

**ВЕСТНИК**  
**САРАТОВСКОГО**  
**ГОСУДАРСТВЕННОГО**  
**ТЕХНИЧЕСКОГО**  
**УНИВЕРСИТЕТА**  
**2007**

**№ 2 (24)**  
**Выпуск 1**

Научно-технический журнал

Издается с 2003 г.  
Выходит один раз в квартал  
Май 2007 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 ученой степени доктора наук по направлениям: машиностроение, управление, вычислительная техника и информатика, экономика; ученой степени кандидата наук по направлениям: энергетика, электроника, измерительная техника, радиотехника и связь, социология*

Статьи соискателей, принятые к опубликованию до 31.12.06, учитываются при приеме и защите диссертаций в соответствии с предыдущим перечнем ВАК

<b>Главный редактор</b>	д.т.н., профессор Ю.В. Чеботаревский
<b>Зам. главного редактора</b>	д.э.н., профессор В.Р. Атоян
<b>Ответственный секретарь</b>	д.т.н., профессор А.А. Игнатъев

**Редакционный совет:** д.э.н. В.Р. Атоян (заместитель председателя), 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.ф.-м.н. Л.Ю. Коссович, д.т.н. И.А. Новаков, д.т.н. А.Ф. Резчиков, д.т.н. Ю.В. Чеботаревский (председатель), д.ф.-м.н. Ян Аврейцевич (Польша), д.э.н. Улли Арнольд (Германия), д.ф.-м.н. Энтони Мерсер (Великобритания), д.э.н. Э.де Соузе 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. А.И. Андриющенко, 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. Климочкин, д.т.н. В.А. Коломейцев, д.т.н. А.В. Королев, д.т.н. В.А. Крысько, д.т.н. В.И. Лысак, д.т.н. В.Н. Лясников, д.т.н. А.И. Финаенов, д.социол.н. А.Ю. Слепухин, д.т.н. М.А. Щербаков.

Редактор О.А. Панина  
Компьютерная верстка Ю.Л. Жупиловой  
Перевод на английский язык А.М. Руст

Адрес редакции:  
Саратов, 410054, ул. Политехническая, 77  
Телефон: (845 2) 52 74 02  
E-mail: vestnik @ sstu. ru; vra @ sstu. ru  
<http://dni.sstu.ru/vestnik.nsf>  
Факс: (845 2) 50 67 40

Подписано в печать 15.05.07  
Формат 60×84 1/8 Бум. офсет.  
Усл. печ. л. 31,25 Уч.-изд. л. 30,85  
Тираж 500 экз. Заказ 278  
Отпечатано в РИЦ СГТУ,  
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

**Подписной индекс 18378**  
(каталог «Газеты. Журналы» на 2-е полугодие 2007 г.)

ISBN 978-5-7433-1829-2

© Саратовский государственный  
технический университет, 2007

**VESTNIK  
SARATOV  
STATE  
UNIVERSITY  
2007**

**№ 2 (24)  
Edition 1**

Scientific Journal

Since 2003  
Once in a quarter  
May 2007

*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 of sciences in machinebuilding, management, computer technics and information sciences, economics; a candidate of sciences in power engineering, electronics, measuring technology, radio engineering and connection directions, sociology are published*

Articles of competitors, accepted for publishing until 31.12.06, considered at acceptance and theses defend in connection with previous list of Higher Testing Committee

<b>Editor-in-chief</b>	Doctor of Technical Sciences, Pr. Y.V. Chebotarevsky
<b>Editor-in-chief assistant</b>	Doctor of Economics, Pr. V.R. Atoyan
<b>Executive secretary</b>	Doctor of Technical Sciences, Pr. A.A. Ignatyev

**Drafting committee:** Pr. V.R. Atoyan (Vice of the Chairman), 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. L.Y. Kossovich, Pr. I.A. Novakov, Pr. A.F. Rezhnikov, Pr. Y.V. Chebotarevsky (the Chairman), 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. A.I. Andryushenko, 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. V.I. Lysak, Pr. V.N. Lyasnikov, Pr. A.I. Finaenov, Pr. A.Y. Slepukhin, 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: +8452/52-74-02  
E-mail: vestnik @ sstu. ru; vra @ sstu. ru  
<http://dni.sstu.ru/vestnik.nsf>  
Fax: +8452/50-67-40

Signed for publishing: 15.05.07  
Format 60×84 1/8 Paper offset.  
Apr. tp. l. 31,25 Acc.-pbl. l. 30,85  
Edition 500 psc. Order 278  
Printed in EPC of SSTU,  
77, Politechnicheskaya St., Saratov, 410054, Russia

ISBN 978-5-7433-1829-2

© Saratov State Technical University, 2007

СОДЕРЖАНИЕ

**ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

<b>Гестрин С.Г., Животова Е.А., Сальников А.Н.</b> Ветровая неустойчивость и упругие колебания тонкой пластинки .....	7
<b>Чекурков Н.А.</b> Алгоритм и методика расчета неоднородной оболочечной конструкции, взаимодействующей с нелинейно деформируемой слоистой средой .....	13
<b>Шляхов С.М., Кривулина Э.Ф.</b> Задача термоупругости для цилиндра из пористого материала с переменной по длине и радиусу пористостью.....	18

**НАДЕЖНОСТЬ МАШИН**

<b>Арзумян А.М., Манукян О.С.</b> Математическое моделирование температурного поля при параметрууправляемом процессе обработки материалов резанием .....	27
<b>Багайсков Ю.С., Шумячер В.М.</b> Формирование пористой структуры абразивных инструментов .....	31
<b>Кожуховская Л.Я., Перелыгина Т.И.</b> Особенности проектирования токарных операций обработки на станках с ЧПУ .....	37
<b>Королев А.В., Мелентьев В.А.</b> Исследование технологии бокового выдавливания при изготовлении колец.....	41
<b>Курносоев Н.Е., Тарнопольский А.В.</b> Технология вихревой подготовки и подачи воздушно-жидкостных аэрозолей смазочно-охлаждающих технологических сред при механообработке .....	45
<b>Тихонов Д.А.</b> Результаты экспериментального исследования шероховатости рабочей поверхности круглых резцов с износостойким покрытием, обработанной алмазным выглаживанием .....	49

**НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

<b>Лясникова А.В., Сакалла А.М.</b> Формирование наноструктурированных биоконпозиционных покрытий электроплазменным напылением в мощном ультразвуковом поле.....	54
<b>Пономарева К.Ю., Кособудский И.Д., Юрков Г.Ю., Кочубей В.И.</b> Исследование структуры наночастиц сульфидов кадмия и цинка, синтезированных в матрице полиэтилена высокого давления.....	60
<b>Щербинина О.Н., Медведева Н.Г.</b> Катодная обработка свинцового электрода в растворе соли висмута .....	65

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ**

<b>Вялов В.В., Горбунов В.В., Игнатъев С.А.</b> Вихретоковый контроль качества поверхностного слоя роликов подшипников как метод корректировки работы шлифовальных станков .....	69
--	----

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

<b>Клинаев Ю.В., Монахова О.А.</b> Компьютерное прогнозирование динамики критических состояний на основе вейвлетного анализа биомедицинских сигналов .....	74
--	----

**ЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ**

<b>Банковский А.С., Захаров А.А.</b> Электрические свойства пространственно-неоднородной низкотемпературной плазмы положительного столба газового разряда в поперечном магнитном поле .....	83
<b>Беспалов Н.Н., Голембиовский Ю.М., Ильин М.В.</b> Метод определения тепловых характеристик силовых полупроводниковых приборов.....	88
<b>Быков Р.В., Ушаков Н.М.</b> Использование реверсивных оптических сред для мультиплексирования / демultipлексирования оптических сигналов в волоконно-оптических устройствах связи .....	95
<b>Киселев В.А.</b> Метрологические требования, предъявляемые к средствам контроля температурной стабильности постоянных магнитов и магнитных систем.....	100
<b>Скворцов А.А.</b> Приближенно-аналитический расчет передаточных характеристик шлейфовых разветвлений со связью волноводов по широкой стенке через прямоугольные волноводы с одним и двумя Т-ребрами.....	107
<b>Сысоев В.В., Зюрюкин Ю.А.</b> Мультисенсорные системы распознавания газов типа «Электронный нос»: краткий обзор литературы .....	111

**АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО**

<b>Денисова А.П., Игнатъев А.С.</b> Новая конструкция плавающей крыши поплавкового типа.....	120
<b>Комлев А.А.</b> Типологические аспекты архитектурного проектирования сельских земских школ в Саратовской губернии в конце XIX – начале XX века.....	124

**ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

<b>Усачев А.П., Рулев А.В., Фролов А.Ю., Усачева Т.А.</b> Электротепловая аналогия и ее применение к решению задачи теплообмена в змеевиковом испарителе сжиженного углеводородного газа с твердотельным теплоносителем.....	128
<b>Усачев А.П., Шурайц А.Л.</b> Модель по определению газодинамических сопротивлений при течении парожидкостных смесей в трубопроводах сжиженных углеводородных газов в условиях их теплообмена с окружающей средой.....	132
<b>Усачев А.П., Шурайц А.Л., Феоктистов А.А.</b> Применение системного подхода к разработке систем обеспечения безопасности хранилищ сжиженного газа мини-ТЭС.....	140

**ЭКОЛОГИЯ**

<b>Яковлев Б.Н.</b> Категорирование сооружений метантенков по взрывной и пожарной опасности.....	151
--	-----

**ЭКОНОМИКА**

<b>Астафьева Н.В.</b> Развитие государственно-частного партнерства в региональной инновационной системе.....	155
<b>Баклушина О.А.</b> Инновации в образовательном процессе вуза.....	162
<b>Березуев О.В., Казакова Н.В.</b> Методы стратегического менеджмента в управлении инвестиционной деятельностью предприятия.....	165
<b>Вилкова Ю.В.</b> Интернет-обучение как элемент системы повышения квалификации работников региональных банков группы ОАО АКБ «Пробизнесбанк».....	170
<b>Давыдов С.А.</b> Особенности государственного финансового стимулирования инвестиционной деятельности в России и странах с развитой экономикой.....	176
<b>Кузнецов В.В., Лящевский А.П., Крайнюков А.Н.</b> Многокритериальная оценка инновационных проектов.....	182
<b>Куликова М.В., Иванилова С.В.</b> Долгосрочное планирование финансирования инновационной деятельности на основе бюджетирования денежных потоков.....	187
<b>Лопухин В.Ю.</b> Сущность, содержание и задачи организации труда на предприятии.....	194
<b>Пакина А.А.</b> Формирование эффективной модели развития человеческих ресурсов финансовой организации.....	198
<b>Пчелинцева И.Н., Чебуркаева О.С.</b> Особенности оценки эффективности социального инвестирования.....	203
<b>Фирсова А.А.</b> Внебюджетные фонды финансирования инновационной деятельности в России.....	209

**СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ**

<b>Бексаева Н.А.</b> Социальная эксклюзия геронтологической группы.....	217
<b>Ворона М.А.</b> Студенческая занятость сквозь призму ключевых социологических парадигм.....	221
<b>Елютина М.Э., Кац Ю.А.</b> Механизмы социальной идентификации представителей третьего возраста.....	225
<b>Елютина М.Э., Темаев Т.В., Евдокимов В.А.</b> Условия институционализации социального страхования в России.....	231
<b>Сергеев Д.А.</b> Социальные аспекты безопасности АЭС в динамике переходных социальных отношений.....	236
<b>Смолькин А.А.</b> Социальное проектирование отношения к старости.....	240

**ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ**

<b>Бородич В.В.</b> Социально-экономический аспект постановлений ЦК ВКП(б) по искусству и музыкальной жизни России в 1946-1953 гг. (на материалах Нижнего Поволжья).....	248
<b>Максимова Л.Н.</b> Перспективы изучения феномена профессиональной культуры.....	256
<b>Руст А.М.</b> Применение эконометрического подхода в системах менеджмента качества.....	262

## CONTENTS

**PROBLEMS OF NATURAL SCIENCES**

- Gestrin S.G., Zhivotova E.A., Salnicov A.N.** Wind instability and elastic oscillations of thin puzzle.....7
- Chekurkov N.A.** Algorithm and method of calculation of non-uniform shell constriction interplaying with the non-linear deformation laminose foundation .....14
- Shlyakhov S.M., Krivolina E.F.** Thermoelasticity problem for a cilinder of porosity material with porosity which changes along length and radius .....18

**MACHINE RELIABILITY**

- Arzumanyan A.M., Manukyan O.S.** Mathematical modelling of temperature field at parameter controlling process of materials processing by cutting .....27
- Bagaiskov Yu.S., Shumatcher V.M.** Abrasive tools pore structure formation.....31
- Kozhuhovskaja L.J., Perelygina T.I.** Designing features of turning operations of processings on computer control machine tools .....37
- Korolev A.V., Melentev V.A.** Side spinning technology research at rings manufacturing.....42
- Kurnosov N.E., Tarnopolskij A.V.** Technology of vortical preparation and submission of air-liquid aerosols of cooling technological environments at processing by cutting .....45
- Tihonov D.A.** Working surfaces roughness experimental research results of round cutters with the hard-wearing matting processed by the diamond burnishing.....49

**NEW MATERIALS AND TECHNOLOGIES**

- Lyasnikova A.V., Sakalla A.M.** Electroplasma spraying nanostructured biocompositional coating in powerful ultrasound field .....54
- Ponomareva K.Yu., Kosobudsky I.D., Yurkov G.Yu., Kochubey V.I.** Cadmium and zinc sulfides nano-particle Structures research synthesized in a matrix of low density polythene .....60
- Scherbinina O.N., Medvedeva N.G.** Lead electrode modification in a bismuth salt solution.....65

**AUTOMATION AND MANAGEMENT**

- Vjalov V.V., Gorbunov V.V., Ignatjev S.A.** Vortex-current quality control of bearings rollers blanket as an adjusting method of grinders operation .....69

**INFORMATION TECHNOLOGIES**

- Klinaev Y.V., Monahova O.A.** Computer-based forecasting of the dynamics of critical states using wavelet analysis of biomedical signals.....74

**ELECTRONICS AND INSTRUMENT MARKING**

- Bankovskiy A.S., Zaharov A.A.** Electrical properties of spatially-inhomogeneous low-temperature plasma of a positive column of a lightning discharge in a transversal magnetic field.....83
- Bespalov N.N., Golembiovsky J.M., Il'yin M.V.** Power semi-conductor devices thermal characteristics definition method .....88
- Bykov R.V., Ushakov N.M.** Reverse optical media use for multiplexing/demultiplexing of optical signals in fiber-optic communication devices .....95
- Kiselev V.A.** Metrological requirements shown to means of temperature stability control of constant magnets and magnetic systems .....100
- Skvortsov A.A.** Approximate analytical calculation of transmission characteristics of stub bifurcations of waveguides on broad wall over rectangular waveguides with single and double T-ridges ..... 107
- Sysoev V.V., Zyuryukin Yu.A.** «Electronic nose» type gas-recognition multisensor systems: a brief literature survey.....111

**ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION**

- Denisova A.P., Ignatyev A.S.** New design of float type floating roof .....120  
**Komlev A.A.** Typological aspects of architectural designing of the Saratov gubernia rural schools at the end of XIX – the beginning of XX centuries.....124

**POWER ENGINEERING AND ELECTRICAL ENGINEERING**

- Usachyov A.P., Rulev A.V., Frolov A.U., Usacheva T.A.** Elektroheat analogy and its application to heatchange problem decision in serpentine vaporizer liquefied hydrocarbon gas with solid-state heatcarrier .....128  
**Usachyov A.P., Shurajts A.L.** Gasdynamic resistances determination model at vapor-liquid mixtures current in pipe lines of liquefied hydrocarbon gas at conditions of heat-exchange with surroundings .....132  
**Usachyov A.P., Shurajts A.L., Feoktistov A.A.** System approach application in development of safety provision of liquefied gas mini-hen depot.....140

**ECOLOGY**

- Jakovlev B.N.** Methane-tank buildings categorization according to their explosive and fire safety features .....151

**ECONOMICS**

- Astafieva N.V.** State-private partnership development in regional innovational system .....155  
**Baklushina O.A.** Innovations in educational processes of a higher educational institution .....162  
**Berezuev O.V., Kazakova N.V.** Strategic management methods in investment management .....165  
**Vilkova Yu.V.** The internet-training as an element of the personnel qualification improvement system of regional bank group JSC probusinessbank .....171  
**Davidov S.A.** State financial stimulation peculiarities of the investment activities in Russia and other countries with developed economies.....176  
**Kuznetsov V.V., Lyashetkii A.P., Krainioukov A.N.** Multi criteria estimation of innovation projects .....182  
**Kulikova M.V., Ivanilova S.V.** Long-term financial planning of an innovation activity on the base of funds flow budgeting .....187  
**Lopoukhine V.Yu.** Nature, contents and problems of labour organization of an enterprise .....194  
**Pakina A.A.** Effective model formation of human resources development of a financial organization..... 198  
**Pchelintseva I.N., Cheburkaeva O.S.** Social investment efficiency estimation features .....203  
**Firsova A.A.** Off-budget funds for innovation activity financing in Russia .....209

**SOCIAL PROBLEMS OF THE PRESENT**

- Bexaeva N.A.** Social exclusion of gerontological group .....217  
**Vorona M.A.** Students' employment in the light of key sociological paradigms .....221  
**Elutina M.E., Katz Yu.A.** The mechanisms of social identification of third age representatives .....226  
**Elutina M.E., Temaev T.V., Evdokimov V.A.** The terms of institutionalization of social insurance in Russia .....232  
**Sergejev D.A.** Social safety aspects of nuclear power plants in dynamics of the transitive social relations .....236  
**Smolkin A.A.** Social planning of the attitude toward the old age .....241

**HUMANITIES**

- Borodich V.V.** Socio-economic factor of resolutions of central committee of VKP(b) on art and the musical life of Russia in 1946-1953 (based on materials of the lower Volga region) .....248  
**Maximova L.N.** Professional culture phenomenon research prospects .....256  
**Rust A.M.** Econometric approach application in quality management systems .....262

---

---

## ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

---

---

УДК 539.3:534.1; 532.526

С.Г. Гестрин, Е.А. Животова, А.Н. Сальников

### ВЕТРОВАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ И УПРУГИЕ КОЛЕБАНИЯ ТОНКОЙ ПЛАСТИНКИ

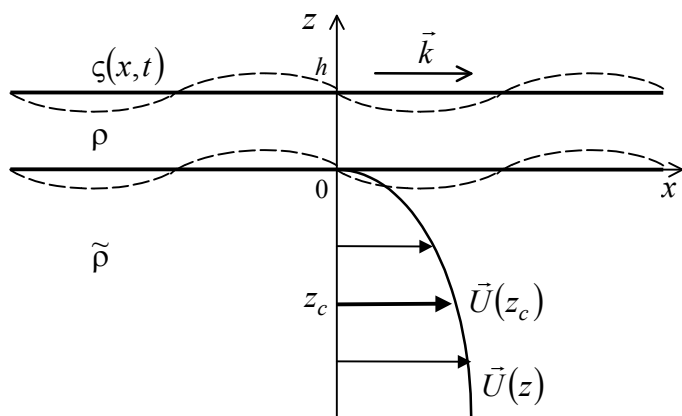
*Показано, что ветровая неустойчивость неоднородного течения с профилем скорости может приводить к развитию упругих колебаний тонкой пластинки с характерной длиной волны. Получены дисперсионное уравнение и инкремент неустойчивости, обладающий максимумом в длинноволновом диапазоне. Исследованы решения уравнения Рэлея вблизи полюса.*

S.G. Gestrin, E.A. Zivotova, A.N. Salnicov

### WIND INSTABILITY AND ELASTIC OSCILLATIONS OF THIN PUZZLE

*It is shown here that the wind instability in inhomogeneous flow with velocity profile may give rise to the development of elastic oscillations of thin puzzle with characteristic wavelength. The dispersion relation and the instability growth rate which have maximum in the long-wave region were obtained in the article. The solutions of Rayleigh equation near the pole where investigated here as well.*

Одна из основных задач теории гидродинамической неустойчивости – это задача о генерации волновых возмущений сдвиговыми потоками [1]. В этом плане наиболее простой и хорошо изученной является неустойчивость Кельвина-Гельмгольца (КГ), развивающаяся на тангенциальном разрыве скорости [2]. Значительно более сложной является задача о взаимодействии волн различной природы с течением, в котором скорость изменяется непрерывно по координате  $z$ . Было показано [3], что нарастание волн на поверхности глубокой воды связано с их резонансным взаимодействием с воздушным течением над поверхностью. Резонансное усиление поверхностных волн происходит в критическом слое сдвигового потока, где его скорость  $U(z_c)$  близка к фазовой скорости поверхностной волны. Данный механизм мы в дальнейшем будем называть ветровой неустойчивостью. В работах [4-6] был изучен магнитогидродинамический аналог ветровой неустойчивости, в котором поверхностная альфвеновская волна нарастала вследствие взаимодействия со сдвиговым течением замагниченной плазмы. Была исследована устойчивость плоской границы раздела двух сред, цилиндрической струи, разрыва угловой скорости вращения жидкости для дозвуковых и сверхзвуковых движений.



Механизмы перечисленных выше неустойчивостей привлекались рядом авторов для описания широкого круга волновых процессов, начиная от раскочки волн на поверхности океана и в атмосфере Земли [7] и заканчивая образованием колоссальных волновых структур, наблюдаемых в ряде астрофизических объектов: кометных хвостах, выбросах из активных ядер галактик, галактических дисках и т.п. [4-6]. Основная сложность описания в рамках неустойчивости

КГ состоит в невозможности объяснить выделенность длины волны наблюдаемой структуры, так как инкремент неустойчивости КГ не имеет максимума в длинноволновой области.

Ветровая неустойчивость естественно приводит к наличию характерного масштаба  $\lambda_{\max}$  наиболее быстро растущих волн. Инкремент ветровой неустойчивости имеет максимум, когда резонансный слой находится на расстоянии порядка  $\lambda/4\pi$  от границы раздела.

Ветровая неустойчивость с физической точки зрения аналогична затуханию, или нарастанию в неустойчивом случае колебаний в бесстолкновительной плазме по механизму Ландау.

Резонанс реализуется между поверхностной волной и частицами среды в гидродинамическом потоке. Частицы жидкости, движущиеся в резонансном слое и обгоняющие волну, отдают ей энергию, а отстающие отбирают. Если обгоняющих частиц больше, то волна усиливается [2].

Исследуем резонансное взаимодействие волн изгиба в тонкой пластинке с обтекающим ее квазиламинарным гидродинамическим потоком, в котором пренебрегаем вязкостью и нелинейными эффектами. Движение жидкости предполагаем плоскопараллельным, причем в качестве  $U(z)$  выбираем логарифмический профиль средней скорости, характерный для турбулентного погранслоя над гладкой твердой поверхностью. Как известно, в этом случае возмущение скорости в потоке удовлетворяет уравнению Рэлея. Такой подход к описанию течения впервые применялся Майлсом [3].

Предположим, что пластинка имеет толщину  $h$  и расположена перпендикулярно к оси  $Z$  (см. рисунок). Граница между пластинкой и жидкостью совпадает с плоскостью  $XY$ . Жидкость занимает нижнее полупространство ( $z < 0$ ) и движется со скоростью  $U(z)$ . Уравнение, описывающее свободные колебания пластинки, имеет вид [8]:

$$\rho h \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} = -D \frac{\partial^4 \zeta}{\partial x^4}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность материала пластинки;  $\zeta$  – вертикальное смещение ее точек (компоненты смещения этих точек в плоскости  $XY$  являются величинами второго порядка малости по сравнению с  $\zeta$  и потому полагаются равными 0 [8])

$$D = \frac{E h^3}{12(1 - \sigma_0^2)}. \quad (2)$$

В формуле (2)  $E$  – модуль Юнга;  $\sigma_0$  – коэффициент Пуассона. При наличии жидкости к правой части уравнения (1) прибавим давление жидкости  $p$  и на поверхности пластинки получим:

$$\rho h \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} = -D \frac{\partial^4 \zeta}{\partial x^4} + p(x, y) \Big|_{z=0}. \quad (3)$$



Возмущенные величины в жидкости будем искать в виде бегущих волн  $p = p(z)\exp i(kx - \omega t)$  и т.п. Из системы уравнений гидродинамики находим:

$$p = i \frac{\tilde{\rho}}{k^2} [v'_z \omega + k U'_0 v_z], \quad v_z = -i \omega \tilde{\zeta}, \quad (4)$$

где  $v_z, \tilde{\zeta}, \tilde{\rho}$  –  $z$ -компонента скорости, вертикальное смещение точек, плотность жидкости соответственно,  $U'_0 \equiv U'(z=0)$ , штрихом обозначена производная по  $z$ .

Величина  $v_z$  удовлетворяет уравнению Рэлея:

$$v_z'' - v_z \left( \frac{U''(z)}{U(z) - \frac{\omega}{k} - i\delta} + k^2 \right) = 0, \quad (5)$$

где  $\delta > 0$  – малая добавка, определяющая правило Ландау – Линия обхода особой точки при  $\text{Im } \omega = 0$  [1]:

$$U(z_c) = \text{Re} \frac{\omega}{k}. \quad (6)$$

Считая, что  $\zeta = \zeta_0 \exp i(kx - \omega t)$  и  $\zeta = \tilde{\zeta}$  на возмущенной поверхности пластины, из (3) и (4) находим дисперсионное уравнение для поверхностных волн:

$$D k^4 - \rho h \omega^2 = \frac{\tilde{\rho}}{k^2} \left[ \left( \frac{v'_z}{v_z} \right)_{z=0} \omega + k U'_0 \right] \omega. \quad (7)$$

Входящая в (7) величина  $(v'_z/v_z)_{z=0}$  может быть представлена в виде:

$$\left( \frac{v'_z}{v_z} \right)_{(z=0)} \approx k + i \text{Im} \left( \frac{v'_z}{v_z} \right)_{(z=0)}. \quad (8)$$

Мнимая часть в выражении (8), как будет показано ниже, может быть определена из уравнения (5).

Когда жидкость неподвижна, из (7) получим следующую связь между  $\omega$  и  $k$ :

$$\omega^2 = D \frac{k^5}{\tilde{\rho} + h \rho k}, \quad (9)$$

что совпадает с полученным ранее в [8]. Если в жидкости существует профиль скорости и реализуется условие резонанса (6), то частота имеет малую мнимую часть, определяющую инкремент ветровой неустойчивости  $\omega = \omega_R + i\gamma$ . При  $\rho \gg \tilde{\rho}$  из (7) находим первые два члена разложения  $\omega_R$  в ряд по степеням  $(\tilde{\rho}/\rho)$ .

$$\omega_R \approx k^2 \sqrt{\frac{D}{\rho h}} - \frac{1}{2} \frac{\tilde{\rho}}{\rho} \left( k^2 \sqrt{\frac{D}{\rho h}} + U'_0 \right) \frac{1}{hk}, \quad (10)$$

$$\gamma \approx -\frac{1}{2} \frac{\tilde{\rho} D^{1/2}}{\rho^{3/2} h^{3/2}} \text{Im} \left( \frac{v'_z}{v_z} \right)_{(z=0)}. \quad (11)$$

Для определения входящей в инкремент мнимой части (8) записываем уравнение, сопряженное к уравнению Рэлея:

$$v_z^{*'} - v_z^* \left( \frac{U''(z)}{U(z) - \frac{\omega}{k} + i\delta} + k^2 \right) = 0. \quad (12)$$

Умножая (5) на  $v_z^*$ , а (12) на  $v_z$  и вычитая (12) из (5), а затем интегрируя полученную разность по  $z$  от 0 до  $-\infty$  с учетом вклада полюса, получим:

$$\operatorname{Im}\left(\frac{v_z'}{v_z}\right)_{(z=0)} = \pi \frac{U''(z_c) |v_z(z_c)|^2}{|U'(z_c)| |v_z(0)|^2}. \quad (13)$$

Как видно из уравнений (13) и (11), величина инкремента ветровой неустойчивости определяется решением уравнения Рэлея вблизи полюса (см. приложение).

Учитывая, что при большом значении  $k$  ( $k|z_c| \gg 1$ ) отношение  $|v_z(z_c)|^2/|v_z(0)|^2 \approx \exp(-2k|z_c|)$ , и подставляя (13) в (11), находим инкремент неустойчивости:

$$\gamma \approx -\frac{\pi}{2} \frac{\tilde{\rho} D^{1/2}}{\rho^{3/2} h^{3/2}} \frac{U''(z_c)}{|U'(z_c)|} \exp(-2k|z_c|). \quad (14)$$

Предполагаем в дальнейшем, что вблизи поверхности пластины при  $z < 0$  в жидкости формируется логарифмический пограничный слой [2]:

$$U(z) = 2,5 v_* \ln \frac{|z| v_*}{0,13 v}. \quad (15)$$

Данное выражение справедливо для  $|z| > v/v_*$ , где  $v$  – вязкость жидкости,  $v_* = \sqrt{\tilde{\sigma}/\tilde{\rho}}$ ,  $\tilde{\sigma}$  – сила трения, действующая на единицу площади поверхности пластинки. Непосредственно к пластинке прилегает тонкая прослойка жидкости  $|z| < v/v_*$ , называемая вязким подслоем, в котором профиль скорости линейный:  $U(z) = |z| v_*^2/v$ .

Предполагая, что резонансный слой, определяемый выражением (6), находится внутри логарифмического слоя (15), и вычисляя производные в (14), находим:

$$\gamma \approx \frac{\pi}{2} \frac{\tilde{\rho} D^{1/2}}{\rho^{3/2} h^{3/2} |z_c|} \exp(-2k|z_c|). \quad (16)$$

Из выражения (16) видно, что при  $k|z_c| \gg 1$  инкремент неустойчивости спадает экспоненциально.

В случае малого волнового числа  $k < k_* \equiv 10 v_* (\rho h/D)^{1/2}$ , когда фазовая скорость рассматриваемой волны  $v_\phi < 10 v_*$ , ее совпадение со скоростью потока осуществляется в вязком подслое [2]. Для таких волн, как следует из (14), инкремент неустойчивости  $\gamma=0$ , так как профиль скорости здесь линейный и  $U''(z)=0$ .

Таким образом, инкремент ветровой неустойчивости имеет максимум при

$$2k|z_c(k)| \approx 1. \quad (17)$$

Заметим, что  $z_c = z_c(k)$ , так как фазовая скорость рассматриваемых волн согласно (10) является функцией  $k$ .

Рассмотрим пример для алюминиевой пластинки толщиной  $h=1$  мм, помещенной в воздушный поток. Для Al:  $E \approx 70$  ГПа,  $\sigma_0 \approx 0,34$ ,  $\rho \approx 2,7 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Предполагая, что  $\tilde{\sigma} = 0,1$  Н/м<sup>2</sup>,  $\tilde{\rho} = 1,293$  кг/м<sup>3</sup> (воздух),  $v = \eta/\tilde{\rho}$ ,  $\eta = 17,2$  мкПа·с, находим  $v_* = 0,278$  м/с. Из (17) и условия резонанса (6), записанного для профиля (15), определим длину наиболее быстро растущего возмущения  $\lambda_{\max} \approx 1,439$  м, а также положение резонансного слоя:  $z_c(k_{\max}) \approx 0,114$  м ( $k_{\max} \equiv 2\pi/\lambda_{\max}$ ).

Для того, чтобы резонансное взаимодействие могло реализоваться, необходимо, чтобы скорость натекающего потока превосходила фазовую скорость волн изгиба в пластинке  $U_{\max} > \omega_R/k_{\max} \approx 6,826$  м/с. При этом  $\omega_R \approx 29,807$  с<sup>-1</sup> и  $\gamma \approx 3,794$  с<sup>-1</sup>.

Для слоя льда модуль Юнга и коэффициент Пуассона могут быть определены по продольной  $c_l=2700$  м/с и поперечной  $c_t=1500$  м/с скорости звука и по плотности льда  $\rho=0,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> [9]:

$$E = \frac{\rho c_l^2 (3c_l^2 - 4c_t^2)}{(c_l^2 - c_t^2)} = 8,377 \text{ ГПа}, \quad \sigma_0 = \frac{c_l^2 - 2c_t^2}{2(c_l^2 - c_t^2)} = 0,277. \quad (18)$$

При толщине льда  $h=3$  мм имеем:  $D \approx 20,415$  Н·м,  $\lambda_{\max} = 2,406$  м,  $z_c(k_{\max}) \approx 0,191$  м,  $\omega_R \approx 18,76$  с<sup>-1</sup>,  $\gamma \approx 3,984$  с<sup>-1</sup>. Необходимая скорость потока  $U_{\max} > \omega_R/k_{\max} \approx 7,182$  м/с.

Как видно из рассмотренных примеров для алюминия и льда, инкремент ветровой неустойчивости  $\gamma(k_{\max})$  имеет существенную величину, что приводит к быстрому нарастанию волн изгиба. Ветровая неустойчивость может препятствовать образованию сплошного слоя льда при замерзании водоема, раскалывая его на льдины размером порядка  $\approx \lambda_{\max}$ .

Исследованная в работе ветровая неустойчивость возникает вследствие резонансного взаимодействия волн изгиба в пластинке с обтекающим ее гидродинамическим потоком. Наличие максимума инкремента приводит, в отличие от других видов неустойчивости, к возникновению выделенного масштаба возмущений. Из приведенных оценок следует, что неустойчивость имеет место уже при весьма небольшой скорости обтекания.

### **Приложение: решение уравнения Рэля вблизи особой точки**

Как видно из (11) и (13), величина инкремента ветровой неустойчивости определяется структурой решений уравнения Рэля вблизи особой точки. Разлагая  $U(z)$  в ряд Тейлора вблизи особой точки, получим из (5):

$$v_z'' - v_z \left( \frac{U''(z_c)/U'(z_c)}{z - z_c} + k^2 \right) = 0. \quad (П.1)$$

Перейдем в (П.1) к безразмерной переменной  $x = 2k(z - z_c)$ :

$$\frac{d^2 v_z}{dx^2} - v_z \left( \frac{U''(z_c)/U'(z_c)}{2kx} + \frac{1}{4} \right) = 0. \quad (П.2)$$

Используя обозначение  $\lambda \equiv -U''(z_c)/U'(z_c)2k$ , из (П.2) получим:

$$v_z'' + v_z \left( -\frac{1}{4} + \frac{\lambda}{x} \right) = 0. \quad (П.3)$$

Данное уравнение является частным случаем уравнения Уиттекера [10]:

$$v_z'' + v_z \left( -\frac{1}{4} + \frac{\lambda}{x} - \frac{m^2 - \frac{1}{4}}{x^2} \right) = 0. \quad (П.4)$$

При  $m = \pm 1/2$  уравнение Уиттекера совпадает с уравнением Рэля в форме (П.3). Если  $2m$  не равно никакому целому числу, то общим решением будет:

$$\begin{aligned} v_z &= C_1 M_{\lambda, m}(x) + C_2 M_{\lambda, -m}(x), \\ M_{\lambda, m}(x) &= e^{-\frac{x}{2}} x^{m+\frac{1}{2}} F\left(m + \frac{1}{2} - \lambda, 2m + 1, x\right) = \\ &= e^{-\frac{x}{2}} x^{m+\frac{1}{2}} \left[ 1 + \frac{m - \lambda + \frac{1}{2}}{!(2m + 1)} x + \frac{\left(m - \lambda + \frac{1}{2}\right)\left(m - \lambda + \frac{3}{2}\right)}{2!(2m + 1)(2m + 2)} x^2 + \dots \right], \end{aligned} \quad (П.5)$$

$$M_{\lambda,-m}(x) = e^{-\frac{x}{2}} x^{-m+\frac{1}{2}} F\left(-m+\frac{1}{2}-\lambda, -2m+1, x\right) = e^{-\frac{x}{2}} x^{-m+\frac{1}{2}} \left[ 1 + \frac{-m-\lambda+\frac{1}{2}}{1!(-2m+1)} x + \frac{\left(-m-\lambda+\frac{1}{2}\right)\left(-m-\lambda+\frac{3}{2}\right)}{2!(-2m+1)(-2m+2)} x^2 + \dots \right], \quad (\text{П.6})$$

где F – вырожденная гипергеометрическая функция.

Если  $2m$  – целое число, то, по крайней мере, одна из двух функций  $M(x)$  является решением. Видно, что при  $m=1/2$  знаменатели в  $M_{\lambda,-m}(x)$  обратятся в 0. Функция  $M_{\lambda,m}(x)$  остается решением.

$$M_{\lambda,\frac{1}{2}}(x) = e^{-\frac{x}{2}} x \left[ 1 + \frac{1-\lambda}{2} x + \frac{(1-\lambda)\left(\frac{5}{2}-\lambda\right)}{2! \cdot 2 \cdot 3} x^2 + \dots \right], \quad (\text{П.7})$$

из которого следует, что решение  $M_{\lambda,\frac{1}{2}}(x)$  в особой точке  $x=0$  обращается в ноль.

Для нахождения второго решения вблизи особой точки, пренебрежем в уравнение Уиттекера в ее окрестности слагаемым  $1/4$  по сравнению с  $\lambda/x$ , тогда получим:

$$x v_z'' + \lambda v_z = 0. \quad (\text{П.8})$$

Равенство (П.8) может быть выполнено в двух случаях.

Во-первых, если  $v_z''(x=0) = \text{const}$ ;  $v_z \sim x$ . Данная ситуация соответствует уже найденному решению  $M_{\lambda,\frac{1}{2}}(x)$ . Действительно, при  $x \ll 1$  из (П.7) находим  $M_{\lambda,\frac{1}{2}}(x) \approx x$ ,  $M_{\lambda,\frac{1}{2}}''(x) \approx -1$ .

Во-вторых, если  $v_z'' \sim x^{-1}$  и  $v_z = \text{const}$ . Интегрируя (П.8), находим:

$$v_z(z) \approx v_z(z_c) \left( 1 + \frac{U''(z_c)}{U'(z_c)} (z - z_c) \ln 2k(z - z_c) \right). \quad (\text{П.9})$$

Найденное таким образом решение (П.9) остается конечным в точке  $z = z_c$ .

Другим решением уравнения Уиттекера является функция  $W_{\lambda,m}(x)$ . Если  $2m$  – не целое число, то

$$W_{\lambda,m}(x) = \frac{\Gamma(-2m)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}-m-\lambda\right)} M_{\lambda,m}(x) + \frac{\Gamma(2m)}{\Gamma\left(\frac{1}{2}+m-\lambda\right)} M_{\lambda,-m}(x). \quad (\text{П.10})$$

Если  $2m$  – целое число (в нашем случае 1), то функция  $M_{\lambda,-m}(x)$  теряет смысл. В этом случае в качестве линейно независимых решений уравнения Уиттекера можно взять функции  $M_{\lambda,\frac{1}{2}}(x)$  и  $W_{\lambda,\frac{1}{2}}(x)$ . При малом значении  $x$ :

$$W_{\lambda,\frac{1}{2}}(x) \approx \frac{1}{\Gamma(1-\lambda)} + x O(|\ln x|). \quad (\text{П.11})$$

Таким образом,  $W_{\lambda,\frac{1}{2}}(x)$  представляет собой решение, ограниченное при  $x=0$ , что подтверждает упрощенные вычисления, проделанные выше.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Степанянц Ю.А. Распространение волн в сдвиговых гидродинамических течениях / Ю.А. Степанянц, А.Л. Фабрикант // Успехи физических наук. 1989. Т. 159. Вып. 1. С. 83-123.
2. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. М.: Наука, 1986. 736 с.
3. Бетчов Р. Вопросы гидродинамической устойчивости / Р. Бетчов, В. Криминале. М.: Мир, 1971. 340 с.
4. Гестрин С.Г. Ветровая неустойчивость и спиральные структуры в кометных хвостах / С.Г. Гестрин, В.М. Конторович // Письма в астрономический журнал. 1984. Т. 10. № 10. С. 790-796.
5. Гестрин С.Г. Ветровая неустойчивость и винтовые возмущения релятивистских замагниченных струй / С.Г. Гестрин, В.М. Конторович // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1986. Т. 91. № 3. С. 779-791.
6. Гестрин С.Г. Ветровая неустойчивость в астрофизике (применительно к джетам, кометным хвостам, спиральной структуре галактик) / С.Г. Гестрин, В.М. Конторович // Радиофизика и радиоастрономия. 1998. Т. 3. № 3. С. 259-272.
7. Филлипс О.М. Динамика верхнего слоя океана / О.М. Филлипс. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 280 с.
8. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т. VII. Теория упругости / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. М.: Наука, 1987. 246 с.
9. Кларк С. Справочник физических констант горных пород / С. Кларк. М.: Мир, 1969. 543 с.
10. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям / Э. Камке. М.: Наука, 1965. 703 с.

**Гестрин Сергей Геннадьевич –**

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

**Животова Екатерина Алексеевна –**

ассистент кафедры «Прикладная физика»  
Саратовского государственного технического университета

**Сальников Александр Николаевич –**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная физика»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 30.10.06, принята к опубликованию 05.12.06*

УДК 539.3

**Н.А. Чекурков**

**АЛГОРИТМ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА НЕОДНОРОДНОЙ ОБОЛОЧЕЧНОЙ  
КОНСТРУКЦИИ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩЕЙ С НЕЛИНЕЙНО ДЕФОРМИРУЕМОЙ  
СЛОИСТОЙ СРЕДОЙ**

*Предлагается метод расчета оболочечных конструкций с локальной неоднородностью, взаимодействующей с многослойным основанием. Ма-*

*тематическая модель для материала слоев основания строится на основе деформационной теории пластичности. Построен алгоритм численных исследований и приводятся результаты расчета деформации оболочечной конструкции, взаимодействующей с двухслойным основанием, с учетом неоднородности в конструкции.*

**N.A. Chekurkov**

**ALGORITHM AND METHOD OF CALCULATION OF NON-UNIFORM SHELL CONSTRUCTION INTERPLAYING WITH THE NON-LINEAR DEFORMATION LAMINOSE FOUNDATION**

*The method of calculation of shell construction with the local heterogeneity cooperating with the multilayered basis is offered in the article. The mathematical model for a material of layers of the basis is under construction on the basis of the deformation theory of plasticity. The algorithm of numerical researches is constructed and results of calculation of deformation of shell construction cooperating with the two-layer basis are given here, considering the heterogeneity in a design.*

Разработка и внедрение эффективных методов расчета сооружений является актуальной проблемой современного строительства. В настоящее время в городах Поволжского региона наблюдается явление подтопления. Подъем грунтовых вод приводит к изменению деформационных свойств основания, модуль деформации, например, может меняться в 3 раза. На грунтовые основания могут оказываться другие воздействия техногенного характера, и все это может приводить к их неоднородности и изменению физико-механических свойств. Одно из направлений решения данной проблемы связано с разработкой новых методов прогнозирования деформаций сооружений на основаниях, физико-механические свойства которых могут изменяться в процессе эксплуатации под влиянием нагрузок и различных факторов природного и техногенного характера.

Рассмотрим неоднородную оболочечную конструкцию, взаимодействующую с нелинейно деформируемой слоистой средой (рис. 1).

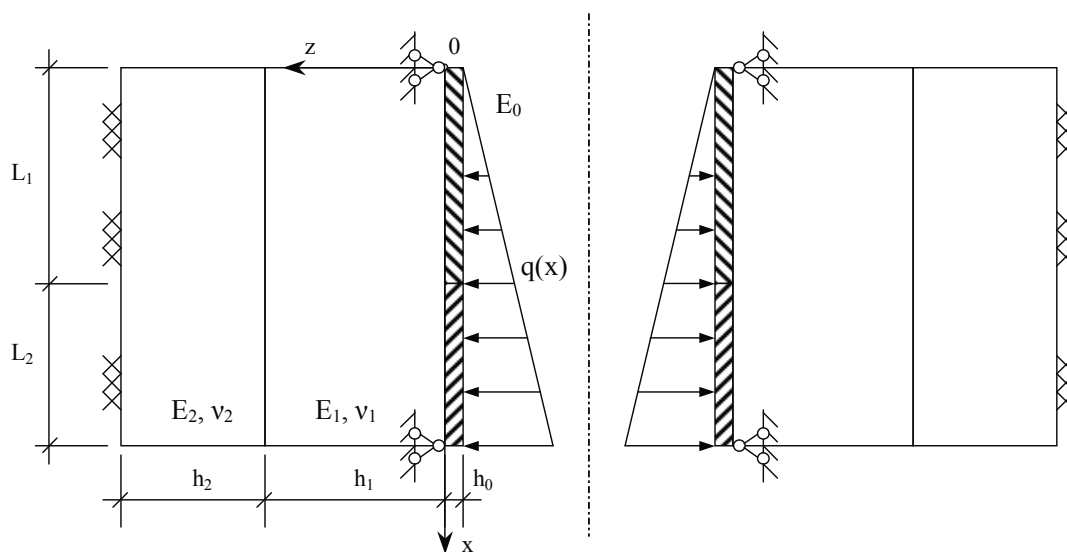


Рис. 1

В основу построения модели слоистой среды возьмем модель В.З.Власова-Н.Н. Леонтьева [1] и с использованием теории наведенной неоднородности [2, 3] получаем разрешающие уравнения, относительно приращений перемещений, для деформаций оболочечной конструкции, взаимодействующей со слоистой средой в случае плоской деформации:

$$\begin{aligned} & \frac{d^2}{dx^2} \left( EJ \cdot \frac{d^2 \Delta W_1}{dx^2} \right) + \frac{\Delta W_1}{R^2} \cdot \frac{B_{11}^{**} B_{22}^{**} - B_{12}^{**} B_{21}^{**}}{B_{11}^{**}} - \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H E_{33} \psi_k \psi_1 dz \right] \cdot \Delta W_k'' + \\ & - \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H \frac{\partial E_{33}}{\partial x} \psi_k \psi_1 dz + \int_0^H E_{32} \psi_k' \psi_1 dz - \int_0^H \frac{\partial E_{23}}{\partial z} \psi_k \psi_1' dz - \int_0^H E_{23} \psi_k' \psi_1' dz \right] \cdot \Delta W_k' - \\ & - \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H \frac{\partial E_{32}}{\partial x} \psi_k' \psi_1 dz - \int_0^H \frac{\partial E_{22}}{\partial z} \psi_k' \psi_1' dz - \int_0^H E_{22} \psi_k'' \psi_1' dz \right] \cdot \Delta W_k = \\ & = \Delta p + \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H \Gamma_{33} \psi_k \psi_1 dz \right] \cdot W_k'' + \\ & + \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H \frac{\partial \Gamma_{33}}{\partial x} \psi_k \psi_1 dz + \int_0^H \Gamma_{32} \psi_k' \psi_1 dz - \int_0^H \frac{\partial \Gamma_{23}}{\partial z} \psi_k \psi_1' dz - \int_0^H \Gamma_{23} \psi_k' \psi_1' dz \right] \cdot W_k' + \\ & + \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H \frac{\partial \Gamma_{32}}{\partial x} \psi_k' \psi_1 dz - \int_0^H \frac{\partial \Gamma_{22}}{\partial z} \psi_k' \psi_1' dz - \int_0^H \Gamma_{22} \psi_k'' \psi_1' dz \right] \cdot W_k, \end{aligned} \quad (1)$$

и

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H E_{33} \psi_k \psi_h dz \right] \cdot \Delta W_k'' + \\ & + \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H \frac{\partial E_{33}}{\partial x} \psi_k \psi_h dz + \int_0^H E_{32} \psi_k' \psi_h dz - \int_0^H \frac{\partial E_{23}}{\partial z} \psi_k \psi_h' dz - \int_0^H E_{23} \psi_k' \psi_h' dz \right] \cdot \Delta W_k' + \\ & + \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H \frac{\partial E_{32}}{\partial x} \psi_k' \psi_h dz - \int_0^H \frac{\partial E_{22}}{\partial z} \psi_k' \psi_h' dz - \int_0^H E_{22} \psi_k'' \psi_h' dz \right] \cdot \Delta W_k = \\ & = - \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H \Gamma_{33} \psi_k \psi_h dz \right] \cdot W_k'' - \\ & - \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H \frac{\partial \Gamma_{33}}{\partial x} \psi_k \psi_h dz + \int_0^H \Gamma_{32} \psi_k' \psi_h dz - \int_0^H \frac{\partial \Gamma_{23}}{\partial z} \psi_k \psi_h' dz - \int_0^H \Gamma_{23} \psi_k' \psi_h' dz \right] \cdot W_k' - \\ & - \sum_{k=1}^n \left[ \int_0^H \frac{\partial \Gamma_{32}}{\partial x} \psi_k' \psi_h dz - \int_0^H \frac{\partial \Gamma_{22}}{\partial z} \psi_k' \psi_h' dz - \int_0^H \Gamma_{22} \psi_k'' \psi_h' dz \right] \cdot W_k, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $h=2, \dots, n$ .  $\{E_{ij}\}_{i,j=1,3}$  и  $\{\Gamma_{ij}\}_{i,j=1,3}$  определяются выражениями (3);  $\Delta p(x)$  – приращение внешней заданной нагрузки;  $EJ = E \cdot h^3 \cdot b / (12 \cdot (1 - \nu^2))$  – изгибная жесткость.

$$\begin{aligned} E_{11} &= \frac{8}{9} \cdot \frac{E_C}{1 + \nu_C} + \beta \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot e_{11} - \frac{1}{3} \cdot e_{33} \right)^2 + \frac{E_0}{9 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}; \\ E_{12} &= \left( \frac{2}{3} \cdot e_{11} - \frac{1}{3} \cdot e_{33} \right) \cdot \left( -\frac{1}{3} \cdot e_{11} + \frac{2}{3} \cdot e_{33} \right) \cdot \beta + \frac{E_0}{9 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)} - \frac{E_C}{9 \cdot (1 + \nu_C)}; \\ E_{13} &= \left( \frac{2}{3} \cdot e_{11} - \frac{1}{3} \cdot e_{33} \right) \cdot e_{13} \cdot \beta; \\ E_{21} &= -\frac{1}{9} \cdot \frac{E_C}{1 + \nu_C} + \beta \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot e_{11} - \frac{1}{3} \cdot e_{33} \right) \cdot \left( -\frac{1}{3} \cdot e_{11} + \frac{2}{3} \cdot e_{33} \right) + \frac{E_0}{9 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}; \\ E_{22} &= \frac{8}{9} \cdot \frac{E_C}{1 + \nu_C} + \left( -\frac{1}{3} \cdot e_{11} + \frac{2}{3} \cdot e_{33} \right)^2 \cdot \beta + \frac{E_0}{9 \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}; E_{23} = \left( -\frac{1}{3} \cdot e_{11} + \frac{2}{3} \cdot e_{33} \right) \cdot e_{13} \cdot \beta; \\ E_{31} &= \left( \frac{2}{3} \cdot e_{11} - \frac{1}{3} \cdot e_{33} \right) \cdot e_{13} \cdot \beta; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 E_{32} &= \left( -\frac{1}{3} \cdot e_{11} + \frac{2}{3} \cdot e_{33} \right) \cdot e_{13} \cdot \beta; \quad E_{33} = \left( \frac{E_C}{1+\nu_C} + \beta \cdot e_{13}^2 \right); \\
 \Gamma_{11} &= \frac{2}{3} \cdot \left( 1 - \frac{2 \cdot \nu - 1}{2 \cdot (1 + \nu_C)} \cdot \frac{E_C}{E_0} \right) \cdot \frac{E_K^* - E_C^*}{1 + \nu_C} \cdot \left( 1 - \frac{1}{3} \cdot (1 + \nu_C) \cdot (2 \cdot \nu - 1) \times \right. \\
 &\quad \left. \times \frac{E_K^* - E_C^*}{E_0} \cdot 3 \cdot \left( (1 + \nu_C) \cdot \left( (2 \cdot \nu - 1) \cdot \frac{E_K^* - E_C^*}{E_0} + 2 + 2 \cdot \nu_C \right) \right)^{-1} \right); \\
 \Gamma_{12} &= -\frac{1}{3} \cdot \left( 1 - \frac{2 \cdot \nu - 1}{2 \cdot (1 + \nu_C)} \cdot \frac{E_C}{E_0} \right) \cdot \frac{E_K^* - E_C^*}{1 + \nu_C} \cdot \left( 1 - \frac{1}{3} \cdot (1 + \nu_C) \cdot (2 \cdot \nu - 1) \times \right. \\
 &\quad \left. \times \frac{E_K^* - E_C^*}{E_0} \cdot 3 \cdot \left( (1 + \nu_C) \cdot \left( (2 \cdot \nu - 1) \cdot \frac{E_K^* - E_C^*}{E_0} + 2 + 2 \cdot \nu_C \right) \right)^{-1} \right); \\
 \Gamma_{21} &= -\frac{1}{3} \cdot \left( 1 - \frac{2 \cdot \nu - 1}{2 \cdot (1 + \nu_C)} \cdot \frac{E_C}{E_0} \right) \cdot \frac{E_K^* - E_C^*}{1 + \nu_C} \cdot \left( 1 - \frac{1}{3} \cdot (1 + \nu_C) \cdot (2 \cdot \nu - 1) \times \right. \\
 &\quad \left. \times \frac{E_K^* - E_C^*}{E_0} \cdot 3 \cdot \left( (1 + \nu_C) \cdot \left( (2 \cdot \nu - 1) \cdot \frac{E_K^* - E_C^*}{E_0} + 2 + 2 \cdot \nu_C \right) \right)^{-1} \right); \\
 \Gamma_{22} &= \frac{2}{3} \cdot \left( 1 - \frac{2 \cdot \nu - 1}{2 \cdot (1 + \nu_C)} \cdot \frac{E_C}{E_0} \right) \cdot \frac{E_K^* - E_C^*}{1 + \nu_C} \cdot \left( 1 - \frac{1}{3} \cdot (1 + \nu_C) \cdot (2 \cdot \nu - 1) \times \right. \\
 &\quad \left. \times \frac{E_K^* - E_C^*}{E_0} \cdot 3 \cdot \left( (1 + \nu_C) \cdot \left( (2 \cdot \nu - 1) \cdot \frac{E_K^* - E_C^*}{E_0} + 2 + 2 \cdot \nu_C \right) \right)^{-1} \right); \\
 \Gamma_{33} &= \left( 1 - \frac{2 \cdot \nu - 1}{2 \cdot (1 + \nu_C)} \cdot \frac{E_C}{E_0} \right) \cdot \frac{E_K^* - E_C^*}{1 + \nu_C} \cdot \left( 1 - \frac{1}{3} \cdot (1 + \nu_C) \cdot (2 \cdot \nu - 1) \times \right. \\
 &\quad \left. \times \frac{E_K^* - E_C^*}{E_0} \cdot 3 \cdot \left( (1 + \nu_C) \cdot \left( (2 \cdot \nu - 1) \cdot \frac{E_K^* - E_C^*}{E_0} + 2 + 2 \cdot \nu_C \right) \right)^{-1} \right); \\
 \Gamma_{13} &= \Gamma_{23} = \Gamma_{31} = \Gamma_{32} = 0.
 \end{aligned}$$

Полученные дифференциальные уравнения позволяют приближенно определять напряженно-деформируемое состояние как слоистой среды, так и конструктивного элемента при различных воздействиях природного и техногенного характера, при этом уравнения учитывают как нелинейность среды основания, так и неоднородность, связанную со слоистостью среды.

Рассмотрим расчет деформаций неоднородной цилиндрической оболочки, взаимодействующей с нелинейно деформируемой слоистой средой.

Поставим модельную задачу – шарнирно опертая цилиндрическая оболочка, изотропная по координате  $\theta$  (в цилиндрической системе координат), нагруженная силой  $p=100$  кН. Длина оболочки  $L=6$  м, толщина стенки  $H_o=0,5$  м.

