых жилых домов приводят к тому, что имеющийся жилищный фонд стремительно и неуклонно ветшает и приходит в аварийное состояние. Согласно статистическим данным, удельный вес ветхого и аварийного жилья во всем жилищном фонде России в 1995 г. составил 1,4%, в 2000 г. – 2,4%, в 2001 г. – 3,1%, в 2002 г. – 3,1%, в 2003 г. – 3,2%. Благоустройство жилищного фонда также оставляет желать лучшего: по данным на конец 2003 года, лишь 75% российского жилья оснащено водопроводом (в 2006 г. – 76%, в 2007 г. – 77%); 70% – канализацией (72% – в 2006 г., столько же в 2007 г.), 75% – центральным отоплением (81% – в 2006 г., 83% – в 2007 г.), 65% – ваннами (душем) (в 2006 г. – 66%, в 2007 г. – 68%), 70% – газом (в 2006 г. – 70%, в 2007 г. – 71%), 61% – горячим водоснабжением (в 2006 г. – 63%, столько же в 2007 г.) [6].

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что помимо гендерного и возрастного факторов, места проживания (в сельской местности либо в городе), фактора занятости в общественном производстве, на продолжительность деятельности российских семей, связанной с домом, решающее влияние оказывает плохая благоустроенность жилищ, значительно увеличивающая временные затраты россиян на домашние работы.

С выделением быта в качестве самостоятельного вида деятельности в обществе возникли и получили развитие специализированные социальные институты, которые призваны профессионально осуществлять услуги в данной области. Речь идет о службе быта, предприятиях торговли. В современных условиях сферы услуг, торговли и домашнего быта составляют взаимосвязанные и взаимодополняющие друг друга сферы. Подавляющее большинство видов бытовой деятельности невозможно осуществить, не прибегая к услугам торговли и различных организаций, предоставляющих населению современной России бытовые услуги.

Вполне очевидно, что объем и характер домашнего труда в большой мере обусловлены количеством и качеством услуг, производимых предприятиями службы быта и торговли. Сферы услуг и торговли в практической реальной жизни представлены такими предприятиями, учреждениями и организациями, как мастерские по ремонту бытовой техники, швейные ателье, химчистки, парикмахерские, прачечные, магазины, продуктовые и вещевые рынки. Темпы развития сферы услуг в современной России не позволят в самом ближайшем времени сократить нагрузки россиян в домашнем хозяйстве. Согласно статистическим данным, число ателье (цехов, мастерских, салонов) бытового обслуживания населения, в 1996 г. составляло 57122, в 1999 г. – 47889, в 2003 г. – 48531, в том числе в городской местности – 38618, в сельской местности – 9913 (нетрудно заметить, что после неуклонного сокращения количества вышеперечисленных ателье с 1996 г. в среднем на 3077 в год к 2003 г. наметился незначительный их прирост – в среднем на 214 ателье в год, рост количества ателье происходил, в основном, в городской местности); в то же время количество приемных пунктов бытового обслуживания населения стремительно сокращалось с 1996 по 1999 гг. в среднем на 1446 приемных пунктов в год (в 1996 г. приемных пунктов насчитывалось 24858, в 1999 г. – 20519), начиная с 1999 г. темпы убывания приемных пунктов бытового обслуживания замедлились – с 1999 по 2003 гг. их уменьшение происходило, в среднем, на 128 пунктов в год, и так же, как в случае с ателье, убывание шло за счет закрытия приемных пунктов в сельской местности, всего в 2003 г. приемных пунктов бытового обслуживания населения насчитывалось 20133 (на 386 меньше, чем в 1999 г.), из них в городской местности – 17307, в сельской местности – 2826. Неблагополучная ситуация, сложившаяся в сфере бытового обслуживания, подтверждается статистическими данными, отражающими структуру денежных расходов населения России. Так, в 2000 г. россияне затратили на покупку товаров и оплату услуг 75,5% от общего объема денежных доходов, в 2002 г. – 73,2%, в 2003 г. – 69,0%, в 2006 г. – 69%, в 2007 г. – 69,7% [5, 6].

В структуре потребительских расходов домашних хозяйств доля затрат на приобретение товаров медленно, но неуклонно возрастает: на покупку продуктов питания в 1990 г. россияне затратили 35,5% от общего бюджета домашних хозяйств, в 2003 г. – 40,7%, в 2007 – 45%; на покупку непродовольственных товаров население России в 1995 г. потратило 31,8% от общего бюджета домашних хозяйств, в 2003 – 37,3%, в 2007 – 55%; на предметы домашнего обихода и бытовую технику в 2002 г. россияне потратили 8,7% от общего бюджета домашних хозяйств, в 2003 г. – 10,5%; на кафе и рестораны в 2002 г. россияне потратили 2,5% от совокупного бюджета домашних хозяйств, в 2003 г. – 3,1% [6].

Однако, несмотря на то, что услуги торговли более востребованы, чем услуги служб быта, затраты времени на совершение покупок в настоящее время существенно увеличиваются, что обусловлено поиском дешевых и доброкачественных продуктов, вещей. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что проблема сокращения объема домашнего труда в общем объеме непроизводственного времени семей современной России, а также снижения трудозатрат на выполнение работ по дому решается не с помощью различного рода предприятий бытового обслуживания населения, а за счет активного проникновения в семейный быт россиян бытовой аппаратуры, выполненной по последнему слову техники, которая широким потоком устремилась на прилавки российских магазинов с начала 1990-х гг.

Работа на садово-огородном участке для большинства семей современной России играет такую же огромную роль в обеспечении нормального функционирования семейного быта, как и деятельность по дому. Этот так называемый рудимент крестьянского уклада жизни является одним из способов приспособления российских семей к новым условиям жизни. Увеличение времени на работы на садово-огородных участках отмечает В.Д. Патрушев: по данным проведенного им исследования, на 1999 год труд в личном подсобном хозяйстве отнимал у сельских жителей более 40 часов в неделю, у городских жителей – 19-20 часов в неделю [9].