Для учета неоднородности модуля деформации материала оболочки воспользуемся известной функцией Хевисайда:

$$\Omega(x - x_0) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < x_0; \\ 1, & \text{если } x \geq x_0. \end{cases} \quad (4)$$

Тогда переменный модуль деформации  $E(x)$  может быть записан в виде:

$$E_o(x) = E_o^1 + (E_o^2 - E_o^1) \cdot \Omega(x - x_1). \quad (5)$$



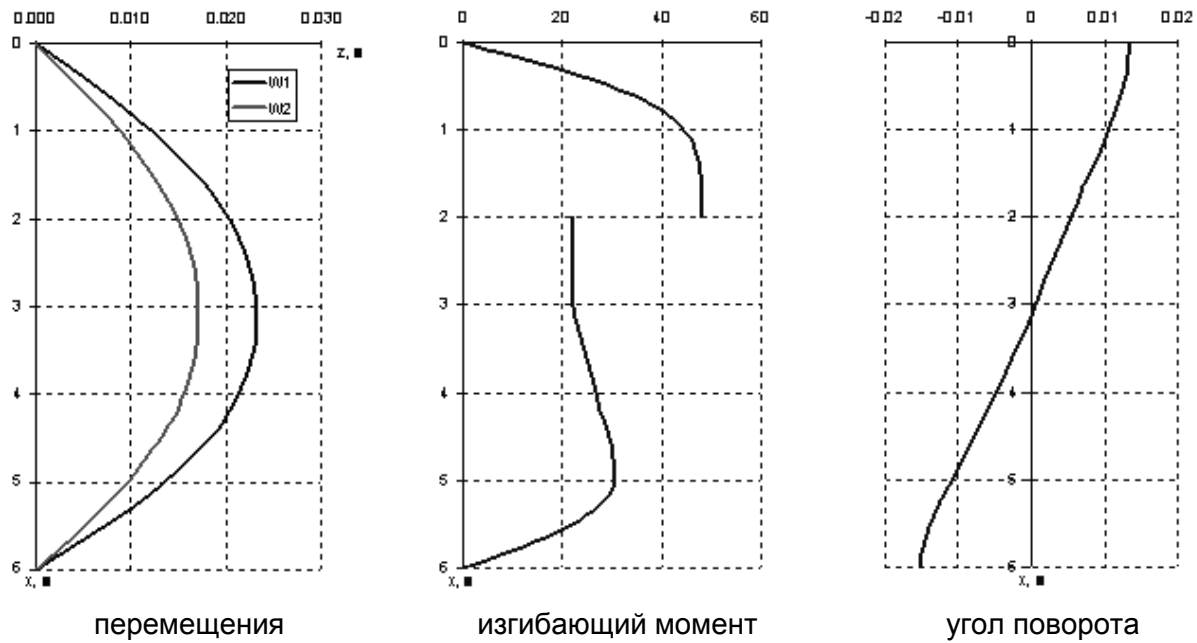


Рис. 2

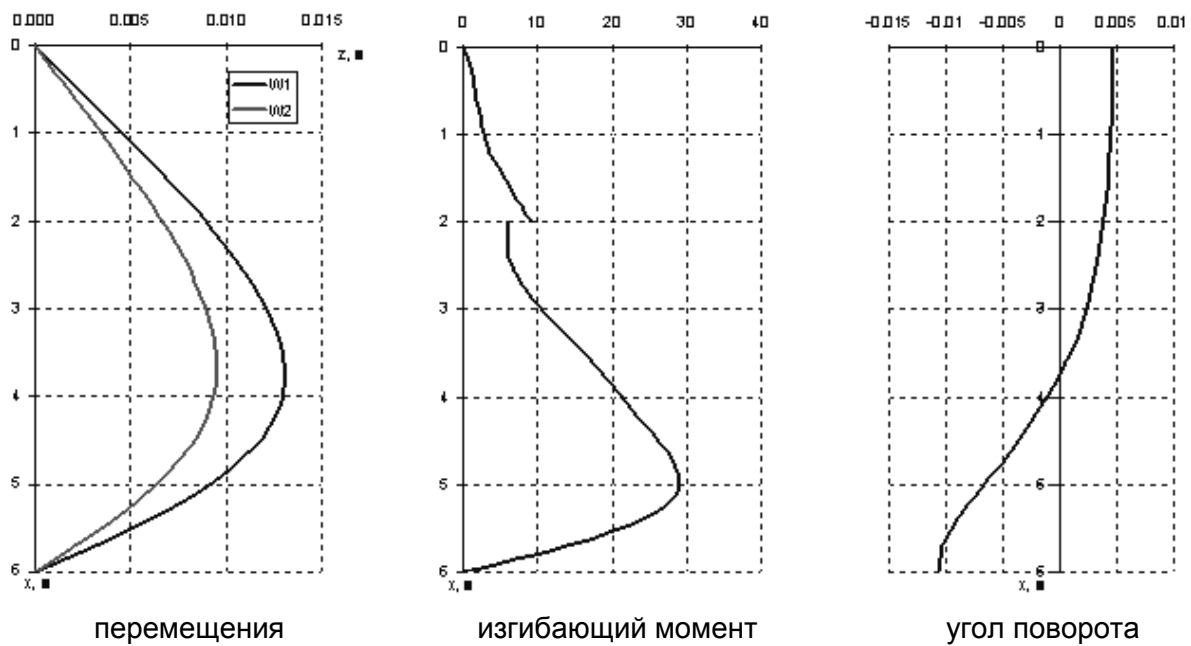


Рис. 3

Коэффициент Пуассона материала оболочки  $\nu_o=0,35$ , основания  $\nu=0,35$ . Толщина 1-го слоя основания  $h_1=1$  м, 2-го слоя основания  $h_2=2$  м. Модуль деформации 1-го слоя основания  $E_1=10000$  кПа, 2-го слоя –  $E_2=20000$  кПа.

Модуль деформации материала оболочки переменный, от 0 до  $x_1$  –  $E_o^1=18000$  МПа, от  $x_1$  до  $L$  –  $E_o^2=9000$  МПа, при этом  $x_1=2$  м.

Материал основания физически нелинейный. Физическая нелинейность слоев при этом характеризуется кубической диаграммой деформирования.

Рассматривая процесс нагружения, получаем графики перемещений срединной поверхности оболочки и поверхности 2-го слоя основания  $W_1$  и  $W_2$ ; угол поворота и изгибающий момент (рис. 2).

Рассмотрим аналогичную задачу, но в данном случае нагрузка увеличивается от 0 до 100 кН/м, от  $x=0$  м до  $x=6$  м.

Графики перемещений срединной поверхности оболочки и поверхности, угол поворота и изгибающий момент приведены на рис. 3.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Власов В.З. Избранные труды: в 3 т. / В.З. Власов. М.: Наука, 1964. Т. 3. 407 с.
2. Петров В.В. Теория наведенной неоднородности и ее приложения к проблеме устойчивости пластин и оболочек / В.В. Петров, В.К. Иноземцев, Н.Ф. Синева. Саратов: СГТУ, 1996. 312 с.
3. Петров В.В. Теория наведенной неоднородности и ее приложения к проблеме конструкций на неоднородном основании / В.В. Петров, В.К. Иноземцев, Н.Ф. Синева. Саратов: СГТУ, 2002. 260 с.
4. Селиванов Ф.С. Применение теории наведенной неоднородности для расчета деформаций слоистой среды на основе вариационного метода В.З. Власова: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ф.С. Селиванов. Саратов, 2004. 20 с.

**Чекурков Николай Александрович** –  
аспирант кафедры «Информатика»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 30.10.06, принята к опубликованию 05.12.06*

УДК 539.3

**С.М. Шляхов, Э.Ф. Кривулина**

#### **ЗАДАЧА ТЕРМОУПРУГОСТИ ДЛЯ ЦИЛИНДРА ИЗ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА С ПЕРЕМЕННОЙ ПО ДЛИНЕ И РАДИУСУ ПОРИСТОСТЬЮ**

*Предлагается решение задачи термоупругости для тела пористой структуры на основе механики сплошных сред, но с характеристиками материалов, скорректированными за счет пористости. Описан один из способов изготовления деталей и конструкций, выполненных из тугоплавких и жаропрочных материалов – использование технологии порошкового спекания.*

**S.M. Shlyakhov, E.F. Krivoulina**

#### **THERMOELASTICITY PROBLEM FOR A CILINDER OF POROSITY MATERIAL WITH POROSITY WHICH CHANGES ALONG LENGTH AND RADIUS**

*The solution of thermo elasticity problem for porous body on the base of mechanics of uniform medium, but with materials characteristics corrected with*

*porosity is proposed here. One of methods of parts and constructions production made of refractory and heatproof materials is described here as well.*

Рассмотрим задачу термоупругости для полого цилиндра длины  $L$  с пористостью, изменяющейся по радиусу и длине цилиндра при осесимметричном нагреве джоулевым теплом (рис. 1). Материал цилиндра линейно упруг и термочувствителен. Ограничимся кажущейся (не сквозной) пористостью.

Решение задачи теплопроводности сводится к интегрированию нелинейного дифференциального уравнения [1]

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[ \lambda(T, P) \frac{\partial T}{\partial r} \right] + \frac{\lambda(T, P)}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \lambda(T, P) \frac{\partial T}{\partial z} \right] + W(T, P) = 0 \quad (1)$$

при удовлетворении граничным условиям

$$\begin{cases} T = T_1(z) & \text{при } r = R_1 \\ T = T_2(z) & \text{при } r = R_2 \\ T = T_3(r) & \text{при } z = 0 \\ T = T_4(r) & \text{при } z = l. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь  $\lambda(T, P)$  – коэффициент теплопроводности материала как функция пористости и температуры;  $P(r, z)$  – объёмная пористость;  $W(T, P)$  – удельная объёмная мощность источника тепла.

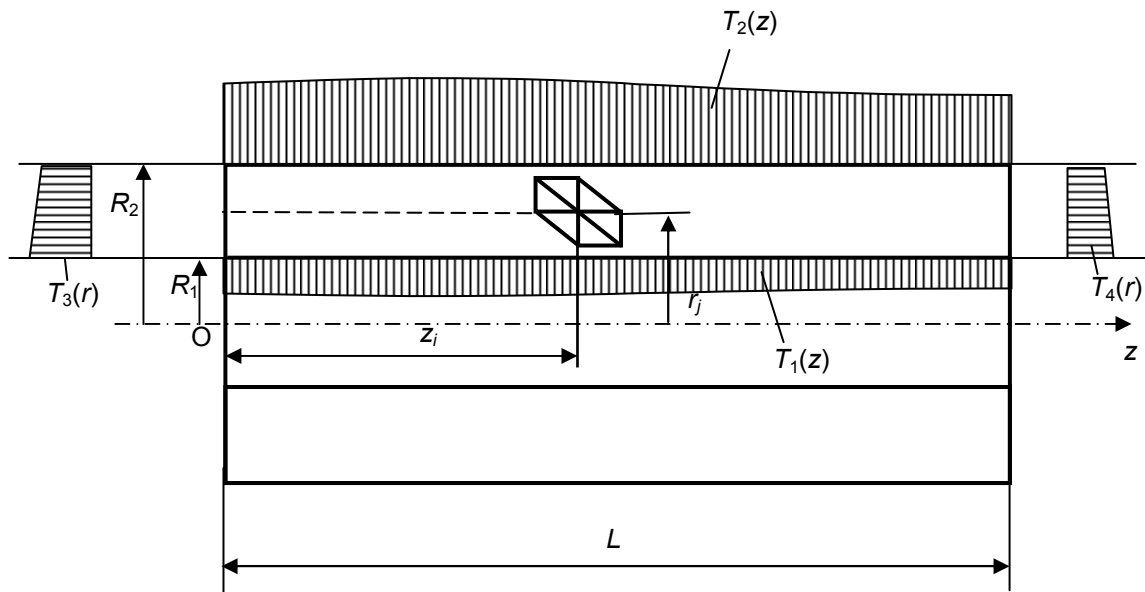


Рис. 1. Схема задачи теплопроводности для цилиндра

На основании экспериментальных данных [2-4] аппроксимируем  $\lambda(T, P)$ ,  $W(T, P)$  функциями:

$$\begin{aligned} \lambda(T, P) &= \lambda_0 \sqrt{(1-P)^3} (1 + \beta_1 T + \beta_2 T^2 + \dots), \\ W(T, P) &= W_0 (1-P) (1 + \gamma_1 T + \gamma_2 T^2 + \dots). \end{aligned} \quad (3)$$

Решение нелинейного уравнения с переменными коэффициентами (1) будем искать по схеме метода последовательных приближений, сведя исходное уравнение к серии уравнений вида:

$$\frac{\partial}{\partial r} \left[ \lambda^{(m-1)}(r, z) \frac{\partial T^{(m)}}{\partial r} \right] + \frac{\lambda^{(m-1)}(r, z)}{r} \cdot \frac{\partial T^{(m)}}{\partial r} + \frac{\partial}{\partial z} \left[ \lambda^{(m-1)}(r, z) \frac{\partial T^{(m)}}{\partial z} \right] + W^{(m-1)}(r, z) = 0 \quad (4)$$

$$m = 1, 2, 3, \dots$$

Решение краевой задачи (4) заменим эквивалентной ей вариационной с поиском минимума соответствующего функционала

$$J_{(m)} = 2\pi \int_{R_1}^{R_2} \int_0^L \left\{ \frac{\lambda^{(m-1)}(r, z)}{2} \left[ \left( \frac{\partial T^{(m)}}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{\partial T^{(m)}}{\partial z} \right)^2 \right] - T^{(m)} W^{(m-1)}(r, z) \right\} r dr dz. \quad (5)$$

Реализация минимума функционала (5) основана на применении метода конечных элементов (МКЭ) [5].

Разбиваем цилиндр на треугольные элементы с постоянным шагом вдоль каждой оси (рис. 2). Функционал при этом имеет вид:

$$J = J_* - \chi, \quad (6)$$

где

$$J_* = \int_{R_1}^{R_2} \int_0^L \left\{ \frac{\lambda(r, z)}{2} \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right)^2 \right] \right\} r dr dz, \quad (7)$$

$$\chi = \int_{R_1}^{R_2} \int_0^L \{ T \cdot W(r, z) \} r dr dz. \quad (8)$$

Заменяем функционалы (7) и (8) суммами поэлементных функционалов

$$J_* = J_{*1} + J_{*2} + J_{*3} + J_{*4} + J_{*5} + J_{*6}, \quad \text{где } J_{*k} = \iint_{A_k} \frac{\lambda_k}{2} \left[ \left( \frac{\partial T}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{\partial T}{\partial z} \right)^2 \right] r dA_k, \quad k = 1, 2, \dots, 6.$$

$$\chi = \chi_1 + \chi_2 + \chi_3 + \chi_4 + \chi_5 + \chi_6, \quad \text{где } \chi_k = \iint_{A_k} W_k \{ \alpha_{k1} + \alpha_{k2}z + \alpha_{k3}r \} r dr dz, \quad k = 1, 2, \dots, 6.$$

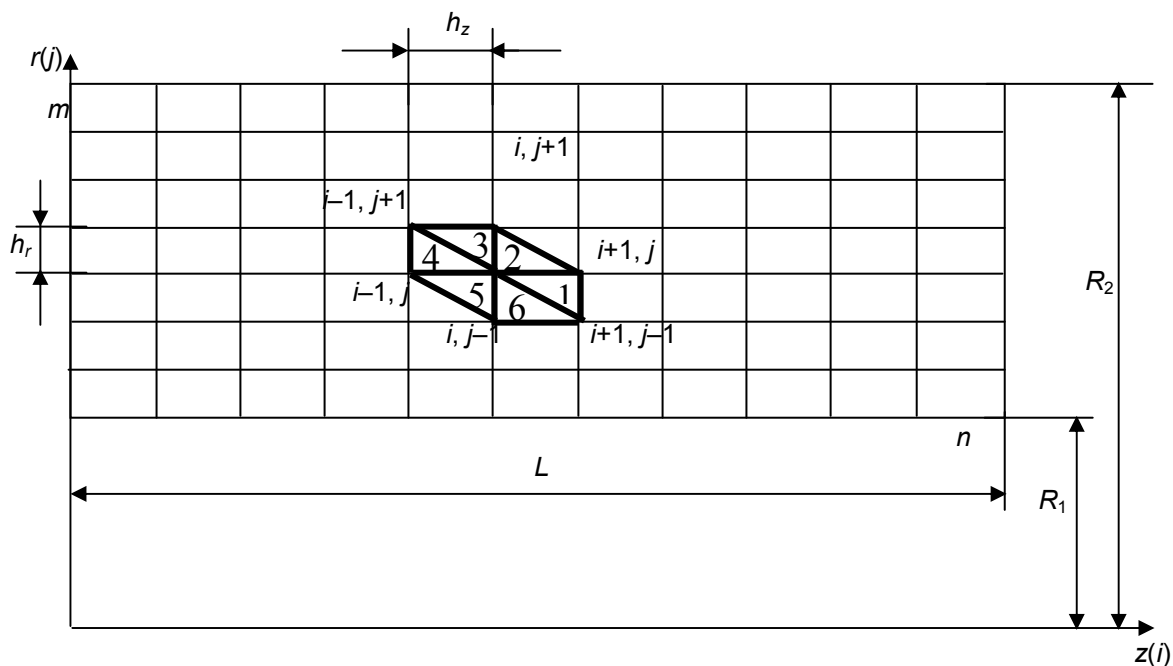


Рис. 2. Схема разбиения цилиндра на элементы

Представим функцию температур в пределах каждого треугольника линейным сплайном

$$T = \alpha_{k1} + \alpha_{k2}z + \alpha_{k3}r, \quad k = 1, 2, \dots, 6. \quad (9)$$

Условие минимума функционала (5) будет

$$\frac{\partial J}{\partial T_{ij}} = \frac{\partial J_*}{\partial T_{i,j}} - \frac{\partial \chi}{\partial T_{i,j}} = 0. \quad (10)$$

Процедура Ритца приводит к алгебраической системе уравнений относительно узловых температур для  $m$ -го приближения

$$T_{i,j(m)}A_j - T_{i,j-1(m)}B_j - T_{i,j+1(m)}F_j - T_{i+1,j(m)}C_j - T_{i-1,j(m)}D_j - Q_{i,j(m-1)} = 0, \quad (11)$$

где обозначено:

$$\begin{aligned} A_i &= \lambda_1 \left( r_j + \frac{h_r}{3} \right) \left( \frac{1}{h_r^2} + \frac{1}{h_z^2} \right) + \frac{\lambda_2}{h_r^2} \left( r_j + \frac{2 \cdot h_r}{3} \right) + \frac{\lambda_3}{h_z^2} \left( r_j + \frac{h_r}{3} \right) + \\ &\quad \lambda_4 \left( r_j - \frac{h_r}{3} \right) \left( \frac{1}{h_r^2} + \frac{1}{h_z^2} \right) + \frac{\lambda_5}{h_r^2} \left( r_j - \frac{2 \cdot h_r}{3} \right) + \frac{\lambda_6}{h_z^2} \frac{h_r h_z}{2} \left( r_j - \frac{h_r}{3} \right), \\ F_j &= \frac{\lambda_1}{h_r^2} \left( r_j + \frac{h_r}{3} \right) + \frac{\lambda_2}{h_r^2} \left( r_j + \frac{2 \cdot h_r}{3} \right), \quad B_j = \frac{\lambda_4}{h_r^2} \left( r_j - \frac{h_r}{3} \right) + \frac{\lambda_5}{h_r^2} \left( r_j - \frac{2 \cdot h_r}{3} \right), \\ C_j &= \frac{\lambda_1}{h_z^2} \left( r_j + \frac{h_r}{3} \right) + \frac{\lambda_6}{h_z^2} \left( r_j - \frac{h_r}{3} \right), \quad D_j = \frac{\lambda_4}{h_z^2} \left( r_j - \frac{h_r}{3} \right) + \frac{\lambda_3}{h_z^2} \left( r_j + \frac{h_r}{3} \right). \end{aligned} \quad (12)$$

Решение системы ищется по итерационной схеме Гаусса – Зейделя

$$T_{i,j}^k = \frac{1}{A_j} [T_{i,j-1}^k B_j + T_{i-1,j}^k D_j + T_{i,j+1}^{k-1} F_j + T_{i+1,j}^{k-1} C_j + Q_{i,j}], \quad (13)$$

где  $k$  – номер итерации в  $m$ -м приближении.

Решение системы (13) может быть получено любым из известных методов.

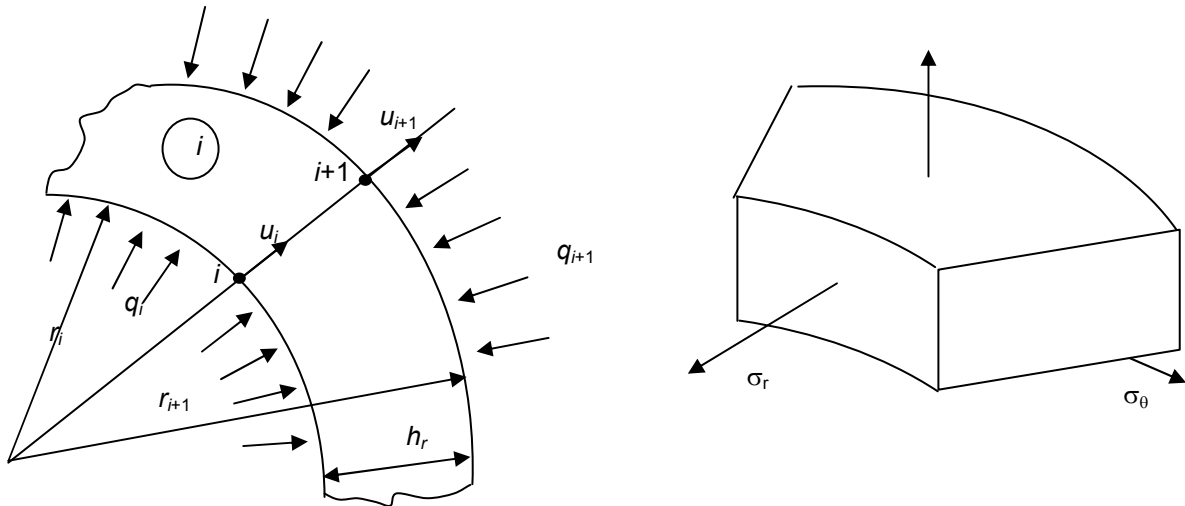


Рис. 3. Напряженное состояние цилиндра

Далее решаем задачу термоупругости. Для анализа напряжённого состояния цилиндра исходим из условия плоского деформированного состояния  $\varepsilon_z = \text{const} \neq 0$ . Используем метод конечных элементов. Разбиваем цилиндр по длине на суперэлементы с шагом  $h_z$ . В пределах суперэлемента поле температур считаем полярно симметричным. Каждый суперэлемент раз-

бываем на слои между двумя радиусами с шагом  $h_r$  (рис. 3). Обозначим  $u_i, u_{i+1}$  – перемещения узлов  $i, i+1$ , а  $q_i, q_{i+1}$  – контактное давление между слоями (элементами).

Напряжённое состояние в цилиндре является трёхосным. Согласно закону Гука, запишем [6]

$$\begin{aligned}\sigma_r &= D_{11}\varepsilon_r + D_{12}(\varepsilon_\theta + \varepsilon_z) + D_{13}\phi, \\ \sigma_\theta &= D_{11}\varepsilon_\theta + D_{12}(\varepsilon_r + \varepsilon_z) + D_{13}\phi, \\ \sigma_z &= D_{11}\varepsilon_z + D_{12}(\varepsilon_r + \varepsilon_\theta) + D_{13}\phi,\end{aligned}\tag{14}$$

где обозначено:

$$\begin{aligned}D_{11} &= \frac{E(T, P)(1-\mu)}{(1+\mu)(1-2\mu)}, \quad D_{12} = \frac{\mu E(T, P)}{(1+\mu)(1-2\mu)}, \quad D_{13} = -\frac{E(T, P)}{1-2\mu}, \\ \phi &= \alpha_{cp}(T-T_0), \quad \alpha_{cp} = \frac{1}{T-T_0} \int_{T_0}^T \alpha(\tau) d\tau,\end{aligned}\tag{15}$$

$T_0$  – температура естественного (ненапряжённого) состояния, принимаемая чаще  $0^\circ\text{C}$ . Соответственно представим:

$$E(P, T) = E_0(1 - a_1P + a_2P^2)(1 + \gamma_1T + \gamma_2T^2 + \dots), \quad \alpha(T) = \alpha_0(1 + \beta_1T + \beta_2T^2 + \dots).$$

Учитывая, что  $\varepsilon_z = \text{const}$ , первые два уравнения (14) преобразуем к виду:

$$\begin{aligned}\sigma_r &= D_{11}\varepsilon_r + D_{12}\varepsilon_\theta + (D_{13}\phi + D_{12}\varepsilon_z), \\ \sigma_\theta &= D_{11}\varepsilon_\theta + D_{12}\varepsilon_r + (D_{13}\phi + D_{12}\varepsilon_z).\end{aligned}\tag{16}$$

Разрешив уравнения (14) относительно деформаций  $\varepsilon_r, \varepsilon_\theta$ , получим

$$\begin{aligned}\varepsilon_r &= \frac{D_{11}\sigma_r - D_{12}\sigma_\theta}{D_{11}^2 + D_{12}^2} + \phi_r, \\ \varepsilon_\theta &= \frac{D_{11}\sigma_\theta - D_{12}\sigma_r}{D_{11}^2 + D_{12}^2} + \phi_\theta,\end{aligned}$$

где обозначено

$$\phi_r = \phi_\theta = -\frac{\phi D_{13} + D_{12}\varepsilon_z}{D_{12} + D_{11}},\tag{17}$$

$\phi_r, \phi_\theta$  – играют роль начальных деформаций в теле цилиндра.

Перемещения в пределах элемента ( $i, i+1$ ) представим линейным сплайном [5]

$$u = \alpha_1 + \alpha_2 r,\tag{18}$$

где имеем

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= u_i - \frac{r_i}{h_r}(u_{i+1} - u_i), \\ \alpha_2 &= \frac{1}{h_r}(u_{i+1} - u_i), \quad i = 1, 2, \dots, N.\end{aligned}\tag{19}$$

Связь деформаций и перемещений представляется формулами

$$\varepsilon_r = \frac{du}{dr}, \quad \varepsilon_\theta = \frac{u}{r}.$$

На основании (19) деформации  $\varepsilon_r, \varepsilon_\theta$  представим так:

$$\varepsilon_r = \frac{u_{i+1} - u_i}{h_r}, \quad \varepsilon_\theta = \varepsilon_r + \frac{1}{r} \left[ u_i - \frac{r_i}{h_r}(u_{i+1} - u_i) \right].\tag{20}$$



задачи, получим осевую силу первого расчёта  $N_1 \neq 0$ . Во втором расчёте, приняв произвольно  $\varepsilon_z = \xi$ , получим  $N_2 \neq 0$ . В силу линейной зависимости  $N$  от  $\varepsilon_z$  найдём действительное значение  $\varepsilon_z = \varepsilon_{z(0)}$  из пропорции

$$\varepsilon_{z(0)} = \frac{N_1 \xi}{N_1 - N_2}. \quad (26)$$

Подставляя найденное значение  $\varepsilon_{z(0)}$  в расчётные формулы (14), найдем действительные напряжения в сечении цилиндра для средних радиусов элементов.

При наличии в цилиндре дна и внутреннего давления  $q_1 \neq 0$ , условие (26) примет вид

$$\pi \sum_{i=1}^N \sigma_{zi} (r_{i+1}^2 - r_i^2) = q_1 \pi r_1^2.$$

В остальном ход решения не изменится. Вычисляем касательные напряжения  $\tau_{rz}$  на стыке смежных суперэлементов, интегрируя уравнение [8]

$$\tau_{rz} = -\frac{1}{r} \int_{R_1}^r \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} r dr. \quad (27)$$

Выбор нижнего предела интеграла (27)  $R_1$  обеспечивает выполнение граничного условия  $\tau_{rz}(r) = 0$  при  $r = R_1$ .

На основании полученных теоретических исследований проведем практический расчет полей температур и напряжений цилиндра, выполненного из пористого железа.

Исходные данные: длина цилиндра – 0,1 м, внутренний радиус цилиндра  $R_1 = 0,03$  м, внешний радиус  $R_2 = 0,04$  м.

Температурное поле вызвано внутренним тепловыделением джоулевым теплом с удельной объемной мощностью источника  $W = 9000 \frac{\text{кВт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ . На цилиндрических и торцевых поверхностях цилиндра заданы тепловые граничные условия первого рода:

$$T_1(z) = 100 - \frac{10}{L} z \text{ при } r = R_1,$$

$$T_2(z) = 60 - \frac{25}{L} z \text{ при } r = R_2, 0 \leq z \leq L,$$

$$T_3(z) = 100 - \frac{40}{R_2 - R_1} (r - R_1) \text{ при } z = 0,$$

$$T_4(z) = 90 - \frac{55}{R_2 - R_1} (r - R_1) \text{ при } z = L, R_1 \leq r \leq R_2.$$

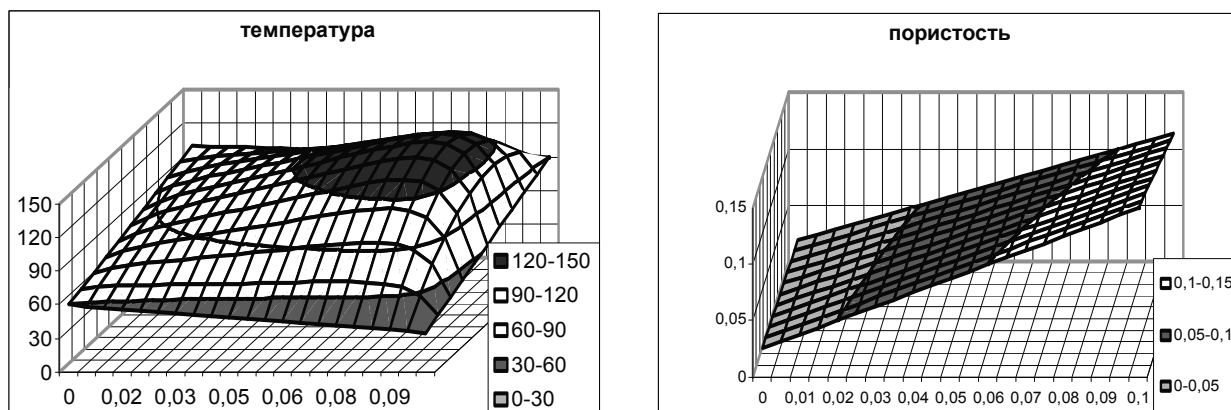


Рис. 4. Теплофизические характеристики: а – температура; б – пористость



Цилиндр разбивался по радиусу  $r$  на  $m=10$  частей с постоянным шагом  $h_r=0,002$  м и по длине  $L$  на  $n=20$  частей с постоянным шагом  $h_z=0,005$  м. Закон распределения пористости имел вид:  $P = P_0(1+a_1r)(1+a_2z)$ .

Представлены графики следующих функций: температуры (рис. 3, а), пористости (рис. 3, б) и четырех напряжений  $\sigma_r$ ,  $\sigma_\theta$ ,  $\sigma_z$ ,  $\tau_{rz}$  (рис. 4).

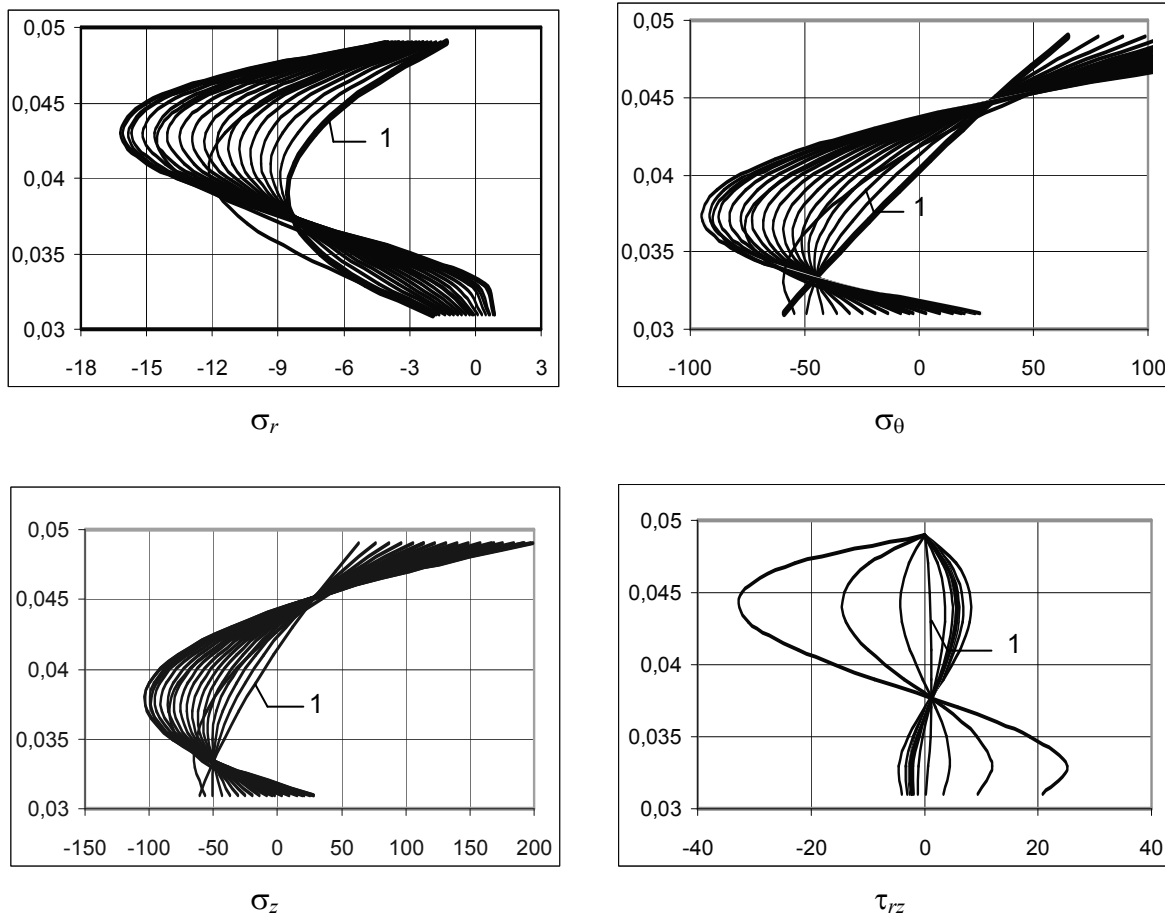


Рис. 5. Напряжения  $\sigma_r$ ,  $\sigma_\theta$ ,  $\sigma_z$ ,  $\tau_{rz}$  по  $z$ -му сечению ( $i = 1, \dots, n$ ) (МПа)

Как следует из полученных результатов, при расчете цилиндров на прочность учет зависимости характеристик материала от пористости необходим.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шнейдер П. Инженерные проблемы теплопроводности / П. Шнейдер. М.: Изд-во ИЛ., 1960. 479 с.
2. Литовский Е.Я. Теплофизические свойства огнеупоров / Е.Я. Литовский, Н.А. Пучкелевич. М.: Metallurgy, 1982. 152 с.
3. Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов / В.С. Чиркин. М.: Мир, 1970. 356 с.
4. Электротермическое оборудование: справочник / под ред. А.П. Альтгаузена. М.: Энергия, 1980. 320 с.
5. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов / Л. Сегерлинд. М.: Мир, 1970. 392 с.

6. Безухов Н.Н. Расчёты на прочность, устойчивость и колебания в условиях высоких температур / Н.Н. Безухов, В.А. Бажанов. М.: Машиностроение, 1965. 567 с.

7. Шляхов С.М. Нелинейные задачи теплопроводности и теории упругости двухсвязных пластин и цилиндров / С.М. Шляхов. Саратов: СПИ, 1992. 173 с.

8. Расчёты на прочность в машиностроении / С.Д. Пономарев, В.Л. Бидерман, К.К. Лихарев и др.; под ред. С.Д. Пономарева. М.: Машгиз, 1958. 974 с.

**Шляхов Станислав Михайлович –**

доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры «Механика деформируемого твёрдого тела и прикладная информатика»  
Саратовского государственного технического университета

**Кривулина Эльвира Федоровна –**

аспирант кафедры «Механика деформируемого твёрдого тела и прикладная информатика»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 30.10.06, принята к опубликованию 05.12.06*

# НАДЕЖНОСТЬ МАШИН

УДК 621.914.025.7

А.М. Арзуманян, О.С. Манукян

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ ПАРАМЕТРОУПРАВЛЯЕМОМ ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ РЕЗАНИЕМ

*Приведены результаты моделирования температурного поля в монокристаллической режущей пластине с помощью дифференциальных уравнений теплообмена при тонкой прерывистой обработке латуни ЛС59-1. Приведены также картины температурных полей, полученные в разных интервалах времени обработки, и графики зависимостей температуры на вершине режущей пластины от времени обработки.*

A.M. Arzumanyan, O.S. Manukyan

## MATHEMATICAL MODELLING OF TEMPERATURE FIELD AT PARAMETER CONTROLLING PROCESS OF MATERIALS PROCESSING BY CUTTING

*The results of temperature field modeling in a mono crystal cutting sheet by means of differential equations of heat exchange at thin interrupted processing of brass ЛС59-1 are given in this article. The figures of temperature fields received in different intervals of processing time, and schedules of temperature dependences at top of a cutting sheet from processing time are presented here as well.*

При теоретических исследованиях параметруемых процессов часто применяют дифференциальное уравнение теплообмена, имея в виду анизотропность материала режущей пластины, пренебрежение которым приводит к большим погрешностям расчетов. Исходя из этого, для моделирования температурного поля, которое возникает при обработке материалов монокристаллическими режущими пластинами из синтетического корунда, необходимо использовать нижеприведенное дифференциальное уравнение, описывающее теплообмен двумерным температурным полем [1]

$$\frac{\partial \theta}{\partial \tau} = \frac{\lambda_x}{c_x \rho_x} \cdot \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\lambda_y}{c_y \rho_y} \cdot \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2}; \quad \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} = 0, \quad (1)$$

где  $\lambda_x$  и  $\lambda_y$  – коэффициенты теплопроводности синтетического корунда;  $\rho_x$  и  $\rho_y$  – плотность, а  $c_y$  и  $c_x$  – соответственно массовый теплообмен по направлениям осей  $x$  и  $y$ .

Для решения описывающего температурное поле дифференциального уравнения применен конечно-разностный метод, согласно которому исследуемая сфера разделена сеткой, где аппроксимированы уравнение и граничные условия.

Каждую из производных уравнения (1) можно представить в следующем разностном виде [2]:

$$\left. \begin{aligned} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}\right)_{ij}^k &= \frac{\theta_{i+1,j}^{k+1} - 2\theta_{ij}^{k+1} + \theta_{i-1,j}^{k+1}}{h_1^2} \\ \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2}\right)_{ij}^k &= \frac{\theta_{i,j+1}^{k+1} - 2\theta_{ij}^{k+1} + \theta_{i,j-1}^{k+1}}{h_2^2} \\ \left(\frac{\partial \theta}{\partial t}\right)_{ij}^k &\approx \frac{\theta_{ij}^{k+1} - \theta_{ij}^k}{\tau} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Подставляя производные (2) в (1), можно получить:

$$\frac{\theta_{ij}^{k+1} - \theta_{ij}^k}{\tau} = \omega_x \frac{\theta_{i+1,j}^{k+1} - 2\theta_{ij}^{k+1} + \theta_{i-1,j}^{k+1}}{h_1^2} + \omega_y \frac{\theta_{i,j+1}^{k+1} - 2\theta_{ij}^{k+1} + \theta_{i,j-1}^{k+1}}{h_2^2}, \quad (3)$$

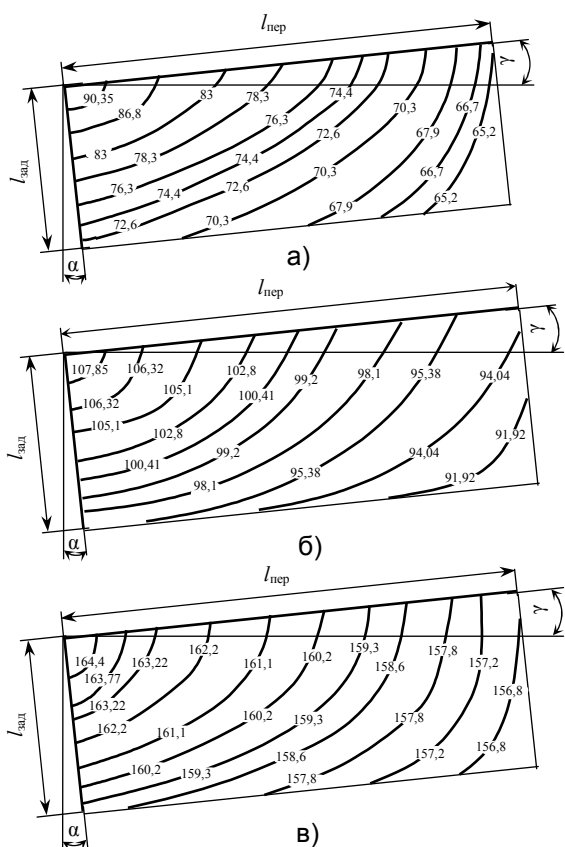


Рис.1. Изображение температурных полей в режущей пластине из синтетического корунда при а) 5 с, б) 60 с, в) 600 с

где  $\omega_x = \lambda_x / c_x \rho_x$  и  $\omega_y = \lambda_y / c_y \rho_y$  – коэффициенты температуропроводности синтетического корунда соответственно по направлению осей  $x$  и  $y$ .

Для решения дифференциального уравнения, описывающего температурное поле в режущем инструменте, применен математический пакет MATLAB 6.5 release 13.

Имея в виду условия тонкой обработки и минимальные значения (глубины резания и подачи, а также сравнительно большие габаритные размеры режущей пластины), исследования теплового поля режущей пластины были произведены на контактных участках пластины и обрабатываемого материала.

Для определения граничных условий дифференциального уравнения температурного поля была применена известная формула [1]:

$$\theta(x, y, \tau) = \frac{q}{4\pi\lambda} \cdot \left( -Ei \left[ -\frac{1}{2F_o} \right] \right). \quad (4)$$

Граничные условия передней и задней поверхностей режущей пластины получим:

$$\theta_{пер}(x, \tau) = \frac{q_{пер}}{4\pi\lambda_x} \cdot \left( -Ei \left[ -\frac{1}{2F_{ox}} \right] \right), \quad (5)$$

$$\theta_{зад}(y, \tau) = \frac{q_{зад}}{4\pi\lambda_y} \cdot \left( -Ei \left[ -\frac{1}{2F_{oy}} \right] \right), \quad (6)$$

где  $F_{ox} = \tau \omega_x / r^2$  и  $F_{oy} = \tau \omega_y / r^2$  – критерии Фурье;  $Ei$  – специальное математическое выражение

$$Ei[-ax] \approx \ln[\gamma ax] - ax + 0,2 a^2 x^2, \quad (7)$$

где  $\gamma=1,78107$  – постоянная Эйлера [1].

Разработанная программа позволяет установить величину температурного поля монокристаллической режущей пластины в любой момент процесса обработки.

На рис. 1 приведены полученные картины тепловых полей в разных интервалах времени обработки при обработке латуни ЛС59-1 режущими пластинами из синтетических корундов, при режимах обработки  $v=250$  м/мин,  $s=0,022$  мм/зуб,  $t=0,05$  мм.

Картина температурных полей и полученные результаты демонстрируют постепенное возрастание температуры на вершине пластины на начальном этапе обработки, а на конечной стадии – температурная разница на контактных поверхностях становится более очевидной.

Параллельно с увеличением продолжительности обработки и в результате установления теплостойкости в процессе резания температурный перепад постепенно уменьшается.

Таким образом, проведенные исследования показали, что дальнейшее увеличение времени обработки не влияет на повышение роста температуры.

Для исследования тепловых явлений процесса резания рассмотрим зависимость температуры на вершине режущей пластины от времени обработки.

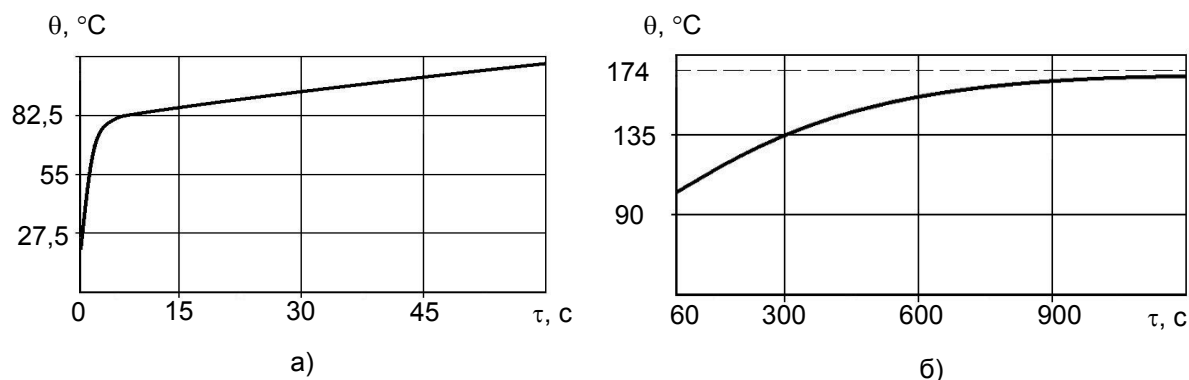


Рис. 2. Зависимость температуры от времени резания на вершине режущей пластины из синтетического корунда

На рис. 2 приведен график зависимости температуры вершины режущей пластины от времени фрезерования при рациональных режимах обработки. Резкое возрастание температуры происходит в определенном интервале в начале процесса обработки, что изображено на графиках 2, а и 2, б.

Из рис. 2, а видно, что резкий скачок температуры на вершине режущей пластины ( $20 \div 92,5^\circ\text{C}$ ) происходит примерно через 5,4 с после начала процесса резания.

Это обусловлено теплопроводностью материала режущей пластины и мгновенным возникновением трех источников повышения температуры:

1. Температуры деформации в сфере стружкообразования.
2. Температуры трения между передней гранью режущей пластины и стружкой.
3. Температуры трения между обработанной поверхностью и задней гранью режущей пластины.

В интервале процесса резания от 5,4 до 300 с скорость изменения температуры вершины режущей пластины несколько уменьшается, чем и обусловлены термоинерционные свойства материала режущей пластины, то есть обратной величины ее теплопроводности.

Так как коэффициент теплопроводности материала режущей пластины достаточно высок, то ее термоинерционные свойства будут низкими.

Начальный этап резания, который можно рассматривать как нерегулируемый этап, продолжается около 300 с. На этом этапе скорость изменения температуры на вершине режущей пластины зависит от начальной температуры пластины и интенсивности возникающих тепловых источников.

Начиная с момента времени  $\tau > 300$  с, влияние начальной температуры пластины и интенсивности тепловых источников начинает уменьшаться, а процесс резания характеризуется условиями влияния между пластиной и окружающей средой, физическими свойствами пластины, геометрическими параметрами и ее формой.

На втором этапе температуру на вершине режущей пластины можно описать следующим образом [3]:

$$t = c \cdot e^{-m\tau}, \quad (8)$$

где  $t = (\theta - t_{cp})$  – избыточная температура вершины режущей пластины;  $t_{cp}$  – температура окружающей среды,  $t_{cp} = 20^\circ\text{C}$ .

Логарифмируя, получим:

$$\ln(t) = \ln(c) + \ln(e^{-m\tau}) \quad (9)$$

или

$$\ln(t) = -m\tau + \ln(c) \text{ (закон прямой линии),}$$

где  $c$  – коэффициент, который зависит от геометрии режущей пластины, и в данном случае  $c = 113,5$ ;  $m$  – темп нагревания режущей пластины [3]:

$$m = \frac{\ln(t_1) - \ln(t_2)}{\tau_2 - \tau_1}, \quad (10)$$

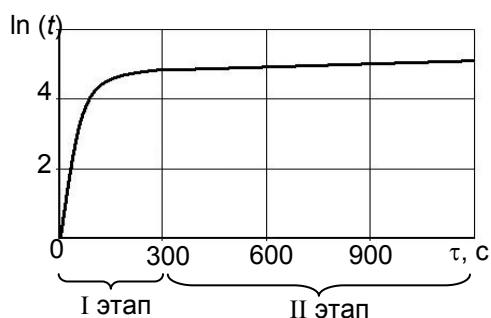


Рис. 3. Зависимость избыточной температуры от времени резания на вершине режущей пластины из синтетического корунда

где  $t_1$  и  $t_2$  – избыточные температуры в начале и при завершении обработки, соответственно во временных интервалах  $\tau_1$  и  $\tau_2$ .

Подставив соответствующие величины в формулу (10), получим  $m = -0,00028$ .

Уравнение (9) графически изображено на рис. 3. Если процесс резания длится достаточно продолжительно, то температура на вершине режущей пластины не повышается и не понижается (тепловая инерция), и для данного режима протекает при температуре  $\theta = 174^\circ\text{C}$ , то есть устанавливается последний этап – налаженная фаза обработки [4].

Имея значения  $c$  и  $m$  для данной обработки, можем получить формулу, которая дает возможность определить температуру на вершине режущей пластины в течение  $\tau = 300-1200$  с.

$$\theta = 113,51 \cdot e^{0,00028\tau} + t_{cp}.$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Резников А.Н. Тепловые процессы в технологических системах / А.Н. Резников, Л.А. Резников. М.: Машиностроение, 1990. 288 с.
2. Hakopian Yu.R. Algebraic Multilevel / Substructuring Preconditioner in Finite Element Method with Piecewise Quadratic Approximation / Yu.R. Hakopian // Mathematical Problems of Computer Science. Trans. of the Institute for Informatics and Automation Problems of the National Acad. Sci. of Armenia. Yerevan, Armenia, 2000. Vol. 21. P. 164-180.

3. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача / В.В. Нащокин. М.: Высшая школа, 1969. 560 с.

4. Арзуманян А.М. Температура на вершине лезвия режущей пластины / А.М. Арзуманян, О.С. Манукян // Годичная научная конференция ГИУА: сб. материалов: в 2 т. Ереван, 2005. Т. 2. С. 426-429.

**Арзуманян Алексан Мкртычевич –**

кандидат технических наук, доцент,  
заведующий департаментом профессиональной подготовки  
Гюмрийского филиала Государственного инженерного университета Армении

**Манукян Оганес Самвелович –**

магистр инженерии, сотрудник  
Гюмрийского филиала Государственного инженерного университета Армении

*Статья поступила в редакцию 10.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 621.922.025-405.8

**Ю.С. Багайсков, В.М. Шумячер**

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОРИСТОЙ СТРУКТУРЫ АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ**

*Показано, что размер пор в абразивном инструменте достигает размера зерен при низкой твердости и открытых структурах. С введением порообразователя фактический номер структуры возрастает, например, с № 10 до № 13-18. Чем больше зернистость порообразователя, тем меньше его количество в объеме, тем больше зерен абразива на частицу порообразователя. При введении порообразователя в 2-6 раз возрастает газопроницаемость структуры материала.*

**Yu.S. Bagaiskov, V.M. Shumatcher**

## **ABRASIVE TOOLS PORE STRUCTURE FORMATION**

*Pores sizes reach the size of abrasive grains under the low hardness and open structures. With the introduction of the blowing agent, the actual number of the structure grows, for example from 10 up to 13-18. The more grain of the pore-formation, the less its quantity in volume, the more grains of the abrasive per a fraction of the blowing agent. Introducing a steam generator material structure's gas-permeability increases 2-6 times.*

Структура абразивного инструмента представляет собой совокупность абразивных зерен, связки и пор. Равномерность их распределения определяет качество структуры, а вместе с величиной поры в конечном итоге и работоспособность инструмента. Одним из условий равномерности структуры можно считать соответствие количества зерен абразива и числа

пор. При этом обеспечивается максимальное и примерно равное количество контактов зерен между собой с образованием мостиков связки.

Представляет интерес анализ соотношения диаметров абразивных зерен и пор при различных рецептурных характеристиках инструмента. Основные характеристики – номер структуры и степень твердости. По номеру структуры определяется объемное содержание абразива, а степень твердости при заданном номере структуры показывает соотношение объемов связки и пор. Конечно, понятие диаметров зерен абразива и пор достаточно условно, особенно для поры. Однако, принимая геометрическую форму этих элементов в виде шаров (сфер) и, соответственно, вычисляя их диаметры через объемы, мы поддерживаем соотношение размеров близким к реальному.

Объем  $V$  абразивного зерна или поры, принимаемых в виде шаров, вычисляется по формуле:

$$V = \frac{\pi d^3}{6} = 0,523 d^3, \quad (1)$$

откуда диаметр шара  $d$  равен:

$$d = \sqrt[3]{1,912V}. \quad (2)$$

Соотношение  $K_1$  диаметров поры  $d_2$  и абразивного зерна  $d_1$  составляет при условии равенства числа абразивных зерен  $n_1$  и пор  $n_2$ , т.е.  $n_1 = n_2$ .

$$K_1 = \frac{d_2}{d_1} = \sqrt[3]{\frac{V_{\Sigma 2}}{V_{\Sigma 1}}}, \quad (3)$$

где  $V_{\Sigma 1}$  и  $V_{\Sigma 2}$  – общие объемы содержания абразивных зерен и пор в структуре инструмента, соответственно, ( $V_{\Sigma 1} = V_1 \cdot n_1$ ;  $V_{\Sigma 2} = V_2 \cdot n_2$ );  $V_1$  и  $V_2$  – объемы единичных зерна и поры.

На рис. 1 приведен график зависимости соотношения диаметров поры и абразивного зерна в абразивном инструменте от номера структуры при различных степенях твердости.

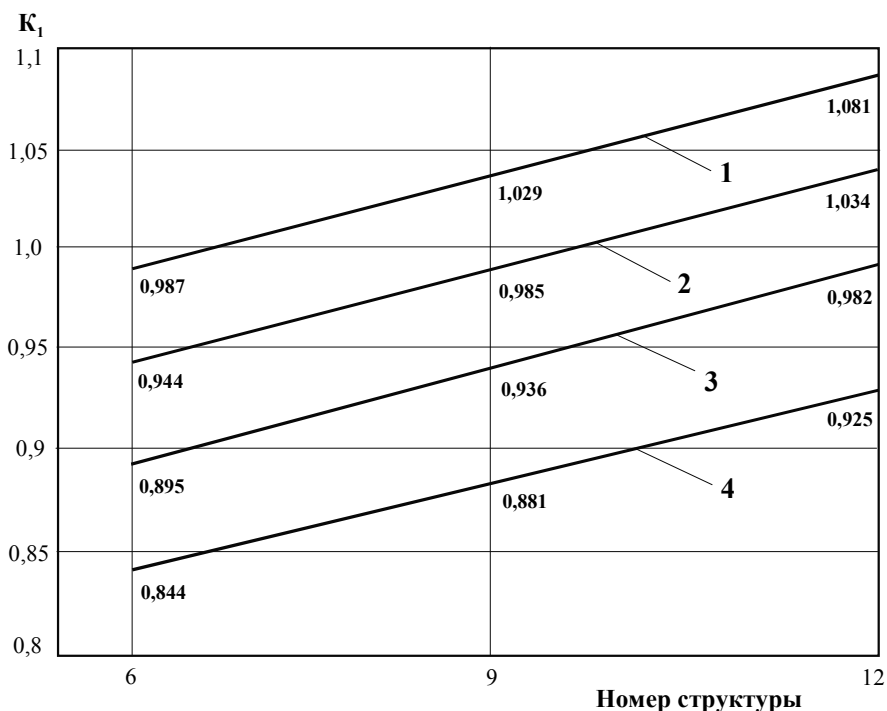


Рис. 1. Зависимости соотношения  $K_1$  диаметров пор и абразивных зерен от номера структуры при твердости ВМ2 (1), СМ1 (2), СТ1 (3) и Т2 (4)



Исходные данные по объемам зерна и пор взяты из табл. 28 [1], рекомендованной для структур абразивных инструментов из электрокорундов средних зернистостей (№ 16-63) на керамической связке. Из рис. 1 видно, что с увеличением номера структуры, т.е. с уменьшением объемного содержания абразива, при сохранении условия равенства количества абразивных зерен и пор, размер (диаметр) пор возрастает, приближаясь к диаметру зерна, причем наиболее близко, даже превышает, при невысокой твердости (СМ-ВМ).