Проведя исследование быта пенсионеров, В.Д. Патрушев делает вывод о том, что 73,8% опрошенных пенсионеров имеют земельные участки, их продукция является для них значительным источником доходов. По данным проведенного им исследования, лишь менее четверти опрошенных не имеют земельного участка; доля имеющих земельный участок изменилась с 23,3% в 1965 г. до 77,6% в 1998 г.; 3,8% опрошенных в настоящее время владеют несколькими земельными наделами для проведения сельскохозяйственных работ. Представленные исследователем данные позволяют утверждать, что в современной России усиливается зависимость жизнеобеспечения семей от результатов труда на садово-огородных участках. Труд на садово-огородных участках был и остается для большинства семей России важным источником средств существования, о чем свидетельствуют статистические данные, отражающие рост доли пашни, используемой в индивидуальных хозяйствах с 3,0% в 1991 г. до 17,3% в 2002 г. [8].

Удовлетворение естественно-физиологических потребностей (еда, сон) является основной формой жизнедеятельности, так как она обязательно присутствует в повседневной жизни человека, его семьи. Сложившийся в современной России образ жизни, как способ выживания, выдвигает на первый план такие виды бытовой деятельности, как сон, питание, уход за собой, иными словами, все то, что способствует восстановлению сил. Увеличение трудовых нагрузок (большая часть населения России помимо основной работы вынуждена дополнительно трудиться в другом месте) привело к тому, что доля временных затрат на удовлетворение физиологических потребностей в общем объеме временных производственных затрат в настоящее время заметно возросла, по сравнению с периодом до начала введения рыночных реформ.

Жизнь сельских семей гораздо труднее по сравнению с городскими, так как общая трудовая нагрузка взрослых членов сельских семей достигает 80-90 часов в неделю или 11-13 часов в день, время отдыха невелико, особенно у женщин. Трудоспособные члены городских семей имеют возможность более полно восстановить свои силы после интенсивного труда, сельские семьи после колоссальной трудовой нагрузки имеют очень мало времени на восстанавливающий силы отдых. Однако, и те и другие, как показывают современные исследования образа жизни сельских и городских жителей, в качестве самого эффективного способа выживания в современных рыночных условиях, используют экономию на питании, что подтверждается данными статистики. В 2002 г. на покупку продуктов питания и безалкогольных напитков россияне потратили 41,6% от совокупного бюджета домашних хозяйств, в 2003 г. – 37,7%. Стремление экономить на питании отмечает в повседневной жизни горожан и Г.П. Бессокирная. По данным проведенного ею исследования жителей Москвы и Московской области, 57% горожан экономят на питании, избрав подобную тактику ведения домашнего хозяйства в качестве способа приспособления к новым условиям жизни. Исследователь образа жизни населения современной России Р.В. Рывкина отмечает, что 63% российского населения экономит на питании, 57% – на отдыхе [11]. Приведенные данные – это косвенный показатель преобладания малоимущих и неимущих семей.

Важнейшим показателем рациональности свободного времени является его использование для повышения уровня общего образования и квалификации. По мнению В.Д. Патрушева, большинство работающего населения нигде не учится и не повышает свою квалификацию, причем число учащихся за период с 1986 по 1995 гг. снизилось. Основными мотивами такого отношения к учебе они считают: имеющаяся работа не требует повышения квалификации (34,5%); отсутствуют средства для оплаты учебы и посещения курсов (17,3%); более высокая квалификация и образование уже не гарантируют более высокий доход и жизненный уровень (14,1%); предприятия (учреждения) не создают теперь условий для учебы и повышения квалификации (12,2%) [9].

Учебная деятельность, включающая вечернее и заочное обучение, различные способы повышения квалификации, в современной России является одним из способов адаптации к новым условиям жизни и, по мнению Г.П. Бессокирной, еще недостаточно распространенным,

хотя положительные сдвиги наблюдаются [2]. Доля людей, вовлеченных в послешкольное образование, высока, как отмечает Р.В. Рывкина. Согласно данным официальной статистики, охват молодежи программами начального, среднего и высшего профессионального образования (удельный вес численности студентов (учащихся) учреждений начального, среднего и высшего профессионального образования в численности населения в возрасте 15-34 года) в 1995 г. составил 16,1%, в 2006 г. – 24,8%, в 2007 г. – 25,1% [10]. Это свидетельствует о наличии установок на получение образования, повышение квалификации, приобретение дефицитных специальностей, пользующихся спросом на рынке труда, и способствует, на наш взгляд, выживаемости российских семей в современных социально-экономических условиях.

Занятия по поддержанию здоровья, к которым мы относим занятия физкультурой и спортом, лечение, посещение медицинских учреждений, являются важной составляющей уклада повседневной жизни семей современной России, поскольку так же, как и удовлетворение естественно-физиологических потребностей и деятельность по дому, способствуют физическому воспроизводству человека. Однако распространенность подобных занятий среди российских семей, и особенно среди молодых их членов, была и есть весьма незначительной.

Малая величина затрат на занятие спортом, согласно исследованию, проведенному И.А. Бутенко в 1997 г., более характерна для богатых слоев населения (под богатыми понимались лица с доходами, эквивалентными тысяче долларов и выше на члена семьи, под бедными – менее 100 долларов). Богатые тратят на занятия спортом в среднем за неделю 26% свободного времени, бедные – 36,5%. Бедным занятия спортом нужны для того, чтобы восстановить силы для работы и для поддержания здоровья. Богатые поддерживают здоровье при помощи услуг платной медицины [3].