Для инструмента из карбида кремния в связи с существенно большим содержанием связки (в 1,5-2,5 раза) при одинаковых номерах структуры, а значит и объемах абразива, соответственно меньше объем и размер пор – соотношение  $K_1$  уменьшается в 1,1÷1,15 раза.

На величину  $K_1$  влияет и зернистость абразива, с уменьшением зернистости  $K_1$  уменьшается, с увеличением – возрастает, но в меньшей мере, чем от изменения других факторов.

Абразивный инструмент на керамической связке изготавливается прессованием с заранее определенной степенью пористости за счет имеющихся неплотностей в объемах абразивного зерна и связующего. Существенно увеличивается степень пористости за счет введения в состав формовочной массы порообразователей, из которых наиболее практичными являются стеклянные или керамические пустотелые шарики [2], расплавляющиеся во время обжига заготовок инструмента, и дробленая скорлупа фруктовых косточек [3], соответственно, выгорающая при обжиге. Рассеянная по фракциям зернистостей скорлупа экономичнее и технологичнее в производстве.

В связи с тем, что порообразователь вводится дополнительно к расчетной рецептуре, при заданных номере структуры и степени твердости, фактически за счет увеличения степени пористости изменяется содержание абразивного зерна по отношению к остальным компонентам, а значит и номер структуры.

Рецептура абразивной массы рассчитывается по отношению к 100 весовым частям (в.ч.) абразивного материала. Объемное содержание абразивного материала, отнесенное к 100% ( $A_{100}$ ), можно определить по следующей формуле:

$$A_{100} = 100 A / (A + B + C + D), \quad (4)$$

где  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  – объемные содержания абразива, связки, клеящего увлажнителя и порообразователя, соответственно, определенные как отношения их массового содержания в в.ч. к насыпным весам.

На рис. 2 приведены результаты расчета величины  $A_{100}$  для абразивного инструмента с исходным номером структуры № 10 для степени твердости ВМ-СТ при различном содержании порообразователя (до 30 в.ч.).

Анализ показывает, что с увеличением содержания порообразователя объем абразива уменьшается, при этом фактический номер структуры возрастает в сторону открытости. Результат зависит и от степени твердости – для большей твердости изменение меньше, однако незначительно, в пределах 1-2 номеров структуры. Для инструмента из карбида кремния при равных условиях изменения по сравнению с электрокорундом меньше, примерно на 1 номер структуры.

Важным параметром является размер частиц порообразователя, т.е. его зернистости, по отношению к зернистости абразива. Производным отсюда, в зависимости от содержания порообразователя, будет отношение количества зерен абразива  $n_1$  к количеству частиц порообразователя  $n'_2$ . Это отношение можно определить по формуле:

$$\frac{n_1}{n'_2} = \frac{K^3}{X} \cdot \frac{\gamma'_2}{\gamma_1} 100, \quad (5)$$

где  $K$  – соотношение диаметров порообразователя  $d'_2$  и абразивного зерна  $d_1$ :  $K = d'_2 / d_1$ ;  $\gamma_1$  и  $\gamma'_2$  – удельные веса абразива и порообразователя, соответственно;  $X$  – содержание порообразователя в в.ч.

На рис. 3 приведены зависимости величины  $n_1/n'_2$  от содержания порообразователя при различных значениях соотношения  $K$  для инструмента из электрокорунда.

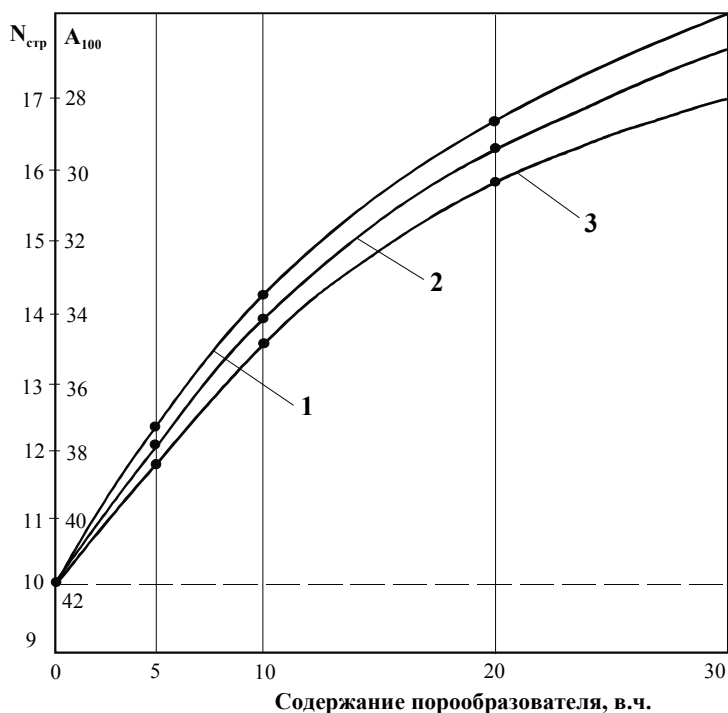


Рис. 2. Фактическое объемное содержание абразивного зерна  $A_{100}$  и номер структуры в зависимости от содержания порообразователя при степенях твердости ВМ (1), СМ(2), СТ (3)

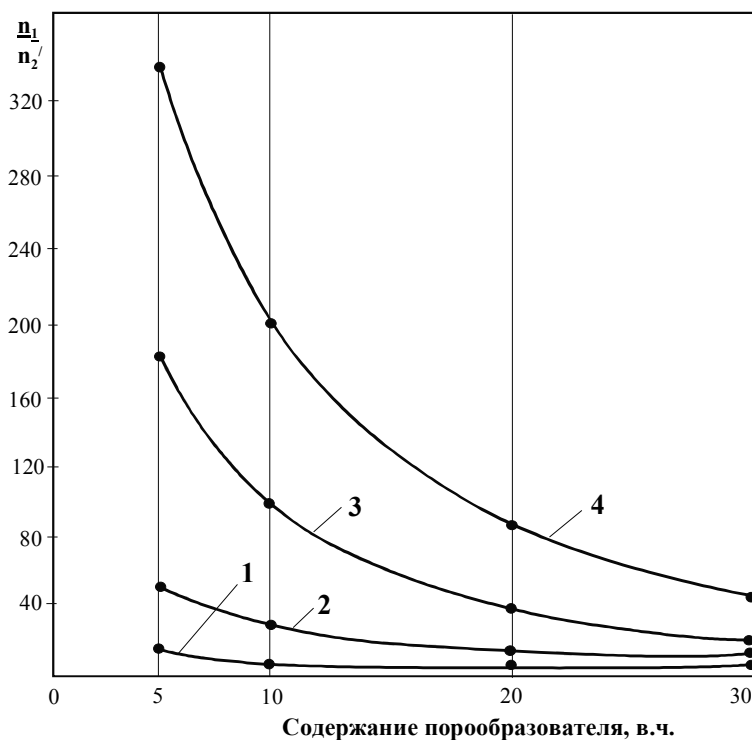
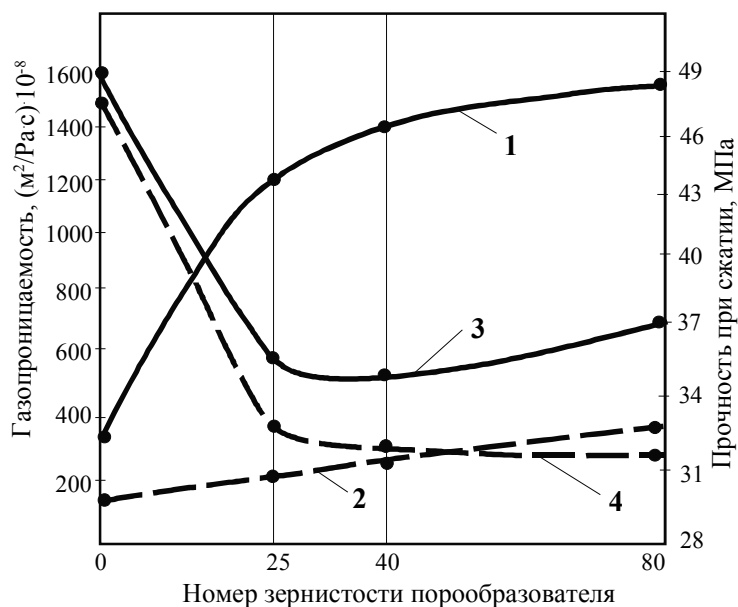
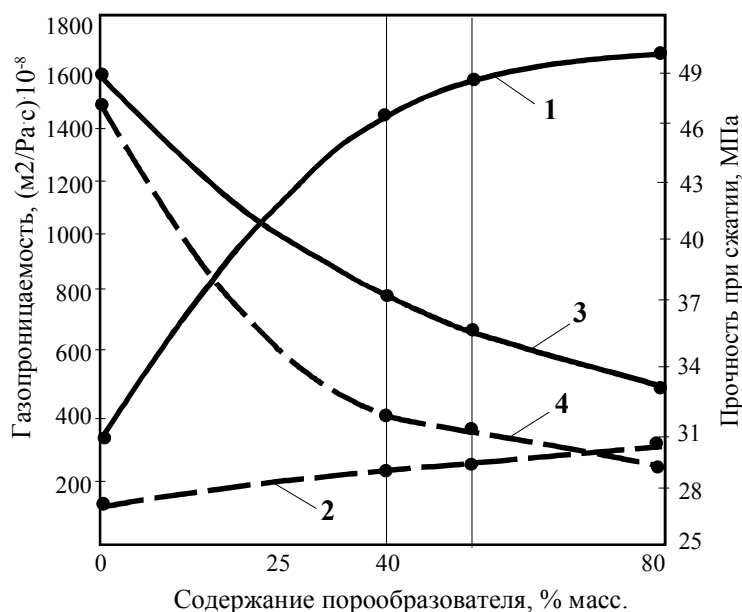


Рис. 3. Зависимости отношения количества зерен абразива  $n_1$  к количеству частиц порообразователя  $n'_2$  от содержания порообразователя при отношении  $K$  диаметров порообразователя  $d'_2$  и абразивного зерна  $d_1$  ( $K = d'_2/d_1$ ), равном 1 (1), 2 (2), 3 (3) и 4 (4)

Видно, что соотношение  $n_1/n_2'$ , определяющее количество зерен абразива на одну частицу порообразователя, с увеличением содержания порообразователя существенно уменьшается, достигая при 30 в.ч. и  $K = 1$  уровня примерно одного зерна на одну частицу. Это соотношение характерно для равномерной структуры обычного абразивного инструмента. Практичным для образования крупных пор является соотношение размеров порообразователя и зерна  $K = 3-4$  при содержании порообразователя 10-20 в.ч. Тогда на частицу порообразователя приходится 40-180 зерен абразива. Получается высокопористый и высокоструктурный (№ структуры 13-16) инструмент, работающий по принципу прерывистого шлифования, обеспечивающий бесприжоговую обработку с повышенными подачами и глубинами резания.



а)



б)

Рис. 4. Зависимости газопроницаемости (1, 2) и прочности при сжатии (3, 4) высокопористого материала от зернистости (а) и содержания (б) порообразователя: 1, 3 – электрокорунд 25А; 2, 4 – карбид кремния 64 С (номер структуры 10)

Представляет интерес исследование влияния введения порообразователей на параметр газопроницаемости, характеризующий степень открытости структуры и связанность пор между собою.

Одновременно необходимо оценить масштаб влияния введения порообразователей и соответствующего увеличения пористости материала абразивного инструмента на его прочность.

На рис. 4 приведены зависимости газопроницаемости и прочности при сжатии материала инструмента из электрокорунда и из карбида кремния от зернистости и от массового содержания порообразователя.

Из рисунков видно, что изменение газопроницаемости материала инструмента с выгорающим порообразователем довольно существенно. Уже введение порообразователя с зернистостью № 25, т.е. такой же, как и абразива, приводит к ее увеличению для электрокорунда почти в 3 раза, а с возрастанием зернистости до № 80 – в 5-6 раз. Такой же эффект дает и влияние содержания порообразователя в количестве 7-15% от массы абразива. Однако для карбида кремния уровень повышения газопроницаемости и при максимальных параметрах порообразователя не превышает 2 раза. Это объясняется повышенным содержанием и природой свойств спекающейся связки при карбиде кремния по сравнению с плавящейся при электрокорунде, не позволяющей резко повысить степень развитости поровой структуры материала инструмента.

Прочностные показатели обожженного материала инструмента с введением порообразователя снижаются на 27-40%, но почти не зависят от зернистости и количественного его содержания (колебание результатов 10-15%).

Введение порообразователя в формовочную массу в большой степени решает важную технологическую проблему повышения «сырой» прочности заформованных заготовок и снижения усадки обожженного черепка инструмента с расчетными высокими структурами (более № 10). Однако одновременно возникла другая проблема – неравномерность распределения частиц порообразователя в смеси, что в конечном итоге приводит к разбросу значений твердости инструмента по радиусу и по высоте, отражается на степени неуравновешенности инструмента. Причина – различие насыпного веса абразива, связки и порообразователя. В результате исследований выявлено, что для компенсации такого различия необходимо порообразователь предварительно перед использованием пропитать любой жидкой составляющей смеси: водой, лучше раствором лигносульфаната натрия (ЛСН) или раствором декстрина. В этом случае повышается равномерность распределения пор и твердости на 20-25%.

Таким образом, показано, что пористая структура абразивного инструмента определяется соотношением параметров структура – твердость. С увеличением номера структуры в сторону открытости размер пор возрастает, при малых твердостях достигая и превышая размер абразивных зерен. Существенно увеличивается степень пористости при введении порообразователей, при этом фактический номер структуры с увеличением содержания порообразователя до 20-30 в.ч. возрастает, например, с № 10 до № 13-18. Существенна роль зернистости порообразователя по отношению к зернистости абразива, от нее зависит соотношение количества зерен абразива и частиц порообразователя в объеме инструмента, чем зернистость порообразователя больше, тем это соотношение выше. Введение порообразователя приводит к существенному (в 2-6 раз) возрастанию параметра газопроницаемости, характеризующего степень открытости, развитости структуры инструмента, и некоторому снижению прочности материала (на 27-40%). Равномерность распределения порообразователя и, соответственно, твердости инструмента по радиусам и высоте обеспечивается при предварительной пропитке порообразователя в технологическом увлажнителе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Любомудров В.Н. Абразивные инструменты и их изготовление / В.Н. Любомудров, Н.Н. Васильев, Б.И. Фальковский. М.-Л.: Машгиз, 1953. 376 с.

2. Курдюков В.И. Методы получения высокопористых структур шлифовальных инструментов из СТМ на органических связках / В.И. Курдюков, В.К. Коротовских // Сверхтвердые материалы. 1993. № 4. С. 30-35.

3. А.с.1812087 СССР № 4852328/08. Масса для изготовления пористого абразивного инструмента / В.П. Манунин, Ю.С. Багайсков, А.В. Лежнева, Т.Н. Дуличенко. Заявл. 18.07.90 // Открытия. Изобретения. 1993. № 16.

**Багайсков Юрий Сергеевич –**

кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Технология обработки и производства материалов»  
Волжского института строительства и технологий (филиала)  
Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета

**Шумячер Вячеслав Михайлович –**

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Технология обработки и производства материалов»  
Волжского института строительства и технологий (филиала)  
Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета

*Статья поступила в редакцию 19.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 621.9.757

**Л.Я. Кожуховская, Т.И. Перелыгина**

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОКАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ  
НА СТАНКАХ С ЧПУ**

*Приведены результаты исследования особенностей токарной обработки «нежестких» валов. Проведен анализ факторов, влияющих на образование погрешностей, и приведены результаты теоретического анализа сил, действующих в технологической системе, и их влияние на точность диаметрального размера при чистовой обработке. Получено уравнение, позволяющее определить погрешности от упругих деформаций и приведено его использование для корректировки траектории движения инструмента при обработке на станках с ЧПУ.*

**L.J. Kozhuhovskaja, T.I. Perelygina**

**DESIGNING FEATURES OF TURNING OPERATIONS OF PROCESSINGS  
ON COMPUTER CONTROL MACHINE TOOLS**

*The article gives the results of research of peculiarities of turning processing of limp shafts. Analysis of factors influencing the formation of errors and there are results of theoretical analysis of forces acting in the technological system and their influence on accuracy of the diametrical size at fair processing is*

*done here. The equation allowing defining errors from elastic deformations and its using for correcting of a trajectory of movement of a tool on computer controlled machine tools is received here as well.*

Обработка валов по трудоемкости составляет свыше 40% от общей трудоемкости изготовления изделий, поэтому вопросы повышения эффективности обработки валов особенно актуальны. Анализ конструкторско-технологических характеристик большого числа деталей типа «вал» показал, что в изделиях различного назначения применяют ступенчатые, гладкие, фланцевые и другие валы. Особую сложность при изготовлении имеют относительно длинные, «нежесткие» валы. Выбор структуры операций зависит от программы выпуска, конфигурации элементарных обрабатываемых поверхностей и относительной длины, определяющих жесткость валов. Проведенный анализ технических требований, предъявляемых к деталям типа «вал», показал, что при разработке технологии изготовления, как правило, требуется выдерживать высокие требования к точности размеров, шероховатости, отклонениям формы и непрямолинейности поверхностей. Возникающие погрешности обработки «нежестких» валов связаны не только с процессом механической обработки, определенным состоянием технологической системы, но и с погрешностями, возникающими на предшествующих операциях.

Обработке валов посвящено достаточно большое количество работ, однако в них не учтены особенности проектирования технологических процессов обработки «нежестких» валов на станках с ЧПУ в условиях многономенклатурного производства. В них не учтено влияние конструкторско-технологических характеристик деталей одной технологической общности на структуру операций при разработке расчетно-технологических карт, выборе схем обработки и технологического процесса в целом.

В условиях многономенклатурного производства все более применяются станки с ЧПУ, которые обеспечивают гибкую переналадку технологической системы и в связи с этим стоит задача совершенствования методов проектирования технологического процесса и технологической подготовки производства, которые бы в полной мере учитывали и более полно использовали технологические возможности станков с ЧПУ.

Обработка «нежестких» валов представляет большие трудности, связанные с жесткостью заготовки, что требует специальной оснастки, выбора режимов резания, снижающих влияние упругих деформаций на точность обработки.

Проектирование токарных операций обработки «нежестких» валов требует исследования факторов, определяющих формирование и выбор структуры технологической операции, критериев оценки, выбора схем и режимов обработки. С этой целью авторами исследованы схемы обработки «нежестких» валов с различной относительной длиной  $l/d > 10$ , точностью изготовления JT6-7, Ra 1,25...0,8. Включение «нежестких» валов в номенклатуру приводит к необходимости ограничения технологических возможностей станков с ЧПУ и необходимости изменения выбранной схемы обработки путем переналадки технологической системы.

Технологические возможности металлорежущих станков с ЧПУ позволяют на этапе проектирования технологического процесса и разработки расчетно-технологических карт учитывать погрешности от упругих деформаций путем коррекции положения режущего инструмента. На этих этапах необходимо использовать информацию о размерных связях в технологической системе и их изменение под влиянием факторов, проявляющихся при обработке. На рис. 1 графически показана модель связей в структуре технологического процесса, условий обработки и показателей точности обработки валов. На ее основе получены количественные показатели, погрешности вала в продольном и поперечном сечении на всех этапах технологического процесса. Предложенная модель описания связей дает возможность определять коэффициенты наследования и передачи погрешностей по операциям и переходам, возможность проследить влияние изменения конструкторско-технологических характеристик заготовок в технологической системе и поиска такой области эксплуатации с допусти-

мыми изменениями технологической системы, обеспечивающими заданные показатели точности деталей.

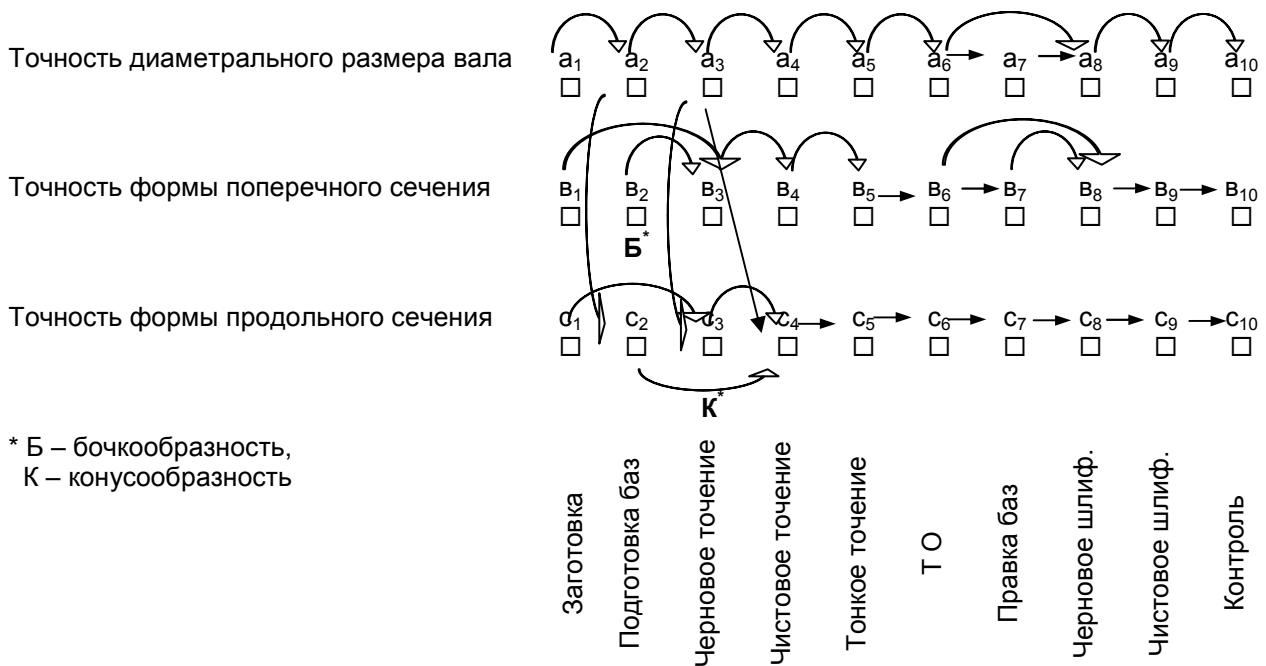


Рис. 1. Взаимовлияние показателей точности и этапов обработки валов

Проведенный анализ показал, что при обработке «нежесткого» вала  $\varnothing 90$  и  $l=1200$  мм на токарном станке с ЧПУ в центрах с неподвижным люнетом погрешности диаметрального размера, формы и расположения поверхностей появляются в результате влияния первичных погрешностей, возникающих при выборе и подготовке баз, упругих деформаций, а также погрешностей на предшествующих переходах операций. Необходима разработка расчетных моделей, что позволяет учитывать особенности проявления этих факторов при обработке «нежестких» валов на станках с ЧПУ.

В большинстве предлагаемых расчетных моделей учитывается радиальная составляющая сила резания и не учитывается влияние осевых и тангенциальных составляющих сил резания на точность обработки. Это является особенно важным при полустивой и чистовой обработке, когда глубина резания небольшая и используются преимущественно резцы с  $\varphi 90^\circ$ . При этом сила резания, действующая в тангенциальной плоскости, значительно больше радиальной составляющей [1, 2].

На рис. 2 приведена схема обработки нежесткого вала с установкой в центрах.

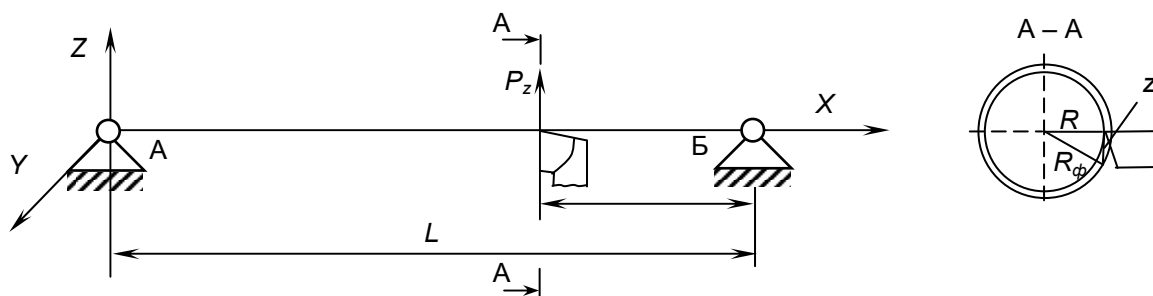


Рис. 2. Расчетная схема упругой деформации вала

Упругое смещение при этом в тангенциальной плоскости

$$z = -\frac{P_z \cdot x^3}{6EI \cdot l} + \frac{P_z \cdot x^4}{12EI \cdot l} + \frac{P_z \cdot x}{l} \left( \frac{1}{j_{з.б.}} + \frac{1}{j_{н.б.}} \right) + \frac{P_z \cdot l \cdot x}{6EI} + \frac{P_z \cdot l^2 \cdot x}{6EI} + \frac{P_z}{j_{н.б.}}, \quad (1)$$

где  $z$  – упругое смещение валов в тангенциальной плоскости;  $P_z$  – тангенциальная составляющая силы резания, Н;  $E$  – модуль упругости, Н/мм<sup>2</sup>;  $I$  – момент инерции, мм<sup>4</sup>;  $l$  – длина вала, мм;  $j_{з.б.}$ ,  $j_{н.б.}$  – жесткости соответственно задней и передней бабок, Н/мм;  $x$  – координата приложения силы, мм.

Предложенная модель позволяет выявить и учитывать тангенциальную силу при различных схемах обработки, определять ожидаемую точность, позволяет отражать и учитывать влияние сил резания, схем обработки и структуры операций.

Полученные аналитические зависимости положены в основу разработки имитационной модели. Модель, использованная при имитационном моделировании, позволяет выполнить анализ и сравнение всех вариантов структур операций и схем обработки группы валов. В имитационном моделировании учтено изменение размерных связей в технологической системе при изменении схем, этапов обработки, сил, действующих в технологической системе, упругих деформаций и погрешностей установки.

Важнейшими показателями, используемыми в качестве критериев выбора структур операций ( $So$ ) валов, являются точность диаметрального размера, отклонения формы и расположения поверхностей. В условиях многономенклатурного производства формирования  $So$  имеют свою особенность, которая определяется числом деталей в группе, их конструкторско-технологическими характеристиками, определяющими выбор обработки.

Аналитическим путем получены зависимости, определяющие показатели точности, в которой учитываются: влияние схем обработки, конструктивные особенности, упругие деформации, погрешность установки и режимы. В функциональном виде эта зависимость представлена в следующем виде

$$\Delta d, \Delta \phi, \Delta r = f(\Delta \varepsilon, \Delta Y, l/d, P_{xyz}), \quad (2)$$

где  $\Delta \varepsilon$  – погрешность установки;  $\Delta Y$  – упругие деформации;  $l/d$  – относительная длина вала к диаметру валов;  $P_{xyz}$  – силы резания.

В настоящей работе при решении задач выбора структур технологических операций использованы результаты как аналитического, так и имитационного моделирования, которые объединены в комплексную процедуру принятия решений. Совместное применение аналитических и имитационных моделей позволило решить задачи выбора структур, так и параметров операций. Аналитическое моделирование при этом использовано для оценки влияния вариантов структур операций и факторов на точность обработки валов. При построении имитационной модели описаны процессы функционирования элементов технологической системы, связей между ними, такими, как схемы обработки, погрешности установки, соотношение  $l/d$  заготовок, соотношение сил и изменения их в процессе обработки. Имитационное моделирование в настоящей работе основано на прямом описании и анализе процесса образования погрешности обработки и их влияния на формирование и выбор структур операций. Имитационная модель позволила определить область рациональных режимов обработки, структуру операций и выполнить процедуру сравнения и выбора структуры по критериям точности. Имитационная модель, положенная в основу проведения эксперимента, позволила моделировать процесс, подобный реальному процессу обработки вала на токарных станках.

Для формирования и выбора структур операций по критериям точности обработки валов 6-го качества были поставлены две серии трехфакторных экспериментов  $2^3$ , что позволило при минимальном числе опытов получить модели связей показателя точности, сил, действующих в технологической системе, и схем обработки. В первой серии экспериментов в качестве факторов исследовано влияние режимов резания на силы, возникающие в технологической системе. Полученные значения сил использованы во второй серии экспериментов в



качестве фактора, при установлении влияния относительной длины и погрешности установки заготовки на точность диаметральных размеров валов. В результате обработки результатов экспериментов получены регрессионные уравнения

$$y_1 = 2,71 + 0,09 x_1 - 0,1 x_3 - 0,02 x_1 x_2 x_3 , \quad (3)$$

$$y_2 = 0,0239 + 0,00071 x_1 + 0,0067 x_2 + 0,0062 x_3 - 0,0052 x_1 x_3 . \quad (4)$$

Полученные зависимости отражают количественные и качественные характеристики, которые использованы в качестве критериев при выборе структур операций. Регрессионные уравнения позволили выявить существенные факторы и степень их влияния на точность обработки, оценить и выявить различные варианты технических и технологических решений при выборе структур операций при обработке валов.

Предложенные модели и учет суммы факторов позволяют определить количественные показатели упругих смещений вала и учитывать их при разработке расчетно-технологических карт. Это потребовало определения точек, в которых упругие смещения превышают допустимые пределы, и использовать их в качестве опорных, в которых производятся либо изменения режимов обработки, либо корректировка координатных перемещений с помощью системы ЧПУ. Таким образом, предложенная методика позволяет формировать структуру операций и управлять процессом обработки на этапах проектирования и производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кожуховская Л.Я. Особенности проектирования операций обработки валов в условиях мелкосерийного производства / Л.Я. Кожуховская, Т.И. Перельгина // Исследование станков и инструментов для обработки сложных и точных поверхностей: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2006. С. 53-58.

2. Кожуховский В.В. Исходные предпосылки для оптимизации процесса токарной обработки «нежестких» валов / В.В. Кожуховский, Т.И. Перельгина // Современные технологии в машиностроении: сб. материалов III Всерос. науч.-практ. конф. Пенза, 1998. С. 83-86.

**Кожуховская Людмила Яковлевна** –

доктор технических наук,  
профессор кафедры «Проектирование технологических комплексов»  
Саратовского государственного технического университета

**Перельгина Татьяна Ивановна** –

аспирант кафедры «Технология и автоматизация машиностроения»  
Балаковского института техники, технологии и управления  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 621.735

**А.В. Королев, В.А. Мелентьев**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ БОКОВОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОЛЕЦ**

*Предлагается метод получения профиля кольцевых деталей с применением бокового выдавливания металла в холодном состоянии. Приводятся результаты экспериментальных исследований данного метода.*

A.V. Korolev, V.A. Melentev

### SIDE SPINNING TECHNOLOGY RESEARCH AT RINGS MANUFACTURING

*The method of deriving of the profile of ring parts with application of a side metal spinning in a cold state is offered in this article. The results of experimental examinations of a sectional method are given here.*

Метод обработки металлических заготовок выдавливанием без предварительного нагрева имеет явные преимущества перед горячей штамповкой. Основными преимуществами являются меньшие затраты энергии при обработке и отсутствие дефектного поверхностного слоя.

Для производства колец с преимущественно цилиндрическими поверхностями и бесступенчатым отверстием возможно применение метода бокового выдавливания [1]. Метод позволяет получать поверхности, по точности размеров и шероховатости не уступающие аналогичным, полученным токарной обработкой.

С целью исследования данного метода были проведены эксперименты по выдавливанию внутренних колец роликового подшипника 42205 из стали ШХ15. Предварительно было рассчитано усилие, необходимое для осуществления деформации [2] пуансоном с конической рабочей частью (рис.1) по формулам:

$$P = \sigma_s \left[ \frac{\pi}{4} (D_0^2 - d_0^2) a - \pi D_0 \mu b \right], \quad (1)$$

$$a = \frac{\beta \cdot A}{A-1} \left[ 1 - \left( \frac{S_{ку}}{S_{кш}} \right)^{A-1} \right], \quad (2)$$

$$b = \frac{\beta \cdot S_{ку}}{(A-1) \operatorname{tg} \alpha} \left[ 1 - \left( \frac{S_{ку}}{S_{кш}} \right)^{A-1} \right], \quad (3)$$

$$A = \frac{1}{\cos \alpha} + \frac{\mu_1}{\sin \alpha} + \frac{\mu_2}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (4)$$

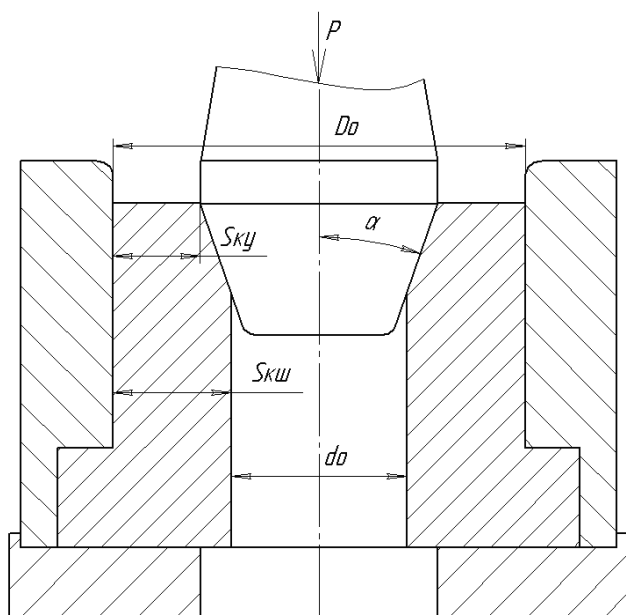


Рис. 1. Расчетная схема определения усилия деформации

где  $\sigma_s$  – предел текучести, кг/мм<sup>2</sup>;  $D_0$ ,  $d_0$  – элементы геометрии кольца при обработке, мм;  $\mu_1$  – коэффициент трения между заготовкой и матрицей;  $\mu_2$  – коэффициент трения между заготовкой и пуансоном;  $\beta$  – коэффициент;  $\alpha$  – угол конуса пуансона, °.

По результатам вычислений:

$$P = 13187 \text{ кг.}$$

Предположительно, пуансон со сферической рабочей поверхностью обладает лучшей способностью к продавливанию металла вдоль оси отверстия и поэтому является более эффективным. Благодаря перемещению металла в нижнюю часть кольца происходит за-

полнение кольцевой полости матрицы и формирование бурта. Расчеты усилия выдавливания для инструмента со сферической рабочей частью были проведены с помощью программы Q-Form. По результаты вычислений был построен график изменения усилия, необходимого для продавливания пуансона через кольцо, в течение рабочего хода (рис. 2).

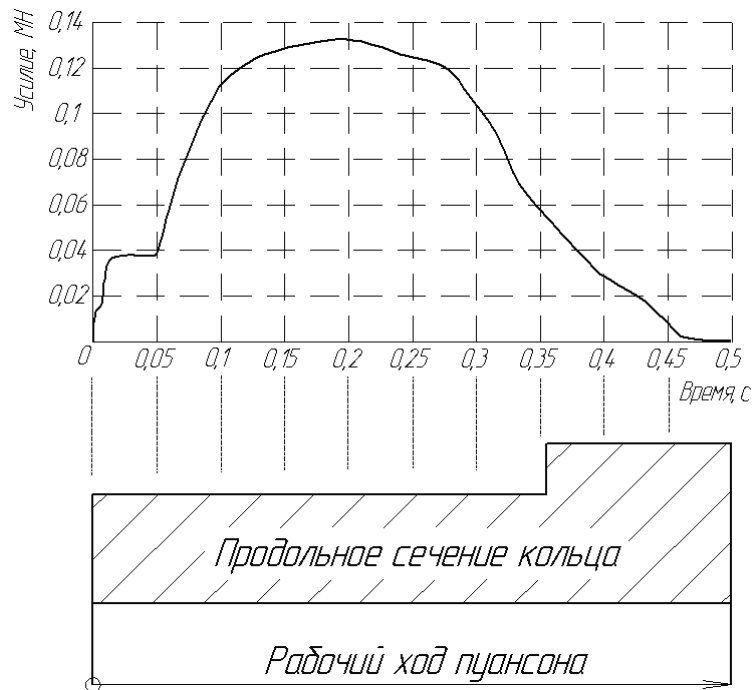


Рис. 2. Изменение усилия выдавливания за время обработки одного кольца

Проведенные в НПП НИМ эксперименты по выдавливанию колец с наружным буртом показали, что действительное усилие, требуемое для осуществления деформации, фактически совпадает с расчетным. Манометр, установленный на прессе, во время обработки показывал увеличение усилия до 13 т. Форма сечения кольца, полученного в ходе эксперимента (рис. 3, а), также совпала с предварительно смоделированной на компьютере в программе Q-Form (рис. 3, б).

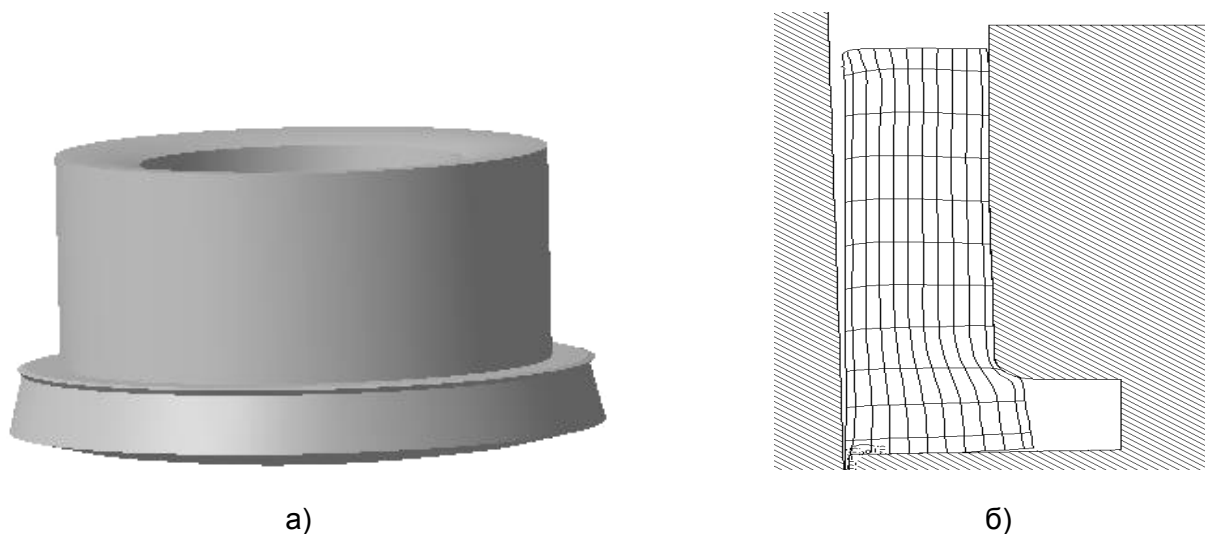


Рис. 3. Форма кольца после обработки:

а – полученная в результате эксперимента; б – смоделированная на компьютере

Однако при обработке за один проход часто возникает «налипание» металла заготовки на рабочую поверхность пуансона, что приводит к возникновению задиров в отверстии кольца. Поэтому величину деформации за один проход решено было уменьшить, осуществляя обработку последовательно двумя инструментами: сначала пуансоном меньшего диаметра, затем вторым пуансоном, обеспечивающим окончательный размер отверстия.

Геометрические параметры колец после обработки последовательно двумя пуансонами приведены в таблице.

Геометрические параметры обработанных колец

Номер кольца	Диаметр отверстия, мм	Овальность отверстия, мм	Конусность отверстия, мм	Диаметр бурта, мм
1	24,79	0,11	0,01	32,4
2	24,74	0,06	0,01	32,3
3	24,74	0,05	0,01	32,3
4	24,61	0	0,08	31,3
5	24,6	0,02	0,06	31,49
6	24,58	0,05	0,06	31,49
7	24,59	0,01	0,04	31,96
8	24,64	0,01	0,08	32
9	24,64	0,02	0,1	32,02
10	24,76	0,06	0,02	32,3
11	24,79	0,09	0,01	32,3
12	24,76	0,05	0,02	32,2
13	24,74	0,05	0,01	32,9
14	24,77	0,11	0,1	32,6
15	24,69	0,05	0,03	32,8
16	24,62	0,02	0,09	31,51
17	24,64	0,02	0,1	31,46
18	24,62	0,01	0,07	31,45
19	24,72	0,11	0,05	32,8
20	24,69	0,04	0,05	32,9
21	24,73	0,11	0,09	32,9
22	24,64	0,02	0,08	31,96
23	24,65	0,02	0,07	32
24	24,61	0,02	0,09	31,94

Эксперименты показали, что:

- овальность 0...0,11 мм – находится в пределах допуска, равного 0,15 мм;
- конусность 0,01...0,1 мм – находится в пределах допуска, равного 0,15 мм;
- шероховатость Ra 1,6...3,2 – соответствует токарной обработке.

Анализируя результаты экспериментов, можно сделать вывод, что кольца, обработанные с применением вышеописанной технологии, по параметрам шероховатости, овальности и конусности не уступают обработанным на токарном станке. Кроме того, отсутствие удаления части заготовки в стружку при выдавливании позволяет сэкономить металл. Поэтому внедрение данной технологии в производство позволит отказаться от ресурсоемкой токарной обработки и повысить экономическую эффективность производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Головин В.А. Технология холодной штамповки выдавливанием / В.А. Головин, А.Н. Митькин, А.Г. Резников. М.: Машиностроение, 1970. 152 с.
2. Штамповка кольцевых заготовок / Д.С. Львов, Ю.Л. Рождественский, А.В. Абрамов, Л.К. Литвак. М.: Машгиз, 1958. 182 с.

**Королев Альберт Викторович –**

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Саратовского государственного технического университета

**Мелентьев Владимир Александрович –**

ассистент кафедры «Проектирование технических и технологических комплексов» Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 621.9

**Н.Е. Курносов, А.В. Тарнопольский**

**ТЕХНОЛОГИЯ ВИХРЕВОЙ ПОДГОТОВКИ И ПОДАЧИ  
ВОЗДУШНО-ЖИДКОСТНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД ПРИ МЕХАНООБРАБОТКЕ**

*Рассмотрено влияние способа подготовки и подачи смазочно-охлаждающих технологических сред в зону резания на стойкость инструментов и качество обработки. Показано, что разработанная технология вихревой подготовки подачи смазочно-охлаждающих технологических сред обеспечивает получение многокомпонентных, активированных, мелкодисперсных СОТС с различным процентным соотношением жидкости и газа, применение которых увеличивает стойкость инструмента до двух раз.*

**N.E. Kurnosov, A.V. Tarnopolskij**

**TECHNOLOGY OF VORTICAL PREPARATION AND SUBMISSION  
OF AIR-LIQUID AEROSOLS OF COOLING TECHNOLOGICAL ENVIRONMENTS  
AT PROCESSING BY CUTTING**

*Influence of a way of preparation and submission of oilcloth and cooling technological environments in a zone of cutting on stability of tools and quality of processing is considered in this article. It is shown here, that the developed technology of vortical preparation of submission of oilcloth and cooling technological environments provides reception multi component, activated, aerosols with a various percentage parity of a liquid and gas which application increases stability of the tool up to 2 times.*

На процесс резания металлов, а также на стойкость режущих инструментов большое влияние оказывают силы трения, возникающие в зоне контакта стружки и обрабатываемой поверхности заготовки с инструментом. На трущихся поверхностях непрерывно возникают участки чистого материала (ювенильные поверхности), способные к активному физико-химическому взаимодействию с атомами, ионами и молекулами окружающей среды, в результате чего на них непрерывно образуются окисные пленки, уменьшающие силы трения. Естественной средой, в которой происходит процесс резания, является воздух, который оказывает смазочное действие. Эффективность действия воздуха возрастает при его охлаждении [1], однако влияние среды можно многократно усилить, если изменить ее состав и свойства, посредством введения в зону резания поверхностно-активных веществ, чаще всего в виде жидкости. В результате применения активированных смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) можно достигнуть резкого уменьшения сил трения при резании и тем самым повысить стойкость режущих инструментов и улучшить качество обработки.

В последние годы одним из направлений сокращения производственных расходов при механообработке стала обработка с минимальным количеством СОТС, подаваемых в виде мелкодисперсного аэрозоля [2]. Следовательно, воздух может являться самостоятельной СОТС и, кроме того, служить основой для создания большой группы дисперсных жидкостно-газовых сред, называемых аэрозолями. Аэрозоли смазочно-охлаждающих жидкостей в воздухе представляют собой полидисперсную гетерогенную систему, в которой дисперсной фазой являются движущиеся капли жидкости. Физико-технические свойства аэрозолей СОТС существенно отличаются от свойств, как воздуха, так и исходных жидкостей, подвергаемых распылению [1, 3]. При многофазной подаче СОТС появляется возможность совместно и в полной мере реализовать охлаждающее, смазывающее, химическое, режущее и моющее действия, характерные для различных типов СОТС. С учетом тенденций развития техники подачи СОТС разработан термодинамический диспергатор жидкости, позволяющий реализовать технологию вихревой подготовки и подачи СОТС, включающую их активацию [4, 5].

Первая ступень термодинамического диспергатора представляет собой вихревую трубу (рис. 1). Сжатый воздух подается в вихревую камеру через улитку специального профиля, которая формирует вихревой поток, движущийся по внутренней поверхности вихревой трубы по спиральной траектории. При этом в осевой зоне вихревой трубы формируется второй вихревой поток, движущийся навстречу периферийному. В результате интенсивного взаимодействия двух вихревых потоков воздуха (периферийного и осевого) происходит нагрев периферийного потока и охлаждение осевого.

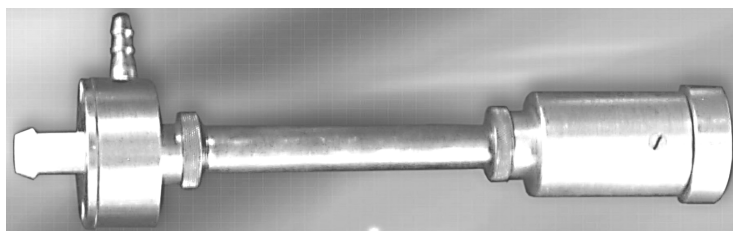


Рис. 1. Общий вид вихревой трубы

Вторая ступень термодинамического диспергатора представляет собой вихревой диспергатор-распылитель (рис. 2). Нагретый или охлажденный в вихревой трубе воздух под давлением подается в вихревую камеру диспергатора-распылителя через улитку специального профиля 1, при этом в осевой зоне 3 вихревой камеры создается разрежение, за счет которого в камеру эжектируется жидкость 4 или порошок. Вихревые потоки диспергируют жидкость или порошок и распыляют через боковое отверстие 6 вихревой камеры. Из отверстия 7 вихревой камеры выходит охлажденный поток воздуха 5.

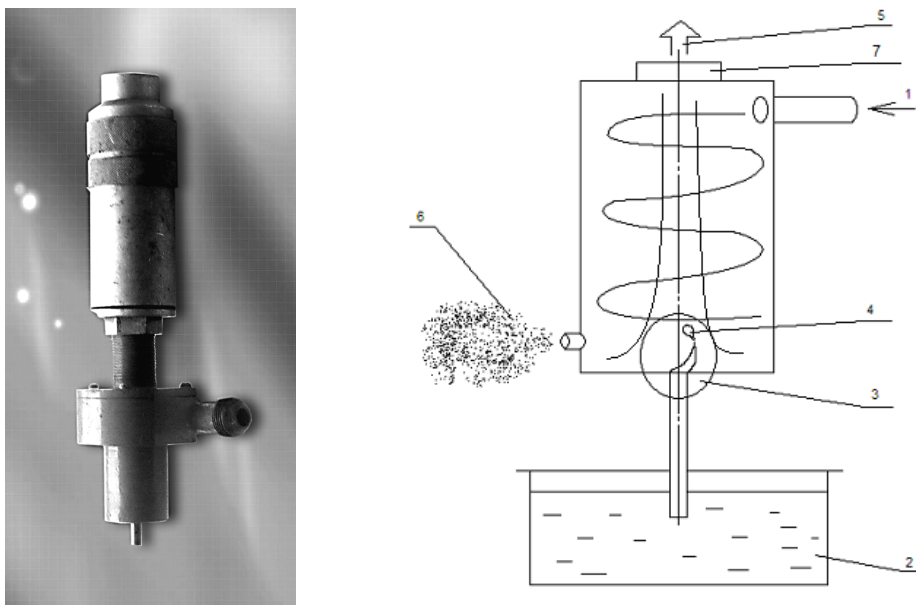


Рис. 2. Внешний вид и схема вихревого диспергатора-распылителя

Размер капель распыляемой жидкости находится в пределах от 5 до 10 мкм, что обеспечивает эффективный тепло- и массообмен с поверхностями заготовки и инструмента, за счет интенсивного испарения. Разработанные устройства отличаются от отечественных и зарубежных аналогов чрезвычайной простотой и высокой надежностью в работе (нет подвижных соединений), малой энергоемкостью (работают при давлении сжатого воздуха 0,02-0,2 МПа).

Термодинамический диспергатор (рис. 3) работает следующим образом. Сжатый воздух давлением 0,01...0,02 МПа по трубопроводу 1 через регулятор давления 2 подается на тангенциальный ввод 4 вихревой трубы 3, где он закручивается и приобретает вихревое движение, а затем разделяется на две составляющие: холодный и горячий потоки. Холодный поток выводится через вывод 5 и по трубопроводу 7 поступает на первый вход переключателя 9 воздушных потоков. Горячий поток через вывод 6 по трубопроводу 8 поступает на второй вход переключателя 9 воздушных потоков. Из переключателя 9 один поток направляется на тангенциальный ввод 13 распылителя 12, а другой через первый пневмоглушитель 10 сбрасывается в атмосферу.

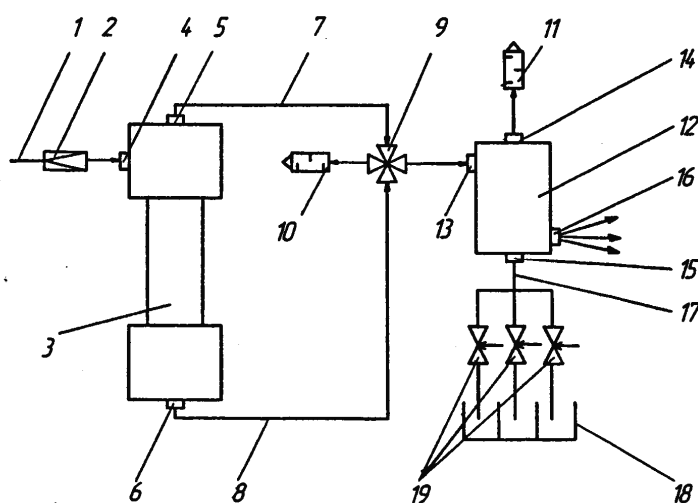


Рис. 3. Схема вихревого термодинамического диспергатора

Воздушный поток, поступающий в распылитель 12, создает в осевой зоне разрежение, вследствие чего из резервуара 18 происходит забор распыляемой среды во внутреннюю полость распылителя 12. В распылителе 12 происходит разделение поступающего в него сжатого воздуха на холодный и горячий потоки. Холодный поток через торцевой вывод 14 поступает во второй пневмоглушитель 11 и далее в атмосферу. Горячий вихревой поток внутри распылителя перемешивается с поступающей в него распыляемой средой, которая приобретает мелкодисперсное состояние и выводится через патрубок 16 выброса в виде факела аэрозоля.

Термодинамический диспергатор может работать в трех режимах: вихревой энергопреобразователь, обеспечивает подачу холодного воздуха в зону резания; вихревой диспергатор-распылитель жидкости, обеспечивает подачу аэрозоля СОТС; при совместной подаче в зону обработки холодного воздуха и аэрозоля СОТС обеспечивается получение многокомпонентных, активированных, мелкодисперсных СОТС с различным процентным соотношением жидкости и газа. В отдельных случаях оказывается целесообразным применение комбинированного способа подачи одновременно двух распыленных СОТС. Например, вихревой диспергатор-распылитель обеспечивает подачу в зону резания одновременно распыленного масла и распыленной эмульсии. Аэрозоль масла обеспечивает смазочное действие, а аэрозоль эмульсии – охлаждение зоны резания с целью уменьшения температурных деформаций. Совместное применение двух разнородных СОТС усиливает их действие, т.к. полностью проявляются смазочное, химическое и охлаждающее действия.

Таким образом, высокая эффективность применения вихревого способа подготовки и подачи СОТС в виде воздушно-жидкостного аэрозоля объясняется повышением их физической и химической активности. Удельная поверхность распыленной жидкости в 600-700 раз больше, чем у не распыленной [3], что повышает физико-химическую активность и проникающую способность СОТС. Совместная подача в зону резания воздуха, содержащего кислород, и жидкости интенсифицирует процесс образования окисных пленок на трущихся поверхностях, что уменьшает износ инструмента. При многофазной подаче СОТС появляется возможность совместно и в полной мере реализовать охлаждающее, смазывающее, химическое, режущее и моющее действия, характерные для различных типов СОТС. Применение вихревой системы подготовки и подачи в зону резания СОТС в виде струи холодного воздуха и струи воздушно-жидкостного аэрозоля обеспечивает повышение стойкости инструмента в 2-3 раза за счет эффективного охлаждения зоны резания и смазки трущихся поверхностей в зоне контакта инструмента и заготовки, при резком сокращении количества применяемой жидкости.

Разработанная технология вихревой подготовки и подачи СОТС в виде воздушно-жидкостного аэрозоля принята к эксплуатации в условиях производства ОАО «Пензкомпрессормаш» при фрезеровании канавок ротора винтового компрессора на зубофрезерном станке фирмы «Холдройд», и безотказно работает в течение трех лет. Это позволило повысить стойкость инструмента до двух раз, исключить расходы на использование и утилизацию сульфифрезола в качестве СОТС и на вытяжную вентиляцию мощностью 45 кВт.

Аэрозоли СОТС можно с успехом применять на агрегатных станках, автоматических линиях и, что особенно важно, на станках с ЧПУ, в том числе на многооперационных станках. Активация СОТС при вихревом диспергировании и распылении повышает эффективность действия их смазочных и химических свойств. Использование на отечественных предприятиях технологии вихревой подготовки и подачи СОТС в зону резания позволит повысить стойкость режущих инструментов, снизить затраты на применение и утилизацию СОТС, свести до минимума экологический вред.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бердичевский Е.Г. Смазочно-охлаждающие средства для обработки материалов: справочник / Е.Г. Бердичевский. М.: Машиностроение, 1984. 224 с.



2. Потапов В.А. Применение механической обработки с минимальным количеством СОЖ на германских заводах / В.А. Потапов // Машиностроитель. 1999. № 11. 1999. С. 46-52.