И.А. Бутенко отмечает, что чем ниже доходы россиян, тем выше озабоченность состоянием здоровья. Современное состояние медицинского обслуживания населения России нельзя назвать хорошим, к причинам, приведшим российскую систему здравоохранения в плачевное состояние, относятся высокая стоимость лекарств, сокращение объемов бесплатной медицинской помощи, падение качества медицинского обслуживания населения, низкая правовая защищенность пациентов. Именно этим объясняется снижение временных затрат на посещение лечебных учреждений, зафиксированное В.Д. Патрушевым, при увеличении затрат времени на прием лечебных процедур дома. Так, в 1986 г. каждый житель города тратил в среднем на посещение за один день недели 2,1 мин, на лечебные процедуры дома – 1,4 мин; в 1998 г. на посещение лечебных учреждений горожанин тратил 2,0 мин. в среднем за один день недели, на прием лечебных процедур дома – 2,7 мин. Россияне, адаптирующиеся к новым условиям при помощи дополнительной занятости, не располагают в достаточном объеме ни материальными, ни временными ресурсами для обращения в медицинские учреждения, для них типична практика самолечения. Результаты рассматриваемых выше исследований говорят о том, что большинство российских семей имеют доходы, не позволяющие им пользоваться услугами платной медицины, вынуждающие их сокращать свои расходы на лечение, реже обращаться к врачам, прибегая к самолечению. Выправить сложившееся положение должно было бы введение обязательного медицинского страхования, начавшееся более десяти лет назад, однако положительных результатов оно пока не принесло. Согласно официальной статистике, в 2002 г. россияне потратили на услуги здравоохранения 2,3% от общих расходов домашних хозяйств, в 2003 г. – 2,2% (всего в 2007 г. россияне затратили на услуги здравоохранения 167,5 млрд руб., на санаторно-оздоровительные услуги – 49,5 млрд руб.) [4].

Досуг и развлечения играют важную роль в повседневной жизни семьи, поскольку способствуют свободной самореализации ее членов. 91% людей проводит досуг за чтением книг, 58% предпочитают небольшие прогулки на свежем воздухе, 88% не могут представить жизнь без телевизора, 62% любят слушать радио, 83% регулярно проводят вечера в кругу

семьи, а от 65 до 75% считают, что свободное время надо потратить на себя, заботясь о сексуальной привлекательности.

Однако в повседневной жизни современных российских семей присутствуют не только домашние виды досуговой деятельности. Р.В. Рывкина отмечает появление в постсоветской России новых моделей проведения досуга – зарубежный туризм, посещение ранее запретных мест развлечений (например, казино), но наряду с ними прежние, традиционные виды досуга, как и раньше, имеют огромное распространение: 70% опрошенных россиян предпочитают домашние виды досуга, 6% отдыхают в санаториях и пансионатах, 1,5% совершают туристические поездки за границу. Незначительностью слоя богатых семей в составе населения России объясняется столь низкая величина двух последних показателей. В.Д. Патрушев, анализируя данные исследования изменений, произошедших в использовании горожанами свободного времени, делает выводы: наибольшую часть досуга занимает время, связанное с использованием средств массовой информации; снижение ценности досуга сказалось и на посещении учреждений культуры, объясняется это отчасти рядом субъективных обстоятельств – многие из этих заведений прекратили существование или ограничили деятельность, с другой стороны – ухудшились материальные возможности большинства семей; существенно изменились степень участия и структура любительских занятий – уменьшилось число занимающихся техническим, литературным и художественным творчеством, музыкой, пением, художественной самодеятельностью, это объясняется, с одной стороны, невостребованностью, с другой – недостаточностью средств для такого рода занятий [11].

И.А. Бутенко, проводившая исследование качества свободного времени богатых и бедных россиян, делает вывод, что богатые не в пример бедным во время досуга предпочитают интеллектуальные, повышающие образовательный уровень виды занятий, и не всегда эти виды досуга требуют больших материальных затрат, бедные же склонны использовать свое свободное время для незамысловатого отдыха и развлечений, а не для развития [3].

Напрашивается вывод, что привычка недооценивать время досуга, не используя его на саморазвитие, делает менее успешными попытки необеспеченных слоев населения адаптироваться к изменившимся общественным и экономическим условиям.

Итак, говоря об острейших проблемах современной российской семьи, следует отметить, что в бытовой жизни подавляющего большинства семей современной России за период с начала 90-х годов прошлого века и по сегодняшний день произошли заметные изменения, обусловленные переменами в социально-экономической сфере. Продолжительность домашнего труда увеличилась, затраты времени на работы по дому у российских семей значительно выше, чем в развитых странах, что объясняется более худшим материальным положением большинства семей России. Индустрия быта, разваленная до основания в первые годы рыночных реформ, возрождается недостаточно быстрыми темпами, и пока не имеет необходимых мощностей для облегчения домашнего труда. Работа на садово-огородных участках по-прежнему сохраняет огромное значение в бытовой деятельности современной семьи, являясь одним из способов приспособления к новым условиям жизни. С сожалением приходится констатировать, что такой эффективный способ адаптации к рыночным условиям, как повышение образовательного уровня, переквалификации и повышение квалификации еще мало распространен среди россиян. Зато широко распространены в качестве способов выживания экономии на питании, на лечении и на отдыхе. Для эффективного функционирования семейного быта, выполнения им главных функций физического и духовного воспроизводства населения, необходимо создание для российских семей адекватных условий жизнедеятельности – повышение заработной платы, увеличение размеров пенсий, доступного и качественного медицинского обслуживания, образования, сохранение и развитие сети культурно-просветительских учреждений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балабанова Е.С. Домашний труд как символ гендера и власти / Е.С. Балабанова // Социологические исследования. 2005. № 6. С. 109-120.
2. Бессокирная Г.П. Стратегии выживания горожан и их социальные последствия / Г.П. Бессокирная // Образ жизни горожан в объективных и субъективных показателях. М.: ЭКСМО, 2002. С. 21-32.
3. Бутенко И.А. Качество свободного времени у богатых и бедных / И.А. Бутенко // Социологические исследования. 1998. № 7. С. 82-89.
4. Бызов Л.Г. Уровень потребления и имущественные характеристики среднего класса / Л.Г. Бызов // Социологические исследования. 2000. № 3. С. 42-48.
5. Жилищное хозяйство и бытовое обслуживание населения в России. 2004: стат. сб. М.: Росстат, 2004. 360 с.
6. Жилищное хозяйство и бытовое обслуживание населения в России. 2007: стат. сб. М.: Росстат, 2008. 380 с.
7. Патрушев В.Д. Динамика использования бюджетов времени городским и сельским населением / В.Д. Патрушев // Социологические исследования. 2005. № 8. С. 46-51.
8. Патрушев В.Д. Пенсионер: его труд, быт и отдых / В.Д. Патрушев // Социологические исследования. 1998. № 10. С. 105-110.
9. Патрушев В.Д. Свободное время горожан в 1986 и 1995 годах / В.Д. Патрушев // Социологические исследования. 1997. № 7. С. 44-50.
10. Патрушев В.Д. Труд и досуг рабочих (бюджеты времени, ценности и мотивы) / В.Д. Патрушев. М.: ЭКСМО, 2006. 164 с.
11. Рывкина Р.В. Образ жизни населения России: социальные последствия реформ 90-х годов / Р.В. Рывкина // Социологические исследования. 2001. № 4. С. 32-39.
12. Широкалова Г.С. Горожане и селяне в результате реформ 90-х годов / Г.С. Широкалова // Социологические исследования. 2002. № 2. С. 71-82.

Шнейдер Елена Николаевна – кандидат социологических наук, доцент кафедры «Общеобразовательные дисциплины» филиала Саратовского государственного технического университета в г. Балашове

Shneyder Yelena Nikolayevna – Candidate of Sciences in Sociology, Assistant Professor of the Department of «General Education Disciplines» of Balashov Branch of Saratov State Technical University

Филатова Елена Юрьевна – кандидат социологических наук, доцент кафедры «Дошкольная педагогика и психология» Балашовского института Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского

Filatova Yelena Yuryevna – Candidate of Sciences in Sociology, Assistant Professor of the Department of «Preschool Pedagogics and Psychology» of Balashov Institute of Saratov State University in the name of N.G. Chernyshevskiy

Фадина Галина Валерьевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Дошкольная педагогика и психология» Балашовского института Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского

Fadina Galina Valeryevna – Candidate of Sciences in Pedagogics, Assistant Professor of the Department of «Preschool Pedagogics and Psychology» of Balashov Institute of Saratov State University in the name of N.G. Chernyshevskiy

Статья поступила в редакцию 10.12.09, принята к опубликованию 25.03.10

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 008:316.33/35

В.А. Филиппова

НАРОДНАЯ, ЭЛИТАРНАЯ И МАССОВАЯ КУЛЬТУРЫ: СУЩНОСТЬ, ХАРАКТЕР, СООТНОШЕНИЯ И ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ТЕАТРА ТАНЦА

Рассматриваются народная, элитарная и массовая танцевальные культуры, их сущность, специфические особенности, субъекты деятельности, а также характер соотношения и влияние на развитие театра танца. Теоретическая разработка темы опирается на практические примеры проявления каждого из рассматриваемых видов танцевальной культуры современной художественной жизни.

Танец, культура, народная культура, элитарная культура, массовая культура, личность, коллектив, субъект, жанр, театр танца.

V.A. Filippova

NATIONAL, ELITE AND MASS CULTURE: ESSENCE, CHARACTER, PARITIES AND INFLUENCES ON THE DANCE THEATRE DEVELOPMENT

The article considers national elite and mass dancing cultures, their essence, specific features, subjects of activity, and also character of a parity and influence on the dance theatre development. Theoretical working out of a theme leans against practical examples of display of each of considered kinds of dancing culture of the modern art life.

Dance, culture, national culture, elite culture, mass culture, the person, collective, the subject, genre, dance theatre.

В последнее время вопрос деления культуры на народную, элитарную и массовую постоянно находится в поле актуального культурологического дискурса. Исследования танцевальной культуры в таком направлении позволяют оценить перспективы развития театра танца на современном этапе.

Исходя из социальной типологии культуры, танцевальную культуру можно разделить на народную, элитарную и массовую.

Народная танцевальная культура – это традиционная культура, включающая культурные пласты разных эпох от глубокой древности до настоящего времени, субъектом которой является народ – коллективная личность, которая означает объединение всех индивидов кол-

лектива общностью культурных связей и механизмов жизнедеятельности. Специфической особенностью народной танцевальной культуры является опора на традицию и настроенность на воспроизведение принятых образцов в непосредственном общении от лица к лицу, от мастера к ученику, от поколения к поколению, минуя институционно-организационные формы. Ее субъектом является народ – коллективная личность, имеющая единую систему ценностей и единую для всех «жизненную программу поведения» и в соответствии с этим свою танцевальную культуру [1].

Индивидуальное начало в народной культуре не выражено, здесь личность не выделена из коллектива – отсюда и анонимность, безличность, отсутствие именного авторства.

Народная культура – это культура того или иного этноса, отличающаяся традиционностью, коллективностью, консервативностью. В ней предельно концентрированно отражается психология нации. Суть и роль народа в культуре может быть рационально понятна с позиций его сопричастности к человекотворческой деятельности. Показательным в этом плане может являться развитие народного танца, где уже в названии танцевального направления присутствует субъект культурного творчества – народ. Именно народ, как динамичная, не имеющая формализованных признаков общность людей выступает творцом народного танца. Рассмотрим в качестве примера танцы Древней Руси.