3. Клушин М.Н. Охлаждение и смазка распыленными жидкостями при резании металлов / М.Н. Клушин, В.М. Тихонов, Д.Н. Троицкая. Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1988. 123 с.

4. Пат. 2233711 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В05В 7/12. Термодинамический диспергатор / В.М. Пичугин, Н.Е. Курносов, А.В. Тарнопольский, Д.Н. Давыдов, С.Н. Бурцев, С.Н. Курносов; заявитель и патентообладатель Н.Е. Курносов. № 2002130688/12; заявл. 15.11.2002; опубл. 10.08. 2004, Бюл. № 22. 7 с.

5. Тарнопольский А.В. Технология подготовки и подачи распыленных смазывающе-охлаждающих жидкостей / А.В. Тарнопольский // Технологическое обеспечение надежности и долговечности машин: сб. науч. тр. Ижевск: Ин-т приклад. механ. Урал. отдел. РАН, 2006. С. 236-240.

**Курносов Николай Ефимович –**

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Транспортно-технологические машины и оборудование»  
Пензенского государственного университета

**Тарнопольский Александр Владимирович –**

кандидат технических наук,  
профессор кафедры «Транспортно-технологические машины и оборудование»  
Пензенского государственного университета

*Статья поступила в редакцию 19.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 621.923.6

**Д.А. Тихонов**

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ  
ШЕРОХОВАТОСТИ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КРУГЛЫХ РЕЗЦОВ  
С ИЗНОСОСТОЙКИМ ПОКРЫТИЕМ,  
ОБРАБОТАННОЙ АЛМАЗНЫМ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ**

*Эксплуатационные свойства изделий, обработанных методами поверхностного пластического деформирования, определяются качеством отделочно-упрочняющей обработки и, главным образом, таким критерием качества, как шероховатость обработанной поверхности.*

**D.A. Tihonov**

**WORKING SURFACES ROUGHNESS EXPERIMENTAL RESEARCH RESULTS  
OF ROUND CUTTERS WITH THE HARD-WEARING  
MATTING PROCESSED BY THE DIAMOND BURNISHING**

*Operational properties of the products processed by methods of a superficial plastic straining are defined by quality of finishing-hardening machining and, mainly, such criteria of performance, as a roughness of the processed surface.*

Для изучения деформации поверхностных неровностей и процесса образования выглаженной поверхности были сняты профилограммы мест перехода от обработанной поверхности к исходной (рис. 1). Профилограммы поверхностей снимались на профилографе «Калибр 42». На профилограмме можно выделить четыре характерных участка.

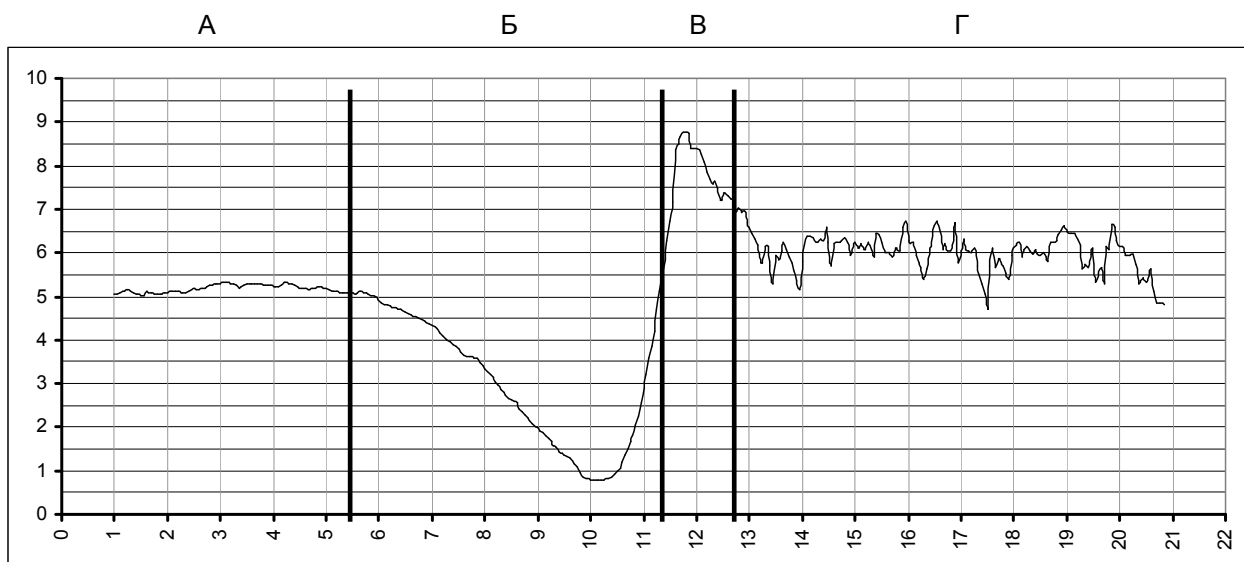


Рис. 1. Профилограмма рабочей поверхности инструмента с покрытием из нитрида титана TiN: А – выглаженная поверхность; Б – участок контакта обрабатываемой поверхности с рабочей поверхностью выглаживающего инструмента; В – участок исходной поверхности, приподнятый выглаживающим инструментом; Г – исходная поверхность изделия

Полученная профилограмма оцифровывалась с помощью программы. Полученные данные помещались на лист электронной книги Excel, после чего проводился расчет величины шероховатости поверхностей. Результаты измерений шероховатости  $R_z$  рабочих поверхностей инструмента с покрытием из TiN показаны в табл. 1.

Таблица 1

Результаты измерений шероховатости  $R_z$  выглаженной и не выглаженной рабочей поверхности инструмента с покрытием из TiN

Участки профилограммы на рис. 1	Базовая длина	Вертикальное увеличение	Ординаты пяти точек, имеющих max, мм	Ординаты пяти точек, имеющих min, мм	Параметр шероховатости $R_z$ , мм $R_z = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 h_{i_{max}} - \sum_{i=1}^5 h_{i_{min}} \right)$
Участок Г	0,8	$10 \times 10^3$	27,2; 27,2; 26,5; 26,3 26,7	11,6; 7,6; 14; 13,7; 13	$1,48 \times 10^{-3}$
Участок А	0,8	$10 \times 10^3$	8,2; 8,0; 7,9; 8,2; 7,7	5; 5,4; 5,7; 6,4; 5,5	$0,24 \times 10^{-3}$

Важным параметром процесса выглаживания является подача, которая обычно берется в пределах от 0,005 до 0,10 мм/об. Величина подачи зависит от формы и размеров инструмента. Как правило, чем меньше подача, тем выше чистота обработанной поверхности. Однако, как показывают исследования, при подачах меньше 0,005-0,01 мм/об качество обработ-

ки может снизиться вследствие чрезмерной повторяемости нагрузки на одном и том же участке поверхности.

Увеличение числа проходов при ППД влияет на шероховатость обработанной поверхности подобно уменьшению подачи. При исследовании влияния числа проходов было замечено, что наибольшая эффективность достигается при первом проходе. Повторные проходы могут несколько улучшить состояние поверхности; при большом числе проходов наблюдается ухудшение чистоты поверхности вследствие многократности действия нагрузки.

На высоту возникших в результате ППД микронеровностей оказывают влияние радиальное усилие, продольная подача, размеры и форма исходной поверхности деформирующего инструмента, исходная шероховатость поверхности, физико-механические свойства материала детали, число проходов и ряд других факторов. Наибольшее влияние на шероховатость обработанной поверхности оказывает радиальное давление. Минимальные неровности образуются при некотором оптимальном давлении, обеспечивающем полное пластическое деформирование исходных неровностей. Для пластичных металлов оптимальное давление имеет меньшее значение, чем для более твердых и менее пластичных металлов. При давлениях, превышающих оптимальное значение, происходит возрастание высоты неровностей. Это объясняется искажением профиля, а также перенаклепом верхнего слоя, вызывающим его частичное разрушение. Незначительное влияние на шероховатость упрочненной поверхности оказывает окружная скорость ППД. Опытные данные показывают, что из условий жесткости и виброустойчивости оборудования, а также инструмента, наиболее целесообразно проводить упрочнение со скоростью 50-100 м/мин.

Некоторое влияние на шероховатость обработанной поверхности оказывает количество повторных подходов. Наибольшее снижение исходных шероховатостей происходит за первый проход. Последующие подходы менее эффективны и даже могут привести к полному разрушению покрытия.

Основным фактором, определяющим упрочнение поверхностного слоя, является удельное давление в процессе ППД. Давление в очаге деформации, при котором прекращается прирост микротвердости, примерно соответствует верхнему пределу оптимальных усилий, обеспечивающих получение минимальных шероховатостей. Оптимальное значение этого усилия зависит от механических свойств материала основы и покрытия, от формы и размеров инструмента, прочности сцепления покрытия с основой и других параметров процесса. Для расчета оптимального значения радиального усилия В.А. Тимошенко и В.В. Дубенко получена формула, обеспечивающая заданные параметры геометрии поверхности с учетом механических характеристик покрытия и материала основы (1):

$$P_y = 0,0085(HB) R_{сф}^2, \quad (1)$$

где  $HB$  – твердость заготовки с покрытием (диаметр шарика 5 мм, нагрузка 7500 Н);  $R_{сф}$  – радиус сферы инструмента.

Следовательно, оптимальные усилия с точки зрения упрочнения являются одновременно и наиболее рациональными с точки зрения снижения исходных шероховатостей.

Исследование шероховатости поверхности после выглаживания алмазными инструментами показало, что быстрорежущие стали, закаленные до высокой твердости (НКС62...64) с высокопрочным покрытием из TiN, хорошо поддаются поверхностному пластическому деформированию, при этом резко снижается шероховатость поверхности и упрочняется поверхностный слой деталей. Эксперименты показали, что более эффективно происходит процесс поверхностного деформирования образцов после напыления нитрида титана TiN с шероховатостью поверхности не ниже 0,3 мкм по шкале Ra. На рис. 2 приведен фотоснимок рабочей поверхности круглого резца из быстрорежущей стали Р6М5, закаленной до НКС62...64 с покрытием из TiN. Исходная поверхность резцов покрыта износостойким покрытием с шероховатостью 1,5 мкм по шкале Rz. Алмазное выглаживание осуществи-

лось с режимами: скорость обработки  $v = 20$  м/мин; подача –  $S = 0,05$  мм/об; радиальная сила  $P = 180$  Н. Для обработки использовался инструмент с цилиндрической рабочей поверхностью  $R_{ц} = 1$  мм.

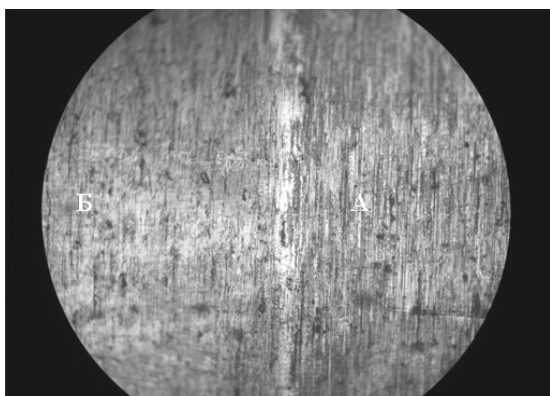


Рис. 2. Шероховатость цилиндрического участка рабочей поверхности круглого резца; увеличение 300×:  
а – поверхность после нанесения покрытия;  
б – поверхность после алмазного выглаживания покрытия

Для исследуемых быстрорежущих сталей с износостойким покрытием TiN это сочетание находится в области 160...210 Н при  $R = 1$  мм. При выглаживании покрытий небольшой толщины (2-10 мкм) незначительное увеличение радиальной силы по сравнению с ее оптимальным значением сможет привести к резкому снижению шероховатости и отслаиванию покрытия из-за превышения контактного напряжения над величиной прочности сцепления. Таким образом при выглаживании нитрида титана оптимальная сила  $P$  в основном зависит от толщины покрытия, физико-механических свойств материалов основы и покрытия, а также от прочности их сцепления.

Влияние радиальной силы  $P$  при  $R = 1$  мм на высоту шероховатостей показано графиками на рис. 3. Обработка образцов осуществлялась на токарном станке с подачей 0,05 мкм/об.

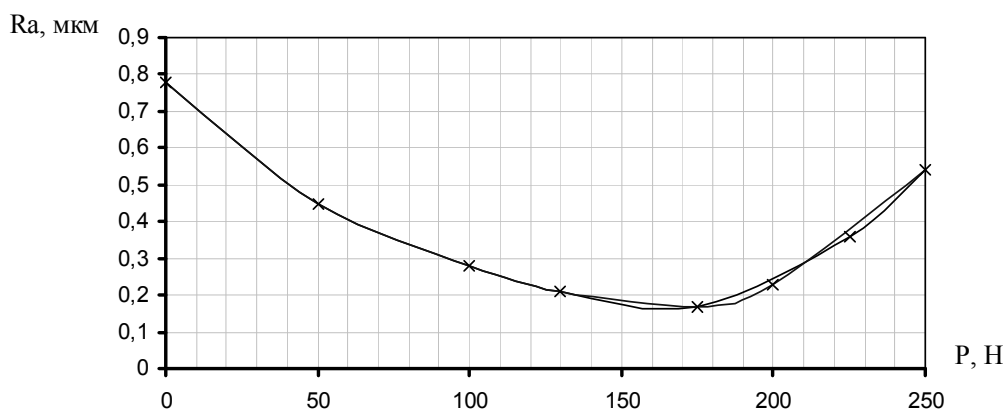


Рис. 3. Влияние радиальной силы  $P$  на шероховатость обработанной поверхности: сталь Р6М5с покрытием TiN (алмазный выглаживающий инструмент с формой рабочей поверхности цилиндр радиусом  $R_{ц} = 1$  мм;  $S = 0,05$  мм/об)

Значительное влияние на шероховатость обрабатываемой поверхности оказывает величина подачи  $S$  (рис. 4). Оптимальное значение подачи зависит от величины пластического отпечатка в направлении движения подачи. При величине подачи  $S = 0,25$  мкм/об достигается минимальное значение шероховатости. Дальнейшее снижение величины подачи мало сказывается на шероховатости.

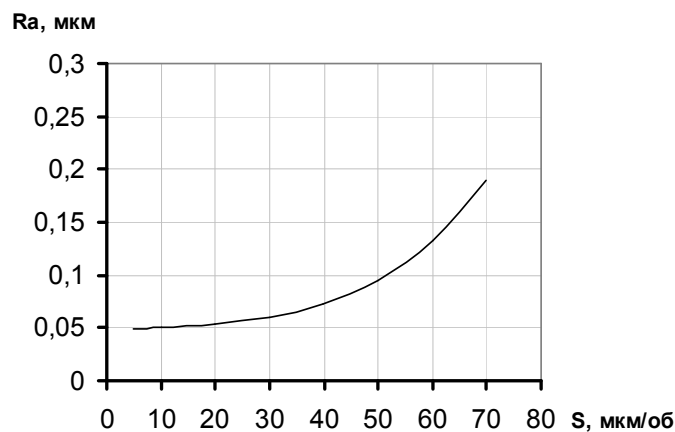


Рис. 4. Влияние подачи  $S$  на шероховатость  $R_a$  при алмазном выглаживании стали Р6М5 с износостойким покрытием TiN:  $R_{ц} = 1$  мм;  $P = 180$  Н; исходная шероховатость  $R_a = 0,3$  мкм

Эксперименты показывают, что скорость главного движения практически не влияет на шероховатость выглаженной поверхности. Однако даже при упругом закреплении инструмента существенное влияние на шероховатость оказывает радиальное биение заготовки.

При значительных радиальных биениях заготовки приходится резко снижать скорость обработки. Так, например, при скорости главного движения 3...5 м/мин при упругом закреплении АВИ биение практически не влияет на шероховатость.

**Тихонов Денис Александрович** –

аспирант кафедры «Технология электрофизических и электрохимических методов обработки»  
Энгельсского технологического института (филиала)  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

## **НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

---

УДК 621.793.74:616-089.843; 534.29; 539.23; 616.31

**А.В. Лясникова, А.М. Сакалла**

### **ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ БИОКОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ В МОЩНОМ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ**

*Повышение эффективности остеоинтеграции костных имплантатов может быть достигнуто путем формирования структуры их поверхностных слоев из наноагломератов при электроплазменном напылении за счет воздействия ультразвукового поля на напыляемый материал. Снижение размеров частиц за счет ультразвукового диспергирования происходило в 5...15 раз, что также подтверждает возможность использования предлагаемого метода для формирования потока особо мелких частиц при использовании в процессе электроплазменного напыления исходных порошков мелких фракций дисперсностью 10...20 мкм.*

**A.V. Lyasnikova, A.M. Sakalla**

### **ELECTROPLASMA SPRAYING NANOSTRUCTURED BIOCOMPOSITIONAL COATING IN POWERFUL ULTRASOUND FIELD**

*Bone implant Osseo integration efficiency improvement can be achieved by forming surface layer structure of nano agglomerates by means of plasma spray process because of ultrasound field on the processed material. Particle size decrease because of ultrasound dispersion was 5...15 times that also proves that suggested method can be applied for formation of a flow of very small particles in plasma spray processing of original small fraction powders with dispersion of 10...20  $\mu\text{m}$ .*

В настоящее время прогресс в имплантологии, в том числе дентальной, во многом обусловлен применением новых биоконпозиционных материалов с улучшенными характеристиками биосовместимости и механической прочности. Ярким тому примером является дентальный имплантат с биоконпозиционным покрытием на основе гидроксиапатита, трикальцийфосфата, фторгидроксиапатита и т.д. (рис. 1). Основа такого имплантата выполняется из биоинертного и механически прочного металла (Ti, Zr, Ta), на поверхность которого методом электроплазменного напыления наносится биоконпозиция, состоящая из нескольких слоев (титан + биоактивный материал). Помимо традиционного гидроксиапатита сейчас существует достаточно большой выбор биоактивных материалов, что значительно расширя-

ет возможности дентальной имплантации. Так, например, плазмонапыленные трикальций-фосфатные покрытия способствуют надежной остеоинтеграции и долговременному функционированию имплантатов у пациентов с системным остеопорозом, который совсем недавно являлся абсолютным противопоказанием к такого рода хирургическим вмешательствам. Ведутся исследования по применению фторгидроксиапатита, трикальцийфосфата, а также их композиций в качестве компонентов плазмонапыленных биоактивных покрытий, которые, согласно предварительным исследованиям, способны стимулировать приживление дентальных имплантатов у больных пародонитом и сахарным диабетом [1, 2].

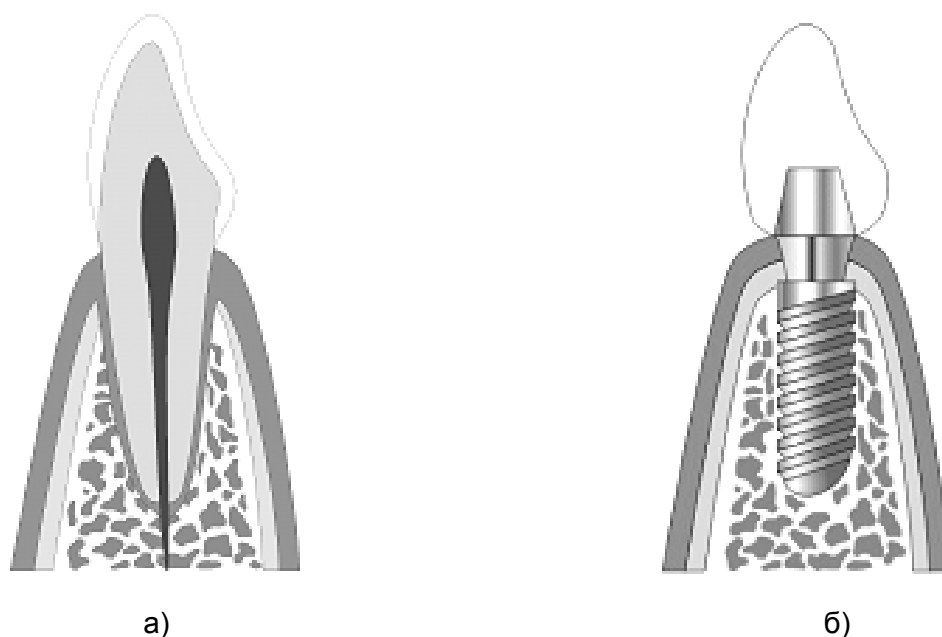


Рис. 1. Схема строения и крепления в кости натурального зуба (а) и имплантата (б)

Биосовместимость имплантатов в настоящее время обеспечивается путем использования композиций биоактивных материалов, соответствующих по составу костной ткани, и создания покрытий с определенной пористой структурой, демпфирующей жевательные нагрузки и дающей возможность врастания в нее костных волокон (рис. 2) [3-5]. Следующим этапом на пути повышения качества дентальной имплантации может стать переход на молекулярный уровень взаимодействия напыляемых материалов и естественных тканей, что может быть реализовано путем формирования в объеме и на поверхности покрытий наноструктур, соответствующих по размерам и форме аналогичным образованиям утерянного корня зуба и костного ложа [6-9].

С учетом особенностей процесса формирования покрытий электроплазменным напылением, которое в настоящее время является наиболее универсальным и эффективным методом обеспечения их свойств, можно предположить, что создание наноструктур будет обеспечиваться за счет дробления исходных частиц на фрагменты непосредственно в струе плазмы. Применение исходных нанопорошков проблематично вследствие высокой вероятности их испарения.

Известно, что основной причиной дробления материалов является внешнее воздействие, интенсивность которого превышает предел прочности [10]. В случае электроплазменного напыления, когда частицы находятся в жидком или частично расплавленном состоянии, это могут быть скоростной напор газа (струи плазмы) и высокие напряжения, возникающие в еще не расплавившемся твердом ядре частицы из-за высоких градиентов температур между ядром и кипящей внешней оболочкой. При этом первый механизм, связанный с превышени-

ем внешнего давления над давлением Лапласа, удерживающим частицу в сфероподобной форме силами поверхностного натяжения, характерен для полностью проплавленных металлических частиц, например титана. Вторым механизмом можно считать реальным для частиц из материалов, обладающих низкой теплопроводностью и высокой температуропроводностью, например биоактивной керамики. При этом тепло как бы аккумулируется в поверхностном слое частицы и будет наблюдаться чрезвычайно высокий температурный градиент от поверхности к ядру.

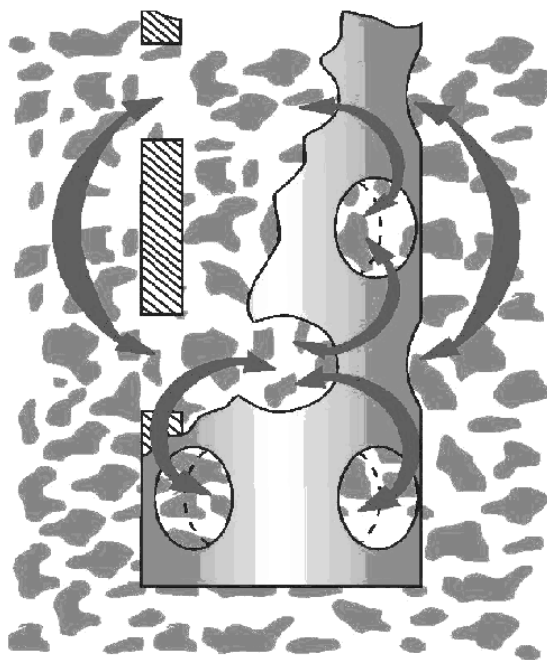


Рис. 2. Схема прорастания костной ткани в отверстия и поры дентального имплантата с плазмонапыленным биокомпозиционным покрытием

Однако эти факторы весьма стохастичны и инерционны, что затрудняет их использование в качестве технологических режимов формирования наноструктурированных покрытий.

Очевидно, что необходимо применить некоторые внешние дополнительные легко управляемые энергетические воздействия, способные вызвать аналогичные эффекты по дроблению частиц. Из научно-технической литературы известно эффективное использование ультразвукового поля для диспергирования жидкостей на микрокапли определенного размера [11, 12]. Задача состоит в определении уровня интенсивности поля, способного образовывать фрагменты напыляемых частиц с размерами, близкими к нанодиапазону.

Рассмотрена теоретическая возможность акустического фокусирующего воздействия на поток напыляемых частиц. В результате анализа выражений, описывающих акустическое давление, давление Лапласа и условия в плазменном потоке, получена зависимость минимального радиуса жидкой капли от основных технологических факторов:

$$r = \frac{6\alpha}{\rho_0(\pi f A)^2 c_0}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – поверхностное натяжение;  $r$  – радиус капли;  $f$  – частота ультразвуковых колебаний;  $A$  – амплитуда ультразвуковых колебаний;  $\rho_0$  – плотность плазмы;  $c_0$  – скорость звука в плазменной струе.

По данному выражению можно определить минимальные размеры частиц-фрагментов, на которые исходные частицы диспергируются ультразвуковым полем в зави-



симости от плотности плазменного потока и скорости звука в ней. Видно, что эти параметры значительно меньше влияют на размеры частиц, чем параметры ультразвука (частота и амплитуда), влияние которых носит квадратичный характер.

Поэтому при прочих равных условиях размеры диспергированных частиц будут определяться интенсивностью ультразвукового поля, а значит, амплитудой колебаний излучателя.

Преобразуя формулу (1), выразим амплитуду через параметры среды напыления и размер капли:

$$A = \sqrt{\frac{6\alpha}{\rho_0 \cdot c_0 \cdot r \cdot (\pi \cdot f)^2}} \quad (2)$$

Подставляя в выражение (2) числовые значения  $\alpha = 1,55 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,  $\rho_0 = 2000 \text{ м/с}$ ,  $r = 10^{-7} \text{ м}$ ,  $f = 44 \text{ кГц}$ , получим  $A = 123 \text{ мкм}$ . Такое значение амплитуды колебаний невозможно получить при помощи существующих колебательных систем обычной конструкции. Коэффициент усиления, обеспечивающий получение таких амплитуд, можно создать, только используя фокусирующие излучатели или рефлекторы ультразвука.

Расчетным путем по (1) получена зависимость размера микрочастиц в потоке от амплитуды и частоты ультразвука (рис. 3).

Минимальные размеры частиц обеспечиваются при амплитуде 110 мкм и частоте 60 кГц – 0,067 мкм, а также при амплитуде 80 мкм и частоте 40 кГц – 0,088 мкм. Таким образом, при использовании реально достижимых частот и амплитуд ультразвука возможно формировать поток напыляемых частиц из микрокапель нанодиапазона.

Рассмотрена возможность оценки степени совпадения параметров искусственных и естественных наноструктур методом фрактального анализа. В нашем случае представляется, что можно описать при помощи фракталов микроструктуры, существующие в костной ткани и сформированные в плазмонапыленном покрытии [13, 14].

Рассмотрим микрофотографии поверхности срезов костной ткани челюсти человека (рис. 4) и поверхности плазмонапыленных биокomпозиционных покрытий (рис. 5).

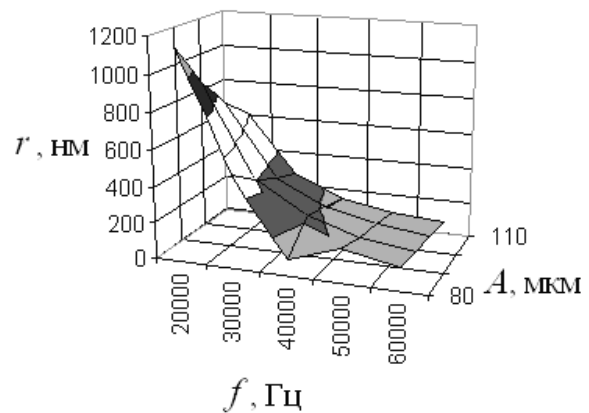


Рис. 3. Зависимость размеров микрочастиц от амплитуды и частоты ультразвука

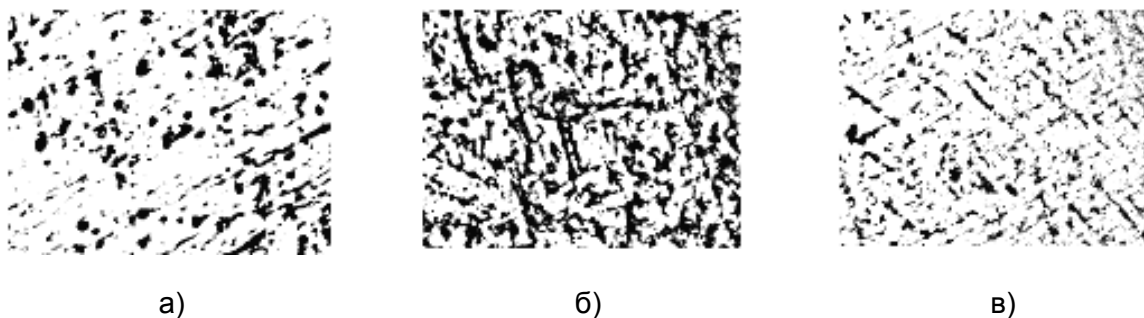


Рис. 4. Микрофотографии среза тканей костного ложа после обработки на компьютерном анализаторе изображений микроструктур АГПМ-6М: а – кортикальная кость, б, в – губчатая кость альвеолярного отростка

Видно, что костные структуры на рис. 4, а имеют образования, которые могут быть описаны фракталом Мандельброта. Подобные фракталы можно заметить в биокомпозиционных покрытиях на рис. 5, а, б. Костные структуры на рис. 4, б близки к фракталу «дракон» Хартера-Хейтуэя или Julia, структура на рис. 4, в напоминает «Ковер Серпинского». Покрытие (рис. 5, в) может быть описано фракталом «дракон» и Julia. Фракталы Julia в основном составляют структуру покрытия на рис. 5, г. Среди изображений покрытий не удалось выявить структур, напоминающих «Ковер Серпинского».

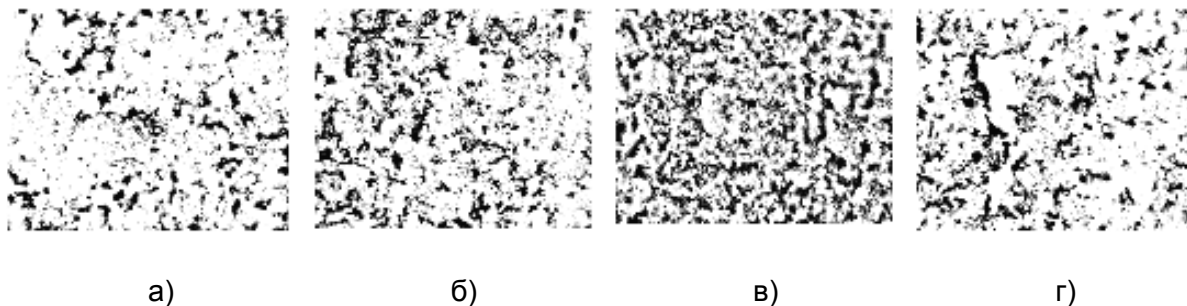


Рис. 5. Микрофотографии поверхности плазмонапыленных покрытий после обработки на компьютерном анализаторе изображений микроструктур АГПМ-6М. Биоактивный материал дисперсностью 70-100 мкм, напыленный при токе дуги 450-500 А: а – на дистанции 70 мм, г – на дистанции 100 мм; дисперсностью 40-70 мкм при токе дуги 400-450 А; б – на дистанции 70 мм в – на дистанции 90 мм

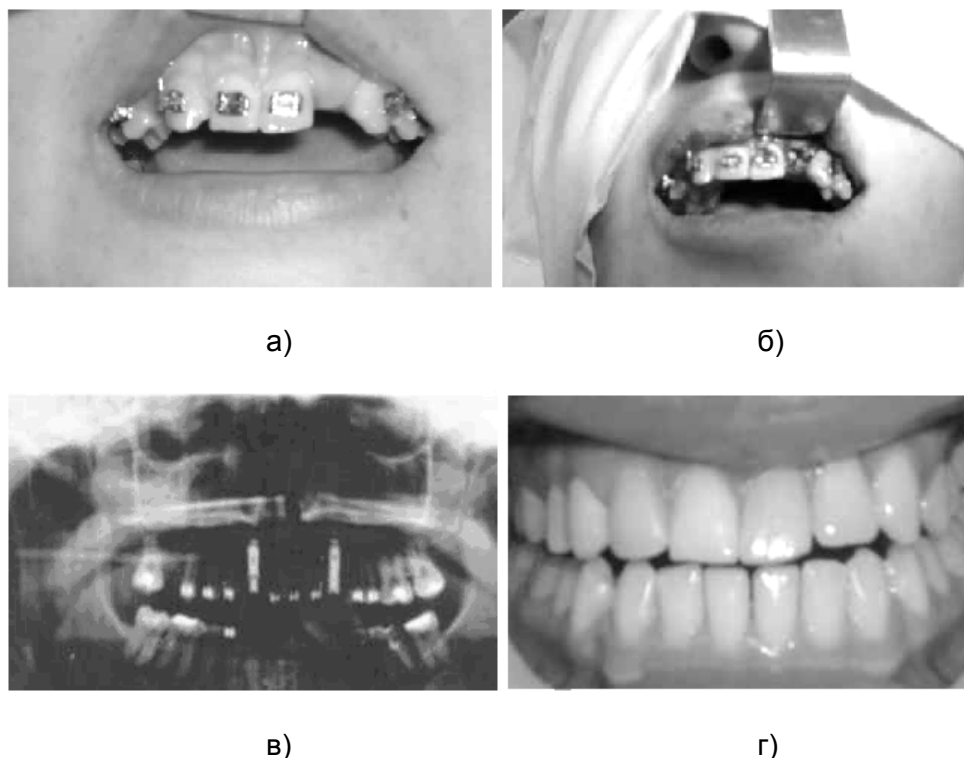


Рис. 6. Применение дентальных имплантатов с наноструктурированными плазмонапыленными биоактивными покрытиями в практике ортодонтического лечения: а – одиночный дефект после ортодонтического лечения; б – установлен гладкий цилиндрический имплантат; в – ортопантомограмма после операции; г – результат лечения

Поскольку кортикальная кость занимает весьма незначительную зону контакта с покрытием, по-видимому, следует стремиться к совпадению фрактальных структур губчатой кости и биоактивного материала. Уточненный анализ показал, что эти структуры должны отвечать фракталу вида Julia с параметрами:  $X_{\min} = -4$ ,  $X_{\max} = 1,5$ ,  $Y_{\min} = -3$ ,  $Y_{\max} = 1,5$ ,  $A = -0,5$ ,  $B = 0,4$ ,  $C = 300$ . Эти параметры обеспечиваются при напылении покрытия порошком биоактивного материала дисперсностью 40-70 мкм на дистанции 90 мм и при токе дуги 400-450 А (рис. 5, в) [15].

Применяя биокомпозиционные покрытия, обладающие аналогичной костной ткани структурой, можно значительно ускорить остеоинтеграционные процессы и избежать таких распространенных осложнений дентальной имплантации, как разрастание эпителиальной ткани и образование костного кармана вокруг пришеечной части имплантата, что, в свою очередь обеспечит максимальную естественность взаимодействия имплантата с прилежащими тканями. Результаты клинического применения имплантатов, напыленных по вышеописанной технологии, доказывают ее состоятельность и перспективность, а также необходимость дальнейших экспериментальных и теоретических исследований в этой области (рис. 6).

Дальнейшие исследования необходимо направить на разработку новых биоактивных композиций, автоматизацию напылительного и ультразвукового оборудования, совершенствование существующих и разработку новых технологий получения наноструктурированных покрытий. Особое внимание следует уделить контролю качества наноструктурированных биокомпозиционных покрытий, который может представлять весьма сложную проблему, поскольку от этого во многом зависит успех имплантации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стоматологические имплантаты. Исследование, разработка, производство и клиническое применение / А.В. Лясникова, А.В. Лепилин, Н.В. Бекренев, Д.С. Дмитриенко. Саратов: СГТУ, 2006. 254 с.
2. Воложин Г.А. Остеоинтегративные свойства дентальных имплантатов, покрытых трикальцийфосфатом / Г.А. Воложин // Биомедицинские технологии: материалы XI Всерос. науч. конф. М., 2005. Вып. 23. С. 28-33.
3. Биоактивные материалы и покрытия в дентальной имплантологии: учеб. пособие / А.В. Лясникова, А.В. Лепилин, В.Н. Лясников, К.Г. Бутовский. Саратов: СГТУ, 2004. 94 с.
4. Путляев В.И. Современные биокерамические материалы / В.И. Путляев // Соросовский образовательный журнал. 2004. Т. 8. № 1. С. 44-50.
5. Lyasnikova A.V. The application of plasma sprayed coatings in the manufacture of dental implants / A.V. Lyasnikova, N.V. Protasova // 22<sup>nd</sup> European Conference on Surface Science «ECOSS 22». Praha, Czech Republic, 2003. P. 15-17.
6. Свидиненко Ю.А. Нанотехнологии сегодня / Ю.А. Свидиненко // inform@computerra.ru 2000 г.
7. Дубова М.А. Особенности клинического применения нанокompозита 3М<sup>TM</sup>ESPE<sup>TM</sup>Filtek<sup>TM</sup>Supreme / М.А. Дубова, Ж.П. Хиора // Diskus Dental. 2003. С. 83-84.
8. Леденцов Н.Н. Наноструктуры: как это делает природа / Н.Н. Леденцов // Лекторий Научно-образовательного центра ФТИ им. А.Ф. Иоффе 13.10.2000 (Интернет-ресурс).
9. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. М.: Издат. центр «Академия», 2005. 192 с.
10. Протасова Н.В. Управление формобразованием и свойствами биокомпозиционных покрытий дентальных имплантатов при электроплазменном напылении: дис. ... канд. техн. наук / Н.В. Протасова. Саратов, 2000. 251 с.
11. Абрамов О.В. Ультразвуковая обработка материалов / О.В. Абрамов, И.Г. Хорбенко, Ш. Швекла; под ред. О.В.Абрамова. М.: Машиностроение, 1984. 325 с.
12. Мощные ультразвуковые поля / под ред. Л.Д. Розенберга. М.: Наука, 1968. 230 с.

13. Шабаршин А.А. Введение во фракталы / А.А. Шабаршин // shaos@mail.ru.

14. Федер Е. Фракталы / Е. Федер; пер. с англ. М.: Мир, 1991. 254 с. (Jens Feder, Plenum Press, New York, 1988).

15. Перспективы использования наноструктурированных биоконпозиционных покрытий в производстве дентальных имплантатов / А.В. Лясникова, Н.В. Бекренев, А.В. Лепилин, В.Н. Лясников // Сб. науч. трудов по материалам 8-й Всерос. конф. Саратов: СГТУ, 2006. С. 14-18.

**Лясникова Александра Владимировна** –

кандидат технических наук,  
докторант кафедры «Материаловедение и высокоэффективные процессы обработки»  
Саратовского государственного технического университета

**Сакалла Ахмед Мохамед Фаиз** –

соискатель кафедры «Материаловедение и высокоэффективные процессы обработки»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 20.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК541.123:546.21

**К.Ю. Пономарева, И.Д. Кособудский, Г.Ю. Юрков, В.И. Кочубей**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НАНОЧАСТИЦ СУЛЬФИДОВ  
КАДМИЯ И ЦИНКА, СИНТЕЗИРОВАННЫХ В МАТРИЦЕ ПОЛИЭТИЛЕНА  
ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

*Синтезированы образцы нанокомпозитов на основе полупроводниковых сульфидов и полиэтилена. Проведены исследования состава, структуры и строения наночастиц методами рентгенофазового анализа (РФА) и EXAFS-спектроскопии.*

**K.Yu. Ponomareva, I.D. Kosobudsky, G.Yu. Yurkov, V.I. Kochubey**

**CADMIUM AND ZINC SULFIDES NANO-PARTICLE  
STRUCTURES RESEARCH SYNTHESIZED  
IN A MATRIX OF LOW DENSITY POLYTHENE**

*Samples nanocomposites basis of semiconductor sulphides and polyethylene was synthesized. The structure of nanocomposites was researched by methods X-ray diffraction and EXAFS-spectroscopy.*

Получение металлсодержащих наночастиц является одной из важных проблем современной науки, касающейся создания наноматериалов. Нанокомпозиты на основе полимерных матриц и равномерно распределенных в них изолированных друг от друга наночастиц (квантовых точек) обладают уникальными фотолюминесцентными свойствами [1], кроме того, полимерные матрицы являются удобными стабилизаторами роста наночастиц и обладают хорошими механическими свойствами. Из наночастиц полупроводниковых материалов наибольший интерес

представляют халькогениды металлов (CdS, ZnS). При химическом синтезе сульфидов металлов в среде полимера в роли сульфидирующего агента может выступать  $H_2S$  [1] или соединение, содержащее активную серу [2].

При применении тиомочевины в качестве сульфидирующего агента примечательна ее способность образовывать координационные соединения с переходными металлами, которые при термическом воздействии распадаются до сульфидов соответствующих металлов. Взаимодействие соли металла с сульфидирующим агентом (тиомочевинной) начинается уже в растворе, при этом достигается координация Cd-S в комплексном соединении, что обеспечивает введение атома серы в ближайшее окружение атомов металла [3].

В данной работе использовался метод высокоскоростного термического разложения металлосодержащих соединений в среде термопластичного полимера.

Синтез образцов, содержащих наночастицы CdS, ZnS в объеме полиэтилена высокого давления (ПЭВД), осуществлялся согласно методике, описанной в работе [4]. В качестве исходных соединений использовали растворы тиомочевины и ацетаты соответствующих металлов [5].

Образцы нанокомпозитов получены в виде порошков: желтого цвета с содержанием CdS 10% и белого цвета с сероватым оттенком с содержанием ZnS 10%. Синтезированные нанокомпозиты обладают механическими свойствами полимерной матрицы, что дает возможность придавать образцам различные формы для их дальнейшего исследования, например таблетировать или использовать в виде пленки.

Идентификация состава синтезированных наночастиц осуществлялась методом рентгенофазового анализа. Дифрактограммы регистрировались на дифрактометре «Дрон-4» (источник излучения –  $CuK_{\alpha}$ ,  $\lambda = 1,541 \text{ \AA}$ , монохроматор – графит). Размеры наночастиц определялись по интегральному уширению дифракционных пиков с учетом поправки на инструментальную ширину. Расчет размеров проводился по формуле Дебая – Шеррера. В исследуемых образцах идентифицированы фазы – ZnS, CdS и ПЭВД. Окислов металлов не обнаружено (рис. 1, 2).

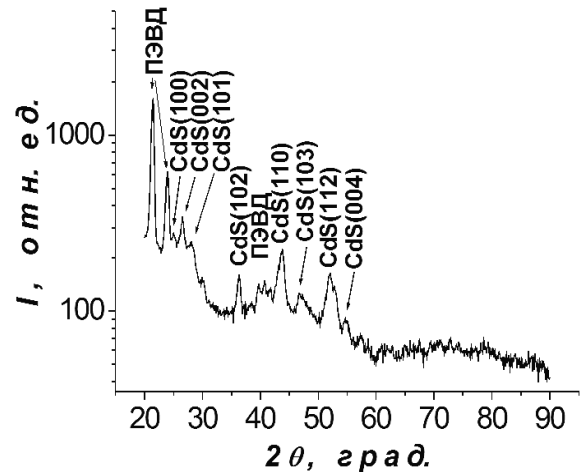


Рис. 1. Дифрактограммы образцов CdS (10 масс%) в ПЭВД

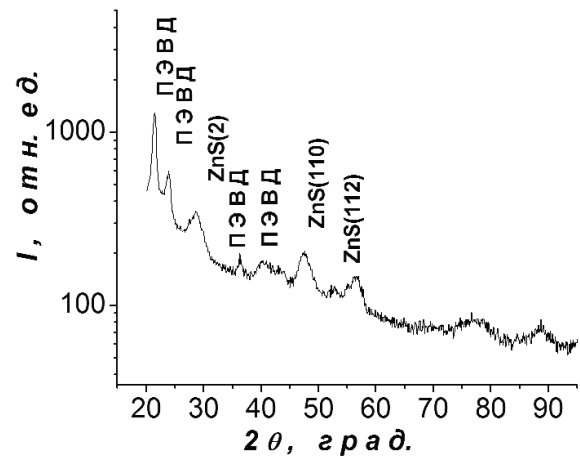


Рис. 2. Дифрактограммы образцов ZnS (10 масс%) в ПЭВД

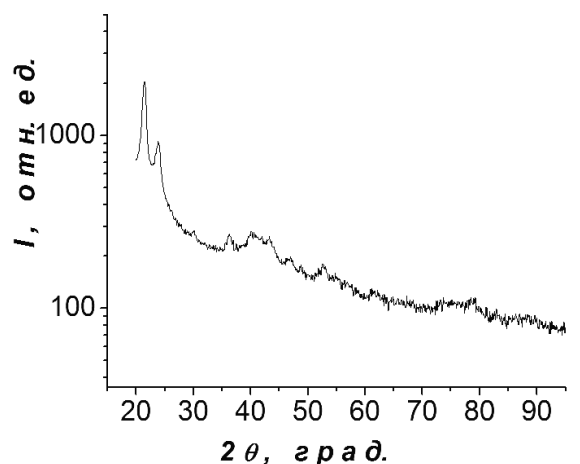


Рис. 3. Дифрактограммы образца чистого полиэтилена высокого давления

Используя уравнение Дебая – Шеррера, были установлены размеры синтезированных наночастиц, которые находились в диапазоне 3,0-4,2 нм и 3,4-5,6 нм для CdS и ZnS, соответственно.

На дифрактограмме (рис. 1) для образцов, содержащих CdS, присутствуют сильно уширенные рефлексы, максимумы которых располагаются при углах  $2\theta = 24.98, 26.47, 28.07, 36.32, 43.58, 46.91, 51.85, 54.9$  со значениями  $d_{hkl} = 3.56, 3.37, 3.18, 2.47, 2.08, 1.94, 1.76, 1.67$ , что соответствует гексагональному сульфиду кадмия со структурой вюрцита. Отсутствие остальных дифракционных максимумов, характерных для сульфида кадмия, на дифрактограммах может свидетельствовать о не вполне совершенной структуре кристаллитов в образцах. Сильно уширенные рефлексы на дифрактограммах свидетельствуют о наноразмерности исследуемых объектов. Дифракционные максимумы, которые располагаются при углах  $2\theta = 21.45, 23.93, 36.30, 40.51, 43.28$ , относятся к кристаллической части полиэтилена (рис. 3). На основании этого можно сделать вывод, что при температуре синтеза полиэтилен не подвергается значительной деструкции и в основном сохраняет свою структуру.

Помимо фазового состава наночастиц, методом EXAFS устанавливалась их структура. Спектры EXAFS регистрировались на станции EXAFS Сибирского центра коллективного пользования СИ (Новосибирск) при энергии электронного пучка 2 ГэВ и среднем токе электронов в накопителе 80 мА. Для монохроматизации синхротронного излучения использовался двойной моноблочный кристалл-монохроматор Si(111). Регистрация производилась в режиме пропускания с использованием в качестве детекторов ионизационных камер. Осциллирующая часть спектров поглощения выделялась по стандартной процедуре с использованием программы WinXas 3.0. Для определения структурных параметров использовали функцию мощности  $\rho(R-\delta)$  Фурье-преобразования и метод подгонки. Моделирование и нелинейная подгонка проводились с помощью программы WinXas 3.0 в интервале волновых чисел  $3-12 \text{ \AA}^{-1}$ .

По результатам EXAFS (рис. 4) спектроскопии в первой сфере атом кадмия в ближайшем окружении имеет три атома серы, расположенные от него на расстоянии  $2,51 \text{ \AA}$ , среднеквадратичное отклонение атомов от их равновесного значения  $0,0061 \text{ \AA}$ . Результаты подгонки и структурные данные для массивного CdS значения представлены в табл. 1. Отсутствие вклада в спектр от второй сферы хорошо объясняется высокой степенью разупорядоченности положений атомов в наночастицах. Различие структур вюрцита и сфалерита в пределах данного метода невозможно из-за различия межатомных расстояний данных структур в сотых долях ангстрема.

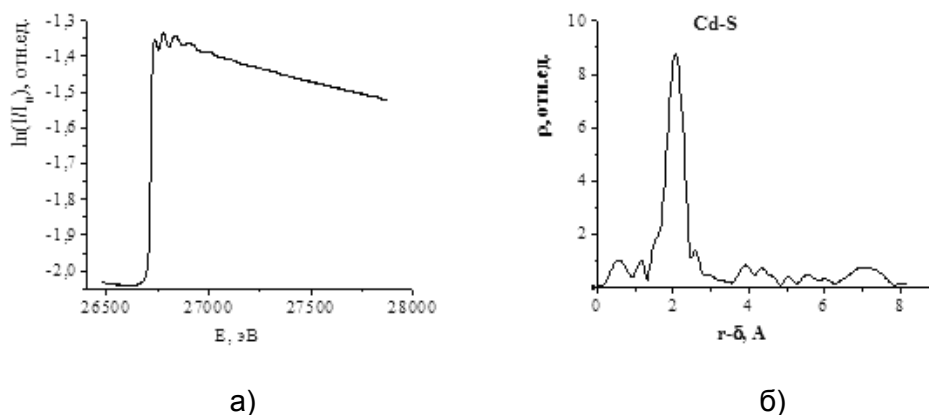


Рис. 4. Спектр поглощения а) и Фурье-трансформанта спектра EXAFS б) композита ПЭВД+10% CdS

Таблица 1

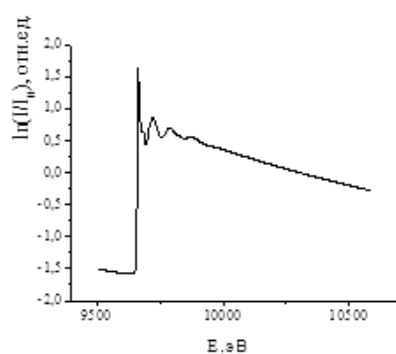
Структурные характеристики ближайшего окружения атома кадмия  
в исследуемом композите и стандартном соединении

Параметры	Табличные данные		Наночастицы
	CdS (вюрцит)	CdS (сфалерит)	
1-я сфера Cd-S Координационное число	1 3	4	3,12
Межатомные расстояния, Å	2,509 2,527	2,516	2,51
2-я сфера Cd-Cd Координационное число	6 6	12	0,56
Межатомные расстояния, Å	4,108 4,131	4,108	4,11

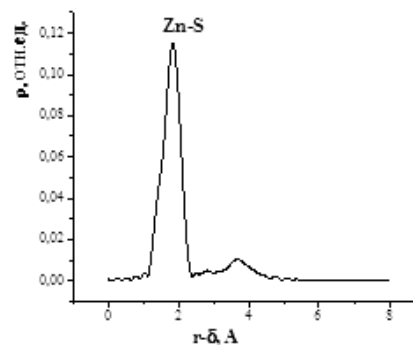
Таблица 2

Структурные характеристики ближайшего окружения атома цинка  
в исследуемом композите и стандартном соединении

Параметры	Табличные данные		Наночастицы
	ZnS (вюрцит)	ZnS (сфалерит)	
1-я сфера Zn-S Координационное число	3	4	4,3
Межатомные расстояния, Å	2,33	1,56	
2-я сфера Zn-S Координационное число	1	-	2,28
Межатомные расстояния, Å	2,336	-	
2-я сфера Zn-Zn Координационное число	-	12	5,99
Межатомные расстояния, Å	-	2,55	3,87
3-я сфера Zn-Zn Координационное число	6	-	
Межатомные расстояния, Å	3,81	-	
4-я сфера Zn-Zn Координационное число	6	-	
Межатомные расстояния, Å	3,814	-	



а)



б)

Рис. 5. Спектр поглощения а) и Фурье-трансформанта спектра EXAFS б)  
композита ПЭВД+10% ZnS

Спектр EXAFS образца ZnS имеет интенсивный максимум на  $K$  – краю поглощения цинка (рис. 5), что свидетельствует о сильном взаимодействии цинка с ближайшим окружением. Результат подгонки первой координационной сферы дает практически полное совпадение с табличными данными (табл. 2) [6]: координационное число – 4, расстояние – 2,28. Это приближено к первой и второй сферам вюрцита с несколько уменьшенными радиусами сфер. Однако, для второй сферы, при хорошем совпадении радиуса (3,87 – эксперимент,

3,81 – вюрцит), координационное число равно лишь 6, в то время, как сумма третьей и четвертой сфер вюрцита должна дать 12 (табл. 2). Соотнести однозначно результат обработки спектров и последующей подгонки к какой-либо известной структуре сложно. Плоскости на рентгенограмме (рис. 2) для образцов ZnS,  $2\theta=28.64, 47.58, 56.35$  и  $d_{hkl} = 3.15, 1.90, 1.63$ , с учетом данных EXAFS-спектроскопии, приближены к значениям, соответствующим структуре вюрцита.

Полученные результаты исследования структуры позволяют судить о строении наночастиц в полимерной матрице и производить дальнейшее исследование физико-химических параметров в сравнении со свойствами, присущими массивным аналогам полупроводниковых сульфидов.

### Выводы

Получены полимерные композитные наноматериалы, на основе полиэтиленовой матрицы, содержащие изолированные друг от друга наночастицы составов CdS и ZnS с размерами в диапазоне 3,0-4,2 и 3,4-5,6 нм соответственно.

Определена структура синтезированных наночастиц.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского Фонда поддержки отечественной науки «Поддержка развития научного потенциала Высшей школы» РНП.2.1.1.8014, Российского Фонда фундаментальных исследований (гранты № 05-03-32083, 06-03-72031-МНТИ, 06-08-01011, 07-03-00885), ИНТАС № 05-1000008-7834, Гранта Президента РФ МК-253.2007.3, Фонда содействия отечественной науке, МНТЦ № 3457 и Программ фундаментальных исследований РАН «Разработка методов получения химических веществ и создание новых материалов» и «Создание эффективных методов химического анализа и исследования структуры веществ и материалов».

### ЛИТЕРАТУРА

1. Оптические и фотолюминесцентные свойства композиционных наноматериалов на основе наночастиц сульфида кадмия и полиэтилена высокого давления / Н.М. Ушаков, Г.Ю. Юрков, Д.А. Баранов и др. // Оптика и спектроскопия. 2006. Т. 101. № 2. С. 262-267.
2. Generalized and facile synthesis of semiconducting metal sulfide nanocrystals / J. Joo, H.B. Na, T. Yu [etc] // Journal American Chemistry Society. 2003. Vol. 125. P. 11100-11103.
3. Наумов А.В. Тиомочевинные координационные соединения в процессах синтеза сульфидов металлов / А.В. Наумов, В.Н. Семенов, Е.М. Авербах // Химическая промышленность. 2003. Т. 80. № 2. С. 17-26.
4. Оптические свойства композиционного материала: наночастицы сульфида кадмия в матрице полиэтилена / М.Н. Журавлева, И.Д. Кособудский, К.Ю. Пономарева и др. // Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета. 2006. № 1 (5). С. 5-11.
5. Протолитические равновесия в водных растворах галогенидов металлов с тиомочевинной / А.В. Наумов, В.Н. Семенов, Т.Г. Болгова, А.В. Сергеева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия химия, биология. 2005. № 1. С. 6-68.
6. Ормонт Б.Ф. Структуры неорганических веществ / Б.Ф. Ормонт. М.-Л.: Гос. изд-во техн.-теоретич. лит-ры, 1950. 968 с.