Уже на раннем этапе язычества в период становления восточных славянских племен (IV-VII века н.э.) существовали народные игрища-сходбища, где встречались племя, род или несколько племен или родов. Обожествляя Солнце, гром, молнию, реки, огонь, камни и другие предметы, славяне поклонялись им. Весь окружающий мир воспринимался ими в конкретных одушевленных образах. На игрищах славяне веселились и совершали обряды, чтобы умиловить природу, состоящую, по их понятиям, из множества могучих существ – богов и духов. Эти обряды сопровождалась играми, хороводами, игрищными плясками, пением, игрой на музыкальных инструментах и заклинаниями. Игрища были приурочены к календарным языческим праздникам. Среди участников обрядов, игрищ постепенно выделялись люди, лучше других пляшущие, поющие, играющие на различных инструментах, знатоки шуток, поговорок, присказок – появились мастера-исполнители. В народе их называли «плясец», «плясальщик», «плясуха», «игрец», «ваган», «ломака», «дудочник». Так появились родоначальники будущих славянских скоморохов. Скоморохи сыграли большую роль в развитии, совершенствовании русского народного танца. По сути дела, они являлись первыми профессиональными исполнителями русской пляски. Скоморохи не только поддерживали традиции в исполнении пляски, но и усложняли ее рисунок, лексику, совершенствовали технику исполнения, сочиняли отдельные движения, а иногда и целые пляски, вносили яркий игровой элемент в их исполнение.

Танец был неотъемлемой частью жизни русского народа. Без него не обходились ни один праздник, ни одно важное событие в жизни человека. Именно народ творил танцы, передавал из поколения в поколение традиции, обычаи, лексику русских танцев. Пока будет жить русский народ, будет жить и танец, выражающий дух народа, его душу.

Население не рождается, а становится народом в совместной исторической судьбе – практике выработки и обогащения единых ценностей и смыслов. Народная культура имеет всегда глубокие исторические корни и мало подвергается изменениям. Она являет собой кладезь народной мудрости, близка к фольклорным традициям.

Наверное, можно сказать, что пока будет жив человек, будет жить и народный танец. Не случайно народный танец выжил в трудные годы перемен, а сейчас получает новый импульс для своего развития.

Исследователь народной культуры Н.Г. Михайлова [2] отмечает, что в настоящее время основной чертой народной культуры являются ее непрофессиональный статус и неспециализированный характер культурной деятельности, что, впрочем, не исключает высокого уровня мастерства, умения, знания, в основе которых лежит свободное владение традицией. Мы не совсем

согласны с этой точкой зрения. По нашему мнению, именно в сочетании непрофессиональных коллективов народного танца и профессиональных театров народного танца, опирающихся на фольклорные традиции народов, заложен путь дальнейшего развития этого направления танца.

В настоящее время по всей стране проводятся фестивали народного танца. Так, например, в этом году состоялся очередной Всероссийский фестиваль народного танца «Уральский перепляс» в Челябинске, который собрал ансамбли народного танца со всей России, определив для участников пять соревновательных номинаций. Главная задача таких конкурсов – сохранение традиций народного танца и толчок к творческому росту коллективов. Кроме ансамблей народного танца существуют театры народного танца.

Совсем недавно на сцене концертного зала им. Чайковского хореографом Владимиром Захаровым и коллективом Академического театра танца «Гжель» был показан новый спектакль «России светлая душа». Это хореографическое полотно, состоящее, как домотканое русское одеяло, из разных лоскутков – номеров, объединенных одной сверхъидеей, четко выраженной в названии. При театре создано хореографическое училище, где, кроме классики, большое внимание уделяется и народному танцу.

Народные танцы востребованы зрителями. Поэтому мы не согласны с А.В. Костиной, которая, ссылаясь на точку зрения ряда культурологов, высказывает мнение, что в современном обществе в соответствии с социокультурными изменениями, народная культура естественным образом утрачивает свое значение, ее формы, приемы и механизмы функционирования имитирует массовая культура, выступающая своеобразным «постиндустриальным фольклором» [3].

В современном обществе в соответствии с социокультурными изменениями народная культура естественным образом утрачивает свое значение. Наступает время массовой культуры. Между тем, рассматривая данный вопрос, часть исследователей (Г.К. Ашин [4], В.П. Шестаков [5]) склоняются к выводу о том, что «подлинно народная культура не имеет ничего общего с «массовой культурой», напротив, эта последняя по своему содержанию и социальным функциям враждебна подлинно народной культуре» [5].

В пользу такого заключения можно привести следующие аргументы: во-первых, народная и массовая культуры имеют принципиальные различия в отношении к традиции. Это выражается в том, что одна имеет «древние корни, уходящие в глубь веков» и отражает мечты, обычаи, склад характера того или иного народа на протяжении длительного времени, а другая меняет вкусы и идеалы с «головокружительной быстротой в соответствии с потребностями моды». Во-вторых, народная культура всегда носит национальный характер, тогда как массовая – «космополитична», рассчитана на любые национальные характеры и вкусы. В-третьих, массовая культура, в отличие от народной, псевдореалистична, основывается на мифах, иллюзиях, вымыслах и призывает не к познанию жизни, а бегству от нее.

Массовая культура выступает как особый способ освоения действительности и адаптации к ней, возникающий на стадии формирования массового индустриального общества.

Массовая культура имеет следующие особенности:

- демонстративная демократичность, о которой непрерывно трубят средства массовой информации и реклама;
- направленность на человека массы, который представляет собой недифференцированного субъекта с невыраженным личностным началом;
- высокая гибкость и исключительно высокая приспособляемость к потребностям человека массы;
- способность трансформировать артефакты, созданные в рамках других культур, в том числе элитарной культуры, так, чтобы они превращались в предметы массового потребления;
- коммерческий характер, когда прибыль ставится во главу угла всего массового производства;
- использование клише при создании ее артефактов;

– использование средств массовой информации как главного канала распространения и потребления ее ценностей.

Носителем ценностей массовой культуры является массовый человек со стертым индивидуальным началом, массовая аудитория – это коллектив без личности, выступающий как продукт массового общества, пришедшего на смену гражданскому, как продукт урбанизации и индустриализации, это коллектив, все единицы которого атомизированы, разобщены, это «толпа одиноких». Отсюда – и специфика вхождения в данную культуру. Если характер приобщения к элитарной культуре всегда индивидуальный, а к народной – коллективный, то в массовой культуре приобщение к ее ценностям осуществляется на уровне безличного коллектива, все индивиды которого атомизированы и связаны внеиндивидуальной, внешней связью. Это может быть рационально организованный коллектив, но это коллектив без личности, связи в котором – пусть и высокорационализированные – задаются не личными отношениями, а навязываются со стороны.