**Пономарева Ксения Юрьевна** –

аспирант кафедры «Общая химия»

Саратовского государственного технического университета



**Кособудский Игорь Донатович –**

доктор химических наук, профессор кафедры «Общая химия»  
Саратовского государственного технического университета

**Юрков Глеб Юрьевич –**

кандидат химических наук, доцент,  
старший научный сотрудник лаборатории химии наноматериалов  
Института общей и неорганической химии имени Н.С. Курнакова РАН

**Кочубей Вячеслав Иванович –**

доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры «Оптика и биомедицинская физика»  
Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского

*Статья поступила в редакцию 22.11.06, принята к опубликованию 5.12.06*

УДК 621

**О.Н. Щербинина, Н.Г. Медведева**

**КАТОДНАЯ ОБРАБОТКА СВИНЦОВОГО ЭЛЕКТРОДА  
В РАСТВОРЕ СОЛИ ВИСМУТА**

*Была исследована возможность модифицирования поверхности свинцового электрода в растворе соли висмута различной концентрации методом электрохимического катодного внедрения. Процесс проводили в потенциостатическом режиме в интервале потенциалов от  $-0,35$  до  $-0,6$  В. Время обработки составило 30 минут. В результате эксперимента на поверхности свинца был получен твердый раствор сложного стехиометрического состава:  $Pb_2O_3$ ;  $Bi_{12}PbO_{20}$ .*

**O.N. Scherbinina, N.G. Medvedeva**

**LEAD ELECTRODE MODIFICATION IN A BISMUTH SALT SOLUTION**

*With the help of the method of electrochemical cathode intercalation the authors research the possibility of modification of lead electrode surface in a bismuth salt solution of various concentrations. The process was carried out in a potential static regime, the range of the potentials was from  $-0,35$  to  $-0,6$  V. The time of treatment was 30 minutes. As a result of the experiment a solid solution of complex stoichiometric composition ( $Pb_2O_3$ ;  $Bi_{12}PbO_{20}$ ) was obtained on lead surface.*

Известно, что метод электрохимического катодного внедрения позволяет модифицировать поверхность металла, в результате чего могут образовываться интерметаллические соединения или твердые растворы внедряющегося металла с металлом электрода. Образующиеся интерметаллиды могут повысить жаростойкость материала, придать ему магнитные, каталитические, полупроводниковые, сверхпроводниковые свойства [1, 2].

### Методика эксперимента

Рабочим электродом служила свинцовая пластина, поверхность которой перед опытом подвергалась механической полировке, промывке в бидистиллированной воде и сушке в боксе в сухой воздушной атмосфере при комнатной температуре. Для проведения электрохимических исследований использовали потенциостат П-5848 в сочетании с самопишущим потенциометром КСП-4 для регистрации изменения тока и потенциала во времени на исследуемом электроде. Катодную обработку свинца проводили в растворе  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  в потенциостатическом режиме в интервале потенциалов от  $-0,35$  до  $-0,6$  В (относительно водного хлорсеребряного электрода сравнения).

Противоэлектродом служил титан. Электроды помещались в трехэлектродную ячейку. Время опыта составляло 30 минут. После опыта образец промывался в бидистиллированной воде.

### Результаты и их обсуждение

Анализ  $i-t$  кривых (рис.1) позволил сделать предположение, что при катодной обработке свинца в растворе соли висмута происходит образование твердого раствора [3].

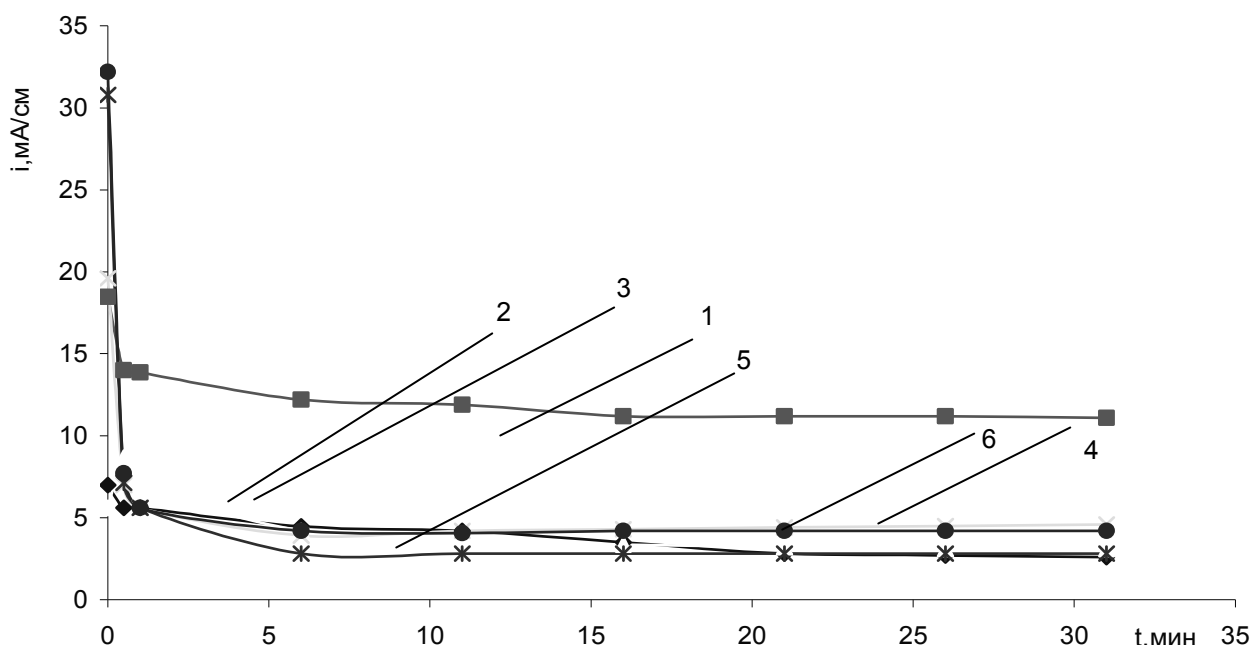


Рис. 1. Потенциостатические кривые внедрения висмута в свинцовый электрод из 0,2н раствора  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  при  $20^\circ\text{C}$  при потенциалах, В:  
1 –  $-0,35$ ; 2 –  $-0,4$ ; 3 –  $-0,45$ ; 4 –  $-0,5$ ; 5 –  $-0,55$ ; 6 –  $-0,6$

Максимальная скорость процесса достигается при  $E_{\text{кн}} = -0,55$  В. Это подтверждено рассчитанными значениями диффузионно-кинетических параметров твердого раствора (см. таблицу). Однако анализ хронопотенциограмм (рис. 2) указывает на то, что наиболее стабильная во времени фаза формируется при потенциалах  $-0,4$  В и  $-0,5$  В.

Концентрация раствора оказывает существенное влияние на скорость формирования твердого раствора на поверхности свинца. Скорость возрастает прямо пропорционально увеличению концентрации (рис. 3).

Рентгенофазовый анализ образцов позволил установить, что на поверхности свинца формируется твердый раствор сложного стехиометрического состава. Присутствуют фазы

оксида свинца с тетрагональной и орторомбической кристаллической решеткой,  $Pb_2O_3$ ,  $Pb_3O_4$ , оксиды висмута  $Bi_2O_3$  и фаза состава  $Bi_{12}PbO_{20}$ .

Диффузионные параметры твердого раствора висмута в свинце, образующегося на начальном этапе внедрения висмута в свинцовый катод из 0,2н раствора  $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$  при 20°C

Потенциал, В	$C_0\sqrt{D} \cdot 10^5$
-0,35	4,5
-0,4	0,64
-0,45	0,53
-0,5	6,6
-0,55	19,8
-0,6	10,1

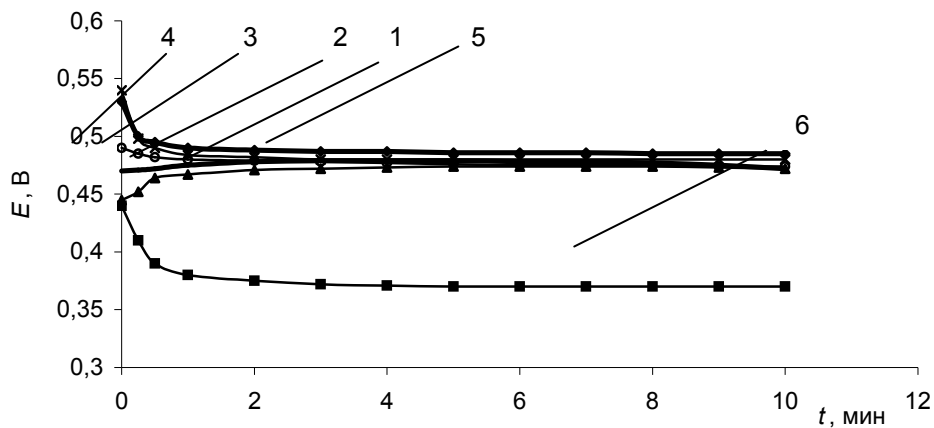


Рис. 2. Бестоковые хронопотенциограммы катодной обработки свинцового электрода в растворе  $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$  конц. 0,2н при потенциалах, В: 1 – -0,35; 2 – -0,4; 3 – -0,45; 4 – -0,5; 5 – -0,55; 6 – -0,6

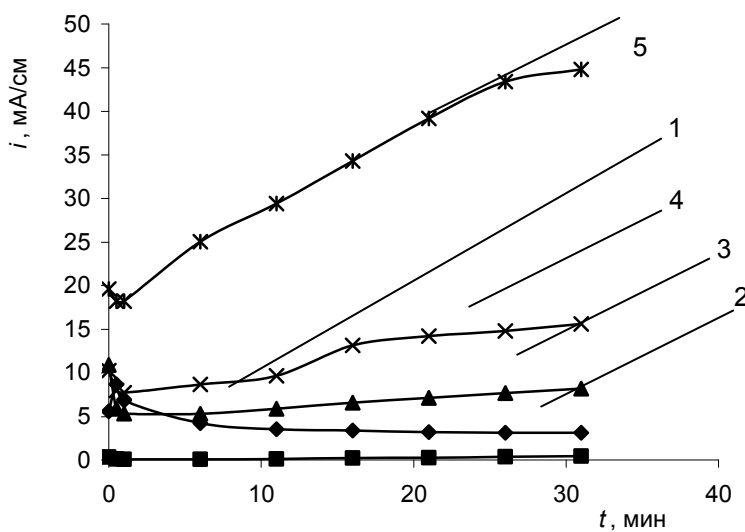


Рис. 3. Потенциостатические кривые внедрения висмута в свинцовый электрод при потенциале 0,4 В из раствора  $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$  при 20°C концентраций, н: 1 – 0,2; 2 – 0,3; 3 – 0,4; 4 – 0,5; 5 – 0,6

Таким образом, в результате исследований была установлена принципиальная возможность модифицирования поверхности свинца в растворе соли висмута методом электрохимического катодного внедрения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Файфер С.И. О перспективах применения высокотемпературных сверхпроводников в изделиях электронной техники / С.И. Файфер, В.Б. Семенова // Электронная техника. 1989. Серия 6. Материалы. Вып. 2(239). С. 3-9.
2. Кабанов Б.Н. Электрохимическое внедрение элементов в электроды / Б.Н. Кабанов, И.Г. Кисилева, И.И. Астахов // Электрохимия. 1972. Вып. 7. С. 955-971.
3. Электровыделение висмута на меди из водных растворов нитрата висмута / О.Н. Щербинина, Н.Г. Медведева, И.С. Панга, С.С. Попова // Проблемы трибоэлектрохимии: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2006. С. 250.

#### **Щербинина Оксана Николаевна –**

кандидат химических наук,  
докторант кафедры «Технология электрохимических производств»,  
доцент кафедры «Машины и аппараты химических производств»  
Энгельсского технологического института (филиала)  
Саратовского государственного технического университета

#### **Медведева Наталья Григорьевна –**

магистрант кафедры «Технология электрохимических производств»  
Энгельсского технологического института (филиала)  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 14.11.06, принята к опубликованию 5.12.06*

---

# АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

---

УДК 620.179

**В.В. Вялов, В.В. Горбунов, С.А. Игнатьев****ВИХРЕТОКОВЫЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ РОЛИКОВ ПОДШИПНИКОВ КАК МЕТОД КОРРЕКТИРОВКИ РАБОТЫ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ**

*Контроль качества поверхностного слоя роликов подшипников на различных стадиях технологического процесса, статистическая обработка результатов и накопление данных в системе мониторинга позволяют управлять качеством продукции.*

**V.V. Vjalov, V.V. Gorbunov, S.A. Ignatjev****VORTEX-CURRENT QUALITY CONTROL OF BEARINGS ROLLERS BLANKET AS AN ADJUSTING METHOD OF GRINDERS OPERATION**

*Quality control of the blanket of bearings' rollers at different stages of a technological process, statistical machining of results and accumulation of data in monitoring systems allows managing with a product quality.*

Конкурентоспособность продукции подшипниковой промышленности, как на внутреннем, так и на международном рынке обеспечивается повышением ее качества. Это достигается внедрением систем управления качеством продукции [1, 2]. Существенным элементом такой системы является система мониторинга технологического процесса (СМТП) [3], которая предусматривает автоматизированный контроль качества деталей на различных этапах изготовления.

Одним из важнейших и затратных этапов технологического процесса (ТП) изготовления роликов железнодорожных подшипников является шлифовальная обработка. Ее особенность – сочетание напряженных режимов резания, малых припусков и требований обеспечения высокой точности и стабильности свойств.

Для шлифования роликов на ОАО «Саратовский подшипниковый завод» применяются бесцентровые шлифовальные станки модели SASL 200×500 (рис. 1).

Шлифование осуществляется методом напроход, который применяется для цилиндрических изделий без буртов и ступенек, что дает возможность непрерывного шлифования, при котором изделие перемещается между кругами вдоль своей оси. Шлифовальная щель при этом остается неизменной по своей ширине и изменяется только за счет износа шлифовального круга. Припуск шлифуется за несколько проходов, число которых зависит от

начальной формы заготовки и припуска на шлифование, материала и требуемой точности и качества поверхности.

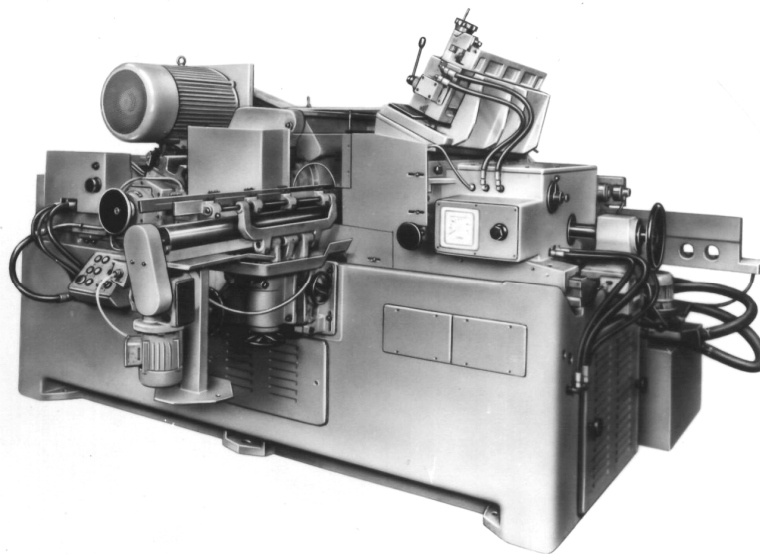


Рис. 1. Бесцентровый шлифовальный станок SASL 200×500

Управление такого рода ТП на современном уровне требует системного подхода, который может формироваться на основе большого объема измерительной информации, накапливаемой в СМТП. Одним из информационных каналов СМТП, который применяется в ОАО «СПЗ» для контроля качества железнодорожных подшипников, является вихретоковый контроль качества поверхностного слоя роликов, структурные изменения в котором можно соотнести с динамическим состоянием технологического оборудования [3]. Первые вихретоковые дефектоскопы использовались в ТП как пассивные устройства, фиксирующие качество готовых деталей, причем отбраковка производилась по амплитуде всплеска сигнала вне зависимости от формы и природы дефекта. Это вполне устраивало потребителя, которому важно не допустить установки детали ненадлежащего качества в узлы машин и агрегатов. Однако, с точки зрения производителя, информация о природе дефекта открывает большие возможности для управления ТП. Автоматизированный неразрушающий контроль роликов на различных стадиях обработки и статистическая обработка этой информации в рамках СМТП позволяют определить, в какой момент возникают те или иные дефекты, а следовательно, выявлять и устранять причины появления некачественной продукции. При таком подходе контроль становится активным методом корректировки ТП.

Практика применения универсальных вихретоковых приборов для межоперационного контроля роликов буксовых подшипников на ОАО «СПЗ» показала достаточную эффективность мониторинга [4]. Однако значительные затраты времени на контроль одной детали и невозможность принятия решения в автоматическом режиме привели к необходимости разработки прибора для автоматического контроля и сортировки деталей – автомата контроля роликов АВК-Р (рис. 2).

Автомат предназначен для вихретокового контроля однородности физико-механических свойств поверхностного слоя цилиндрической поверхности и торцов тел качения буксовых подшипников – роликов 32×52 мм после шлифовальной обработки. Автомат выявляет локальные и периодические неоднородности поверхностного слоя шлифованных деталей и может применяться для выявления несоответствия деталей требованиям качества поверхностного слоя, вызванного шлифовальной либо термической обработкой, а также дефектами металла.

Конструктивно автомат состоит из сканирующего механизма с устройством перемещения и раскладки роликов и стойки управления. Автомат содержит три вихретоковых преобразователя, датчики которого одновременно сканируют цилиндрическую поверхность и торцы роликов. Система управления прибора – двухуровневая. На первом уровне (промышленный компьютер ПК) реализованы: графический интерфейс, компилятор управляющей программы и математическая обработка результатов. На втором уровне (контроллер HERCULES) в режиме реального времени происходят все остальные процессы: управление перемещениями вихретоковых датчиков, сбор и буферизация результатов измерений.

Перемещение датчиков, вращение устройства подачи роликов и смена положения выходного лотка производится шаговыми двигателями. Вращение роликов при сканировании осуществляется асинхронным двигателем. Начальное положение шаговых двигателей и скорость вращения асинхронного привода определяется датчиками исходного положения. Деталь сканируется датчиками, информационные сигналы в блоке управления затем оцифровываются с помощью АЦП на плате контроллера HERCULES. Контроллер собирает данные и пакетами передаёт их в персональный компьютер (ПК) для обработки. Обмен информацией между контроллером и ПК ведётся по шине Ethernet с помощью сетевой платы в ПК и встроенного Ethernet-адаптера в контроллере.

Процедура контроля производится автоматически, без участия оператора. Прибор самотестируется после включения, после чего он готов к настройке, которая производится по комплекту стандартных образцов (СОП) с искусственными дефектами в различных зонах объекта контроля. Прибор готов к работе после процедуры настройки. Для начала контроля оператор должен установить ролик в лоток демагнитизатора и инициировать процесс контроля нажатием кнопки «ПУСК». Перед сканированием ролик должен быть размагнитчен. Из демагнитизатора ролик поступает на позицию контроля. Сканирование образующей и торцов ролика происходит одновременно.

Результаты сканирования отображаются в виде трех панелей на дисплее. Панель изображения расположена в верхней части экрана и представляет собой цветное изображение развертки поверхности, сканированной одним из датчиков. Развертка образующей представляется в «естественном» виде: развертка – слева-направо, дальний торец – сверху, независимо от направления сканирования. В панели изображения может быть выведена развертка поверхности по одному из датчиков в одном из нескольких режимов. Панель графика находится под панелью изображения, отображает подробные данные о сигнале на отдельно взятом обороте вращения кольца. Под панелью графика расположены 5 цветных квадратов (фонарей), которые показывают результат анализа дефектов по каждому из каналов анализа. Зеленый цвет означает, что на данном датчике при данных настройках деталь признается годной; желтый цвет – деталь условно годная; красный цвет – деталь бракованная. Серый цвет означает, что анализ дефектов по данному датчику отключен.

По результатам контроля производится разделение роликов на годные и бракованные (дефектные). Предусмотрен режим сортировки бракованных роликов по задаваемым оператором критериям. По результатам контроля ведется статистика общего количества годных и отбракованных роликов.

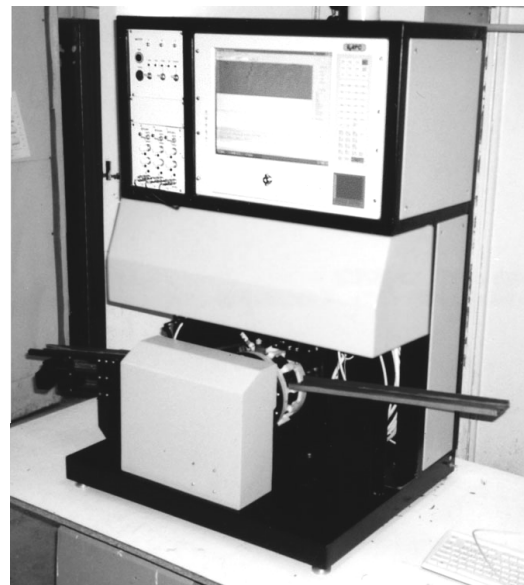


Рис. 2. Автомат контроля роликов АВК-Р

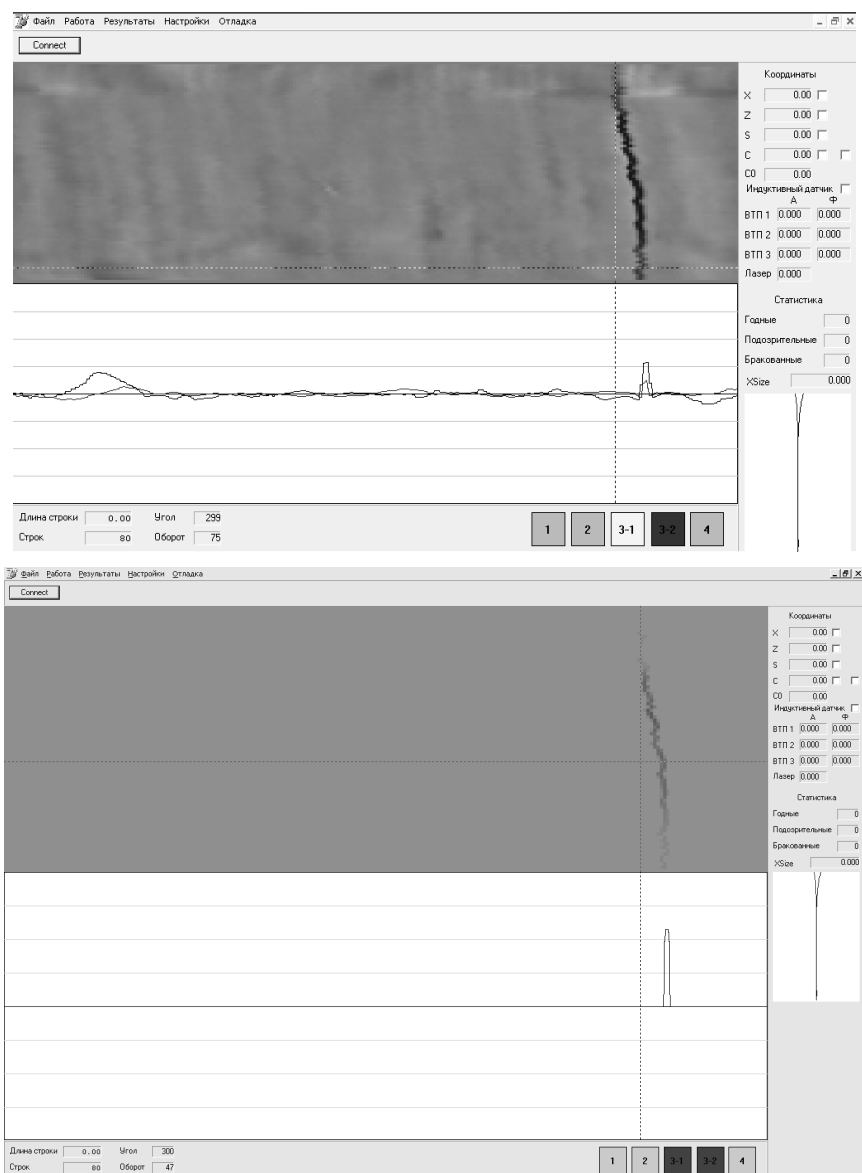


Рис. 3. Результат автоматического распознавания мелкой трещины в вихретоковом образе цилиндрической поверхности ролика методом свертки функции

Применение двухуровневой схемы управления обеспечивает автомату высокую производительность контроля (менее 3 секунд на один ролик). За время перемещения ролика на позицию сканирования автомат собирает и анализирует количество информации о состоянии поверхностного слоя, достаточное для формирования и распознавания вихретоковых образов дефектов, например микротрещин или прижогов, и образов типичных помех – следов напряженно-деформированного состояния, связанного с механической и термической обработкой. В результате обеспечивается высокая чувствительность к дефектам и низкая чувствительность к помехам.

На рис. 3 показан пример автоматического распознавания трещины на цилиндрической поверхности ролика.

В настоящее время автоматы АВК-R2 включены в техпроцесс, заменив устаревшие детекторы трещин ДТ-407, и успешно используются для окончательного контроля качества роликов железнодорожных подшипников, а также выборочного контроля, направленного на выявление отклонений в ТП на всех этапах шлифовальной обработки.



Рациональное использование комплекса автоматизированных неразрушающих методов контроля, в частности вихретоковых приборов, позволяет повысить надежность и качество продукции и дает производству экономические преимущества, помогает осваивать и внедрять новые прогрессивные ТП. Стопроцентный неразрушающий контроль в рамках СМТП и обработка информации в соответствии со специальным программным обеспечением [5] позволяют определить качество деталей, проверить эффективность совершенствования производственного процесса и дает возможность отобрать годную часть роликов для дальнейшего использования при сборке подшипников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Всеобщее управление качеством / О.П. Глуткин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин. М.: Радио и связь, 1999. 600 с.
2. Игнатъев А.А. Совершенствование системы управления качеством продукции на основе мониторинга технологического процесса / А.А. Игнатъев, В.В. Горбунов, С.А. Игнатъев // Автоматизация и управление в машино- и приборостроении: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2005. С. 81-87.
3. Мониторинг станков и процессов шлифования в подшипниковом производстве / А.А. Игнатъев, М.В. Виноградов, В.В. Горбунов и др. Саратов: СГТУ, 2004. 124 с.
4. Автоматизированная система вихретокового контроля деталей подшипников / А.А. Игнатъев, В.В. Горбунов, С.И. Зайцев, С.А. Игнатъев // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2005. № 2 (7). С. 114-122.
5. Игнатъев С.А. Информационное обеспечение системы мониторинга технологического процесса при производстве деталей подшипников / С.А. Игнатъев // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2006. № 4 (18). Вып. 3. С. 121-125.

#### **Вялов Владислав Валерьевич –**

аспирант кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами»  
Саратовского государственного технического университета

#### **Горбунов Владимир Владимирович –**

кандидат технических наук, главный менеджер наукоемких проектов  
отдела главного технолога ОАО «Саратовский подшипниковый завод»  
Саратовского государственного технического университета

#### **Игнатъев Станислав Александрович –**

кандидат технических наук,  
докторант кафедры «Автоматизация и управление технологическими процессами»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 12.07.06, принята к опубликованию 21.11.06*

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

---

УДК 621.396.218

**Ю.В. Клинаев, О.А. Монахова**

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТНОГО АНАЛИЗА БИОМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ**

*Перспективы развития информационных технологий в будущем характеризуются широким практическим использованием цифровой обработки сигналов в различных областях науки и техники. Статья содержит обзор работ, посвященных применению вейвлетного анализа в различных отраслях медико-технической науки. Предлагаются эффективные методики прогнозирования критических состояний пациентов с ишемической болезнью сердца на основе вейвлетного анализа данных электрокардиографических обследований.*

**Y.V. Klinaev, O.A. Monahova**

### **COMPUTER-BASED FORECASTING OF THE DYNAMICS OF CRITICAL STATES USING WAVELET ANALYSIS OF BIOMEDICAL SIGNALS**

*The prospects of evolution of information technologies in future is characterized by wide use of digital signal processing in different branches of science and technique. The paper contains review of performances to devote to use wavelet analysis in various fields of medical-technical science. Effective methods of the prognostication of critical states of coronary heart disease patient's using wavelet analysis of the data of electrocardiography proposed.*

Развитие медицинской науки и новые идеи в клинической медицине ставят новые задачи по созданию как технических средств для исследовательских целей и практического здравоохранения, так и прогрессивных медицинских технологий, и их инструментального, фармацевтического, аппаратного и программного обеспечения. Этот процесс объединяет усилия специалистов различных отраслей науки и техники. На основании анализа современных достижений и тенденции развития медико-технической науки и смежных областей знаний можно выделить некоторые, интересующие нас, перспективные направления научных исследований в области медико-технических технологий и их технического обеспечения. Это информационные технологии обеспечения диагностики, терапии и прогнозирования состояния организма, его органов, систем и тканей на основе цифрового кодирования, фильтрации и компьютерной обработки

биологических сигналов и изображений, их визуализация; использование методов и средств искусственного интеллекта, телепередачи; архивирование статистической медико-биологической и социальной информации; математическое и компьютерное моделирование строения, функций, поведения, генеза и патологий живого организма, его систем, органов, тканей, клеток, физических полей, воспринимаемых сигналов; построение и использование имитационных моделей функционирования органов и систем для компьютерного управления аппаратурой жизнеобеспечения и терапии с биологической обратной связью [1].

Классическими примерами анализа данных в медицине является анализ биологических сигналов, излучаемых организмом человека, и данных, содержащихся на клеточном и субклеточном уровнях. Он заключается, во-первых, в извлечении и обработке информации, являющейся функцией одной переменной (анализ интервалов сердцебиения, электрокардиограмм (ЭКГ), электроэнцефалограмм (ЭЭГ), последовательностей ДНК и т.п.), во-вторых, в распознавании образов (форма биологических объектов, классификации клеток крови и т.п.). Биологический или, как будем называть его далее, биомедицинский сигнал (БМС) как правило, имеет высокочастотные компоненты короткой длительности и протяженные низкочастотные компоненты. Типичный вид БМС хорошо известен специалистам в области медицины и любое отклонение от него рассматривается как патология. Эта патология, однако, не всегда может быть выявлена во временном представлении сигнала.

Анализ частотного представления сигнала достигается либо аппаратными средствами, либо преобразованием сигнала из амплитудно-временного представления в спектральное. Среди многих известных преобразований сигналов, таких как преобразования Фурье, Гильберта, Уолша и др. [2], наиболее информативными являются оконное преобразование Фурье (ОПФ) и вейвлет-преобразование (ВП), которые относятся к типу преобразований, обеспечивающих частотно-временное представление сигналов. В рамках анализа БМС с использованием ОПФ можно сказать, что оно дает фиксированное разрешение на всех частотах, тогда как при ВП разрешение изменяется: на высоких частотах лучше разрешение по времени, на низких – по частоте. Это означает, что для высокочастотной компоненты мы можем точнее указать ее временную локализацию, а для низкочастотной – ее значение частоты.

Проблемы ОПФ изначально связаны с принципом неопределенности Гейзенберга: невозможно получить точное частотно-временное представление сигнала, т.е. нельзя определить для какого-то момента времени, какие спектральные компоненты присутствуют в сигнале. Единственное, что мы можем знать, так это интервалы времени, в течение которых в сигнале существуют полосы частот. Проблемы ОПФ также связаны с шириной используемой оконной функции – носителем функции: если окно достаточно узкое, то говорят о компактном носителе; чем компактнее носитель, тем лучше временное разрешение, но хуже частотное, и наоборот.

ВП в какой-то степени решает проблему разрешения. В рамках ВП существует альтернативный подход к анализу сигналов – кратномасштабный анализ (КМА), который дает возможность анализировать сигнал на различных частотах и различном разрешении одновременно. Этот подход особенно эффективен в приложении к БМС. Непрерывное вейвлет-преобразование (НВП) выполняется следующим образом: сигнал перемножается с вейвлет-функцией и преобразование выполняется отдельно для разных участков времени сигнала, при этом отрицательные частоты отсекаются, носитель функции изменяется так, что преобразование вычисляется для каждой спектральной компоненты.

$$\psi_x(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int x(t) \psi^* \left( \frac{t - \tau}{s} \right) dt. \quad (1)$$

Преобразованный сигнал есть функция двух переменных:  $\tau$  – параметр сдвига,  $s$  – параметр масштаба, который можно определить как величину, обратную частоте. Здесь  $\psi$  – функция преобразования, называемая материнским вейвлетом. При выполнении преобразо-

вания мы вычисляем аппроксимацию, увеличивая параметры ВП на некоторое малое значение, тем самым осуществляем дискретизацию масштабно-временной плоскости [3].

На рис. 1 представлен нестационарный БМС – реоэнцефалограмма больного с признаками дистонии сосудов головного мозга, и графическое представление НВП – вейвлет-спектрограмма этого сигнала с материнским вейвлетом Добеши 4-го порядка; в качестве осей использованы сдвиги и масштаб, а не время и частота. Оси графиков нормализованы, для нормализации вводится константа  $\frac{1}{\sqrt{\|s\|}}$ , чтобы сигнал на каждом масштабе имел бы

одинаковую энергию. Определение (1) показывает, что вейвлет-анализ измеряет близость между вейвлет-функциями и самим сигналом, а коэффициенты разложения сигнала по базису образуют представление, которое выделяет некоторые определенные свойства сигнала. Вейвлет-коэффициенты несут явную информацию о расположении и типе особенностей сигнала. Проблема состоит в нахождении критерия для выделения базиса, который по внутренней своей сути хорошо приспособлен для представления класса сигналов. Математическая теория аппроксимации предлагает выбирать базис, который с помощью линейной комбинации небольшого числа векторов из этого базиса дает возможность построить наиболее точную аппроксимацию сигнала [4].

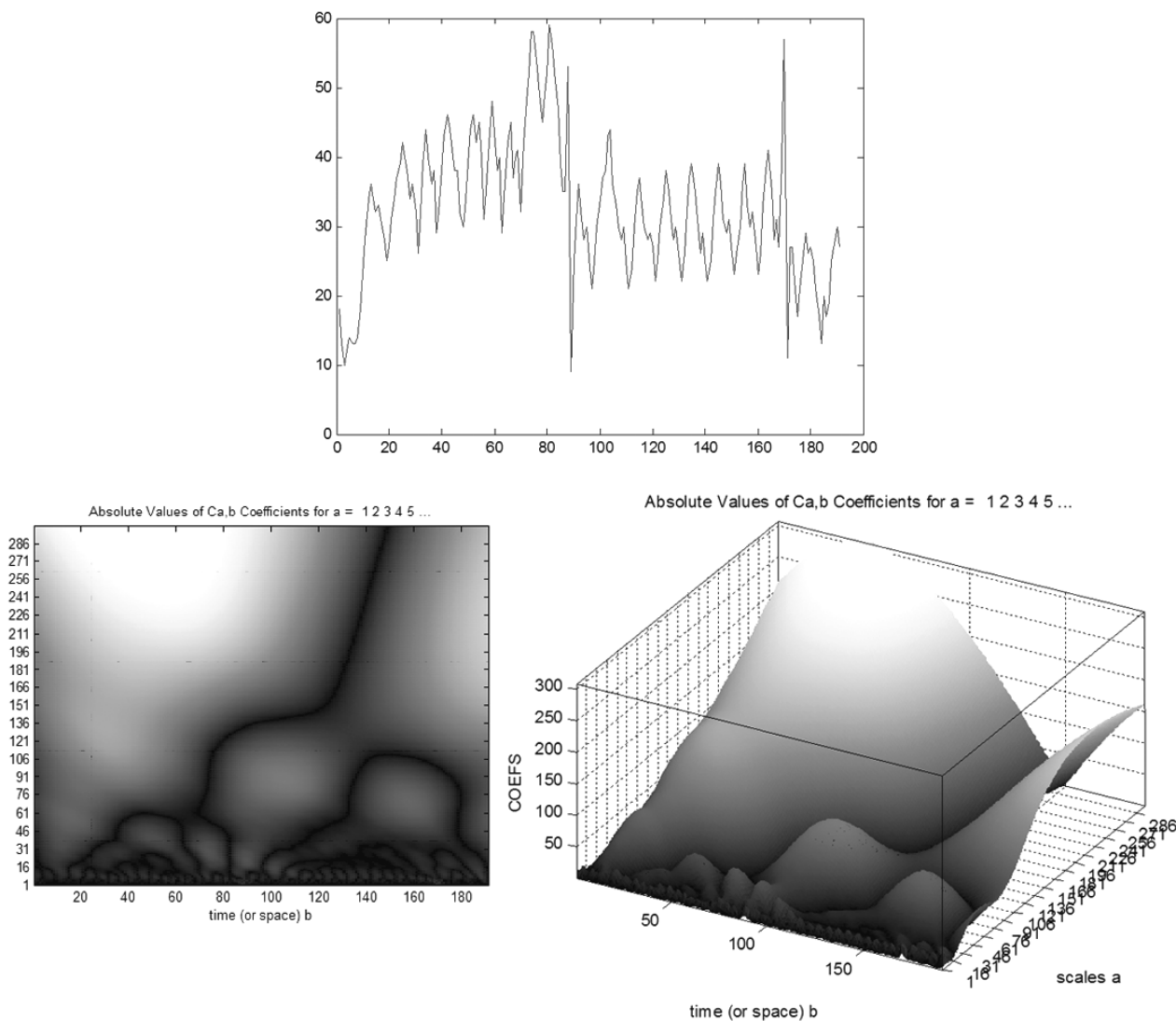


Рис. 1. Реоэнцефалограмма больного с признаками дистонии сосудов головного мозга и ее вейвлет – преобразование под разными углами зрения

Таким образом, ВП хорошо приспособлено к анализу нестационарных сигналов, почему и стало мощной альтернативой преобразованию Фурье в ряде медицинских приложений. Многие БМС нестационарны и для анализа этих сигналов нужен метод, способный обеспечить хорошее разрешение и по частоте, и по времени. Вейвлетные методы используются для обнаружения и распознавания ключевых диагностических признаков БМС, а также для сжатия изображений с минимальными потерями диагностической информации.

Сердечные заболевания относятся к числу наиболее распространенных и часто служат причиной смерти людей. В связи с этим огромный интерес вызывают исследования сердечной деятельности, которые могли бы хоть как-то способствовать диагностике сердечных заболеваний.

В работе [5] решен ряд задач по разложению разнородных сигналов с помощью одномерного непрерывного ВП и преобразования Фурье, а также проведен анализ полученных результатов:

- Анализ гармонических сигналов наиболее эффективен при использовании материнского вейвлета типа Морле, т.к. этот вейвлет имеет ярко выраженную центральную частоту;
- Гармонические сигналы с меняющейся частотой лучше всего анализируются с помощью вейвлета «мексиканская шляпа», как наиболее чувствительного к мгновенным изменениям частоты;
- При анализе гармонических сигналов с малыми разрывами, вейвлет-анализ особенно эффективен. Он позволяет выделять участки разрывов с относительным изменением амплитуды порядка  $10^{-3}$ ;
- ВП кардиосигналов проводилось многоуровневым вейвлет-разложением в базисе функций Добеши. Традиционно использовались статистические методы. Сравнивая характеристики для разных кардиосигналов, были сделаны выводы о наличии патологических явлений. Проводилось разложение сигнала до определенного уровня, были найдены коэффициенты разложения, которые отражают особенности характеристик кардиосигнала. Дополнительно проводился их Фурье-анализ, в результате был получен инструмент детального сопоставления кардиограмм здоровых и больных пациентов.

Вейвлетный анализ одномерных сигналов оказался эффективным при расшифровке ЭКГ и ЭЭГ. Было показано, что аномальные эффекты в ЭКГ проявляются в основном на довольно больших масштабах (низких частотах), тогда как нормальные структуры характеризуются сравнительно малыми масштабами (высокими частотами) [6], [7], [8]. Успешное применение вейвлеты находят в анализе вариабельности частоты сердечных сокращений. Интересные результаты были получены с использованием вейвлет-анализа для преобразования последовательности временных интервалов между биениями человеческого сердца. Было заявлено, что найдена клинически значимая мера нарушения в работе сердца просто из анализа только интервалов между сердцебиениями, без обращения к ЭКГ, тогда как все предшествующие методы использовали лишь статистически значимые характеристики. У каждого из 27 обследованных пациентов регистрировалась последовательность примерно 70 000 интервалов между сердцебиениями. Эти последовательности представлялись в виде функций от номера интервала. Флуктуации сигналов подвергались ВП и вычислялась дисперсия вейвлет-коэффициентов на разных масштабах (усреднение проводилось по всему времени наблюдения за паци-

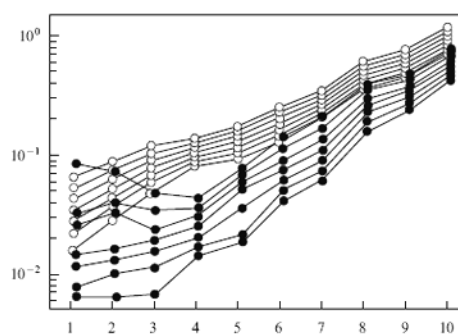


Рис. 2. Наборы значений дисперсий вейвлет-коэффициентов для интервалов сердцебиений здоровых (светлые кружочки) и больных (черные кружочки) пациентов

ентами). В результате каждый пациент был охарактеризован одним числом (дисперсией) при каждом масштабе. Оказалось, что наборы этих чисел для здоровых и больных пациентов не перекрывались на масштабе  $j = 4$ , как это видно из рис. 2. Здесь представлены наборы значений дисперсий вейвлет-коэффициентов для интервалов сердцебиений здоровых (светлые кружочки) и больных (черные кружочки) пациентов.

Разработчики методики утверждают, что ими создана приемлемая для клиник методика. Действительно, видно, что при  $j = 4$  здоровые и больные пациенты надежно различаются [9].

Временные ряды интервалов между сердечными сокращениями нестационарны и демонстрируют сложное поведение: присутствие «рваных» структур, меняющихся во времени. Вид этих структур на ЭКГ изменяется при наличии сердечных аномалий [10], [8], [11]. Была изучена локальная динамика скрытых колебательных процессов в сердечном ритме у 20 пациентов с ишемической болезнью сердца вейвлетными методами. Анализировались непрерывные суточные записи временных интервалов между сердечными сокращениями при холтеровском мониторинге. Дискретная последовательность кардиоинтервалов интерполировалась в непрерывную функцию времени. К сконструированной функции применялось ВП Морле.

Полученные данные позволили выявить новые характеристики структуры скрытых колебаний в сердечном ритме. Это позволило лучше оценивать состояние вегетативной нервной системы и оптимизировать выбор лечебных воздействий [12].

В работах [13], [14] показаны возможности ВП при обнаружении особенностей тока крови по данным ультразвукового доплеровского исследования при таких механических повреждениях сосудов как стеноз, аневризма или тромбоз.

На рис. 3 показан поперечный срез сонной артерии с локализованной в ней атеросклеротической бляшкой. С помощью ультразвукового доплеровского обследования были обнаружены нарушения кровотока, вызванные этим образованием.

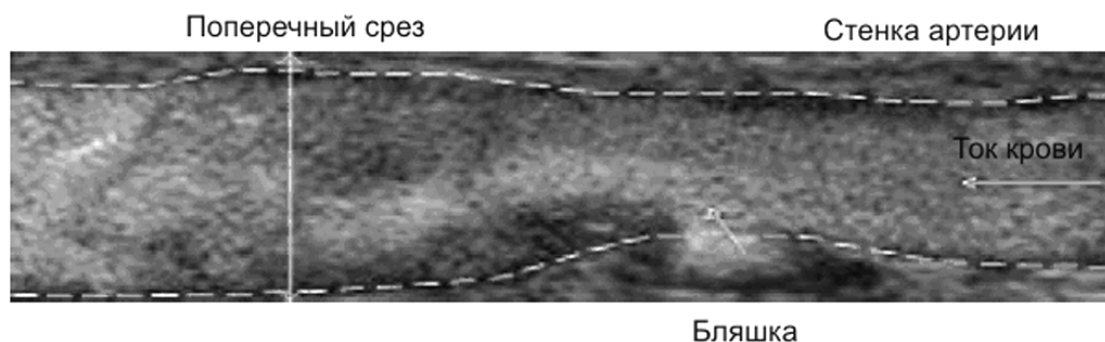


Рис. 3. Турбулентность кровотока, вызванная бляшкой, локализованной в сонной артерии, обнаруженная при доплеровском ультразвуковом исследовании (фото General Electric Corporation, LaConte (2002))

Поскольку в крупном сосудистом масштабе обнаружить атеросклеротические поражения вблизи раздвоений и искривлений артерий проблематично, применение ВП снимков доплеровской эхографии во многом облегчает эту задачу. На рис. 4, б нарушение кровотока очевидно даже для неопытного наблюдателя.

Предложенная методика позволяет оценить комплексное поведение биологических потоков в реальном масштабе времени и, например, оценивать воздействие лекарственных средств на гемодинамику.

В работах [15], [16] была установлена корреляция между нарушениями кровотока и предрасположенностью артерий к развитию атеросклеротических бляшек. Определение и контроль различных уровней турбулентности кровотока с помощью ВП позволяет лучше понять природу нормального и злокачественного развития тканей.

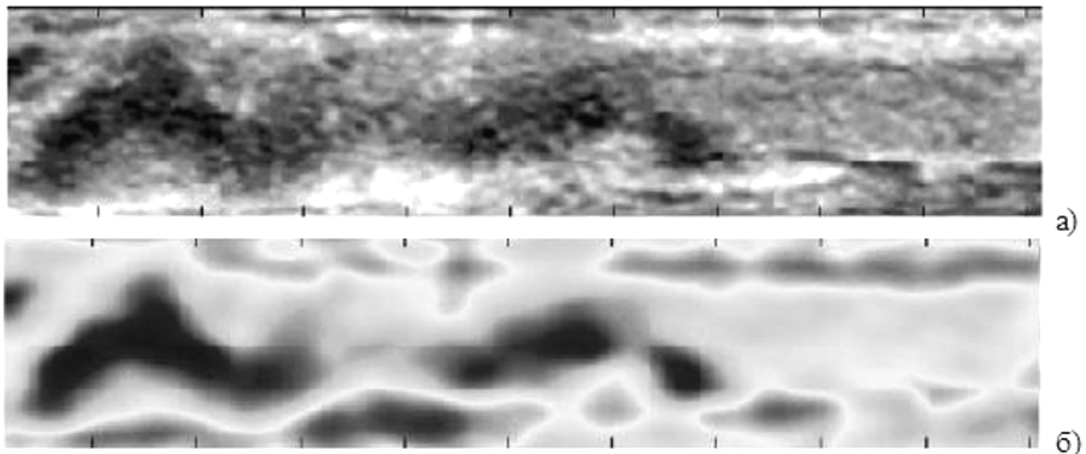


Рис. 4. Турбулентный след, возбужденный атеросклеротической бляшкой, локализованной в сонной артерии: а) необработанные данные; б) снимок, подвергнутый вейвлет-анализу (фото General Electronic Corporation, LaConte (2002))

Для анализа сигналов, излучаемых мозгом человека, также может быть использован аппарат ВП. В табл. 1 представлены фрагменты ЭЭГ здорового человека и больного болезнью Альцгеймера и их трехмерные вейвлет-спектрограммы различных типов материнских детализирующих вейвлет-функций (ВФ), виды и графики которых представлены в табл. 2.

Таблица 1

ЭЭГ здорового человека и больного болезнью Альцгеймера и их трехмерные вейвлет-спектрограммы различных типов материнских детализирующих ВФ

	Здоровый человек	Больной болезнью Альцгеймера
ЭЭГ		
Трехмерная вейвлет-спектрограмма ВФ Морле		
Трехмерная вейвлет-спектрограмма ВФ «мексиканская шляпа»		
Трехмерная вейвлет-спектрограмма ВФ Добеши 4 порядка		

Виды и графики материнской детализирующей ВФ различных типов

Тип ВФ	Вид ВФ	График
Морле	$\psi_x = e^{-x^2/2} \cos(5x)$	
«Мексиканская шляпа»	$\psi_x = \left( \frac{2}{\sqrt{3}} \pi^{-1/4} \right) (1-x^2) e^{-x^2/2}$	
Добеши 4-го порядка (коэффициенты детализирующей ВФ)	$h_0 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(1 + \sqrt{3}) \quad h_1 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(3 + \sqrt{3})$ $h_2 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(3 - \sqrt{3}) \quad h_4 = \frac{1}{4\sqrt{2}}(1 - \sqrt{3})$	

Сопоставление трехмерных вейвлет-спектрограмм сразу указывает на наличие патологии, чего не скажешь при сравнении самих ЭЭГ, – они недостаточно информативны с точки зрения возможности прогнозирования.

При анализе острых состояний, сопровождающихся резкими изменениями структуры сердечного ритма, наиболее перспективным представляется использование ВП. Разумно предположить, что вейвлет-анализ данных электрокардиографических обследований в динамике, своего рода мониторинг вейвлет-спектрограмм ЭКГ, обладает потенциальными возможностями для разработки систем прогнозирования критических состояний пациентов с ишемической болезнью сердца.

Для подтверждения этого предположения были изучены данные электрокардиографических обследований 40 пациентов, вскоре умерших по различным причинам в разных отделениях Энгельсской городской больницы № 2 (данные любезно предоставлены архивом Энгельсской городской больницы № 2 – гл. врач, к.м.н., Г.О. Текнеджян, зав. кардиологическим отделением Т.И. Гордиенко). Данные по пациентам были выделены в три подгруппы: пациенты с диагнозом хроническая ишемическая болезнь сердца, умершие от перенесенного инфаркта миокарда; пациенты с диагнозом хроническая ишемическая болезнь сердца, умершие по иным причинам; пациенты без патологических изменений в сердечном ритме, умершие по иным причинам. Были проведены исследования ЭКГ в I-м отведении для пациента, случайно выбранного из каждой подгруппы. ЭКГ подвергалась компьютерной оцифровке средствами программного обеспечения GetData 2.21 Copyright@ 2002-2005 С.Федоров. Оцифрованный сигнал подвергался НВП с материнским вейвлетом Морле средствами Wavelet Toolbox системы компьютерной математики MatLab v.7.1R14SP3. По данным предварительных исследований были получены результаты, проиллюстрированные на рис.5.



По результатам предварительных исследований можно сделать следующие выводы: специалист-медик получает эффективный визуальный метод предварительной оперативной диагностики заболевания, основанный на вейвлет-анализе данных электрокардиографических обследований.

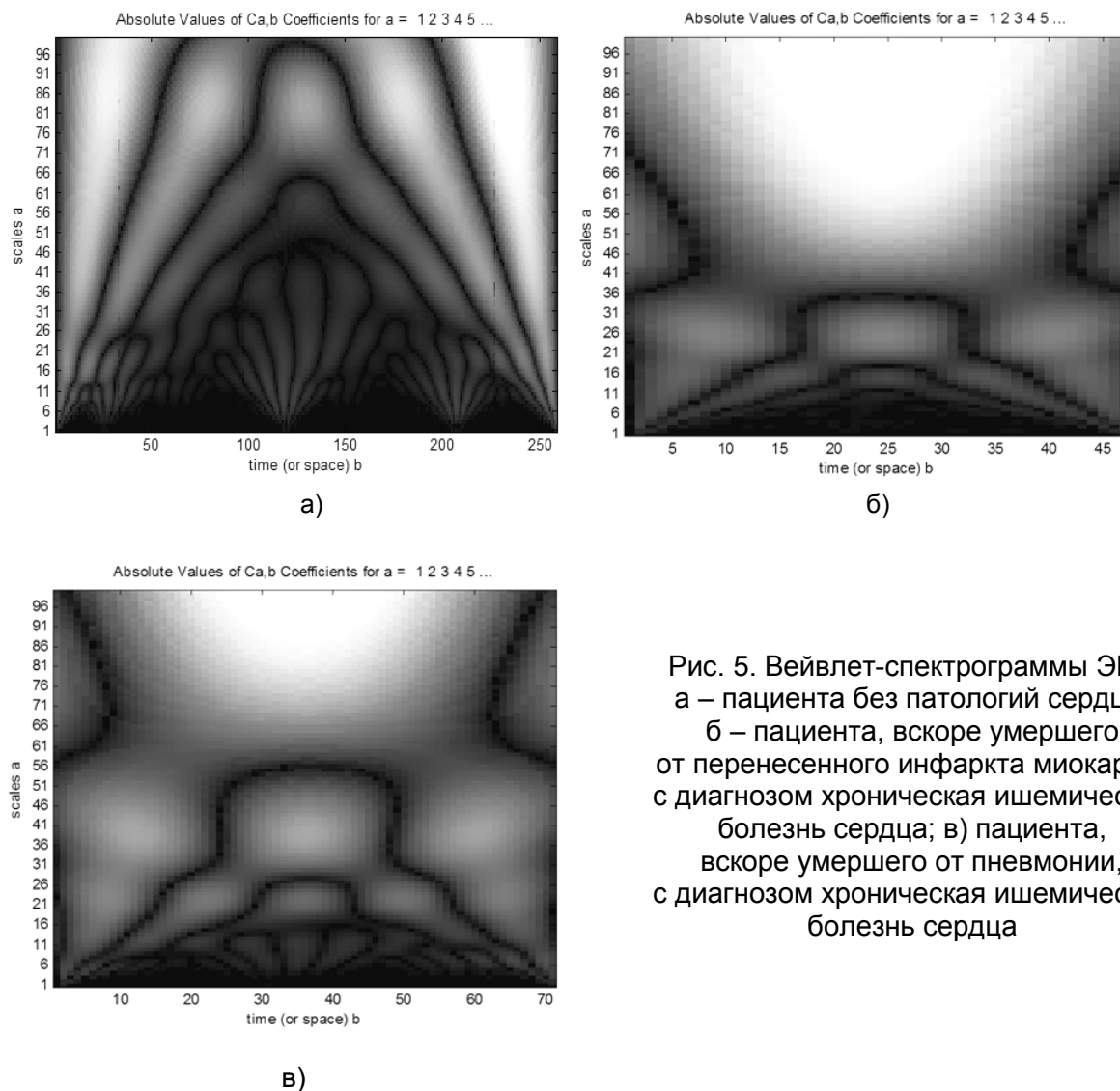


Рис. 5. Вейвлет-спектрограммы ЭКГ:  
 а – пациента без патологий сердца;  
 б – пациента, вскоре умершего от перенесенного инфаркта миокарда, с диагнозом хроническая ишемическая болезнь сердца; в) пациента, вскоре умершего от пневмонии, с диагнозом хроническая ишемическая болезнь сердца

Поскольку сигналы достаточно сложны, интерпретация их НВП является непростой задачей и подлежит анализу опытным врачом. Тем не менее, очевидно, что высокая способность вейвлет-спектрограмм к выявлению всевозможных тонкостей сигналов и функций дает в руки медиков новые возможности [3], [17,18].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Викторов В.А. Современное состояние и перспективы развития медицинского приборостроения / В.А. Викторов // Медицинская физика. Техника, биология, клиника. 2001. № 11. С. 59-62.
2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов / А.Б. Сергиенко. СПб.: Питер, 2006. 751 с.
3. Polikar R. The wavelet tutorial / R. Polikar. Ames, Iowa State University, 1996. 56 p.
4. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов / С. Малла; пер. с англ. М.: Мир, 2005. 671 с.

5. Кириленко М.С. Осуществление вейвлет-разложения сложных сигналов с применением пакета Wavelet Toolbox / М.С. Кириленко // Физика и прогресс: тез. докл. молодежной науч. конф. СПб.: СПбГУ, 2005. С. 21.

6. Applying Time-Frequency Analysis to Seizure EEG Activity / S. Blanco, S. Kochen, O.A. Rosso, P. Saldado // IEEE Engineering in Medicine and Biology. 1997. Vol. 16. № 1. P. 64-71.