Субъектом массовой культуры выступает особая профессиональная группа, создающая артефакты в соответствии с законами социальной психологии и рыночных отношений, носителем же ее ценностей является человек массы – недифференцированный субъект с невыраженным личностным началом, особенностями которого являются не критичность восприятия и оценок, управляемость, духовная инфантильность.

Между тем «массовый человек» может являться представителем всех социальных слоев вне зависимости от положения в экономической, политической, интеллектуальной иерархии, и именно это обстоятельство позволяет рассматривать массовую культуру в качестве феномена, обладающего признаками всеобщности. Эта всеобщность имеет качественный, а отнюдь не количественный характер, так как атрибутивной характеристикой массовой культуры являются не число носителей ее ценностей, а совершенно особые качества:

- исключительно высокая степень адаптивности;
- производство определенного типа сознания – пассивного и нетворческого;
- ориентация на вкусы и потребности «среднего человека»;
- использование средств массовой коммуникации как главного канала распространения и потребления ее ценностей.

Именно изменения в механизмах трансляции культурных ценностей, в механизмах социальной адаптации, социальной рекреации и социальной идентификации и привели к широкому распространению массовой культуры в современном обществе.

Когда мы ведем речь о массовой танцевальной культуре, то в первую очередь имеем в виду танцевальные жанры развлекательного характера – это музыкальный театр, водевиль, оперетта, бурлеск и, конечно же, мюзикл. В последние время мюзикл обрел новую силу и мощь. Мюзикл стал особым сценическим жанром, где в неразрывном единстве сливаются драматическое, музыкальное, вокальное, хореографическое и пластическое искусства.

Мюзикл – это шоу (то есть спектакль или фильм), в котором преобладающая роль музыки как выразительного средства сочетается с яркой и интересной драматургией, вокалом, хореографией и пластикой при высоком актерском мастерстве исполнителей. Мюзикл открыл миру и новых композиторов, имена которых сегодня хорошо известны. Это Дж. Гершвин и Р. Роджерс, Л. Бернстайн и Э. Ллойд Уэббер, Дж. Герман и другие. Поскольку в мюзикле большое значение имеет танец, хореограф зачастую оказывается равноправным соавтором постановки. В 50-60-е годы с появлением молодых талантливых балетмейстеров Гоуэра Чемпиона, Майкла Кидда, Боба Фосса, Герберта Росса и других, развернутое хореографическое действие стало художественной основой спектакля, а танец – средством выражения психологического мира героев спектакля, мотивацией их поступков, средством создания художественной атмосферы. В основе либретто мюзиклов часто лежат литературные произведения абсолютно драматического характера таких известных писателей, как В. Шекспир, М. Сервантес, Ч. Диккенс, Б. Шоу, Т.С. Элиот, Д. Хейуард и другие. Причем сле-

дует отметить, что в настоящее время обычно такие мюзиклы оказываются самыми популярными.

Такие мюзиклы, как «Кошки», «Вестсайдская история», «Иисус Христос – Суперзвезда», «Призрак Оперы» и другие стали классикой музыкального театра и известны всему миру.

Говоря о массовой танцевальной культуре, не следует забывать череду бытовых танцев, которые на протяжении всего XX века сменяли друг друга: чарльстон, линди хоп, свинг, бугги-вугги, джайв, рок-н-ролл, диско, степ, твист, шейк, бит, брейк, хип-хоп и др. Популярность танцев складывалась не только из популярности музыки, этому способствовало и развитие кинематографа. Естественно, что танцы, которые появлялись на экране, становились модными. Кинематограф сыграл огромную роль в популяризации танца.

Нельзя также не вспомнить о периодически возникающем феномене популярности латиноамериканских танцев. Еще свеж в памяти бум, вызванный ламбадой, а потом макаренгой.

Сейчас в моде восточные танцы, танцы живота, фламенко, брейк, хип-хоп и др. В ответ на возникающую потребность открывается масса школ для обучения всех желающих основам этих танцев.

Элитарная культура – это высокая культура, противопоставляемая массовой культуре не по характеру социального содержания, не по особенностям отображения действительности, а по типу воздействия на воспринимающее сознание, для того, чтобы сформировать его готовым к активной преобразующей деятельности и творчеству в соответствии с объективными законами действительности. Данное понимание элитарной культуры как высокой, концентрирующей духовный, интеллектуальный и художественный опыт поколений, представляется более точным и адекватным, чем понимание элитарного как авангардного.

Необходимо подчеркнуть, что исторически элитарная культура возникает именно как антитеза массовой и свой смысл, основное значение проявляет при сопоставлении с последней. Суть элитарной культуры впервые была проанализирована Х. Ортега-и-Гассетом.

У Ортега-и-Гассета элита – это не родовая аристократия и не привилегированные слои общества, а та часть общества, которая обладает особым «органом восприятия». Именно эта часть общества способствует общественному прогрессу. Именно к ней должен обращаться своими произведениями художник. Новое искусство и должно содействовать тому, чтобы «лучшие» познавали самих себя и учились быть в меньшинстве и сражаться с большинством.

Культурологические теории, противопоставляющие друг другу массовую и элитарную культуры, являются реакцией на сложившиеся в искусстве процессы.

Типичным проявлением элитарной культуры является теория и практика «чистого искусства», или «искусства для искусства», которая нашла свое воплощение в ряде течений отечественной и западно-европейской художественной культуры. Таким направлением в России стало объединение «Мир искусства» (XIX-XX вв.). Лидерами «мирискусников» стали С.П. Дягилев и А.Н. Бенуа. Считалось строго обязательным наличие в любом живописном и музыкальном произведении особого авторского видения действительности (идеи творца). На путь реформ в танцевальном искусстве встал М.М. Фокин. Он ввел в балет круг идей и образов, характерных для искусства этого времени, и в частности для эстетических принципов «Мира искусства». Его балеты «Павильон Армиды» на музыку Н.Н. Черепнина (1907), «Шопениана» на музыку Ф. Шопена (1908), «Карнавал» на музыку Р. Шумана (1910) стилистически и драматически были близки художникам «Мира искусства», с которыми он сотрудничал. Одноактные балеты Фокина перекликались с современной поэзией, исканиями театральной режиссуры, были драматически завершенными и цельными, на смену каноническим танцевальным композициям (па-де-де, гран па) пришла новая хореография: динамичная танцевальная пантомима, танец, проникнутый мимической выразительностью.

На рубеже XIX и XX вв. русский балет определился как один из наиболее развитых видов национальной культуры, оказавший большое влияние на развитие мировой хореографии. Особенно большой вклад в этот процесс внесла организация «Русских сезонов»

С.П. Дягилевым. Они проводились в Париже и Лондоне, начиная с 1909 года. В настоящее время балет является всемирно признанной классикой хореографического искусства.

Культурологи рассматривают элитарную культуру как единственно способную к сохранению и воспроизводству основных смыслов культуры и обладающую рядом принципиально важных особенностей:

- сложностью, специализированностью, креативностью, новационностью;
- способностью формировать сознание, готовое к активной, преобразующей деятельности и творчеству в соответствии с объективными законами действительности;
- способностью концентрировать духовный, интеллектуальный и художественный опыт поколений;
- наличием ограниченного круга ценностей, признаваемыми истинными и «высокими»;
- жесткой системой норм, принимаемых данной стратой в качестве обязательных и неукоснительных в сообществе «посвященных»;
- индивидуализацией норм, ценностей, оценочных критериев деятельности, нередко принципов и форм поведения членов элитарного общества, становящихся тем самым уникальными;
- созданием новой, нарочито усложненной культурной семантики, требующей от адресата специальной подготовки и необъятного культурного кругозора;
- использованием нарочито субъективной, индивидуально-творческой, «отстраняющей» интерпретации обычного и привычного, что приближает культурное освоение реальности субъектом к мысленному (подчас художественному) эксперименту над нею и в пределе замещает отражение действительности в элитарной культуре ее преобразованием, подражание – деформацией, проникновение в смысл – домысливанием и переосмысливанием данности;
- смысловой и функциональной «закрытостью», «узостью», обособленностью от целого национальной культуры, что превращает элитарную культуру в подобие тайного, сакрального эзотерического знания, табуированного для остальной массы, а ее носители превращаются в своего рода «жрецов» этого знания, избранников богов, «служителей муз», «хранителей тайны и веры», что часто обыгрывается и поэтизируется в элитарной культуре [6].

Субъектом элитарной, высокой культуры является личность – свободный, творческий человек, способный к осуществлению сознательной деятельности. Творения этой культуры всегда личностно окрашены и рассчитаны на личностное восприятие, вне зависимости от широты их аудитории.

Элитарной культуре свойственны элитарно-авангардная направленность, тяготение к эксперименту в области формы, сложность, неординарность, эпатаж. Все эти качества делают в определенный период времени элитарную культуру понятной преимущественно для избранных. Но проблема ее недоступности – это проблема временная.

В начале XX в. возник танец модерн, как техника, противопоставляемая классическому балету. При исследовании истории этого направления можно заметить, что танец модерн возник, как авторский танец. Он не связан ни с фольклорным, ни с бытовым танцем, он – «сам по себе». И «пионеры» танца модерн – Айседора Дункан, Марта, Грэхем, Дорис Хэмфри, Тед Шоун, Хелен Тамарис, Ханья Хольм – были создателями индивидуального стиля выражения своих мыслей и чувств с помощью движения. В дальнейшем каждый из этих хореографов создал свою собственную школу и технику. Танец модерн был ярким примером элитарной культуры, но прошли годы, он превратился в часть культуры традиционной, его стали почитать, как классический образец.

Элита пополняется достойными выходцами из различных социальных слоев. Это своего рода сливки общества. Именно натуры одаренные и неординарные способны создавать элитарную культуру.

Духовным «отцом» хореографического авангарда, несомненно, был Мерс Каннингем. Он был одним из тех, кто пошел своей дорогой и основал собственную школу танца. Его спектакли поражали неожиданным подходом к движению. Каннингем рассматривал спектакль как союз независимо созданных, самостоятельных элементов. Тесно сотрудничая всю свою творческую жизнь с композитором Джоном Кейджем, он перенес многие идеи этого композитора в свои спектакли.

Новое понимание взаимоотношения движения и пространства, движения и музыки дало толчок к созданию спектаклей, которые открыли дорогу хореографическому авангарду. М. Каннингем считал, что любое движение может быть танцевальным, а композиция танца строится по законам случайности. Основная задача балетмейстера – создание сиюминутной хореографии, где каждый исполнитель имеет свой ритм и свое движение. Так же, как М. Грэхем и Д. Хамфри, М. Каннингем создал свою технику и школу танца. Еще несколько имен представителей авангарда так называемого «постмодерна»: Пол Тейлор, Алвин Николаис, Триша Браун, Меридит Монк и многие другие, каждый из которых имеет свое собственное видение мира, свою философию и свой подход к движению и спектаклю.

Элитарная и массовая культуры взаимообусловлены, взаимосвязаны и нерасторжимы в едином поле современной танцевальной культуры.