7. Дремин И.М. Вейвлеты и их использование / И.М. Дремин, О.В. Иванов, В.А. Нечитайло // Успехи физических наук. 2001. Т. 171. № 5. С. 465-501.

8. Ламброу Т. Применение вейвлет-преобразования к обработке медицинских сигналов и изображений / Т. Ламброу, А. Линней, Р. Спеллер // Компьютерра. 1998. № 8. С. 50-51.

9. Receiver-operating-characteristic analysis reveals superiority of scale-dependent wavelet and spectral measures for assessing cardiac dysfunction / S. Thurner, M.C. Feurstein, S.B. Lowen, M.C. Teich // Physics Review Letters. 1998. Vol. 81. P. 5688-5691.

10. Scaling Behaviour of Heartbeat Intervals Obtained by Wavelet - Based Time - Series Analysis / P.C. Ivanov, M.G. Rosenblum, C.K. Peng et al. // Nature. 1996. Vol. 383. № 26. P. 323-327.

11. Опарин А.Л. Прогностические возможности вейвлет-преобразования сердечного ритма у больных острым инфарктом миокарда / А.Л. Опарин, Ю.С. Рудык // Кардиология – XXI век: материалы Всерос. науч. конф. СПб., 2001. С. 118.

12. Вейвлет-анализ variability частоты сердечных сокращений при ишемической болезни сердца / Ю.М. Титов, А.А. Темников, С.Г. Куклин, Ю.Ю. Смирнова // Медицинская физика. Техника, биология, клиника. 2001. № 11. С. 86-87.

13. Cloutier G. Performance of time-frequency representation techniques to measure blood flow turbulence with pulsed-wave doppler ultrasound / G. Cloutier, D. Chen, L.G. Durand // Ultrasound in Med. & Biol. 2001. Vol. 27. № 4. P. 535-550.

14. May Ph. Wavelet analysis of blood flow singularities by using ultrasound data / Ph. May // Annual Research Briefs 2002: Center for Turbulence Research. P. 349-362.

15. Pulsatile flow and atherosclerosis in the human carotid bifurcation. Positive correlation between plaque location and low and oscillating shear stress / D.N. Ku, D.P. Giddens, C.K. Zarins, S. Glagov // Arteriosclerosis. 1985. № 5. P. 293-301.

16. Hemodynamics and the focal origin of atherosclerosis: a spatial approach to endothelial structure, gene expression, and function / P.F. Davies, C. Shi, N. Depaola et al. // Annae N. Y. Academic Science. 2001. Vol. 947. P. 7-16.

17. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике / В.П. Дьяконов. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 400 с.

18. Клинаев Ю.В. Цифровая обработка сигналов на примере Windows-приложений для восстановления оцифрованных аналоговых сигналов графики и акустики с использованием вейвлетного анализа / Ю.В. Клинаев, О.А. Монахова, С.С. Вест // Радиотехника и связь: материалы Третьей Междунар. науч.-техн. конф. Саратов: СГТУ, 2006. С. 97-102.

**Клинаев Юрий Васильевич –**

доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры «Техническая физика и информационные технологии»  
Энгельсского технологического института (филиала)  
Саратовского государственного технического университета

**Монахова Ольга Александровна –**

соискатель и ассистент кафедры «Техническая физика и информационные технологии»  
Энгельсского технологического института (филиала)  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 18.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

---

# ЭЛЕКТРОНИКА И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

---

УДК 621.385

**А.С. Банковский, А.А. Захаров****ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОСТРАНСТВЕННО-НЕОДНОРОДНОЙ  
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО СТОЛБА  
ГАЗОВОГО РАЗРЯДА В ПОПЕРЕЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

*Предложена модель расчёта параметров газоразрядной плазмы положительного столба газового разряда, неоднородного в осевом направлении в поперечном магнитном поле. Показано, что эта неоднородность может существенно изменить величину поперечного электрического поля пространственного заряда в плазме и чувствительность плазмы к магнитному полю.*

**A.S. Bankovskiy, A.A. Zaharov****ELECTRICAL PROPERTIES OF SPATIALLY-INHOMOGENEOUS  
LOW-TEMPERATURE PLASMA OF A POSITIVE COLUMN  
OF A LIGHTNING DISCHARGE IN A TRANSVERSAL MAGNETIC FIELD**

*The accounts model of parameters the gas-discharge plasma of a positive column of a lightning discharge is offered in this article. This plasma is inhomogeneous in an axial direction in a transversal magnetic field. It is shown, that this heterogeneity can change essentially value of a transversal electric field of a space charge in plasma and sensitivity of plasmas to a magnetic field.*

**Введение**

Создание газоразрядных гальваномагнитных преобразователей (ГМП) [1], имеющих сравнимую чувствительность с соответствующими полупроводниковыми датчиками Холла и обладающих постоянством параметров в широком диапазоне температур, приводит к необходимости более детального рассмотрения происходящих в них процессов, например, с учетом реальной геометрической неоднородности приборов в направлении протекающего в них тока. Экспериментальные исследования, проведенные ранее, позволяют заключить, что потенциальный отклик плазмы на поперечное магнитное поле существенно меняется при изменении соотношения между длиной и диаметром разрядной трубки. Как известно, одной из информативных величин, определяющих чувствительность плазмы к поперечному магнит-

ному полю, является величина продольного электрического поля  $E^z$  положительного столба разряда, которая определяется как функция электронной температуры  $T_e$ , в свою очередь, зависящей от геометрии разряда, рода газа, его давления и величины тока, протекающего в положительном столбе [1]. Все это накладывает вполне определенные ограничения на возможность расчета как  $T_e$ , так и  $E^z$ , особенно при действии на плазму поперечного магнитного поля. В настоящей работе сделана попытка оценить качественно действие магнитного поля на неоднородную плазму в приближении амбиполярной диффузии. При расчетах в уравнениях первых моментов функции распределения частиц по скоростям используются коэффициенты переноса для средних скоростей электронов и ионов [2], определяемые из табличных данных  $\bar{U}_{e,p} = f_{e,p}(E^z/p)$ . Эти коэффициенты могут считаться постоянными, если  $E^z = \text{const}$ . В неоднородной плазме  $E^z = f(z)$ , поэтому при использовании уравнений моментов для неоднородной плазмы следует ее представить в виде модели, в которой  $E^z(z)$  заменяется средним по  $z$  значением. Для получения аналитических соотношений и для параметров плазмы в поперечном магнитном поле будем, как и ранее [3], исходить из модели плоской газоразрядной плазмы, в которой ток протекает в направлении оси  $OZ$ , ограниченный диэлектрическими стенками  $y=0$  и  $y=y_0$  и однородный в направлении оси  $OX$  ( $\partial/\partial x = 0$ ). Магнитное поле направлено вдоль оси  $OX$  ( $\vec{B}(B,0,0)$ ). Предполагая, что ток на диэлектрические стенки равен нулю  $n_e \cdot U_e^y \cong n_e \cdot U_p^y = n \cdot U^y$ , где  $n$  и  $U^y$  – соответственно концентрация заряженных частиц и средняя компонента скорости заряженных частиц на стенки плазмы, можно получить величину  $U^y$  и поля пространственного заряда в плазме ( $E^y$ ) в виде:

$$U^y = \left\{ -D_{am} \frac{\dot{n}^y}{n} + B b_e b_p \left[ E^z + \frac{D_e}{b_e} \cdot \frac{\dot{n}^z}{n} \right] \right\} \cdot (1 + b_e b_p B^2)^{-1}, \quad (1)$$

$$E^y = \frac{\left\{ - \left[ \frac{D_e}{b_e} - B^2 \cdot (b_e D_p) \right] \cdot \frac{\dot{n}^y}{n} + B \cdot \left[ b_e \cdot \left( E^z + \frac{D_e}{b_e} \cdot \frac{\dot{n}^z}{n} \right) + b_e b_p B^2 D_{am} \cdot \frac{\dot{n}^z}{n} \right] \right\}}{1 + b_e b_p B^2}. \quad (2)$$

При получении этих выражений мы использовали следующие приближения:

$$n = n(y, z), \quad b_e \gg b_p, \quad D_e \gg D_p, \quad E^z = E^z(z).$$

### Однородный положительный столб

В однородном положительном столбе газового разряда поле  $E^z = \text{const}$  и не зависит от  $y$  при относительно небольших токах разряда, электронная температура по сечению столба постоянна, поэтому амбиполярное поле  $E^y \neq E^y(z)$  и условие потенциальности поля  $\vec{E}$  выполняется автоматически:

$$\frac{\partial E^y}{\partial z} = \frac{\partial E^z}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

В этом случае (1) и (2) сводятся к виду:

$$U^{y0} = \left( -D_{am} \cdot \frac{dn}{dy} \cdot \frac{1}{n} + B b_e b_p E^z \right) \cdot (1 + b_e b_p B^2)^{-1}, \quad (4)$$

$$E^{y0} = \left\{ - \left[ \frac{D_e}{b_e} - b_e D_p B^2 \right] \cdot \frac{dn}{dy} \cdot \frac{1}{n} + B b_e E^z \right\} \cdot (1 + b_e b_p B^2)^{-1}, \quad (5)$$

где  $n=n(y)$ , а разность потенциалов между фиксированными точками  $M_1(y_1, z=\text{const})$  и  $M_2(y_2, z=\text{const})$  рассчитывается из формулы:

$$\Delta\varphi_{1,2} = - \int_{M_1}^{M_2} E^z dy = \left\{ -Bb_e E^z (y_0 - 2\Delta) + \left( \frac{D_e}{b_e} - b_e D_p B^2 \right) \cdot \ln \frac{n(M_2)}{n(M_1)} \right\} \cdot (1 + b_e b_p B^2)^{-1}. \quad (6)$$

Здесь  $y(M_1) = \Delta$ ;  $y(M_2) = y_0 - \Delta$ .

В слабом магнитном поле  $n(M_2) \approx n(M_1)$ , поэтому  $\Delta\varphi_{1,2} \approx -B \cdot b_e \cdot E^z \cdot (y_0 - 2\Delta)$  – возникает линейный эффект Холла в плазме. С ростом  $(B)$  ( $b_e \cdot b_p \cdot B^2 \approx 1$ ) влияние второго слагаемого в фигурных скобках выражения (6) возрастает, поскольку концентрация заряженных частиц в точках, симметрично расположенных относительно плоскости  $y = y_0/2$ , будет уже различной.

Более того, влияние магнитного поля приводит к уменьшению электронной температуры, если ввести параметр, играющий роль эффективной электронной температуры.

$$T_{\text{эфф}} = T_e \cdot \left( 1 - b_e^2 B^2 \frac{D_p}{D_e} \right).$$

Это можно расценить, как уменьшение электронной температуры плазмы в поперечном магнитном поле, а, следовательно и уменьшение  $E^z$  с ростом  $B$ , считая, что в области давлений газа 0,1-10 мм рт.ст. [4].

Следовательно, для однородного положительного столба разряда ( $T_e \neq f(y), E^z = \text{const}$ ) величина ЭДС Холла с ростом поля уменьшается не только за счет влияния магнитного поля на параметры плазмы

$$b_e(B), D_e(B) = \frac{b_e, D_e}{1 + b_e^2 B^2} \quad \text{и} \quad b_p(B), D_p(B) = \frac{b_p, D_p}{1 + b_p^2 B^2},$$

что в соотношениях (4) и (5) определяется множителем  $(1 + b_e b_p B^2)^{-1}$ , но и за счёт уменьшения электронной температуры в поперечном магнитном поле.

### Неоднородный в продольном направлении положительный столб газового разряда

Положительный столб газового разряда ограничен со стороны катода отрицательным тлеющим свечением и фарадеевым темным пространством, в которых электрическое поле мало. В отрицательном тлеющем свечении продольное электрическое поле уменьшается с ростом  $Z$ , а в фарадеевом темном пространстве увеличивается с ростом  $Z$ . В переходной области тлеющего разряда – от отрицательного тлеющего свечения до положительного столба разряда – образуется низкотемпературная плазма с  $n_e \approx n_p = n$ , однако величина  $E^z \neq \text{const}$ , т.е.  $E^z = E^z(z)$ , причём  $z$  изменяется  $z_1 \leq z \leq z_2$ . Электрические свойства такой неоднородной плазмы можно оценить, если заменить ее однородной плазмой с  $\overline{E^z} = \text{const}$ , в которой значения концентрации в крайних точках неоднородности различны. В граничных точках  $n(z_1) \neq n(z_2)$ , если учитывать токоперенос, связанный только с дрейфом электронов  $n_e(y, z_1) \cdot E_z(z_1) = n_e(y, z_2) \cdot E_z(z_2)$ , граничные значения концентраций можно определить:

$$\frac{n_e(y, z_1)}{n_e(y, z_2)} = \frac{E^z(z_2)}{E^z(z_1)},$$

причём это отношение не будет зависеть от поперечной координаты  $y$ .

Нахождение амбиполярной скорости  $U^y$  и поля пространственного заряда  $E^y$  из выражений (1) и (2) не представляется возможным ( $\text{rot} \vec{E} \neq 0$ , поскольку в  $U^y$  и  $E^y$  входит величина  $E^z(z)$ ). Усредняя все соотношения  $U_e^y, U_p^y, E^y, E^z$  по  $z$  и предполагая, что в поперечном магнитном поле  $n(y, z) = n(y) \cdot n(z)$ , как и при  $B = 0$  [3], представим (1) и (2) в виде:

$$\bar{U}^{y^z} = \left[ -D_{am} \cdot \frac{\dot{n}_y}{n} + Bb_e b_p \cdot \left[ \bar{E}^z + \frac{D_e}{b_e} \cdot \frac{\ln \frac{n(z_2)}{n(z_1)}}{z_2 - z_1} \right] \right] \cdot (1 + B^2 b_e b_p)^{-1}, \quad (7)$$

$$\bar{E}^{y^z} = \frac{\left\{ - \left[ \frac{D_e}{b_e} - B^2 b_e D_p \right] \cdot \frac{\dot{n}_y}{n} + Bb_e \cdot \left[ \bar{E}^z + \frac{D_e}{b_e} \cdot \frac{\ln \frac{n(z_2)}{n(z_1)}}{z_2 - z_1} + B^2 b_p D_{am} \cdot \frac{\ln \frac{n(z_2)}{n(z_1)}}{z_2 - z_1} \right] \right\}}{1 + B^2 b_e b_p}. \quad (8)$$

При таком предположении  $\bar{E}^{y^z}$  и  $\bar{E}^{z^z}$  соответствуют условию потенциальности поля  $\vec{E} = \bar{E}^{y^z} \vec{j} + \bar{E}^{z^z} \vec{k}$ , которое является полем пространственного заряда, но не однородной плазмы, где  $E^z = \text{const}$ ,  $\partial_{oz} = 0$ , а пространственно неоднородной плазмы  $E^z = E^z(z)$ ,  $n = n(z)$ , которую мы представили в виде модели однородной плазмы с  $E^z \rightarrow \bar{E}^{z^z}$  с учётом граничных значений концентраций вдоль разрядного промежутка, в которой происходит амбиполярная диффузия в направлении  $y$ . Эта диффузия рассматривается при некоторой  $\bar{z}$  – средней координате, в однородном поле  $\bar{E}^{z^z}$ , причём поле пространственного заряда (в среднем по  $z$ ) является потенциальным.

Конечно, при такой замене неоднородной плазмы на однородную роль координаты  $z \rightarrow \bar{z}$  не проявляется, а учитывается влияние поперечного магнитного поля, усреднённого на всю неоднородную плазму, практически так же, как и в случае однородной плазмы (там координата  $z$  не входит ни в выражение для поперечной скорости  $U^y$ , ни в выражение для  $E^y$  в силу симметрии задачи); в нашем случае расчёты позволяют определить среднее значение по  $z$   $U^y$ ,  $E^y$  и потенциала  $\Delta\phi_{1,2}$ . Выражения (7) и (8) можно получить непосредственно из уравнений движения заряженных частиц, усредняя их по  $z$ . Истинные значения полученных величин в фиксированных точках  $z$  могут, конечно, отличаться от средних значений. Отметим также, что при вычислении средних значений  $\bar{U}^{y^z}$ ,  $\bar{E}^{y^z}$  точного значения распределения концентраций не требуется, а необходимы лишь значения концентраций в граничных точках. Потенциальный отклик плазмы на внешнее магнитное поле можно записать в форме:

$$\Delta\phi = - \int_1^2 \bar{E}^{y^z} dy = \frac{\left\{ -Bb_e \cdot \left[ \bar{E}^{z^z} + \frac{\ln \frac{n(z_2)}{n(z_1)}}{z_2 - z_1} \cdot \left( \frac{D_e}{b_e} + \frac{b_e b_p B^2 D_{am}}{b_e} \right) \right] \cdot (y_0 - 2\Delta) + \left( \frac{D_e}{b_e} - b_e D_p B^2 \right) \cdot \ln \frac{n(y_2)}{n(y_1)} \right\}}{1 + b_e b_p B^2}. \quad (9)$$

Из выражения (9) можно заключить: холловская разность потенциалов определяется двумя факторами:

- 1) силой Лоренца, связанной с продольной компонентой  $E^z$ ;
- 2) влиянием магнитного поля на поперечную концентрацию.

Величина эффективного продольного электрического поля в неоднородной плазме равна:

$$\bar{U}_{\text{эфф}}^z = b_e E_{\text{эфф}}^z = \pm b_e \bar{E}^{z^z} + \frac{\ln \frac{n(z_2)}{n(z_1)}}{z_2 - z_1} \cdot (D_e + b_e b_p B^2 D_{am}) \quad (10)$$

и существенно зависит от пространственной неоднородности  $\ln \frac{n(z_1)}{n(z_2)}$  плазмы, причём с уменьшением длины неоднородности её роль в образовании ЭДС Холла возрастает. Если неоднородность такова, что поле  $E^z$  с ростом  $z$  уменьшается, т.е. можно считать, что  $n(z_2) > n(z_1)$ , то такая неоднородность всегда приводит к увеличению чувствительности плазмы к магнитному полю, причём с ростом магнитного поля эта величина  $E_{эфф}^z$  возрастает за счёт влияния слагаемого  $b_p B^2 D_{ам}$ . Это возрастание  $E_{эфф}^z$  может компенсировать возрастание  $(1 + b_e b_p B^2)^{-1}$  выражения (7) и качественно объяснить тот факт, что теоретические зависимости эффекта Холла в плазме  $\Delta\varphi = \Delta\varphi(B)$ , рассчитанные с учётом силы Лоренца, остаются линейными только до полей порядка  $B = 10^{-2}$  Тл, в то время как наблюдаемые экспериментально зависимости  $\Delta\varphi_{1,2}(B)$  оставались линейными и при полях  $B > 10^{-1}$  Тл [1]. Остановимся на вопросе влияния второго слагаемого в выражении (7) на ЭДС Холла в плазме.

Обычно при нахождении поперечного распределения концентраций в однородной плазме нужно знать граничные условия, которые в поперечном магнитном поле строго не определены. Для определения граничных значений можно исходить из величины поперечной скорости [5]: если магнитное поле приводит к росту поперечной скорости на границе плазмы, то граничная концентрация может только уменьшаться, т.е. если при  $B = 0, n(y_{стен}) = 0$ , то и при  $B \neq 0, n(y_{стен}) = 0$ , а зависимость  $n(y)$  будет определена либо относительно  $n\left(\frac{y_0}{2}\right)$ , либо максимальной концентрации  $n(y_{max})$ . Из формулы (8) видно, что в неоднородной плазме ситуация может существенно измениться: при

$$\bar{E}^z + \frac{D_e}{b_e} \cdot \frac{\ln \frac{n(z_2)}{n(z_1)}}{z_2 - z_1} = 0 \quad (11)$$

поперечная скорость, связанная с поперечным магнитным полем обращается в нуль:

$$\bar{U}^{y^z} = -D_{ам} \cdot \frac{\dot{n}_y}{n_y} \cdot (1 + b_e b_p B^2). \quad (12)$$

Существенно меняется также ЭДС Холла, связанная с силой Лоренца, она перестаёт явно зависеть от величины  $E^z$  и при малых магнитных полях может обратиться в нуль. Численные расчёты для различных параметров низкотемпературной плазмы планируется опубликовать отдельно.

### Заключение

Влияние неоднородного положительного столба газового разряда может привести к существенному изменению параметров ГМП:

1. Показано, что в неоднородной плазме влияние магнитного поля может значительно изменить величину  $E^z$ , а следовательно и величину чувствительности плазмы к магнитному полю.

2. При выполнении условия (11) даже в слабых магнитных полях эффект Холла в плазме может отсутствовать.

3. В сильных полях (когда учитываются слагаемые, нелинейные относительно компоненты  $B$ ), может сохраняться квазилинейность зависимости  $\Delta\varphi_{12} = \Delta\varphi_B$  при изменении магнитного поля до значений порядка 0,1 Тесла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Банковский А.С. Газоразрядные магнитоэлектрические преобразователи для измерения составляющих магнитной индукции / А.С. Банковский, В.В. Иванов, В.И. Кулакова // Электронная техника. Серия 4. Электровакуумные и газоразрядные приборы. 1989. Вып. 3. С. 37-39.
2. Мак-Даниель И. Процессы столкновений в ионизированных газах / И. Мак-Даниель; пер. с англ. М.: Мир, 1967. 602 с.
3. Банковский А.С. Учёт пространственной неоднородности в низкотемпературной газоразрядной плазме / А.С. Банковский, А.А. Захаров, В.М. Светлаков // Радиотехника и связь: материалы Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 110-летию изобретения радио и 75-летию СГТУ. Саратов: СГТУ, 2005. С. 365-372.
4. Грановский В.Л. Электрический ток в газе / В.Л. Грановский. М.: Физматгиз, 1971. 259 с.
5. Банковский А.С. Влияние магнитного поля на поперечное распределение концентрации заряженных частиц в ограниченной низкотемпературной плазме / А.С. Банковский, А.А. Захаров, В.М. Светлаков // Актуальные проблемы электронного приборостроения: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. Саратов: СГТУ, 2004. С. 371-377.

**Банковский Алексей Сергеевич –**

кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры «Электронные приборы и устройства»  
Саратовского государственного технического университета

**Захаров Александр Александрович –**

доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные приборы и устройства»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 18.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 621.382.2/3-971

**Н.Н. Беспалов, Ю.М. Голембиовский, М.В. Ильин**

**МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ**

*Рассмотрен один из методов определения тепловых характеристик силовых полупроводниковых приборов.*

**N.N. Bepalov, J.M. Golembiovsky, M.V. Il'yin**

**POWER SEMI-CONDUCTOR DEVICES THERMAL CHARACTERISTICS  
DEFINITION METHOD**

*One of methods of definition of the thermal characteristics of power semi-conductor devices is considered in this article.*



Увеличение мощности современных электрических преобразователей на основе силовых полупроводниковых приборов (СПП) требует обеспечения таких температурных режимов при эксплуатации, при которых реализуется их потенциально высокая надежность.

При разработке преобразователей одними из важных характеристик при расчёте тепловых режимов СПП являются переходное тепловое сопротивление переход-корпус  $Z_{thjc}$  и его величина в установившемся тепловом режиме  $R_{thjc}$  [1]. Объективное определение теплового сопротивления переход-корпус является сложной технической задачей, однако ее решение позволяет объективно установить паспортное значение  $R_{thjc}$  для определенного типа СПП, оценить качество изготовления, перегрузочную способность СПП и оптимально выбрать параметры системы охлаждения.

Существуют различные методики для определения этой характеристики [2, 3], однако они имеют ряд существенных недостатков, к которым, прежде всего, необходимо отнести повышенную сложность и низкую точность определения. Это объясняется сложностью математического описания процессов, происходящих при распространении тепловой энергии сквозь элементы конструкции СПП. Примером может служить метод, реализованный в устройстве для определения  $R_{thjc}$  фирмы Lorlin Test Systems. Метод основывается на нагреве СПП импульсом тока с постоянной, стабилизированной амплитудой с точностью поддержания её  $\pm 0,5\%$ , косвенном определении температуры кристалла  $T_j$  по разности значений термочувствительного параметра – напряжения в состоянии высокой проводимости и измерении мощности электрических потерь  $P_F = U_F \cdot I_F$ , выделяемой в приборе при нагреве. При этом значение  $R_{thjc}$ , например, для диодов, вычисляется по формуле:

$$R_{thjc} = \frac{\Delta U_F / TKN}{U_F \cdot I_F}, \quad (1)$$

где  $\Delta U_F = (U_{F1} - U_{F2})$  – разность значений прямого напряжения на диоде в исходном не нагретом состоянии  $U_{F1}$  и прямого напряжения  $U_{F2}$  в нагретом состоянии; ТКН – температурный коэффициент напряжения принимается постоянным для всех типов диодов равным  $-2$  мВ/°С;  $I_F$  – амплитуда прямого тока,  $U_F$  – прямое напряжение на диоде.

Однако значения ТКН различны для каждого прибора и типа СПП и зависят от величины тестового тока [3, 4], а величина  $U_F$  изменяется в ходе нагрева СПП, что вызывает неопределенность в выборе ее значения. Это обуславливает существенную погрешность определения  $R_{thjc}$ . Для тиристоров рекомендуется предварительно измерять ТКН тем либо иным способом, что предопределяет возникновение дополнительных технических и экономических сложностей.

Разработанный метод, по сравнению с известными, позволяет существенно снизить погрешность определения  $R_{thjc}$ . Это обусловлено, прежде всего, тем, что величина ТКН определяется для каждого испытуемого прибора. Дополнительно метод позволяет снять требование стабилизации греющего тока. Сущность разработанного метода заключается в следующем.

Определение  $R_{thjc}$  производят в три этапа испытания и измерения информативных параметров и этапа определения  $Z_{thjc}$  и  $R_{thjc}$  (рис. 1). На всех этапах испытания через СПП пропускается постоянный измерительный ток  $I_{test}$ . Величина  $I_{test}$  выбирается таким образом, чтобы его протекание несущественно влияло на термодинамическое равновесие испытуемого прибора. В качестве термочувствительного параметра используются напряжения на полупроводниковом приборе  $u_{hc}$  в состоянии высокой проводимости.

На первом этапе прибор находится в начальном состоянии термодинамического равновесия и  $T_j = T_C$ . В момент времени  $t_0$  измеряется и запоминается значение напряжения  $u_{hc}(t_0)$  при протекании  $I_{test}$  и температура корпуса  $T_C(t_0)$ .

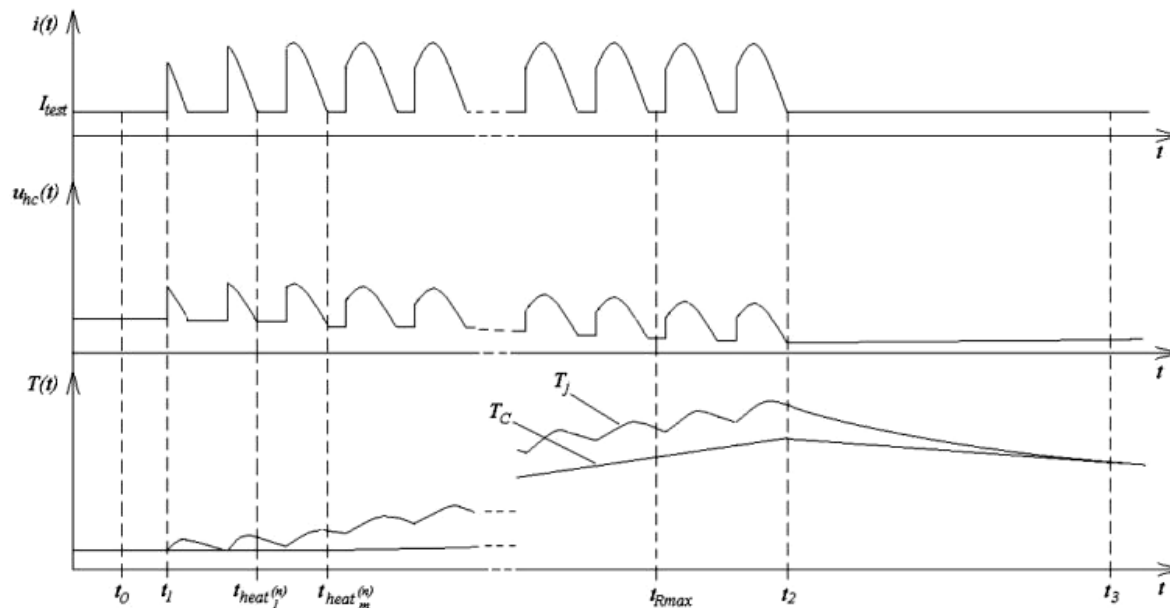


Рис. 1. Временные зависимости тока через СПП, напряжения на нем и температуры структуры и корпуса при испытании

На втором этапе с момента времени  $t_1$  до момента  $t_2$  СПП нагревается импульсами тока  $i_{heat}(t)$  полусинусоидальной формы с фазовой регулировкой длительности. Нагрев начинают с постепенного увеличения величины греющего тока. В интервалах между очередным увеличением тока рассчитывается значение средней мощности потерь полупроводникового прибора  $P_{tot}^{(n)}$ . После достижения греющей мощности установленного максимального значения, которое определяется из соотношения:

$$P_{max} = \frac{(0,3 - 0,6) \cdot (T_{jmax} - T_c(t_0))}{R_{thjcTV}}, \quad (2)$$

где  $R_{thjcTV}$  – значение теплового сопротивления, определяемое по техническим условиям или паспортным данным СПП и  $T_{jmax}$  – максимальная допустимая температура полупроводниковой структуры, дальнейшее увеличение мощности прекращается. Далее нагрев производится током с полученными параметрами греющего тока.

В процессе нагрева в моменты времени  $t_{heat_i^{(n)}}$   $n$ -го интервала измерения записываются значения  $u_{hc}(t_{heat_i^{(n)}})$  и  $i_{heat}(t_{heat_i^{(n)}})$ , и вычисляется средняя мощность потерь по формуле:

$$P_{totAV}^{(n)} = \frac{1}{t_{heat_m^{(n)}} - t_{heat_1^{(n)}}} \int_{t_{heat_1^{(n)}}}^{t_{heat_m^{(n)}}} u_{hc}^{(n)} i_{heat}^{(n)} dt. \quad (3)$$

В процессе нагрева, приняв  $TKH = -2,5 \text{ мВ/}^\circ\text{С}$ , рассчитывается оценочная величина теплового сопротивления переход-корпус в динамике как:

$$R_{thjc\text{ дин}}(t) = \frac{\frac{u_{hc}(t_{heat}^{(n)}) - u_{hc}(t_0)}{-2,5 \cdot 10^{-3}} + T_c(t_0) - T_c(t_{heat}^{(n)})}{P_{max}}}, \quad (4)$$

где  $u_{hc}(t_{heat}^{(n)})$  и  $T_c(t_{heat}^{(n)})$  – значения термочувствительного параметра и температуры корпуса СПП в конце  $n$ -го периода измерения в процессе нагревания.

После достижения момента времени  $t_{R \max}$ , когда  $R_{thjc} \text{ дин}(t)$  имеет максимальное значение, процесс нагревания продолжается ещё некоторое время для дополнительного нагрева корпуса СПП на 5-10°C. Затем в момент  $t_2$  греющий ток отключают.

В режиме естественного охлаждения после достижения термодинамического равновесия в момент времени  $t_3$  измеряют величины  $u_{hc}(t_3)$  и  $T_C(t_3)$ .

По измерениям  $u_{hc}$  и  $T_C$  в моменты времени термодинамических равновесий  $t_0$  и  $t_3$ , вычисляют значение ТКН как:

$$TKH = \frac{u_{hc}(t_3) - u_{hc}(t_0)}{T_C(t_3) - T_C(t_0)}, \quad (5)$$

а величина теплового сопротивления переход-корпус  $R_{thjc}$  определяется как:

$$R_{thjc} = \frac{\frac{u_{hc}(t_{R \max}) - u_{hc}(t_0)}{TKH} + T_C(t_0) - T_C(t_{R \max})}{\frac{1}{n} \sum_n P_{tot AV}^{(n)}}. \quad (6)$$

По измеренной характеристике  $u_{hc}(t)$  определяется переходное тепловое сопротивление переход – среда  $Z_{thja}$ :

$$Z_{thja} = \frac{u_{hc}(t) - u_{hc}(t_0)}{TKH \cdot P_{tot AV}}. \quad (7)$$

При разработке нового метода определения тепловых характеристик СПП для оценки электрических и тепловых режимов испытания потребовались моделирование и расчёт электрических и тепловых процессов, происходящих в СПП и их конструкциях. Для этого был использован метод электротепловой аналогии (ЭТА) [5], на основании которого была составлена электротепловая модель СПП в программе Multisim 8.0, которая для варианта исследования силовых диодов (СД) представлена на рис. 2.

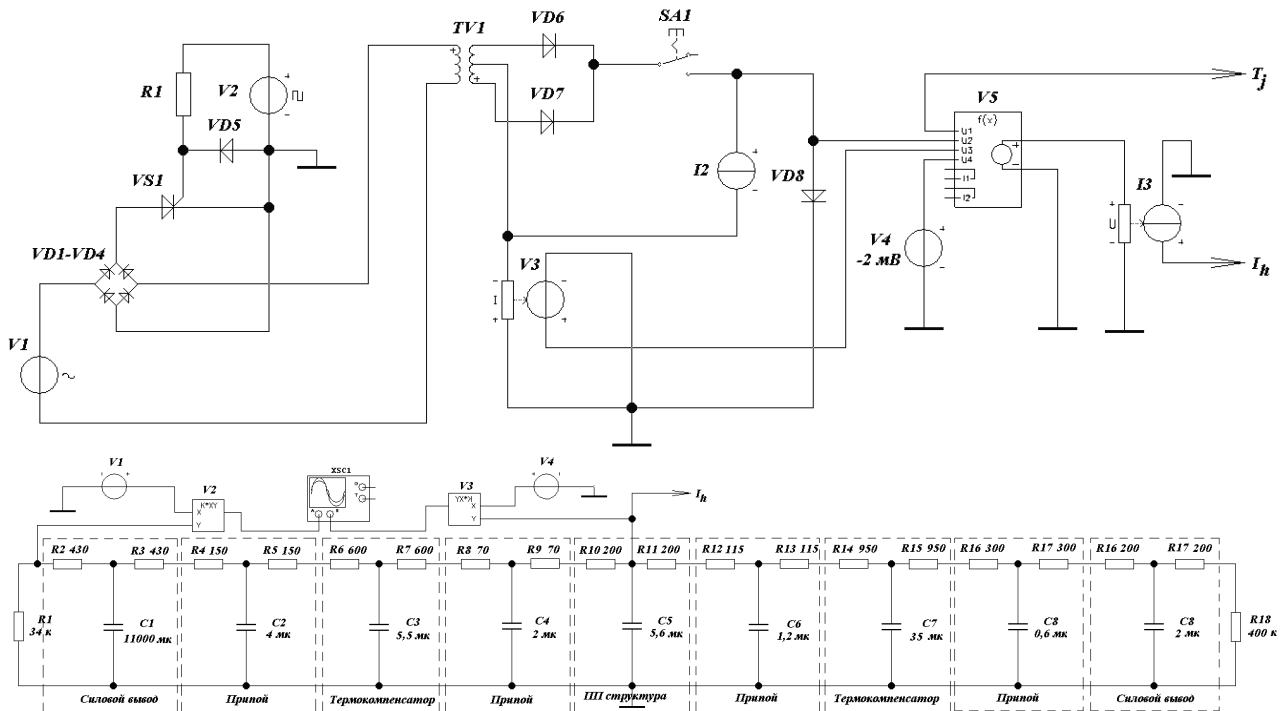


Рис. 2. Модель электротепловых процессов в СПП

Модель состоит из двух частей. В первой части моделируются электрические процессы в СД. Режим исследуемого диода  $VD8$  задаётся источником греющего тока (ИГТ) и источником тестового тока (ИТТ)  $I_2$ . ИГТ состоит из фазового регулятора переменного напряжения, понижающего трансформатора  $TV1$  и выпрямителя ( $VD6, VD7$ ). ИТТ представляет собой источник постоянного тока заданной величины и предназначен для задания режима измерения термочувствительного параметра напряжения в состоянии высокой проводимости  $u_{hc}$ .

Источник напряжения  $V4$  генерирует напряжение, пропорциональное мощности потерь, выделяющейся в полупроводниковой структуре. Расчёт мощности производится на основе информации о прямом напряжении и токе ( $V3$ ), температуры структуры и ТКН ( $V4$ ), которая поступает на входы источника  $V5$ . Управляемый источник тока  $I3$  преобразует полученное напряжение в ток  $I_h$ , который подается в модель тепловых процессов СД.

В соответствии с методом ЭТА теплоёмкость элемента конструкции заменяется пропорциональной ей электрической ёмкостью, а тепловое сопротивление – электрическим сопротивлением. Аналогией мощности, выделяющейся от протекания электрического тока через полупроводниковый элемент, в методе ЭТА принят электрический ток. Потенциалы узлов схемы соответствуют температуре перегрева соответствующего элемента конструкции.

Каждому элементу конструкции прибора в модели, изображенной на рис. 2, соответствует  $T$ -образная  $RC$ -цепь. Ёмкость конденсатора  $C_i$  соответствует теплоёмкости  $i$ -го элемента конструкции. Сопротивление  $2R_i$  соответствует тепловому сопротивлению этого же элемента. Ток  $I_h$  пропорционален мощности, выделяющейся в полупроводниковой структуре.

Режим нагрева СПП при испытании имеет ограничение по величине выделяющейся средней мощности потерь  $P_{totAV}$ , которая определяет температуру перегрева кристалла  $\Delta T_j$ .

Данная модель позволяет определять требуемые режимы испытания СПП. На рис. 3 в качестве примера приведены зависимости  $\Delta T_j$  в установившемся тепловом режиме от  $P_{totAV}$  для штыревой конструкции СД с полупроводниковой структурой (ПС) диаметром 24 мм и таблеточной конструкции с ПС диаметром 42 мм. Процесс нагрева моделировался для СД без охладителя и в режиме естественного воздушного охлаждения. По этим зависимостям определяются требуемая мощность ИГТ и оптимальные электрические и тепловые режимы испытания для различных типов и конструкций СПП.

Описанная методика применительно к испытаниям силовых тиристоров (СТ) имеет несколько особенностей.

Первая из них – это выбор величины тестового тока  $I_{test}$ . Для СД величина тока  $I_{test}$  определяется из условия его наименьшего влияния на тепловое состояние полупроводникового прибора и составляет значения до 100 мА. Иная ситуация складывается при испытании СТ. Для этих приборов величина  $I_{test}$  в процессе испытания должна быть не меньше тока удержания. Первое включение СТ должно происходить с величиной тока не менее тока включения СТ, уровень которого превышает ток удержания.

Вторая особенность связана с наличием у СТ процесса распространения включённого состояния по площади ПС. Длительность процесса распространения включённого состояния определяет момент измерения начальных условий  $t_0$ . Для правильного измерения величины  $u_{hc}(t_0)$

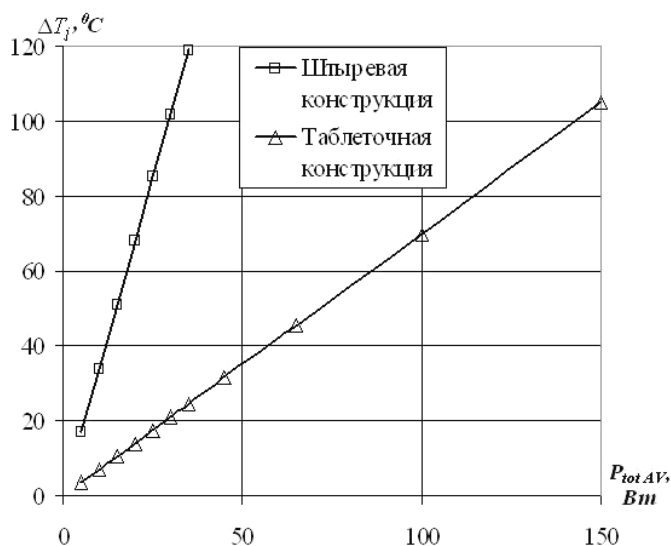


Рис. 3. Зависимости температуры перегрева кристалла  $\Delta T_j$  в установившемся тепловом режиме от рассеиваемой мощности  $P_{totAV}$  для штыревой и таблеточной конструкций СД

необходимо распространить включенное состояние по всей площади ПС. Время распространения включённого состояния во многом зависит от величины анодного тока и площади ПС.

Для оценки зависимости времени включения СТ от величины анодного тока использовалась программа ПАРУЭСТ. Расчёт производился для наихудшего варианта конструкции ПС с круглым управляющим электродом (УЭ). Диаметры структур для расчёта использовались от 18 до 101 мм. Площадь УЭ составляла 4% от площади структуры. Величины анодного тока взяты в диапазоне 1–10 А.

Как видно из рис. 4, процесс распространения включенного состояния в значительной степени зависит от геометрических размеров полупроводниковой структуры и тока и имеет разброс от 0,7 до 12,4 мс. Поэтому для СТ определение момента измерения начальных условий  $t_0$  требует знания времени распространения включённого состояния при протекании  $I_{test}$ . Мерой окончания процесса распространения открытого состояния является равенство скорости изменения напряжения в открытом состоянии  $du_T/dt$  нулю при постоянстве  $I_{test}$ . При этом ПС считается включенной по всей площади. После достижения этого условия производится измерение начальных условий и дальнейшее испытание.

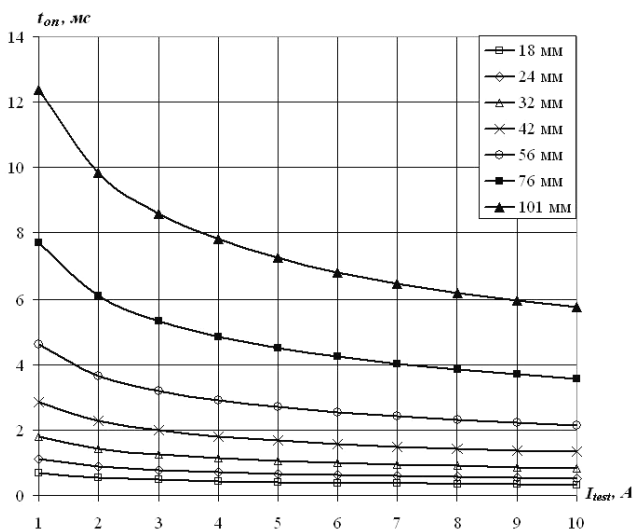


Рис. 4. Зависимость времени включения СТ от тестового тока для полупроводниковых структур различного диаметра

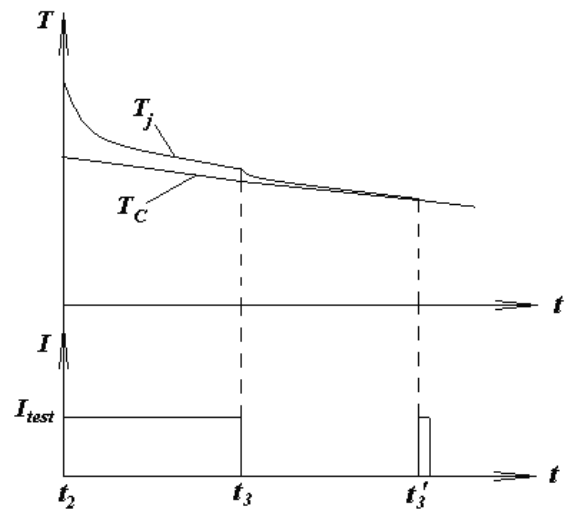


Рис. 5. Процесс измерения температуры ПС в момент термодинамического равновесия в процессе охлаждения

Применение таких величин тока в качестве тестового вносит погрешность в определение температуры кристалла  $T_j$  по температуре корпуса  $T_C$  и вносит ошибку при определении ТКН на третьей стадии испытания в процессе охлаждения прибора. После достижения теплового равновесия температура кристалла определится как:

$$T_j = T_C + u_T I_{test} Z_{thja}, \tag{8}$$

где  $u_T$  – прямое напряжение в момент измерения;  $Z_{thja}$  – тепловое сопротивление переход-охлаждающая среда в момент измерения.

Для того чтобы уменьшить ошибку в определении температуры кристалла  $T_j(t_3)$ , измерение производят в три этапа (рис. 5). На первом этапе находится точка термодинамического равновесия  $t_3$  и вычисляется время достижения теплового равновесия  $\Delta t = t_3 - t_2$ . Затем прибор выключается на время  $\Delta t$ . За это время прибор достигает следующего термодинамического равновесия, в котором температуры кристалла и корпуса выравниваются. Далее в момент  $t'_3 = t_3 + \Delta t$  осуществляется повторное включение СТ и производится измерение  $u_T(t'_3)$  и  $T_C(t'_3)$ .

По полученным данным рассчитывается ТКН:

$$TKH = \frac{u_{hc}(t'_3) - u_{hc}(t_0)}{T_c(t'_3) - T_c(t_0)} \quad (9)$$

и рассчитываются тепловые сопротивления по формулам (6) и (7).

Разработанный метод реализован в испытательно-измерительной аппаратуре, выполненной на базе оборудования и программного продукта LabVIEW компании National Instruments.

Сбор информации и управление установкой осуществляются универсальной платой расширения для персонального компьютера NI PCI-6251. Информация о состоянии СПП собирается АЦП с четырёх датчиков: тока, напряжения, температуры корпуса со стороны анода и катода. Измеренная информация передаётся в виртуальный прибор (ВП), созданный в среде программирования LabVIEW, в котором она обрабатывается, и рассчитываются определяемые величины. На основе предварительной информации ВП рассчитывает параметры испытания. Измеренная и обработанная информация сохраняется в файле на жестком диске компьютера и может быть использована для дальнейшего исследования.

Разработанный метод и аппаратура позволяют определять значения переходного теплового сопротивления переход-корпус  $Z_{thjc}$  и его величину в установившемся тепловом режиме  $R_{thjc}$ , переходного сопротивления переход-охлаждающая среда  $Z_{thja}$ , ТКН в заданном режиме испытания СПП. Измерение ТКН каждого СПП в процессе испытания существенно снижает погрешность определения этих величин. Данный метод также позволяет осуществлять нагрев испытуемого прибора периодическим током произвольной формы, что упрощает схемотехническое исполнение источника греющего тока.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Богодерова В. Приближенный расчет тока рабочей перегрузки триаков / В. Богодерова, В. Веревкин // Силовая электроника. 2006. № 4. С. 1-11.
2. ГОСТ 24461-80 (СТ СЭВ 1656-79). Приборы полупроводниковые силовые. Методы измерений и испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1981. 56 с.
3. Рабинерсон А.А. Режимы нагрузки силовых полупроводниковых приборов / А.А. Рабинерсон, Г.А. Ашкинази. М.: Энергия, 1976. 296 с.
4. Беспалов Н.Н. Исследование термочувствительного параметра полупроводниковых диодов / Н.Н. Беспалов, М.В. Ильин // Технические и естественные науки: проблемы, теория, эксперимент. Вып. V. Саранск: Ковылк. тип., 2005. С. 29-31.
5. Чесноков Ю.А. Определение температуры перегрева структуры тиристорov в импульсных режимах методом электротепловой аналогии (ЭТА) / Ю.А. Чесноков, А.А. Рабинерсон, В.Е. Челноков // Некоторые вопросы производства и применения средств малой силовой преобразовательной техники в народном хозяйстве. М.: Информэлектро, 1970. Ч. 2. № 14. С. 78-91.

#### **Беспалов Николай Николаевич –**

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Автоматика»  
Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева, г. Саранск

#### **Голембиовский Юрий Мичиславович –**

доктор технических наук, профессор кафедры «Системотехника»  
Саратовского государственного технического университета

#### **Ильин Михаил Владимирович –**

аспирант, преподаватель кафедры «Автоматика»  
Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарева, г. Саранск

*Статья поступила в редакцию 18.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

**Р.В. Быков, Н.М. Ушаков**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕВЕРСИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СРЕД  
ДЛЯ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ/ДЕМУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ  
ОПТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ  
УСТРОЙСТВАХ СВЯЗИ**

*Показано, что в качестве дифракционных элементов волоконно-оптических устройств мультимплексирования и демультимплексирования оптических сигналов можно использовать реверсивные фоторефрактивные многослойные среды. Такие среды широко используются в DVD-RW и CD-RW дисках для записи цифровых оптических сигналов. Обсуждаются преимущества фоторефрактивных решеток по сравнению с традиционными дифракционными решетками.*

**R.V. Bykov, N.M. Ushakov**

**REVERSE OPTICAL MEDIA USE  
FOR MULTIPLEXING/DEMULPLEXING OF OPTICAL SIGNALS  
IN FIBER-OPTIC COMMUNICATION DEVICES**

*It is shown, that reverse photorefractive multilayer media can be used as diffraction elements in fiber-optic devices for multi- and demultiplexing of optical signals. Such as mediums has been extensively used in DVD-RW and CD-RW optical discs for writing of digital optic signals. Some preferences of photorefractive gratings as compared with normal ones are discussed.*

Для повышения пропускной способности современных оптических линий связи все большее применение находят технология спектрального уплотнения каналов WDM (wavelength-division multiplexing) и ее развивающиеся направления такие, как DWDM (dense wavelength-division multiplexing) и CWDM (course wavelength-division multiplexing). Эти два вида технологии спектрального уплотнения отличаются величинами интервалов между каналами разделения и уровнем техники, необходимой для их выполнения. Так, DWDM предполагает интервалы между каналами 3,2; 1,6 и 0,8 нм (100, 200 и 400 ГГц) и дорогостоящую технику, включая стабилизированные по частоте полупроводниковые лазеры, кросс-коннекторы, циркуляторы и т.д. Более простой и доступной технологией считается техника CWDM, которая снижает требования к величинам интервалов между каналами до 20 нм и предполагает использование более простых и дешевых лазеров и прочих устройств [1].

Основными устройствами в технике спектрального уплотнения являются мультимплексоры и демультимплексоры. Мультимплексор/демультимплексор – пассивное оптическое устройство, предназначенное для объединения/разделения оптических сигналов, имеющих различные оптические несущие (длины волн). Современные устройства уплотнения каналов обеспечивают до 80 несущих с интервалом 50 ГГц и скоростью передачи данных от 2,5 до 10 ГГц [2]. Мультимплексоры и демультимплексоры WDM строятся на основе таких оптических устройств, как призмы, тонкопленочные интерференционные фильтры, дифракционные решетки, оптические разветвители, световолоконные упорядоченные жгуты AWG (arrayed

waveguide grating) [1]. В последнее время значительный интерес исследователей вызывают фоторефрактивные среды как одномерные фотонные периодические структуры с перестраиваемой запрещенной зоной (*one-dimensional, photonic band-gap structures*) [3]. Использование брэгговских фоторефрактивных решеток PBG (photorefractive Bragg grating) в оптических световодах позволяет создавать малогабаритные и недорогие устройства уплотнения каналов [4]. Современные системы уплотнения каналов передачи данных состоят из оптических и быстродействующих электронных компонентов, что значительно удорожает стоимость оборудования. Однако, спектральное оптическое мультиплексирование может осуществляться на основе полностью пассивного оборудования. Наиболее привлекательной технологией волнового уплотнения является мультиплексирование на основе дифракционных решеток, так как вносимые ими потери практически не зависят от числа оптических каналов, а также возможно осуществление полностью дуплексной передачи информации по одному оптическому волокну. Схематическое изображение оптического мультиплексора на основе дифракционной решетки изображено на рис. 1. Принцип работы такого мультиплексора основан на пространственном угловом разделении оптических волн с разной длиной волны, падающих на дифракционную решетку под углом Брэгга [5]. При этом основным недостатком такого устройства следует считать постоянство параметров решетки и, следовательно, отсутствие возможности управления амплитудно-фазовыми характеристиками функции передачи дифракционной решетки.

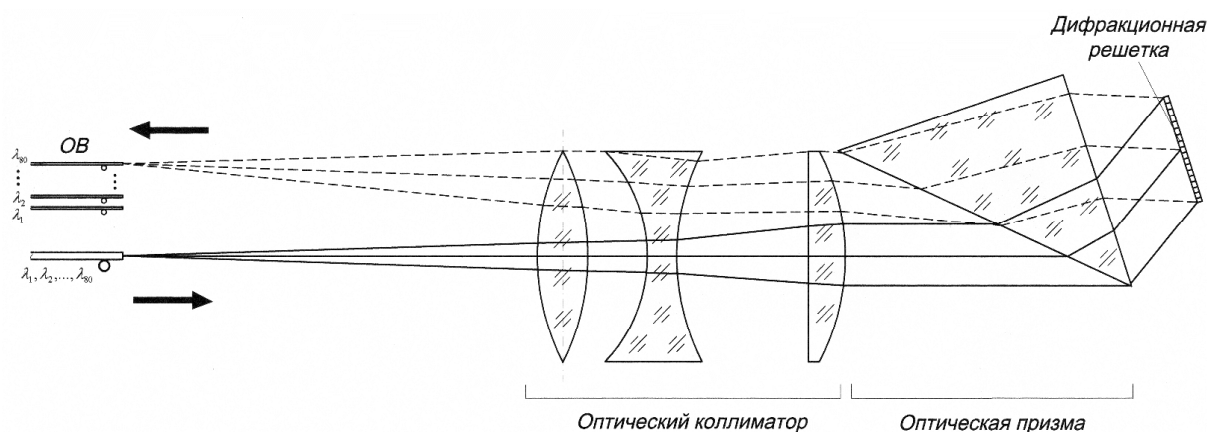


Рис. 1. Схематическое изображение оптического мультиплексора на основе дифракционной решетки [5]

Избежать указанных недостатков позволяет использование в качестве решеток фоторефрактивных периодических сред, способных изменять период решетки и коэффициента отражения без изменения структуры устройства в целом. Поэтому целью настоящей работы явилось рассмотрение возможности использования фоторефрактивной среды в качестве брэгговской решетки мультиплексора/ демультиплексора WDM.

Особенностями мультиплексора на основе реверсивной фоторефрактивной среды являются фоторефрактивная среда, из которой изготовлена дифракционная решетка и способ ее изготовления. В настоящей работе предложено в качестве материала для реализации такой решетки использовать фрагмент DVD-RW носителя информации, в частности, его чувствительный слой (рис. 2, а, б). Способ записи решетки на чувствительный слой основан на голографическом двухволновом методе записи информации [6]. Поскольку фоторефрактивная среда является оптически нелинейной средой, процессы гетеродинамирования оптических сигналов с разностной пространственной частотой позволяют выделить сигналы разностной частоты, что является результатом записи решетки с периодом, равным обратной величине



разностной пространственной частоты. В данной работе мы не будем останавливаться на физике процессов записи фоторефрактивной решетки, описываемых моделью Кухтарева-Винецкого. Физические принципы записи оптических сигналов в фоторефрактивных средах достаточно полно описаны во многих работах (см. например [7]).

Теперь подробнее остановимся на способе записи такой решетки. В исходном состоянии чувствительный слой находится в кристаллическом состоянии. В процессе записи лазерное излучение нагревает чувствительный слой выше точки плавления (500-700°C), после чего, быстро охлаждаясь благодаря высокой теплопроводности фрагмента диска, облученная область чувствительного слоя остается в аморфном состоянии. Материал чувствительного слоя имеет в аморфном и кристаллическом состояниях разные коэффициенты преломления. Например, для  $\text{Ge}_5\text{Sb}_2\text{Te}_8$  в аморфном состоянии показатель преломления 2,6, а в кристаллическом – 2,0. При записи DVD-RW диска мощность лазерного излучения составляет от 8 до 15 мВт в зависимости от материала диска. Если на поверхность чувствительного слоя DVD-RW диска нанести периодический рисунок в виде бороздок с различными коэффициентами преломления, то возможно его использование в качестве дифракционной решетки (рис. 2, б). На поверхность кристалла необходимо нанести периодический рисунок в виде интерференционного узора, сформированного двумя лазерными лучами в нелинейной среде. Такая модель характеризуется периодическим пространственным изменением интенсивности излучения в объеме голограммы.

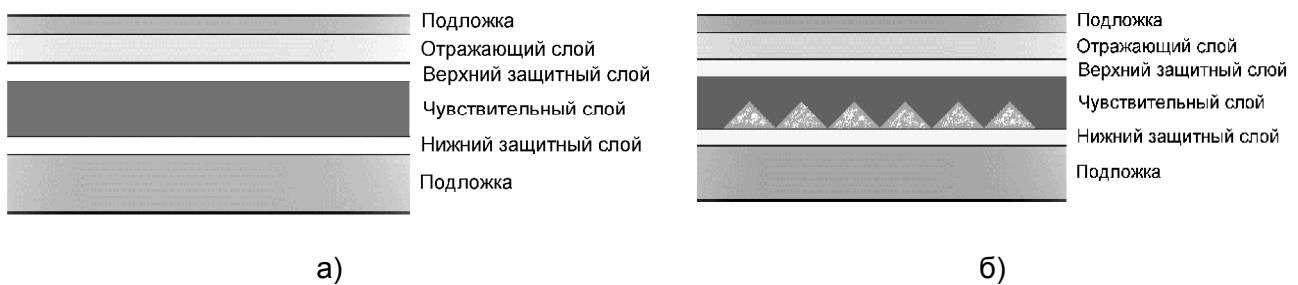


Рис. 2. Структура слоев DVD-RW диска: а – до записи; б – после записи

Схематическое изображение способа записи реверсивной решетки изображено на рис. 3. Под одним и тем же углом на поверхность диска падают два симметричных лазерных пучка. На поверхности кристалла, в результате воздействия на него интерференционного лазерного излучения, возникает периодическая структура в виде бороздок с различными показателями преломления. Период такой структуры зависит от угла падения записывающих лучей на поверхность кристалла и длины волны записывающего лазерного излучения. Применение прямоугольной стеклянной призмы при записи реверсивной решетки позволяет использовать один источник лазерного излучения для образования двух пучков.

Основные условия для произведения записи реверсивной дифракционной решетки приведены в таблице.

Отклоняющая система состоит из оптической призмы и дифракционной решетки. Дифракционная решетка выполняет роль пространственного фильтра, принцип работы которого основан

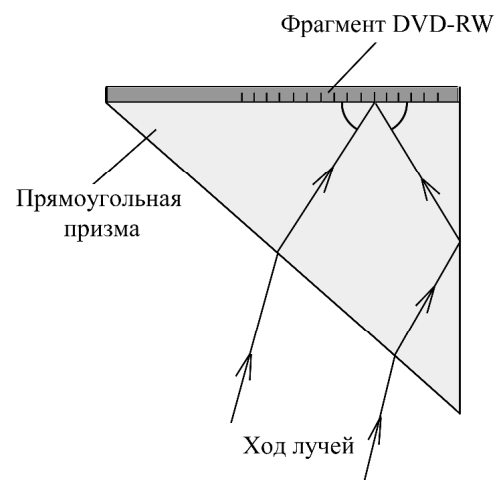


Рис. 3. Схематическое изображение способа записи реверсивной решетки

на отражении от решетки полихроматического гомоцентрического оптического пучка. При отражении от дифракционной решетки происходит разложение полихроматического оптического сигнала на отдельные монохроматические составляющие с различными длинами волн. Оптическая призма позволяет использовать одну оптическую систему и для фокусирования отраженного от решетки оптического излучения, и для коллимирования входного полихроматического оптического пучка. Также использование оптической призмы позволяет увеличить разность углов отражения между оптическими пучками различных длин волн, что позволяет предъявлять менее жесткие требования к разрешающей способности используемой оптической системы линз. При расчете отклоняющей системы необходимо учесть определенные требования:

- 1) разрешающая способность оптической системы по угловой мере должна позволять разрешать минимальную разность углов между монохроматическими оптическими пучками;
- 2) разрешающая способность оптической системы по линейной мере должна позволять разрешать минимальное расстояние между фокусируемыми дифракционными максимумами;
- 3) расстояние между фокусируемыми дифракционными максимумами должно соответствовать расстоянию между центрами оптических волокон, в которые вводятся оптические пучки с различными длинами волн;
- 4) сигнал, отраженный от дифракционной решетки, не должен выходить за пределы оптической системы линз.

Параметр	Угол падения лазерного пучка на грань призмы относительно нормали к этой грани, град.	Мощность падающего оптического пучка, Вт	Длительность облучения поверхности диска, с
Обозначение	$\alpha$	$P_{лу}$	$\tau$
Величина параметра	$52,37^\circ$	$20 \cdot 10^{-3}$	8

Установка для записи дифракционной решетки изображена схематически на рис. 4. Устройство смонтировано на специальной лабораторной подставке, на которой крепятся штативы 3, 5, 17 для укрепления используемых оптических устройств. На штативе 2 крепится лазерная установка 1. На штативах 5 и 17 крепится оптическая система, которая состоит из: держателей линз 3, 7, 9, 11; стальных направляющих стержней 6; первой рассеивающей двояковыпуклой оптической линзы 4; оптического коллиматора, являющегося системой трех линз: двояковыпуклой линзы 8, двояковогнутой линзы 10 и плосковыпуклой линзы 12; оптической призмы 14; устройства крепления оптической призмы 13; зажимов крепления 18 оптической призмы 14; зажимного устройства 16 фрагмента DVD-RW диска 15. Для нормальной работы данного устройства необходимо соблюдать определенные условия: угол падения лазерного пучка на грань оптической призмы относительно нормали к этой грани (см. рис. 4) должен составлять  $\alpha=52,37^\circ$ ; мощность лазерной установки должна быть равна  $P = 23,3$  мВт; время воздействия лазерного пучка на фрагмент DVD-RW носителя должно составлять  $\tau_{\text{записи}}=0,77$  с; длина волны лазерного излучения должна составлять  $\lambda_{\text{лазера}}=650$  нанометров. Сборка установки для записи дифракционной решетки осуществляется при комнатной температуре. Время сборки установки составляет 8,5 минут.

Преимущества реверсивной дифракционной решетки по сравнению с обычной решеткой:

- можно записать решетку с любым неограниченным периодом;
- более простой способ производства решетки;
- более дешевое производство;
- возможна перезапись на решетку с другим периодом.

В последнее время большое внимание уделяется исследованию новых перспективных сред для реверсивной записи сигналов. Такими средами являются фотополимеры, так называемые РАР материалы (photo-addressable polymers). В тонких пленках РАР материалов возможно получение высоких значений индуцированного показателя преломления, высокой стабильности сохранения параметров от комнатной температуры до 160, что важно для техники мультиплексирования сигналов. Различные РАР и нанокompозитные материалы разрабатываются в лаборатории субмикронной электроники Саратовского филиала ИРЭ РАН.

Использование новых перспективных сред позволит разработать мультиплексоры для интеллектуальных оптических сетей будущего.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сахаров В.К. Мультиплексор/демультиплексор для техники спектрального уплотнения CWDM / В.К. Сахаров, Л.П. Прокофьева, В.В. Щербаков // Письма в журнал технической физики. 2004. Т. 30. Вып. 1. С. 65-71.

2. Патент РФ 2161374. Способ символьной передачи данных по ВОЛС /А.О. Некучаев, У. Юсупалиев. Приоритет от 07.04.2000 г.

3. Electromagnetic properties of periodic and quasi-periodic one-dimensional, metallo-dielectric photonic band gap structures / С. Sibilina, M. Scalora, M. Centini et al. // J. Optics. A: Pure Applied Optics. 1999. Vol. 1. P. 490-494.

4. Ушаков Н.М. Фоторефрактивные устройства коммутации оптических сигналов / Н.М. Ушаков, Ю.Н. Перепелицын // Высокие технологии – путь к прогрессу: сб. науч. трудов / СО ИРЭ РАН. Саратов: Научная книга, 2003. С. 20-23.

5. Патент США № 6859317. Diffraction grating for wavelength division multiplexing and demultiplexing devices / G. Carpiello, M. Sokolskiy (РФ), R. Dueck; Опубл. 22. 02. 2005; Приоритет 28. 11. 2000.

6. Быков Р.А. Демультиплексирование оптических сигналов на основе периодических реверсивных сред / Р.А. Быков, Н.М. Ушаков // Радиотехника и связь: материалы Междунар. конф., посвящ. 110-летию изобретения радио и 75-летию СГТУ. Саратов: СГТУ, 2005. С. 5-7.

7. Yeh P. Two-Wave Mixing in Nonlinear Media / P. Yeh // IEEE J. of Quantum Electronics. 1989. Vol. 25. № 3. P. 484-519.

8. Direct-to-video holographic 3-D imaging using photorefractive multiple quantum well devices / R. Jones, M. Tziraki, P.M.W. French et al. / Optics Express. 1998. Vol. 2. № 11. P. 439-448.

**Быков Роман Валерьевич** – аспирант кафедры «Радиотехника» Саратовского государственного технического университета

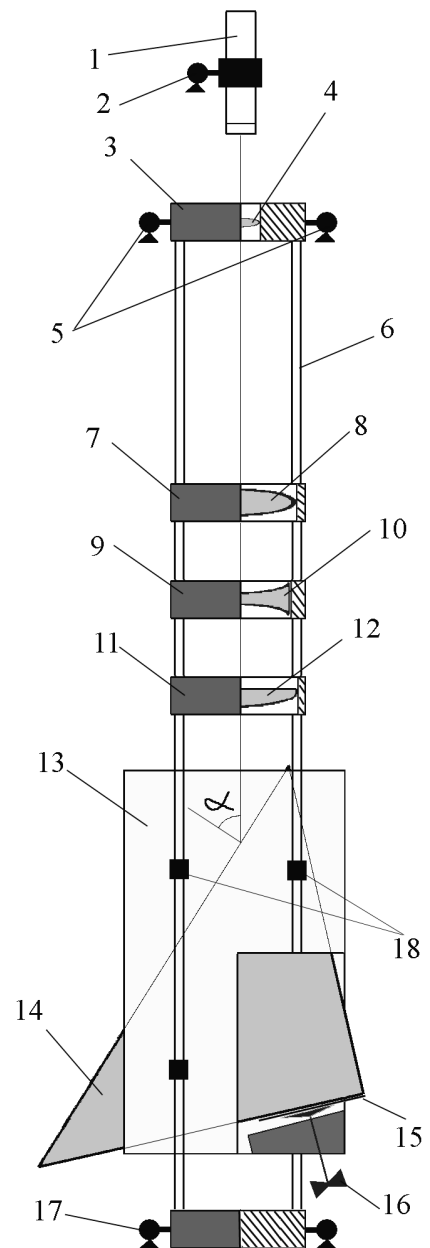


Рис. 4. Устройство для записи реверсивной дифракционной решетки (вид сверху)

**Ушаков Николай Михайлович** –

доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Радиотехника»  
Саратовского государственного технического университета,  
заведующий лабораторией субмикронной электроники Саратовского филиала ИРЭ РАН

*Статья поступила в редакцию 02.11.06, принята к опубликованию 05.12.06*

УДК 621.317.4

**В.А. Киселев**

**МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ,  
ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СРЕДСТВАМ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ  
СТАБИЛЬНОСТИ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ И МАГНИТНЫХ СИСТЕМ**

*Дается анализ метрологических требований, предъявляемых к средствам контроля температурной стабильности постоянных магнитов и магнитных систем. Результаты анализа можно использовать для выбора средств контроля или для составления технических требований к средствам контроля температурной стабильности магнитных систем при их разработке.*

**V.A. Kiselev**

**METROLOGICAL REQUIREMENTS SHOWN TO MEANS  
OF TEMPERATURE STABILITY CONTROL  
OF CONSTANT MAGNETS AND MAGNETIC SYSTEMS**

*The analysis of requirements shown to means of the control of temperature stability of constant magnets and magnetic systems is given here. Results of the analysis can be used for a choice of means of the control or over drawing up of technical requirements to means of the control of temperature stability of magnetic systems by their development.*

Постоянные магниты и всевозможные магнитные системы широко применяются в электроизмерительной технике, автоматике, в электровакуумных приборах СВЧ.

К магнитным системам часто предъявляются жесткие требования по температурной стабильности. Надежность ЭВП СВЧ и стабильность их параметров во многом определяются температурной стабильностью параметров магнитных систем. В ряде случаев температурный коэффициент индукции магнитных полей в рабочих каналах должен быть порядка  $1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-5}$  1/°С [1, 2]. При этом температурная зависимость индукции в рабочих каналах магнитных систем часто носит нелинейный характер, в связи с чем измерения магнитной индукции необходимо производить через малые интервалы температур (20-40°С). Это становится необходимым при определении температурной стабильности магнитных систем на основе новых магнитных материалов платинокобальтовых сплавов РЗМ-Со и Nd-Fe-B и в процессе отработки всевозможных методов температурной стабилизации магнитных систем [3].

В связи с этим к средствам контроля температурной стабильности магнитных систем (КТСМС) предъявляется требование высокой точности воспроизведения результатов измерения и определения относительных изменений магнитной индукции в широком диапазоне температур ( $-70 \div +250^\circ\text{C}$ ).

Рассмотрим, какими параметрами средств КТСМС и самих магнитных систем определяется погрешность температурного коэффициента.

При линейной температурной зависимости магнитной индукции или в небольших интервалах температур, пренебрегая нелинейностью, магнитную индукцию  $B_{t_2}$  при температуре  $t_2$  можно выразить через магнитную индукцию  $B_{t_1}$  при температуре  $t_1$  следующим образом [3, 4]

$$B_{t_2} = B_{t_1} [1 + \lambda (t_2 - t_1)], \quad (1)$$

где

$$\lambda = \frac{B_{t_2} - B_{t_1}}{B_{t_1} (t_2 - t_1)} = \frac{\delta_{B_t}}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

– температурный коэффициент магнитной системы;

$$\delta_{B_t} = \frac{B_{t_2} - B_{t_1}}{B_{t_1}} = \frac{\Delta B_t}{B_t}$$

– относительное температурное изменение магнитной индукции.

При наличии явно выраженной нелинейной зависимости магнитной индукции от температуры в рабочем зазоре магнитных систем для оценки этой зависимости при определенной температуре целесообразно выбрать дифференциальный температурный коэффициент [4]:

$$\lambda_d = \frac{dB_t}{dt} \frac{1}{B_t}. \quad (3)$$

Предельное значение относительной погрешности определений температурного коэффициента находим из выражения (2)

$$\gamma_\lambda = \frac{\partial \lambda}{\partial \delta_{B_t}} \cdot \frac{\Delta \delta_{B_t}}{\lambda} + \frac{\partial \lambda}{\partial t_2} \cdot \frac{\Delta t_2}{\lambda} + \frac{\partial \lambda}{\partial t_1} \cdot \frac{\Delta t_1}{\lambda}, \quad (4)$$

где  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$  – возможные отклонения температуры исследуемой магнитной системы от задаваемых значений.

$$\gamma_\lambda = \left| \frac{\Delta \delta_{B_t}}{\lambda (t_2 - t_1)} \right| + \left| \frac{\delta_{B_t} \Delta t_2}{\lambda (t_2 - t_1)^2} \right| + \left| \frac{\delta_{B_t} \Delta t_1}{\lambda (t_2 - t_1)^2} \right|. \quad (5)$$

Подставляя выражение (2) для  $\lambda$  в выражение (5) и принимая  $\Delta t_1 = \Delta t_2$ , получим

$$\gamma_\lambda = \frac{\Delta \delta_{B_t}}{\delta_{B_t}} + 2 \frac{\Delta t}{t_2 - t_1} = \gamma_{\delta_{B_t}} + 2 \frac{\Delta t}{T} = \gamma_{\delta_{B_t}} + \gamma_t, \quad (6)$$

где  $\gamma_{\delta_{B_t}} = \frac{\Delta \delta_{B_t}}{\delta_{B_t}}$  – относительная погрешность измерения относительных температурных изменений магнитной индукции;

$T = t_2 - t_1$  – температурный диапазон;  $\gamma_t = 2 \frac{\Delta t}{T}$  – относительная погрешность средств КТСМС, обусловленная неточностью задания и поддержания температуры исследуемых магнитных систем.

Следовательно, предельная относительная погрешность определения температурного коэффициента магнитных систем определяется суммой погрешности измерения относительных температурных изменений магнитной индукции и температурной погрешности, обусловленной неточностью задания и поддержания температуры исследуемых магнитных систем.

Можно принять в выражении (6) значение  $\Delta t = \pm 0,5^\circ\text{C}$ , что технически осуществимо, и, задаваясь рядом значений температурного диапазона  $T$ , построить семейство графиков зависимости  $\gamma_\lambda = f(\gamma_{\delta_{Bt}})$  (рис. 1).

На основании графиков можно сделать вывод, что для определения температурного коэффициента с относительной погрешностью порядка 30% необходимо обеспечить измерение относительных температурных изменений магнитной индукции с относительной погрешностью порядка 20-25%.

После подстановки в выражение (6) значения  $\delta_{Bt} = \lambda(t_2 - t_1) = \lambda T$  из (2) получим

$$\gamma_\lambda = \frac{\Delta\delta_{Bt}}{\lambda T} + 2 \frac{\Delta t}{T}. \quad (7)$$

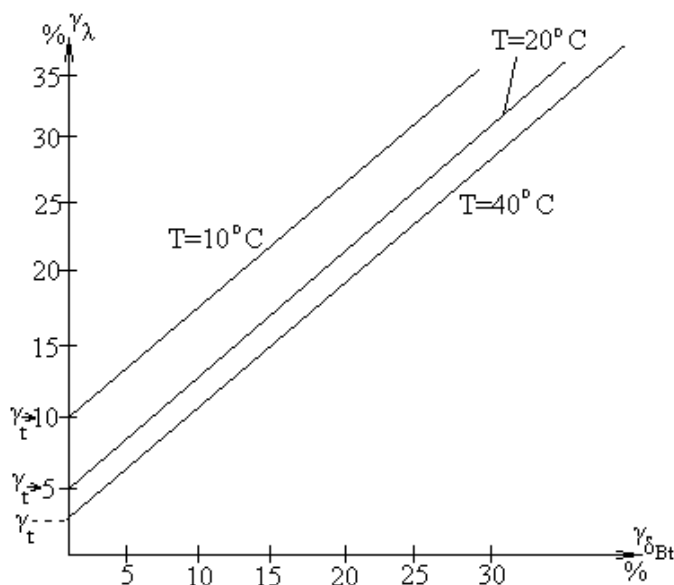


Рис. 1. Графики зависимости погрешности определения температурного коэффициента магнитных систем от погрешности измерения относительных температурных изменений магнитной индукции

Это выражение устанавливает зависимость относительной погрешности определения температурного коэффициента от абсолютной погрешности измерения относительных температурных изменений магнитной индукции, самого температурного коэффициента магнитных систем, температурного интервала, в пределах которого определяется температурный коэффициент, и погрешности задания и поддержания температуры исследуемой магнитной системы. Принимая в (7) значение  $\Delta t = \pm 0,5^\circ\text{C}$  и задаваясь рядом значений температурного интервала  $T$  и температурного коэффициента  $\lambda$ , можно построить семейство графиков зависимости  $\gamma_\lambda = f(\Delta\delta_{Bt})$  (рис. 2).

Из графиков следует, что зависимость  $\gamma_\lambda = f(\Delta\delta_{Bt})$  носит линейный характер и погрешность  $\gamma_\lambda$  растет как с ростом абсолютной погрешности измерения относительных температурных изменений магнитной индукции, так и с уменьшением температурного интервала

$T$ . На основании графиков зависимости  $\gamma_\lambda = f(\Delta\delta_{Bt})$  можно сделать вывод, что для определения температурного коэффициента магнитных систем с относительной погрешностью порядка 30% необходимо, чтобы средство КТСМС обеспечивало измерение относительных температурных изменений магнитной индукции в широком диапазоне температур с абсолютной погрешностью

- при  $\lambda = 0,02\% / ^\circ\text{C}$   $\Delta\delta_{Bt} \approx 0,1\%$ ;
- при  $\lambda = 0,002\% / ^\circ\text{C}$   $\Delta\delta_{Bt} \approx 0,01\%$ .

Требования к средствам КТСМС более наглядно определяются при построении графиков зависимости  $\Delta\delta_{et} = f(\lambda)$ . Для этого преобразуем выражение (7)

$$\Delta\delta_{Bt} = (T \cdot \gamma_\lambda + 2\Delta t)\lambda. \quad (8)$$

Задавшись значением  $T = 20^\circ\text{C}$  и  $\Delta t = \pm 0,5^\circ\text{C}$ , построим графики зависимости  $\Delta\delta_{Bt} = f(\lambda)$  для ряда значений  $\gamma_\lambda$ . Для большей наглядности графики зависимости  $\Delta\delta_{Bt} = f(\lambda)$  построены в логарифмическом масштабе (рис. 3).

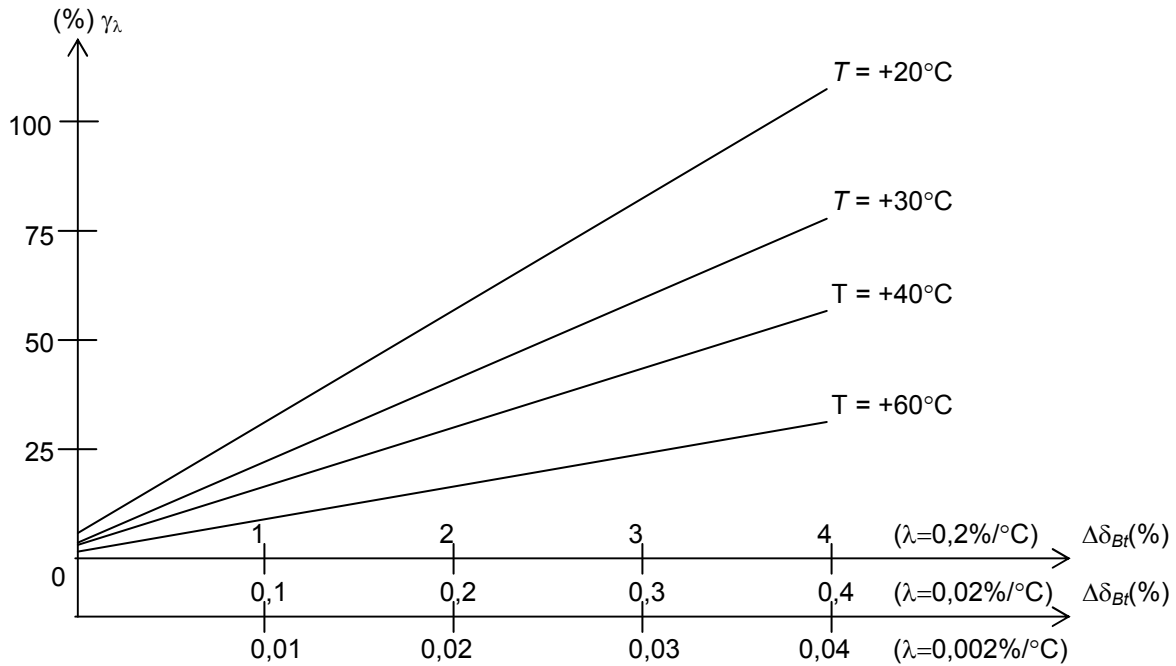


Рис. 2. Графики зависимости погрешности определения температурного коэффициента магнитных систем от абсолютной погрешности измерения относительных температурных изменений магнитной индукции

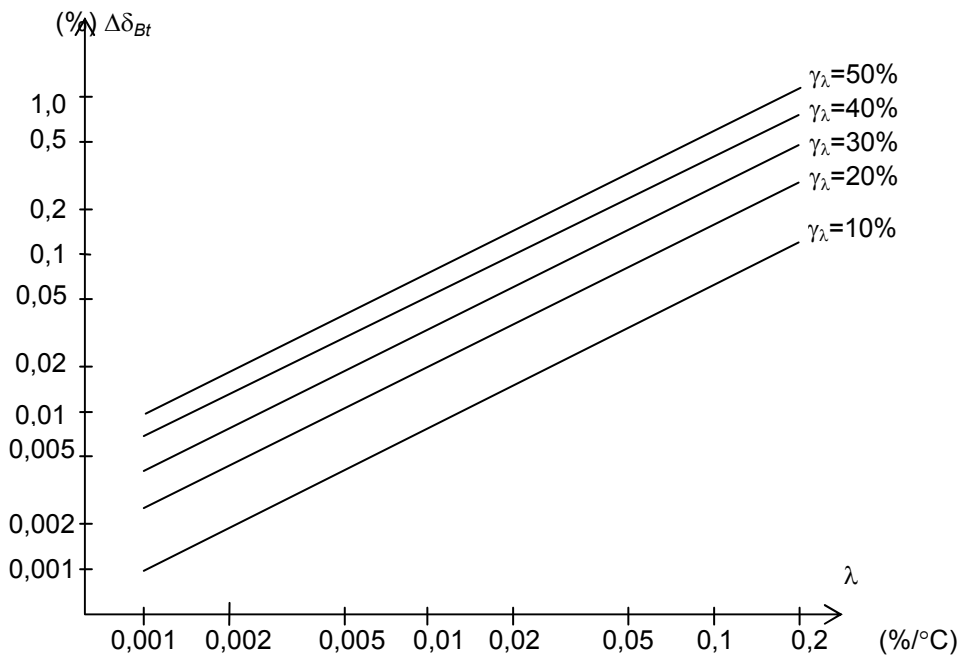


Рис. 3. Графики зависимости абсолютной погрешности относительных температурных изменений магнитной индукции от температурного коэффициента магнитных систем

Графики зависимости  $\Delta\delta_{Bt}=f(\lambda)$  позволяют производить выбор средств КТСМС с допустимой погрешностью  $\Delta\delta_{Bt}$  в зависимости от предполагаемого температурного коэффициента исследуемых магнитных систем и заданной относительной погрешности его определения. Используя выражение (7), на рис. 4 построены графики зависимости  $\gamma_\lambda=f(T)$  для ряда значений  $\lambda$  и  $\Delta\delta_{Bt}$  при  $\Delta t = 0,5^\circ\text{C}$ , из которых видно, что зависимость  $\gamma_\lambda=f(T)$  не линейна и от-

носительная погрешность определения температурного коэффициента резко возрастает с уменьшением температурного интервала.

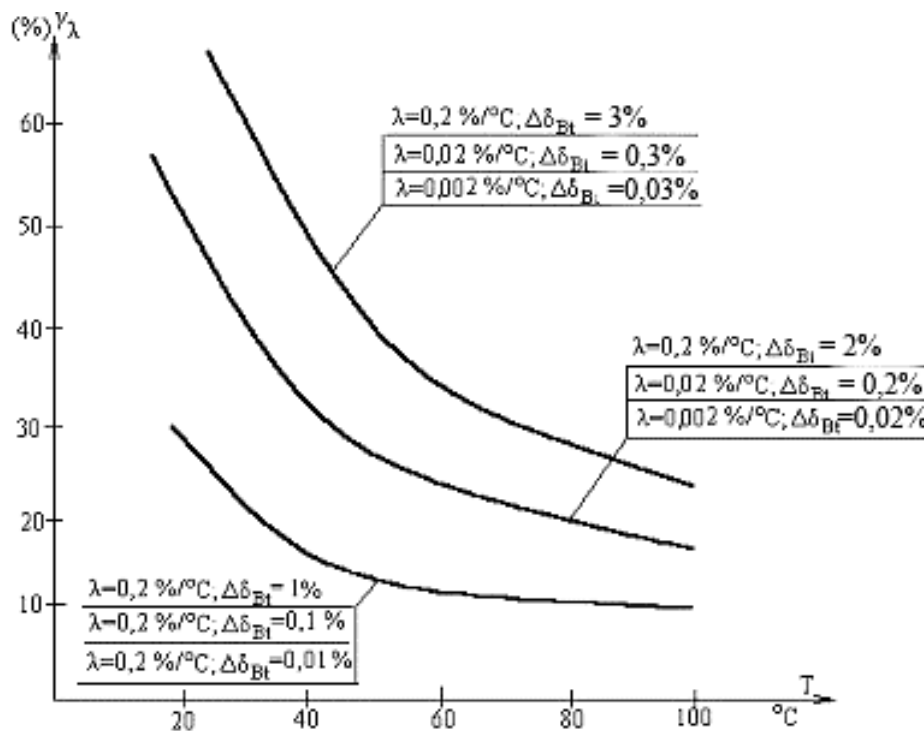


Рис. 4. Графики зависимости погрешности определения температурного коэффициента от температурного интервала измерения магнитной индукции

Проведем исследование погрешности при различных методах определения относительных температурных изменений магнитной индукции.

1. Измерение абсолютных значений магнитной индукции в крайних точках температурного интервала, в котором определяются температурные изменения магнитной индукции.

При этом

$$\delta_{B_t} = \frac{B_{t_2} - B_{t_1}}{B_{t_1}} = \frac{B_{t_2}}{B_{t_1}} - 1.$$

Абсолютная погрешность определения относительных температурных изменений магнитной индукции равна

$$\Delta\delta_{B_t} = \frac{\partial\delta_{B_t}}{\partial B_{t_2}} \Delta B_{t_2} - \frac{\partial\delta_{B_t}}{\partial B_{t_1}} \cdot \Delta B_{t_1} = \frac{\Delta B_{t_2}}{B_{t_1}} - \frac{\Delta B_{t_1}}{B_{t_2}}. \quad (9)$$

Отсюда, принимая  $B_{t_1} \approx B_{t_2}$ , получим

$$\Delta\delta_{B_t} = \gamma_{B_{t_2}} - \gamma_{B_{t_1}}. \quad (10)$$

Абсолютная погрешность измерения относительных температурных изменений магнитной индукции определяется разностью предельных значений суммарных погрешностей измерения абсолютных значений магнитной индукции в крайних точках температурного интервала. При этом систематические составляющие погрешностей измерения абсолютных значений магнитной индукции  $B_{t_1}$  и  $B_{t_2}$  исключаются и не оказывают влияния на абсолютную погрешность определения относительных температурных изменений магнитной индукции, а случайные составляющие погрешности учитываются удвоенными. Можно записать

$$\Delta\delta_{B_t} = 2\gamma'_{B_t}, \quad (11)$$



где  $\gamma'_{B_t}$  – предельное значение суммарной погрешности, включающей в себя случайные составляющие погрешности.

Используя выражение (11) и графики зависимости  $\Delta\delta_{B_t} = f(\lambda)$ , можно оценить пригодность средства контроля, основанного на измерении абсолютного значения магнитной индукции в рабочем зазоре магнитных систем, для исследования температурной стабильности магнитных систем с предполагаемым температурным коэффициентом или для отработки методов температурной стабилизации с целью разработки магнитных систем с требуемой температурной стабильностью.

Так, для контроля температурной стабильности магнитных систем с  $\lambda=0,02\%/^{\circ}\text{C}$  с погрешностью  $\gamma\approx 30\%$  средство КТСМС должно обеспечивать измерение абсолютного значения магнитной индукции с погрешностью  $\gamma_{B_t} = 0,1\%$ , а при  $\lambda = 0,002\%/^{\circ}\text{C}$  необходимо средство КТСМС с  $\gamma_{B_t} = 0,01\%$ .

2. Для дифференциального метода будем иметь два случая:

а) Непосредственное измерение температурных приращений магнитной индукции.

При этом

$$\delta_{B_t} = \frac{\Delta B_t}{B_t}.$$

Погрешность измерения относительных температурных изменений магнитной индукции определится

$$\gamma_{\delta_{B_t}} = \frac{\partial \delta_{B_t}}{\partial \Delta B_t} \frac{d \Delta B_t}{\delta_{B_t}} + \frac{\partial \delta_{B_t}}{\partial B_t} \frac{dB_t}{\delta_{B_t}},$$

$$\gamma_{\delta_{B_t}} = \left| \frac{1}{B_t} \frac{d \Delta B_t}{\delta_{B_t}} \right| + \left| -\frac{\Delta B_t}{B_t^2} \frac{dB_t}{\delta_{B_t}} \right|.$$

Подставляя в эту зависимость выражение для  $\delta_{B_t}$ , получим

$$\gamma_{\delta_{B_t}} = \frac{d \Delta B_t}{\Delta B_t} + \frac{dB_t}{B_t}.$$

Следовательно

$$\gamma_{\delta_{B_t}} = \gamma_{\Delta B_t} + \gamma_{B_t}. \quad (12)$$

Принимая  $\gamma_{B_t} \approx 1\%$ , что технически осуществимо, из выражения (12) и графиков  $\gamma_{\lambda} = f(\gamma_{\delta_{B_t}})$  (рис. 1) можно сделать вывод, что для контроля температурной стабильности магнитных систем с погрешностью  $\gamma_{\lambda} = 30\%$  необходимо, чтобы средство КТСМС, основанное на дифференциальном методе, обеспечивало измерение температурных изменений магнитной индукции с погрешностью  $\gamma_{\Delta B_t} \approx 25\%$ .

б) Измерение не скомпенсированной части магнитной индукции в крайних точках температурного интервала, в котором определяются температурные изменения магнитной индукции.

При этом

$$\delta_{B_t} = \frac{\Delta B_{t_2} - \Delta B_{t_1}}{B_t},$$

где  $\Delta B_{t_1}$  и  $\Delta B_{t_2}$  – не скомпенсированные значения магнитной индукции, измеренные при температурах  $t_1$  и  $t_2$ ;  $B_t$  – абсолютное значение магнитной индукции.

Погрешность определения относительных температурных изменений магнитной индукции определится

$$\gamma_{\delta_{B_t}} = \frac{\partial \delta_{B_t}}{\partial \Delta B_{t2}} \frac{d\Delta B_{t2}}{\delta_{B_t}} + \frac{\partial \delta_{B_t}}{\partial \Delta B_{t1}} \frac{d\Delta B_{t1}}{\delta_{B_t}} + \frac{\partial \delta_{B_t}}{\partial B_t} \frac{dB_t}{\delta_{B_t}} =$$

$$= \left| \frac{1}{B_t} \frac{d\Delta B_{t2}}{\Delta B_{t2} - \Delta B_{t1}} \right| - \left| \frac{1}{B_t} \frac{d\Delta B_{t1}}{\Delta B_{t2} - \Delta B_{t1}} \right| + \left| \frac{\Delta B_{t2} - \Delta B_{t1}}{B_t} \frac{dB_t}{\Delta B_{t2} - \Delta B_{t1}} \right|.$$

Учитывая, что  $\Delta B_{t2} - \Delta B_{t1} = \Delta B_t$  получим

$$\gamma_{\delta_{B_t}} = \frac{d\Delta B_{t2}}{\Delta B_t} + \frac{d\Delta B_{t1}}{\Delta B_t} + \frac{dB_t}{\Delta B_t} = \gamma_{\Delta B_{t2}} - \gamma_{\Delta B_{t1}} + \gamma_{B_t}. \quad (13)$$

Разность относительных погрешностей измерения  $\gamma_{\delta_{B_{t2}}} - \gamma_{\Delta B_{t1}}$  входящая в выражение (13), показывает, что систематические погрешности измерения  $\Delta B_{t1}$  и  $\Delta B_{t2}$  не оказывают влияния на погрешность  $\gamma_{\delta_{B_t}}$ , а случайные погрешности в выражении (13) необходимо учитывать удвоенными

$$\gamma_{\delta_{B_t}} = 2\gamma'_{\Delta B_t} + \gamma_{B_t}. \quad (14)$$

Из выражения (14) и графиков зависимости  $\gamma_{\lambda} = f(\gamma_{B_t})$ , изображенных на рис. 1, следует, что для определения температурного коэффициента магнитных систем с погрешностью  $\gamma_{\lambda}=30\%$  необходимо, чтобы средство КТСМС, основанное на дифференциальном методе измерения, обеспечивало измерение не скомпенсированной части при каждой температуре с погрешностью порядка  $\gamma_{\Delta B_t}=12\%$ .

В результате теоретического исследования можно сделать вывод, что из методов и средств измерения абсолютного значения индукции неоднородных магнитных полей целесообразно использовать при разработке средств КТСМС лишь те, которые обеспечивают измерение с погрешностью  $0,1 \div 0,01\%$ .

При этом следует обратить особое внимание на средства измерения, которые позволяют производить измерения температурных приращений магнитной индукции с значительно большей погрешностью, по сравнению с методом измерения по разности ее абсолютных значений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Ю.А. Постоянные магниты электровакуумных СВЧ приборов / Ю.А. Мельников. М.: Советское радио, 1967. 185 с.
2. Киселев В.А. Контроль температурной стабильности полей магнитных систем / В.А. Киселев // Обзоры по электронной технике. 1972. № 2 (43). 54 с.
3. Киселев В.А. Установка для измерения автоматической записи распределения индукции и контроля температурной стабильности магнитных систем в широком диапазоне температур / В.А. Киселев, П.Д. Пресняков // Электронная техника. 1970. № 2. С. 94-106.
4. Миткевич А.В. Стабильность постоянных магнитов / А.В. Миткевич. Л.: Энергия, Ленинград. отд., 1971. 153 с.

**Киселев Виталий Алексеевич** –

кандидат технических наук,

доцент кафедры «Автоматизация оборудования пищевых производств»

Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова

*Статья поступила в редакцию 02.11.06, принята к опубликованию 05.12.06*

**А.А. Скворцов**

**ПРИБЛИЖЕННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ  
ПЕРЕДАТОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛЕЙФОВЫХ РАЗВЕТВЛЕНИЙ  
СО СВЯЗЬЮ ВОЛНОВОДОВ ПО ШИРОКОЙ СТЕНКЕ  
ЧЕРЕЗ ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ ВОЛНОВОДЫ С ОДНИМ И ДВУМЯ Т-РЕБРАМИ**

*Рассматриваются особенности приближенно-аналитического расчета передаточных характеристик шлейфовых разветвлений со связью волноводов по широкой стенке через прямоугольные волноводы с одним и двумя Т-ребрами. Приводится сравнение теоретической и экспериментальной характеристик переходного ослабления шлейфовых разветвлений на коллинеарных прямоугольных волноводах со связью через прямоугольные волноводы с двумя Т-ребрами.*

**A.A. Skvortsov**

**APPROXIMATE ANALYTICAL CALCULATION  
OF TRANSMISSION CHARACTERISTICS OF STUB BIFURCATIONS  
OF WAVEGUIDES ON BROAD WALL OVER RECTANGULAR WAVEGUIDES  
WITH SINGLE AND DOUBLE T-RIDGES**

*Peculiarities of approximate analytical transmission characteristics of stub bifurcations of waveguides on broad wall over rectangular waveguides with single and double T-ridges are considered here. Theoretical and experimental characteristics of transition attenuation of stub bifurcations on collinear rectangular waveguides with coupling with double T-ridges are compared in this article.*

В настоящее время в СВЧ-устройствах на связанных волноводах различного назначения все большее применение находят шлейфы (волноводы связи) сложных сечений, обладающие повышенными значениями критической длины основной волны и диапазона работы на доминантной волне. Применение в качестве шлейфов отрезков П-(ПВ) и Н-(НВ) волноводов в СВЧ-устройствах, основной и (или) вспомогательный каналы которых выполнены на волноводах сложных сечений, уже не дает ощутимого эффекта из-за того, что дальнейшее увеличение критической длины основной волны рассматриваемых волноводов влечет за собой не только рост технологических трудностей изготовления, но и существенное уменьшение электрической прочности. Одним из путей уменьшения перепада характеристики переходного ослабления шлейфовых разветвлений в диапазоне длин волн является использование в качестве элементов связи прямоугольных волноводов с одним (ПВТР) или двумя (ПВДТР) Т-ребрами (рис. 1), которые по сравнению с ПВ и НВ имеют не только большую критическую длину основной волны, но и больший диапазон работы на доминантной волне [1-3].

Если ПВТР или ПВДТР связывает широкие стенки основного и вспомогательного волноводов СВЧ-устройства, то минимальный коэффициент передачи такого шлейфового разветвления определяется выражением [2, 3]

$$|\dot{K}_{uu}| = \frac{d_{uu} T_{uu} \lambda_{\epsilon_{uu}} Z_{0uu}}{2\sqrt{k^*} (\Phi_1^{-1} \Phi_2^{-1} \lambda_{\epsilon_{e1}} \lambda_{\epsilon_{e2}} Z_{01} Z_{02})^{1/2}} \left[ (\cos(\chi_{c11} h_1) \sin \gamma_1)^2 + \left( \frac{\lambda_{\epsilon_{e1}} \sin(\chi_{c11} h_1) \cos \gamma_1}{\lambda_{c11}} \right)^2 \right]^{1/2} \times \quad (1)$$

$$\times \left[ (\cos(\chi_{c12} h_2) \sin \gamma_2)^2 + \left( \frac{\lambda_{\epsilon_{e2}} \sin(\chi_{c12} h_2) \cos \gamma_2}{\lambda_{c12}} \right)^2 \right]^{1/2},$$

где

$$T_{uu} = t_{uu} + \frac{\sin(\chi_{c1u} t_{uu})}{\chi_{c1u}} + \left[ a_{uu} - t_{uu} - \frac{\sin(\chi_{c1u} (a_{uu} - t_{uu}))}{\chi_{c1u}} \right] \times \quad (2)$$

$$\times \frac{[b_{uu} - g'_{uu} + (b_{uu} - d_{uu})(1/2 - \cos(\chi_{c1u} t_{uu}/2))]^2 + d_{uu} b_{uu} \sin^2(\chi_{c1u} (a_{uu} - t_{uu})/2)}{d_{uu} b_{uu} \sin^2(\chi_{c1u} (a_{uu} - t_{uu})/2)} +$$

$$+ \frac{b_{uu}}{d_{uu}} \left[ t_{uu} - g_{uu} - \frac{\sin(\chi_{c1u} (a_{uu} - t_{uu}))}{\chi_{c1u}} \right] \frac{\cos^2(\chi_{c1u} g_{uu}/2)}{\sin^2(\chi_{c1u} (t_{uu} - g_{uu})/2)};$$

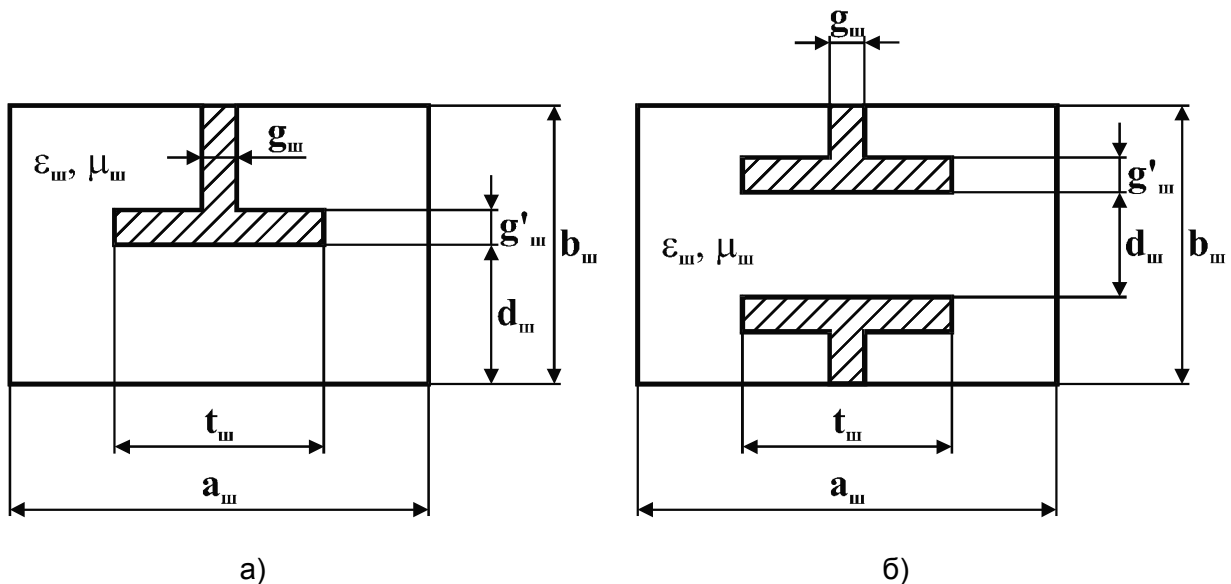


Рис. 1. Поперечные сечения шлейфов на ПВТР (а) и ПВДТР (б)

$\sqrt{k^*} \approx 1$ ;  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  – параметры, зависящие от формы поперечного сечения основного и вспомогательного волноводов;  $d_{uu}$  – зазор между выступами волновода связи;  $h_1, h_2$  – смещение центра волновода связи относительно средней линии соответственно первичного и вторичного волноводов;  $\gamma_1, \gamma_2$  – углы поворота волновода связи относительно средних линий тех же волноводов;  $\lambda_{\epsilon_{e1}}, \lambda_{\epsilon_{e2}}$  и  $\lambda_{\epsilon_{uu}}$  – длины основной волны в основном, вспомогательном волноводе и шлейфе;  $\chi_{c11} = 2\pi/\lambda_{c11}$ ,  $\chi_{c12} = 2\pi/\lambda_{c12}$  и  $\chi_{c1u} = 2\pi/\lambda_{c1u}$  – поперечное волновое число основной волны в основном, вспомогательном волноводе и шлейфе;  $\lambda_{c11}, \lambda_{c12}$  и  $\lambda_{c1u}$  – критическая длина основной волны в основном, вспомогательном волноводе и шлейфе;  $Z_{01} = \sqrt{\mu_0 \mu_1 / \epsilon_0 \epsilon_1}$ ,  $Z_{02} = \sqrt{\mu_0 \mu_2 / \epsilon_0 \epsilon_2}$  и  $Z_{0uu} = \sqrt{\mu_0 \mu_{uu} / \epsilon_0 \epsilon_{uu}}$  – волновые сопротивления материалов, заполняющих основной, вспомогательный волноводы и шлейф;  $\epsilon_0$  и  $\mu_0$  – электрическая и магнитная постоянные;  $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_{uu}, \mu_1, \mu_2, \mu_{uu}$  – относительные диэлектрические и магнитные проницаемости материалов, заполняющих основной, вспомогательный волноводы и шлейф.

Для инженерных расчетов как качественные, так и достаточно точные количественные оценки критической длины основной волны ПВТР и ПВДТР могут быть получены методом эквивалентных схем из соотношения [3]

$$\lambda_{c1u} = 2\pi c [LC]^{1/2}, \quad (3)$$

где  $c$  – скорость света;  $L$  и  $C$  – индуктивность и емкость эквивалентного колебательного контура.

Индуктивность контура определяется выражением

$$L = \frac{L_1}{2}, \quad (4)$$

в котором

$$L_1 = \frac{1}{2} \mu_0 \mu_u [(a_u - g_u)(b_u - d_u - g'_u) + (a_u - t_u)(d_u + g'_u)]. \quad (5)$$

Емкость контура в этом случае можно найти из соотношения

$$C = C_1 + 2(C_2 + C_3 + C_4), \quad (6)$$

где  $C_1$  и  $C_3$  – электростатические емкости;  $C_2$  и  $C_4$  – краевые емкости.

Электростатические емкости  $C_1$  и  $C_3$  вычисляются как емкости плоских конденсаторов по формулам

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_u t_u}{d_u}; \quad (7)$$

$$C_3 = \frac{2\varepsilon_0 \varepsilon_u g'_u}{a_u - t_u} \times \begin{cases} 1 & \text{для ПВТР;} \\ 1/2 & \text{для ПВДТР.} \end{cases} \quad (8)$$

Краевые емкости  $C_2$  и  $C_4$  определяются выражениями

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_u}{\pi} \left[ \frac{1 + \vartheta_1^2}{\vartheta_1} \text{Arch} \left( \frac{1 + \vartheta_1^2}{1 - \vartheta_1^2} \right) - 2 \ln \left( \frac{4\vartheta_1}{1 - \vartheta_1^2} \right) \right] \times \begin{cases} 1 & \text{для ПВТР;} \\ 1/2 & \text{для ПВДТР;} \end{cases} \quad (9)$$

$$C_4 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_u}{\pi} \left[ \frac{1 + \vartheta_2^2}{\vartheta_2} \text{Arch} \left( \frac{1 + \vartheta_2^2}{1 - \vartheta_2^2} \right) - 2 \ln \left( \frac{4\vartheta_2}{1 - \vartheta_2^2} \right) \right] \times \begin{cases} 1 & \text{для ПВТР;} \\ 1/2 & \text{для ПВДТР,} \end{cases} \quad (10)$$

где  $\vartheta_1 = d_u/b_u$  и  $\vartheta_2 = (a_u - t_u)/(a_u - g_u)$ .

Теоретическую характеристику переходного ослабления шлейфового разветвления можно рассчитать с учетом соотношений (1)-(10) по формуле [2, 3]

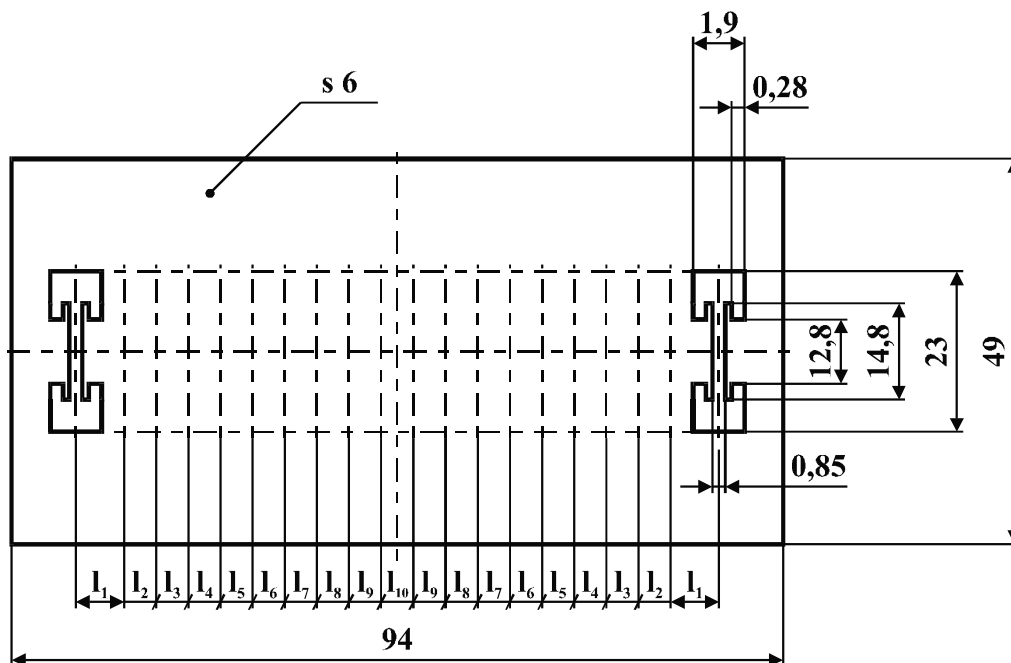
$$C_u = -20 \lg \left[ |\dot{K}_{un}| (1 + \text{ctg}^2(\beta_u \ell_u))^{1/2} \right], \quad (11)$$

где

$$|\dot{K}_{un}| = \begin{cases} [1 - (1 - N_c)\rho_n - \rho_o]^{n/2} \sin(n\varphi) & \text{при } C_u \leq 15 \text{ дБ;} \\ n|\dot{K}_{un}| & \text{при } C_u > 15 \text{ дБ} \end{cases} \quad (12)$$

– модуль коэффициента передачи по напряжению шлейфового разветвления, содержащего  $n$  волноводов связи;  $\rho_n = |\dot{K}_{un}|^2$  и  $\rho_o$  – коэффициенты передачи и отражения по мощности волновода связи;  $N_c$  – коэффициент собственной направленности по мощности шлейфа;  $\varphi = \arctg[(\rho_n N_c / (1 - \rho_n - \rho_o))^{1/2}]$ ;  $\beta_u = 2\pi/\lambda_{su}$ ;  $\ell_u$  – длина шлейфа.

Экспериментальная и теоретическая характеристики переходного ослабления шлейфового разветвления на коллинеарных прямоугольных волноводах (ПрВ) со связью через ПВДТР (рис. 2) представлены на рис. 3. Как следует из рис. 3, расхождение между теоретической и экспериментальной характеристиками переходного ослабления шлейфового разветвления в области максимума составляет около 0,1 дБ.



$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$	$l_7$	$l_8$	$l_9$	$l_{10}$
7,64	2,32	4,9	2,92	2,82	3,86	2,78	3,88	3,82	3,62

Рис. 2. Область связи со шлейфами на ПВДТР

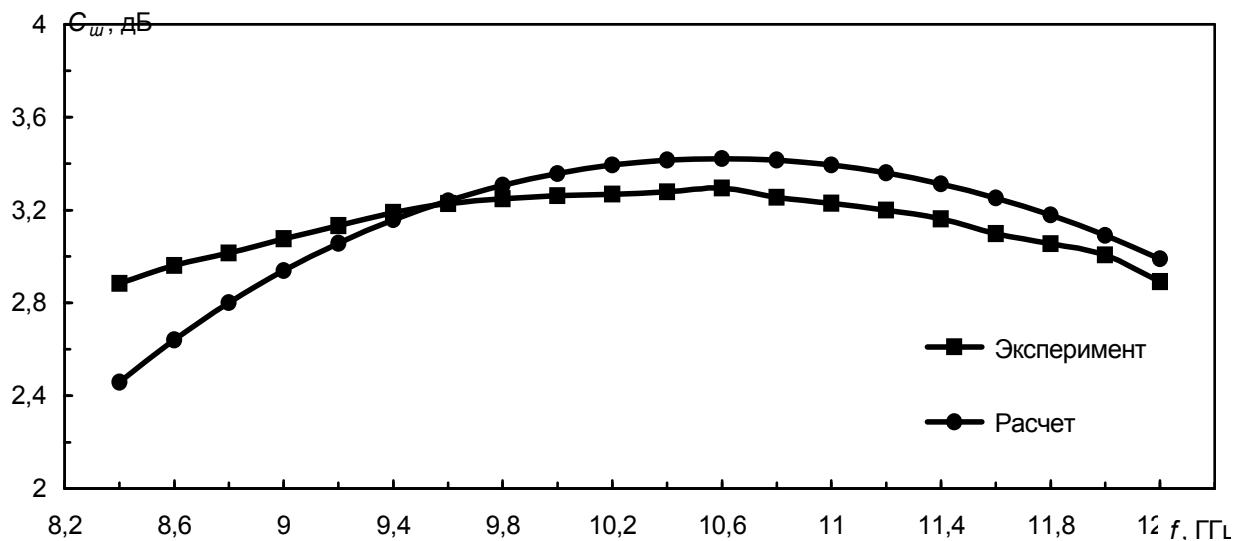


Рис. 3. Частотная характеристика переходного ослабления шлейфового разветвления на коллинеарных ПрВ сечением  $10 \times 23 \text{ мм}^2$  со связью через двадцать ПВДТР

Таким образом, рассмотренные выше соотношения могут быть использованы для приближенно-аналитического расчета передаточных характеристик шлейфовых разветвлений с элементами связи на основе ПВДТР и ПВДТР.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волноводы сложных сечений / Г.Ф. Заргано, В.П. Ляпин, В.С. Михалевский и др. М.: Радио и связь, 1986. 124 с.

2. Сосунов В.А. Шлейфовые волноводные разветвления и устройства на их основе / В.А. Сосунов. Саратов: СГТУ, 1995. 104 с.