Таким образом, часть культурологов при рассмотрении социальных аспектов современной культуры рассматривают только элитарную и массовую культуры, упуская из виду народную. Другие авторы считают, что народная культура на современном этапе эволюционирует в массовую. В отношении танцевальной культуры мы считаем это утверждение в корне неверным. Если рассматривать мировую танцевальную культуру, то мы увидим, что прекрасно сосуществуют вместе

- народный (национальный, этнический) театр танца;
- театры оперы и балета, в репертуаре которых присутствуют, как правило, и классические произведения, неоклассика и спектакли современных авторов;
- музыкальный театр и мюзикл, шоу, ревю, мюзик-холл;
- авангардистский танцтеатр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Межуев В.М. Философия культуры: Эпоха классики: курс лекций / В.М. Межуев; 2-е изд. М.: Изд-во Моск. гуманит. ун-та, 2003. 200 с.
2. Балдина Л.Д. Народная культура в современных условиях: учеб. пособие / О.Д. Балдина, Э.В. Быкова, Е.Э. Гавриляченко; отв. ред. Н.Г. Михайлова. М.: Рос. ин-т культурологии, 2000. 219 с.
3. Костина А.В. Культурология: учебник / А.В. Костина; 2-е изд., стереотип. М.: КНОРУС, 2008. 320 с.
4. Ашин Г.К. Эволюция понятия «масса» в концепциях «массового общества» / Г.К. Ашин // «Массовая культура»: иллюзии и действительность. М.: Искусство, 1975. С. 30-31.
5. Шестаков В.П. Теория и практика массовой культуры / В.П. Шестаков // История эстетической мысли: в 6 т. Т. 5. Буржуазная эстетика XX века. М.: АСТ, 1990. С. 621-635.
6. Кондаков И.В. Элитарная культура / И.В. Кондаков // Культурология. XX век: энциклопедия: в 2 т. СПб.: Питер, 1998. Т. 2. С. 387.

Филиппова Вероника Александровна –
соискатель кафедры «Культурология»
Саратовского государственного
технического университета

Filippova Veronika Aleksandrovna –
Post-graduate Student of the Department
of «Cultural Studies»
of Saratov State Technical University

Статья поступила в редакцию 10.09.09, принята к опубликованию 25.03.10

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. Статья, представляемая в редакцию журнала «Вестник СГТУ», должна быть тщательно отредактирована и распечатана в одном экземпляре через 1 интервал на белой бумаге форматом А4, поля: верхнее, нижнее, левое, правое – 2,0 см; ориентация книжная; шрифт Times New Roman, высота 12. Одновременно текст статьи представляется на диске в формате текстового редактора «MS Word 97» или по электронной почте vestnik@sstu.ru.

2. Статья должна обосновывать актуальность темы, отражать теоретические и (или) экспериментальные результаты и содержать четкие выводы.

3. В начале статьи в левом верхнем углу ставится индекс УДК. Далее на первой странице данные идут в такой последовательности:

- инициалы и фамилии авторов,
- полное название статьи (шрифт жирный, буквы прописные),
- краткая (5-7 строк) аннотация (курсив),
- ключевые слова.

Далее авторы, название статьи, аннотация и ключевые слова повторяются на английском языке. Затем идет текст самой статьи и список литературы, который повторяется на английском языке.

Статья завершается сведениями об авторах: ф.и.о. (полностью), ученая степень, ученое звание, место работы (полностью), должность, контактные телефоны. Сведения об авторах также повторяются на английском языке.

4. Объем статьи не должен превышать 10 страниц текста, содержать не более 5 рисунков или фотографий; объем обзора – 25 страниц, 10 рисунков; объем краткого сообщения – не более 3 страниц, 2 рисунка.

Иллюстрации (рисунки, графики) должны быть расположены в тексте статьи и выполнены в одном из графических редакторов (формат tif, pcc, jpg, pcd, msp, dib, cdr, cgm, eps, wmf). Допускается также создание и представление графиков при помощи табличных процессоров «Excel», «Quattro Pro», «MS Graph». Каждый рисунок должен иметь номер и подпись. Рисунки и фотографии должны иметь контрастное изображение.

Таблицы располагаются непосредственно в тексте статьи. Каждая таблица должна иметь номер и заголовок.

5. Формулы и буквенные обозначения величин должны быть набраны в редакторе формул **Microsoft Equation 3.0**. Каждая формула должна иметь номер.

6. Размерность всех величин, принятых в статье, должна соответствовать Международной системе единиц измерений (СИ). Не следует употреблять сокращенных слов, кроме общепринятых (т.е., и т.д., и т.п.). Допускается введение предварительно расшифрованных сокращений.

7. Список литературы должен быть оформлен по ГОСТ 7.1-2003 и включать: фамилию и инициалы автора, название статьи, название журнала, том, год, номер или выпуск, страницы, а для книг – фамилии и инициалы авторов, точное название книги, место издания (город), издательство, год издания, количество страниц.

8. Специалисты в технических отраслях к статье прилагают экспертное заключение.

9. Рукопись статьи рецензируется ведущим ученым в данной области, как правило, доктором наук.

10. Электронная версия опубликованной статьи размещается в системе РИНЦ.

11. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

12. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются, рукописи и диски авторам не возвращаются. Датой поступления рукописи считается день получения редакцией окончательного текста. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

13. Для публикации и своевременной подготовки журнала необходимо заполнить регистрационную карту участника, представляемую на отдельном бумажном носителе и в электронном виде.

14. Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Регистрационная карта участника

<u>РЕГИСТРАЦИОННАЯ КАРТА АВТОРА, ПУБЛИКУЮЩЕГОСЯ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК СГТУ»</u>		
Фамилия	Имя	Отчество
Полное название статьи		
Ученая степень	Ученое звание	Должность с указанием кафедры, отдела, лаборатории
Электронная почта	Служебный телефон/факс	Домашний адрес и телефон
Наименование направляющей статью организации		
Отрасль научной статьи		

РУБРИКИ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК СГТУ»

- Проблемы естественных наук
- Машиностроение
- Новые материалы и технологии
- Электроника, радиотехника и приборостроение
- Энергетика и электротехника
- Автоматизация и управление
- Информационные технологии
- Архитектура и строительство
- Экология
- Экономика
- Социальные проблемы современности
- Гуманитарные науки
- Юбилеи