3. Скворцов А.А. СВЧ-устройства на связанных волноводах для термообработки диэлектрических материалов: дис. ... канд. техн. наук / А.А. Скворцов. Саратов, 2003. 167 с.

**Скворцов Алексей Анатольевич** –

кандидат технических наук, доцент кафедры «Радиотехника»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 02.11.06, принята к опубликованию 05.12.06*

УДК 539.216

**В.В. Сысоев, Ю.А. Зюрюкин**

### **МУЛЬТИСЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ГАЗОВ ТИПА «ЭЛЕКТРОННЫЙ НОС»: КРАТКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

*Рассматриваются принципы формирования мультисенсорных систем распознавания газов типа «электронный нос», представлены современные приборы этого вида, а также обсуждаются дальнейшие направления их развития.*

**V.V. Sysoev, Yu.A. Zyuryukin**

### **«ELECTRONIC NOSE» TYPE GAS-RECOGNITION MULTISENSOR SYSTEMS: A BRIEF LITERATURE SURVEY**

*The principles of designing the gas-recognition multisensor systems of electronic nose type are considered in this article, modern devices of that type are presented here, further directions of their development are considered here as well.*

Развитие прикладных наук и, в частности, твердотельной электроники во многом обусловливается потребностями в различных приборах, которые могут заменить или улучшить способности и возможности человека (животных). К настоящему времени разработаны электронные прототипы для всех основных органов чувств человека, кроме обоняния. Одной из причин этого было то, что принципы функционирования системы обоняния млекопитающих были только недавно выяснены в некоторой степени (Axel R., Buck L., Нобелевская премия по медицине, 2004 [1]). С другой стороны, большие усилия были сосредоточены на разработке аналитических инструментов (таких как масс-спектрометры, хроматографы и пр.), которые способны детектировать и оценивать молекулярный состав анализируемого газа или газовой смеси (запаха) и, следовательно, моделировать (в некоторой степени) нашу систему обоняния. Однако до сих пор эти приборы достаточно громоздки, дорогостоящи, требуют подготовку пробы и часто нос млекопитающих функционирует быстрее и лучше, чем эти приборы.

Для решения задач детектирования отдельных видов газообразных сред во многих отраслях промышленности, с середины двадцатого века было разработаны сравнительно деше-

вые приборы, называемые датчиками (сенсорами) газа, которые «чувствуют» присутствие тестовых газов и преобразуют эту информацию, как правило, в электрический сигнал в реальном масштабе времени [2-5]. Принципы, используемые для конструирования сенсоров, примеры и измеряемые величины обобщены в табл. 1.

Таблица 1

Принципы действия и типы различных сенсоров

Принцип	Измеряемая величина	Типичный сенсор	Литература
Резистивный	проводимость	датчик газа на основе оксида металла	–
Потенциометрический	напряжение/ЭДС	ионоселективный полевой транзистор	[6]
Емкостной	емкость/заряд	датчик влажности на полимерах	[7]
Амперометрический	ток	электрохимическая ячейка	[8]
Калориметрический	тепло/температура	каталитический	[9]
Гравиметрический	масса	пьезоэлектрический или датчик на ПАВ (поверхностных акустических волнах)	[10]
Оптический	абсорбция	ИК-детектор	[11]
Резонансный	частота	датчик на поверхностных плазмонах	[12]
Флуоресцентный	интенсивность	оптико-волоконный	[13]

Первоочередной задачей активных элементов в датчиках является генерирование в присутствии газа сигнала, величина которого показывает интенсивность воздействия (т.е. концентрацию газа). До настоящего времени, все типы датчиков широко развиваются с разным успехом с целью улучшения их параметров, и, в частности, улучшения «чувствительности», т.е. способности к детектированию сверхмалых концентраций тестового газа, и «селективности», т.е. способности идентифицировать тестовый газ в присутствии других газов [14-21]. Следует отметить, что разработка селективного сенсора, который имел бы отклик только к одному газу, представляет собой достаточно сложную задачу. Несмотря на ряд успешных решений для некоторых систем датчик/газ, представляется практически невозможным разработать специфичные газочувствительные материалы для всего многообразия возможных газов и газовых смесей (в т.ч. запахов). В этом газовые сенсоры принципиально отличаются от отмеченных выше аналитических инструментов.

Поэтому перспективы расширения применения датчиков газа связываются, главным образом, с успехами в обработке их сигналов [22]. Особое место в этом случае занимают мультисенсорные системы, предлагающие совершенно новый подход к измерению многокомпонентных газовых сред с помощью неселективных датчиков. Эта концепция следует принципам работы рецепторов в системе обоняния млекопитающих и поэтому по аналогии эти приборы часто называют системами типа «электронный нос» [23]. Как мы сейчас знаем, система обоняния млекопитающих (так же, как и насекомых) основывается на наборе нескольких сотен типов рецепторов, каждый из которых имеет отличающийся отклик к данному газу [24]. Эти рецепторы генерируют сигналы, а мозг извлекает информацию о фактическом составе газа или их смесей с помощью обработки распределения рецепторных сигналов по системе. Для сравнения можно отметить, что система обоняния человека позволяет распознавание около 10000 запахов с помощью сравнительно небольшого числа видов клеток-



рецепторов [25], что до сих пор значительно превосходит возможности современных газоанализаторов.

В соответствии с определением [26], «электронным носом» называется комплекс, состоящий из системы (набора) химических неселективных сенсоров и системы распознавания образов (рис. 1). «Альтернативой» получения набора сигналов от разных датчиков может служить использование набора различных параметров одной и той же сенсорной структуры [27-29]. В этом случае такие структуры иногда называют «интеллектуальными» [30].

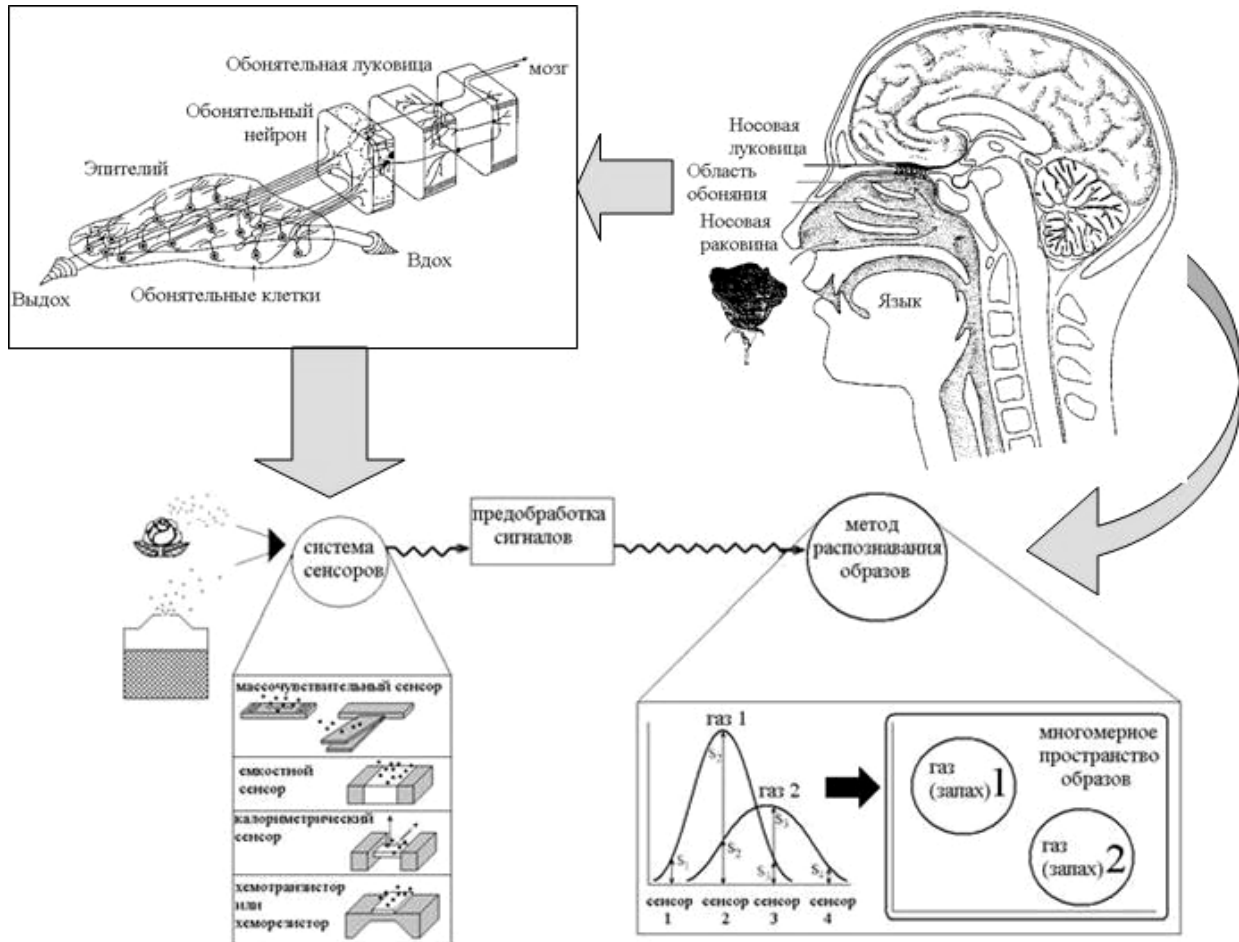


Рис. 1. Концепция мультисенсорного прибора типа «электронный нос»

Математическая обработка сигналов обеспечивает калибровку, получение и представление данных в стандартном формате. Визуализация сигнала в реальном масштабе времени осуществляется с помощью графического монитора пользователя.

Все методы распознавания образов, применяемые для анализа отклика мультисенсорных систем, можно разделить на две группы: *параметрические* и *непараметрические* [31]. К первой относятся методы, основанные на получении и расчете функции плотности вероятности параметров, используемых для характеристики отклика системы. Примером могут служить методы корреляционного анализа [32] и линейной регрессии [33]. Применение таких методов обычно требует большого числа экспериментальных данных. Непараметрические методы не требуют *a priori* предположения о том, что данные имеют статистический разброс. Примерами таких методов являются кластерный анализ [34] и метод главных компонент [35], в которых отклики сенсоров сравниваются между собой на основе степени подобия (близости) и непоподобия (максимальной дисперсии), соответственно. Если систему senso-

ров прокалбровать набором газов (запахов), то полученная в результате калибровки информация может быть использована для идентификации неизвестного запаха. Также, в последнее время широкое применение получает метод нейронных сетей, концепция которых появилась сравнительно недавно и основана на параллельном анализе данных [36]. Нейронные сети «обучаются», запоминая калибровку в виде различных межсоединений [37], так же как и параметры статистических моделей получаются из калибровочных данных. Однако статистические модели обрабатывают данные последовательно таким образом, чтобы получить наиболее вероятную классификацию, в то время как нейронные сети выполняют этот расчет параллельно и используют его результаты для установки межсоединений. Параметры статистической системы, полученные во время калибровки, в отличие от нейронных сетей, обычно не изменяются для того, чтобы учесть новые данные, которые могут дать заключение в связи с возникновением новой проблемы и решение этой проблемы системой. Поэтому главной причиной внимания к нейронным сетям по сравнению с методами статистической классификации являются возможность их адаптации к новому окружению и высокая скорость обработки сигнала [38].

Существующие методы распознавания образов накладывают ряд требований к сенсорным элементам, значительно отличающихся от требований к отдельному датчику газа [39]. Конечно, основополагающим принципом является чувствительность свойств материалов сенсоров к газам с широкой селективностью на уровне малых концентраций (обычно они составляют порядка *ppm* (*particles per million*) или даже *ppb* (*particles per billion*)). Также, в большинстве приложений требуется малое время отклика и восстановления (не более нескольких минут). Другим требованием является воспроизводимость характеристик сенсоров. Как следствие этого, калибровка и обучение одной системы не должны отличаться от калибровки и обучения другой системы. Желательно, чтобы характеристики сенсоров были стабильны и не имели долговременного дрейфа. Несмотря на то, что, если известны закономерности такого дрейфа и они могут быть учтены с помощью соответствующей обработки сигналов, тем не менее это может осложнить и увеличить время обработки сигналов, и, что не менее важно, увеличить стоимость системы. И, пожалуй, последним из требований является линейность сенсорных сигналов. Из-за того, что вследствие фундаментальных причин большинство сенсоров имеют нелинейные характеристики, требуется их предварительная линеаризация.

В соответствии с этими требованиями формируется и набор сенсоров для составления системы. При этом при выборе числа датчиков руководствуются не только соображениями о возможности обработки их сигналов (как показывают работы многих авторов, точность классификации, вообще говоря, возрастает с увеличением числа сенсоров), но также стоимостью такой системы [40]. Первые приборы типа «электронный нос» появились в середине 90-х гг. XX века и состояли из линейки газовых сенсоров в сочетании с численными техниками обработки их сигналов (или методами распознавания образов). Для генерации как можно более разнообразных сенсорных сигналов эти приборы формировались, как правило, путем объединения дискретных сенсоров, изготовленных из различных материалов и работающих на различных принципах. На этом этапе появился ряд коммерческих «электронных носов», представленных в табл. 2, из которых самой успешной следует признать конструкцию французской фирмы Alpha-MOS (рис. 2).

Однако вследствие применения сенсоров различного типа такие приборы обладали рядом существенных недостатков: сравнительно высокая стоимость, сопоставимая со стоимостью аналитического оборудования, сложные схемы сопряжения сигналов разного типа от различных типов сенсоров, применяемых в системе, достаточно большие габариты и масса. Эти недостатки не позволили развитию массового рынка рассматриваемых приборов (по оценкам, в 1994-1998 гг. было продано на рынке всего около 200 приборов [43]), что потребовало поиск альтернативных методов их построения.

Коммерческие приборы типа «электронный нос»,  
разработанные на дискретных датчиках газа (в конце XX в.)

Название прибора типа «электронный нос»	Сенсорная система	Страна-производитель	Литература
HKR QMB6	6 пьезоэлектрических датчиков	Германия	[41]
AromaScan	32 хеморезистора на проводящих полимерах	Великобритания	[41]
Odour Mapper	20 хеморезисторов на проводящих полимерах	Великобритания	[26]
Intelligent Nose	6 хеморезисторов на оксидах	Франция	[26]
NOSE	10 хеморезисторов на проводящих полимерах	Великобритания	[26]
Rhino	4 хеморезистора на оксидах	США	[26]
Fox	различные	Франция	[42]

В настоящее время, рассматриваемые приборы развиваются по двум направлениям. Первое состоит в формировании на одной подложке датчиков разного типа методами микро- и нанoeлектроники. Типичным примером мультисенсорной микросистемы такого типа является разработка швейцарской группы под руководством Балта (Baltes) [44, 45], представленная на рис. 3, в которой на единой подложке размещены микродатчики емкостного, массочувствительного и калориметрического типов.



Рис. 2. Прибор типа «электронный нос» фирмы Alpha-MOS (Франция), модель FOX

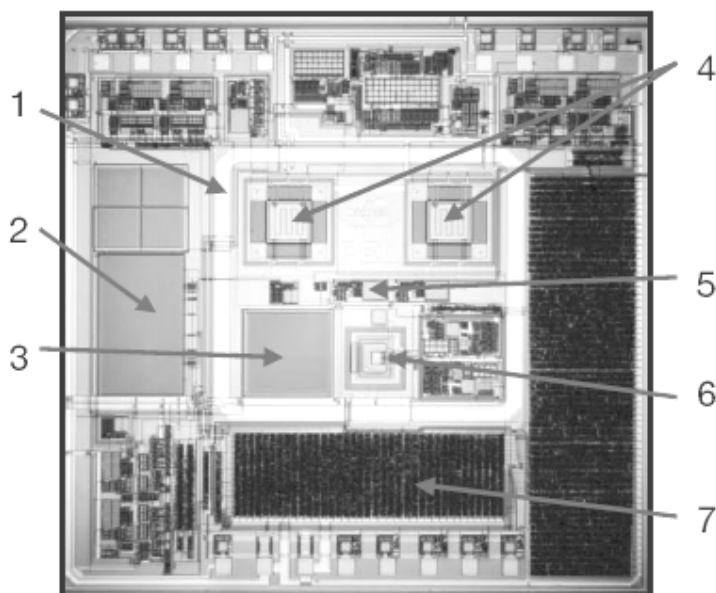


Рис. 3. Микрофотография мультисенсорного чипа ( $7 \times 7 \text{ мм}^2$ ): 1 – рамка крепления; 2 – конденсатор сравнения; 3 – газочувствительный конденсатор; 4 – калориметрический сенсор; 5 – датчик температуры; 6 – массочувствительный резонансный кантилевер; 7 – цифровой интерфейс [44]

Такой подход, несомненно, позволяет снизить массу и габариты конечного прибора и некоторым образом – стоимость, но не устраняет физико-технические различия сенсоров с вытекающими из этого проблемами (некоторые из них отмечены выше).

Вторым направлением является разработка систем на основе однотипных сенсоров, сформированных на одном кристалле. В этом случае сенсоры имеют единый тип сигнала, а вариация свойств и выходных характеристик достигается через вариацию внутренних параметров и/или условий работы. Одним из наиболее важных преимуществ этого подхода является то, что стоимость системы, составленной из однотипных сенсоров, не должна существенно превысить стоимость отдельного сенсора. Соответственно, открываются пути к развитию приборов низкой стоимости для массового потребления, в том числе и для индивидуальных применений. Следует отметить, что в начале XXI в. уже появились первые коммерческие приборы такого типа, как VaporLab (Microsensors Systems, США) на пьезоэлектрических сенсорах, Cyranose (Cyranose Sciences, США) на хеморезистивных датчиках из проводящих полимеров, Sam Detect (Daimler Chrysler Aerospace, США-Германия) на ПАВ-сенсорах, i-PEN (WMA Airsense Analysentechnik, Германия) и KAMINA (Karlsruhe Research Center / SYSCA, Германия) на полупроводниковых хеморезисторах (рис. 4). На основе независимых сравнительных испытаний [46], проведенных специалистами Национального аэрокосмического агентства США (НАСА), наиболее успешным к настоящему времени признан последний прибор, который представлен на рис. 5. Как уже отмечено выше, технология изготовления мультисенсорных систем, состоящих из сенсоров одного типа, в значительной степени дешевле, чем технологии изготовления систем, состоящих из сенсоров разного типа, и дрейфовые характеристики таких приборов стабильнее. Однако из-за недостаточной воспроизводимости технологии изготовления активных слоев, даже такие мультисенсорные чипы зачастую имеют уникальный отклик к воздействию газовых смесей. Это требует индивидуальной калибровки чипов и не позволяет их взаимозаменяемость. Пожалуй, именно эти обстоятельства ограничивают применение таких систем и до сих пор сдерживают появление указанных приборов в массовом количестве.

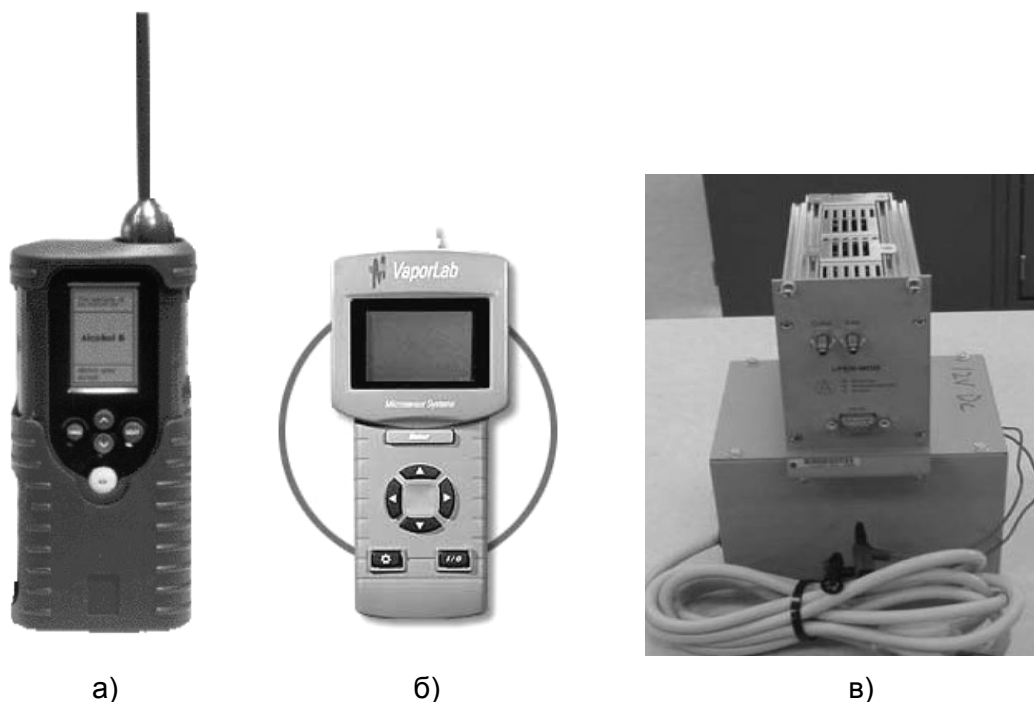


Рис. 4. Современные приборы типа «электронный нос»:  
а – Cyranose (США); б – VaporLab (США); в – i-PEN (Германия [43,46])

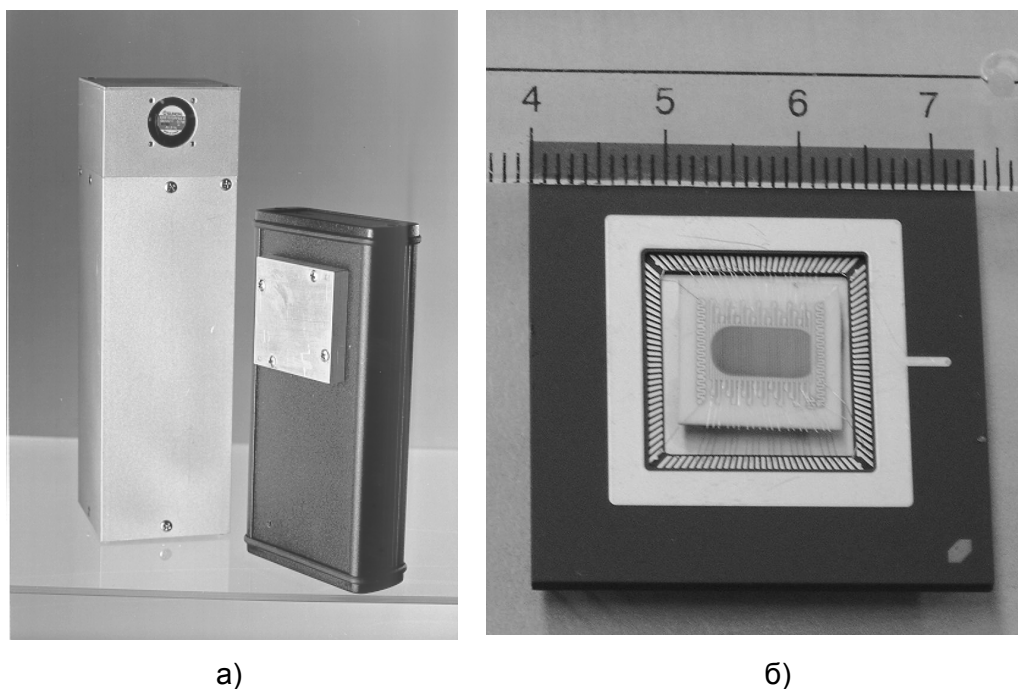


Рис. 5. «Электронный нос» типа KAMINA (Германия):  
а – фотография; б – мультисенсорный чип, состоящий из полупроводниковой оксидной пленки, сегментированной металлическими электродами [47]

Поэтому основной задачей материаловедения при разработке активных сенсорных элементов для мультисенсорных систем распознавания газов является поиск чувствительных материалов с надежными воспроизводимыми и долговременными свойствами. Одним из перспективных подходов в этом направлении является применение наноструктур. В частности, уже продемонстрирована возможность разработки наноскопического «электронного носа» на основе оксидных нано-монокристаллов [48]. С другой стороны, развитие математических методов распознавания образов, в частности (динамических) нейронных сетей должно позволить, в свою очередь, разработку рассматриваемых приборов, адаптивных к изменениям условий генерации сенсорных сигналов в мультисенсорной системе и меняющимся условиям работы.

Работа частично поддержана стипендиальным грантом INTAS (ЕС), № 06-1000014-5877.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Buck L. A novel multigen family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition / L. Buck, R. Axel // *Cell*. 1991. Vol. 65. P. 175-187.
2. Grandke T. Introduction / T. Grandke, J. Hesse // *Sensors: a comprehensive survey*. Vol. 1: Fundamentals and general aspects / W. Goepel, J. Hesse, J.N. Zemel; отв. ред. W. Goepel. Weinheim: VCH, 1989. P. 1-16.
3. Виглеб Г. Датчики / Г. Виглеб. М.: Мир, 1989. 196 с.
4. Аш Ж. Датчики измерительных систем. Кн. 2 / Ж. Аш [и др.]. М.: Мир, 1992. 424 с.
5. Gardner J.W. *Microsensors: principles and applications* / J.W. Gardner. Chichester: Wiley, 1994. 331 p.
6. Lundstrom I. Field effect gas sensors / I. Lundstrom // *Sensors: a comprehensive survey*, Volume 2/3, part 1: Chemical and biochemical sensors / отв. ред. W. Goepel [и др.]. Weinheim: VCH, 1992. P. 467-528.
7. Arai H. Humidity control / H. Arai, T. Seiyama // *Sensors: a comprehensive survey*. Vol. 2/3, part 2: Chemical and biochemical sensors // отв. ред. W. Goepel [и др.]. Weinheim: VCH, 1992. P. 981-1012.

8. Solid-state electrochemical sensors / M. Kleitz, E. Siebert, P. Fabry, J. Fouletier // *Sensors: a comprehensive survey*. Vol. 2/3, part 1: Chemical and biochemical sensors / отв. ред. W. Goepel [и др.]. Weinheim: VCH, 1992. P. 341-428.
9. Jones T.A. Calorimetric chemical sensors / T.A. Jones, P. Walsh // *Sensors: a comprehensive survey*. Vol. 2/3, part 1: Chemical and biochemical sensors // отв. ред. W. Goepel [и др.]. Weinheim: VCH, 1992. P. 529-572.
10. Acoustic wave sensors: Theory, design & physico-chemical applications / D.S. Ballantine, R.M. White, S.J. Martin et al. New York: Academic Press, 1996. 436 p.
11. Eguchi K. Optical gas sensors / K. Eguchi // *Gas sensors: principles, operation and development* / отв. ред. G. Sberveglieri. Dordrecht: Kluwer, 1992. P. 307-328.
12. Nishizawa K. Optical chemical sensors / K. Nishizawa // *Chemical sensor technology*. Vol. 1 / отв. ред. T. Seiyama. Amsterdam: Elsevier, 1988. P. 237-245.
13. Fiber optic sensors: an introduction for engineers and scientists / отв. ред. E. Udd. New York: Wiley, 1991. 471 p.; *Fiber optic smart structures* / отв. ред. E. Udd. New York: Wiley, 1995. 668 p.
14. Мясоедов Б. Ф. Химические сенсоры: возможность и перспективы / Б.Ф. Мясоедов, А.В. Давыдов // *Журнал аналитической химии*. 1990. Т. 45. С. 1259-1278.
15. Арутюнян В. М. Микроэлектронные технологии – магистральный путь для создания химических твердотельных сенсоров / В.М. Арутюнян // *Микроэлектроника*. 1991. Т. 20. № 4. С. 337-355.
16. Власов Ю.Г. Химические сенсоры: история создания и тенденции развития / Ю.Г. Власов // *Журнал аналитической химии*. 1992. Т. 47. С. 114-121.
17. Janata J. Chemical sensors / J. Janata, M. Josowicz, D.M. DeVaney // *Analytical Chemistry*. 1994. Vol. 66. P. 207R-228R.
18. Spichiger-Keller U. E. Chemical sensors and biosensors for medical and biological applications / U.E. Spichiger-Keller. Weinheim: Wiley-VCH, 1998. 413 p.
19. *Sensors update: sensor technology, applications, markets*. Vol. 13 / Н. Baltes [и др.]; отв. ред. Н. Baltes. Weinheim: Wiley-VCH, 2004. 314 p.
20. *Encyclopedia of sensors* / С.А. Grimes, E.C. Dickey, M.V. Pishko; отв. ред. С.А. Grimes. Pennsylvania: Pennsylvania State University, 2005. 6000 p.
21. Heiland G. Principles and properties of some solid state chemical sensors / G. Heiland // *Chemosensory information processing* / отв. ред. D. Schild. Berlin: Springer-Verlag, 1990. P. 109-124.
22. Kleinschmidt P. The future of sensors, materials science or software engineering / P. Kleinschmidt, W. Haurieder // *Sensors & Actuators A*. 1992. Vol. 33. № 1-2. P. 5-17.
23. Persaud K. Analysis of discrimination mechanisms in the mammalian olfactory system using a model nose / K. Persaud, G. Dodd // *Nature*. 1982. Vol. 299. P. 352-355.
24. *Handbook of machine olfaction* / T.C. Pearce, S.S. Schiffman, H.T. Nagle, J.W. Gardner (ред.). Weinheim: Wiley-VCH, 2003. 594 p.
25. Axel R. The molecular logic of smell / R. Axel // *Scientific American*. 1995. October. P. 130-137.
26. Gardner J.W. A brief history of electronic noses / J.W. Gardner, P.N. Bartlett // *Sensors & Actuators B*. 1994. Vol. 18. № 1-3. P. 211-221.
27. Conductance, work function and catalytic activity of SnO<sub>2</sub>-based gas sensors / K.D. Schierbaum, U. Weimar, W. Goepel, R. Kowalkowski // *Sensors & Actuators B*. 1991. Vol. 3. P. 205-214.
28. A new approach to selectivity in methane sensing / P. Dutrone, C. Lukat, F. Menil et al. // *Sensors & Actuators B*. 1993. Vol. 15-16. P. 24-31.
29. Takagi T. The concept and the recent research on intelligent materials / T. Takagi // *Proc. SPIE*. 1996. Vol. 2779. P. 2-15.
30. Collier G. Intelligent materials and systems as a basis for innovative technologies in transportation vehicles / G. Collier // *Proc. SPIE*. 1996. Vol. 2779. P. 16-27.

31. Gardner J.W. Pattern recognition in gas sensing / J. W. Gardner, P. N. Bartlett // Techniques and mechanisms in gas sensing // P.T. Moseley, J.O.W. Norris, D.E. Williams. Bristol: Adam Hinger, 1991. P. 347-380.
32. Muller R. Multisensor signal processing / R. Muller // Sensors: a comprehensive survey, Vol. 1: Fundamentals and general aspects / W. Goepel, J. Hesse, J.N. Zemel. Weinheim: VCH, 1989. P. 313-330.
33. Измерения в промышленности: в 3 кн. Кн. 1 / отв. ред. П. Профос. М.: Metallurgia, 1990. 342 с.
34. Manly B.F.J. Multivariate statistical methods / B.F.J. Manly. London: Chapman & Hall, 1986. 146 p.
35. Chatfield C. Introduction to multivariate analysis / C. Chatfield, A.J. Collins. London: Chapman & Hall, 1980. 246 p.
36. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей / А.И. Галушкин. М.: ИПРЖР, 2000. 416 с.
37. Khanna T. Foundation of neural networks / T. Khanna. Princeton: Addison-Wesley Publ. Co, 1990. 196 p.
38. Gardner J.W. Pattern recognition on odour sensing / J.W. Gardner, P.N. Bartlett // Sensors & sensory systems for an electronic nose // J.W. Gardner, P.N. Bartlett. Dordrecht: Kluwer, 1992. P. 161-179.
39. Bartlett P.N. Odour sensors for an electronic nose / P.N. Bartlett, J.W. Gardner // Sensors and sensory systems for an electronic nose // J.W. Gardner, P.N. Bartlett. Dordrecht: Kluwer, 1992. P. 31-51.
40. Horner G. Desired and achieved characteristics of sensor arrays / G. Horner, R. Muller // Sensors & sensory systems for an electronic nose // J.W. Gardner, P.N. Bartlett. Dordrecht: Kluwer, 1992. P. 181-196.
41. Monkman G. Bio-chemical sensors / G. Monkman // Sensor Review. 1996. Vol. 16. № 4. P. 40-44.
42. Gardner J.W. Performance definition and standardization of electronic noses / J.W. Gardner, P.N. Bartlett // Sensors & Actuators B. 1996. Vol. 33. P. 60-67.
43. Vanneste E. Commercial electronic nose instruments / E. Vanneste, H.J. Geise // Handbook of machine olfaction / T.C. Pearce, S.S. Schiffman, H.T. Nagle, J.W. Gardner. Weinheim: Wiley-VCH, 2003. P. 176.
44. Smart single-chip gas sensor microsystem / C. Hagleitner, A. Hierlemann, D. Lauge et al. // Nature. 2001. Vol. 414. P. 293-296.
45. Microsensor and single chip integrated microsensor system / H. Baltes, D. Barrettino, D. Graf et al. // US Patent 2004/0075140. Publ. Apr. 22. 2004.
46. Electronic nose for space program applications / R.C. Young, W.J. Buttner, B.R. Linnell, R. Ramesham // Sensors and Actuators B. 2003. Vol. 93. P. 7-16.
47. Goschnick J. An electronic nose for intelligent consumer products based on a gas analytical gradient microarray / J. Goschnick // Microelectronic Engineering. 2001. Vol. 57-58. P. 693-704.
48. Toward the nanoscopic «Electronic nose»: hydrogen vs carbon monoxide discrimination with an array of individual metal oxide nano- and mesowire sensors / V.V. Sysoev, B.K. Button, K. Wepsiec et al. // Nanoletters. 2006. Vol. 6. Iss. 8. P. 1584-1588.

**Сысоев Виктор Владимирович** –

кандидат физико-математических наук, доцент, докторант кафедры «Общая физика» Саратовского государственного технического университета

**Зюрюкин Юрий Анатольевич** –

доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Общая физика» Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 02.11.06, принята к опубликованию 05.12.06*

## АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

---

УДК 622.692.23

А.П. Денисова, А.С. Игнатъев

### НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ПЛАВАЮЩЕЙ КРЫШИ ПОПЛАВКОВОГО ТИПА

*Описывается новая конструкция плавающей крыши поплавкового типа для вертикальных стальных цилиндрических резервуаров больших объемов. Рассматривается изготовление проектной формы центральной части плавающей крыши с определением её напряжённно-деформированного состояния на всех этапах формообразования.*

A.P.Denisova, A.S.Ignatyev

### NEW DESIGN OF FLOAT TYPE FLOATING ROOF

*The new design of a floating roof of float type for vertical steel cylindrical tanks of great volumes is described in this article. Manufacturing the design form of the central part of a floating roof with definition of its tensely deformed condition at all stages the form of formation is considered as well.*

Непрерывный рост добычи, переработки и транспортирования нефти на большие расстояния по трубопроводам выдвигает задачи сооружения резервуарных парков больших объёмов. Обычно такие парки оснащают стальными вертикальными цилиндрическими резервуарами со стационарными покрытиями и понтонами или плавающими крышами.

В резервуарах с плавающей крышей или со стационарным покрытием и понтоном отсутствует газовоздушное пространство между продуктом и крышей, что даёт возможность защитить хранимые продукты (керосин, бензин, сырую нефть и пр.) от испарения.

В средних и южных районах России широкое распространение получили резервуары с плавающими крышами, имеющие при сооружении неоспоримые преимущества по сравнению с резервуарами со стационарной крышей и понтоном: снижение металлоемкости до 20%, большая надёжность и пожаробезопасность.

Плавающие крыши (ПК), применяемые как в России, так и за рубежом, по конструктивным признакам делятся на 2 вида: однодечные и двухдечные, в свою очередь однодечные плавающие крыши сооружаются понтонного или поплавкового типа [1, 2].

В Саратовском государственном техническом университете разработана новая конструкция однодечной плавающей крыши поплавкового типа, состоящая из кольцевого пон-



тона, центральной части и линейных радиально расположенных пустотелых поплавков (рис. 1).

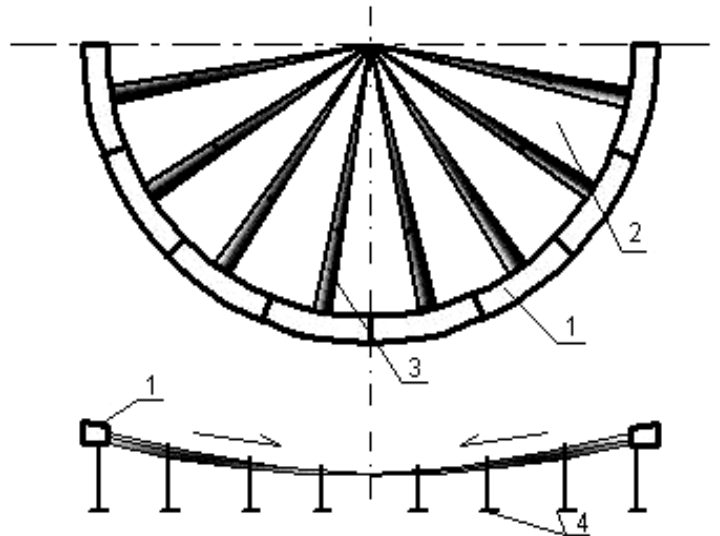


Рис. 1. Новая конструкция ПК поплавоквого типа: 1 – периферийный кольцевой понтон; 2 – центральная часть ПК; 3 – радиальные поплавки; 4 – опорные стойки

Центральная часть однодечной ПК представляет собой тонкостенную ( $t = 4-6$  мм) пологую оболочку положительной гауссовой кривизны. Радиальные поплавки полого чечевицеобразного сечения имеют линейно переменную ширину (наибольшую – у периферийного кольцевого понтона, наименьшую – в центре настила). Периферийный кольцевой понтон выполнен из отдельных герметичных коробов, имеющих известную конструкцию.

К достоинствам такой плавающей крыши, по сравнению с известными, можно отнести высокую жёсткость настила; использование радиальных элементов полого сечения, как в качестве поплавков, так и рёбер жёсткости настила; повышенные условия для водостока и очистки центральной части настила; использование широко применяемых герметичных коробов для кольцевого понтона.



Рис. 2. Купольное покрытие РВС – 1000 м<sup>3</sup>

Изготовление новой конструкции плавающей крыши производится в два этапа.

На первом этапе изготавливают плоскую конструкцию (заготовку), которая представляет собой круглую мембрану с наваренными на ней полосами. Мембрану собирают из отдельных листов как днище резервуара. Полосы переменной ширины располагают в радиальном направлении. В каждой из полос выполняют отверстия под штуцер.

На втором этапе проводят образование проектной формы настила и поплавков. Для этого через штуцер в пространство между полосами и настилом нагнетают сжатый воздух компрессором. Под действием избыточного давления полосы и пластины под ними деформируются с образованием радиальных поплавков полого объемного сечения. При этом за счёт кольцевых и радиальных деформаций настил приобретает проектную форму пологой оболочки положительной гауссовой кривизны. После снятия давления и проявления упругих деформаций, за счёт пластических деформаций и конечной изгибной жёсткости стали, проектная форма настила и радиальных поплавков остаётся неизменной.

Такая технология изготовления была применена для стационарного купольного ребристого покрытия резервуара (рис. 2) [3].

В процессе формообразования настила ПК и радиальных поплавков появляются как пластические, так и упругие деформации. Для оценки остаточных напряжений было проведено исследование НДС на всех этапах формообразования проектной формы ПК для РВС – 10000 м<sup>3</sup>, с использованием расчётного комплекса «Лира 9.2» (рис. 3-5).

1-й этап. Плоская форма:

- давление  $P = 0$  МПа;
- стрела подъёма  $f = 0$  м;
- радиальные напряжения  $\sigma_x = 0$  МПа;
- кольцевые напряжения  $\sigma_y = 0$  МПа;
- касательные напряжения  $\tau_{xy} = 0$  МПа.

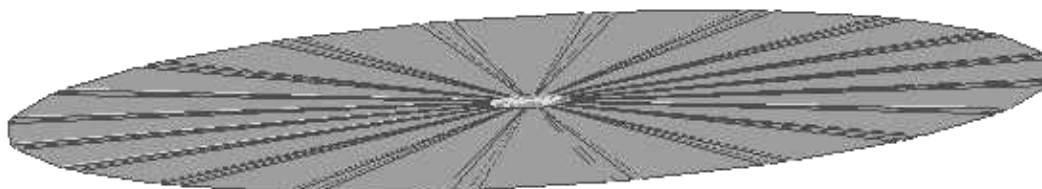


Рис. 3. Плоская форма ПК

2-й этап. Создание максимального избыточного давления для формообразования:

- давление  $P = 0,6$  МПа;
- стрела подъёма  $f = (1/9)D$  м;
- радиальные напряжения  $\sigma_x = 88,7$  МПа;
- кольцевые напряжения  $\sigma_y = 46,4$  МПа;
- касательные напряжения  $\tau_{xy} = -15,4$  МПа.

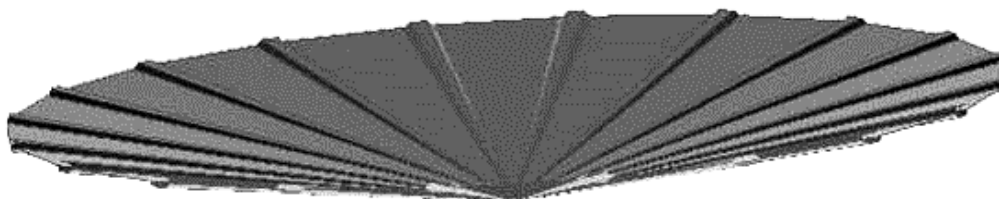


Рис. 4. Максимально деформированное состояние ПК

3-й этап. Проектная форма (после снятия давления и проявления упругих деформаций):

- давление  $P = 0$  МПа;
- стрела подъёма  $f = (1/11)D$  м;
- радиальные напряжения  $\sigma_x = 65,6$  МПа;
- кольцевые напряжения  $\sigma_y = 64,1$  МПа;
- касательные напряжения  $\tau_{xy} = -12,9$  МПа.

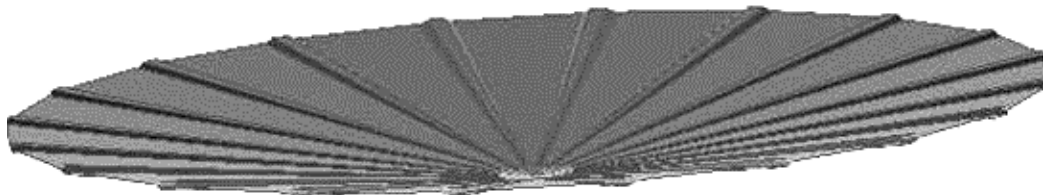


Рис. 5. Проектное состояние ПК

Анализ НДС в процессе формообразования центральной части и поплавок ПК показал, что остаточные напряжения, как в настиле, так и в поплавках, невелики и составляют 25-28% от расчётного сопротивления стали. После снятия давления и проявления деформаций сечение поплавков уменьшилось на 13-15%, а стрела подъёма настила – на 16-18%.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Возможность изготовления и формообразования проектной формы плавающей крыши поплавкового типа подтверждена реальной конструкцией стационарного купольного ребристого покрытия резервуара (рис. 2).
2. Для достижения проектной формы плавающей крыши избыточное давление сжатого воздуха должно превышать расчётное на 12-18% чтобы компенсировать упругие деформации.
3. Напряжения в настиле и поплавках плавающей крыши при максимальном давлении сжатого воздуха и снятии его составляют  $\sigma_{x(y)} = (0,25-0,3)R_y$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Денисова А.П. Конструкции плавающих крыш для вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов: тематический обзор / А.П. Денисова, М.Р. Муртазин, А.А. Землянский. Саратов: СГТУ, 2001.
2. Применение цилиндрических резервуаров за рубежом. Обзоры зарубежной литературы. М.: ВНИИОЭНГ, 1976. 54 с.
3. А.с. № 1108178 СССР, МКИ Е04 7/08 Купольное покрытие / А.П. Денисова, В.О. Берник // БИ. 1984. № 30.

**Денисова Алла Павловна** –  
доктор технических наук,  
профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»  
Саратовского государственного технического университета

**Игнатъев Алексей Сергеевич** –  
аспирант кафедры «Промышленное и гражданское строительство»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 03.11.06, принята к опубликованию 05.12.06*

**А.А. Комлев**

**ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АРХИТЕКТУРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
СЕЛЬСКИХ ЗЕМСКИХ ШКОЛ В САРАТОВСКОЙ ГУБЕРНИИ  
В КОНЦЕ XIX – НАЧАЛЕ XX ВЕКА**

*Статья посвящена проблемам архитектурного проектирования сельских школьных зданий на начальном этапе внедрения всеобщей системы начального образования в России. Рассматривается вопрос школьного строительства в рамках деятельности земских учреждений - органов местного самоуправления.*

**A.A. Komlev**

**TYOPOLOGICAL ASPECTS OF ARCHITECTURAL DESIGNING  
OF THE SARATOV GUBERNIA RURAL SCHOOLS  
AT THE END OF XIX – THE BEGINNING OF XX CENTURIES**

*The article deals with the problems of architectural designing of rural school buildings at the initial stage of introduction of general system of an elementary education in Russia. The question of school construction within the framework of local authorities' activities is considered here.*

В конце XIX – начале XX века Россия не имела единой системы начального образования. Обучение проходило в церковно-приходских, земских, частных, городских школах, имевших разную ведомственную принадлежность. Земскими школами были преимущественно сельские школы, где помимо них присутствовали только церковно-приходские школы. Согласно опросам, проводившимся в конце XIX века, земская школа была наиболее популярна среди населения, и церковно-приходской школе отдавали предпочтение только наиболее консервативно настроенные слои населения [2].

С определением термина «земская школа» существует ряд трудностей, так как формально они относились к Министерству народного просвещения, хотя и содержались за счет земства. Земство также не имело возможности формировать программу обучения, и оказывало на нее лишь опосредованное влияние, занимаясь подготовкой учителей и набором персонала. Опыт земского школьного строительства интересен в связи с тем, что строительство и эксплуатация школьных зданий были единственной областью в деле народного образования, где земство было полностью самостоятельным в своих действиях.

На начальном этапе существования земства под школьные здания приспособлялись существующие постройки, но уже первые ревизии показали их негодность для проведения в них полноценного образовательного процесса. Поэтому земство с большим вниманием относилось к проблемам школьной гигиены и постоянно совершенствовало нормы проектирования школ – «Правила для постройки школьных зданий с пособием от земств». Такие правила были выработаны Московским, Новгородским, Курским, Тамбовским, Саратовским и другими губернскими земствами. Все эти правила были более или менее сходны и имели целью оградить школьное здание, строящееся крестьянскими обществами или частными лицами с пособием от земства, от крупных технических ошибок со стороны частных строителей. На

основании этих правил можно было предъявить строителю претензии и потребовать исправления недоработок [4, с.1].

Вопросы архитектурного характера рассматривались в изданиях альбомов примерных проектов школьных зданий, изданных в начале XX века практически всеми крупными губернскими земствами. Саратовское земство было в числе первых земств, которые пошли по пути внедрения типовых проектов школ. Примечательно, что в выпущенном в Саратове альбоме примерных проектов основной акцент делался на замечания чисто технического свойства – прокладку войлока между бревнами и косяками или расположение потолочных балок вдали от дымовых труб [3, с.3]. Видимо, автор проектов – известный саратовский архитектор В.К. Карпенко принимал во внимание низкий уровень мастерства потенциальных строителей. Все проекты, размещенные в саратовском издании, были авторскими и имели схожие черты. Другие же земства просто публиковали в своих альбомах удачные, по их мнению, решения, многие из которых были реализованы в других губерниях или созданы в других ведомствах.

В основу гигиенических и планировочных требований к земским школам были положены разработки профессора Э.Э. Эрисмана. Так называемая «образцовая классная комната» была разработана им еще до начала внедрения земствами типовых решений и земства часто ссылались на рекомендации Эрисмана. Впервые классная комната экспонировалась на юбилейной выставке Общества Поощрения Трудлюбия в Москве в 1888 г.

Основными требованиями, которые выдвигал Эрисман к классному помещению, были:

- длина классного помещения не более 9-10 м, так как при большей длине уже плохо видны буквы на доске;
- высота комнаты должна быть не менее 4 м, так как при меньшей высоте окна оказываются слишком низкими и дневного освещения не хватает. При большей же высоте в комнате появляются акустические помехи;
- отношение площади окон к площади пола равно 1:5;
- окна должны располагаться слева от учащихся, чтобы тень от руки не мешала писать. При нехватке света небольшие окна могли также располагаться позади учащихся.

Вопросы освещения были для Эрисмана одними из наиболее значимых, поэтому он в пояснительной записке к своей «образцовой классной комнате» предлагает архитектору творчески осмыслить необходимость организации широкого светового фронта: «Очевидно, что здесь требуется известная группировка окон, известное сосредоточивание света именно там, где он всего более нужен, и что школьная архитектура должна выработать в этом отношении особые мотивы, приспособленные к потребностям классных комнат. Более всего этим потребностям соответствует превращение почти всей наружной стены в одну сплошную оконную поверхность, с небольшим (в 1 арш. ширины на внутренней поверхности) простенком по середине и более широкими простенками в передней и задней частях комнаты» [6, с.5].

Земские архитекторы по возможности стремились следовать этим требованиям, хотя часто отступали от них, будучи вынуждены принимать во внимание экономические соображения. Так, в альбоме примерных проектов школ, выпущенном Саратовским земством, на каждого ученика приходилось по 2 кв. аршина площади пола, тогда как Эрисман рекомендовал около 3 кв. аршин. Особенности деревянной архитектуры не позволяли создать широкие окна, и архитектор, понимая это, включает в свои проекты школьных зданий из дерева нежелательные узкие окошки позади учащихся. По этому поводу составители аналогичного альбома проектов школ Московского земства после перечня рекомендаций писали: «Конечно, такие советы могут звучать иронией для массы населения, которая за недостатком средств еще не имеет примитивных школьных зданий и нередко принуждена пользоваться убогой крестьянской избой. ... Но мы, давая образцы планов школьных зданий, обязаны указать и на те требования современной педагогики, которые в некоторых благоприятных случаях могут быть исполнены» [4].

Согласно Строительному Уставу, школы в селениях должны были строиться недалеко от площади, в квартале, но не на самой площади [5]. В руководствах по школьному строительству оговаривалось, что место это должно быть сухое и относительно ровное. При наклонной поверхности участка школы обязательно должна была присутствовать горизонтальная площадка для игр. Также на участке школы рекомендовалось предусмотреть место для садовых и огородных посадок, но на некотором расстоянии от самого школьного здания, чтобы не затенять окна.

Фасад к плану № 51 и 52  
составил автор сборника.

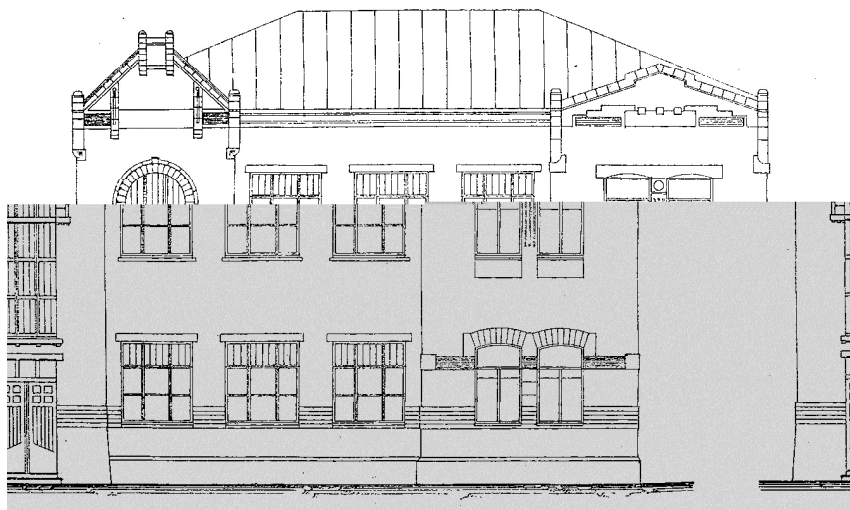


Рис. 1. Примерный проект школьного здания из альбома, выпущенного Московским земством

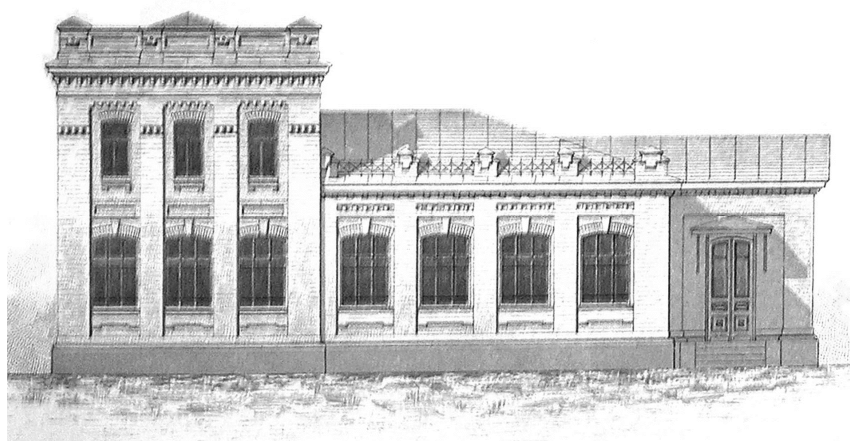


Рис. 2. Примерный проект школьного здания архитектора В.К. Карпенко

Кроме школьного здания на участке мог присутствовать дом учителя. Учитель жил либо в отдельном доме, либо в квартире в самой школе. Единого мнения на этот счет так и не сложилось, поэтому школы проектировались как с квартирами для учителей, так и без них. В Саратове все предлагаемые к реализации проекты были с квартирами и кухней для учителя. В.К. Карпенко в наиболее крупных и дорогостоящих проектах зданий предусматривал размещение квартир для учителей на 2-м этаже. При этом площадь второго этажа была меньше площади первого, в результате чего в общей композиции здания начинали явно проследиться несколько объемов. Это решение было, скорее, продиктовано излюбленным «нормандским стилем» (модерн) в котором предпочитал работать Карпенко, создавший значительную часть саратовских построек стиля модерн (рис. 2). В проектах Московского, Тамбовского, Финляндского и других земств предпочтение отдава-

лось решениям, где план второго этажа почти полностью повторял план первого (рис. 1).

Хотя земство пропагандировало огнестойкое, и в первую очередь, каменное строительство, были весьма распространены проекты школ из дерева. Для строительства использовались б-вершковые бревна, которые внутри штукатурились, а снаружи чаще всего обшивались досками. Крыть крыши соломой было запрещено, исключение делалось только для огнестойких глиносоломенных крыш. Так как для земства было характерно внедрять альтернативные строительные материалы, Московское земство обращало внимание на новые для того времени бе-

тон и железобетон. На раннем этапе Саратовское земство с интересом отнеслось к «земляному кирпичу», внедрение которого пропагандировал саратовский губернский архитектор М.Н. Грудистов. В своей брошюре, посвященной дешевым нестораемым постройкам, он рекомендует строить из земляного кирпича «караулки, сборни, сельские правления, училища» [1, с.4]. Однако, постройки из земляного кирпича не получили широкого распространения.

Можно сказать, что к началу XX века в земстве сложилась характерная типологическая схема, отражавшая специфику земских школ:

– школы подразделялись по количеству классов, где проводились занятия, на одно-, двух- и трехкомплектные школы. В Саратовской губернии трехкомплектные школы не строили;

– школьное здание имело помимо классных комнат дополнительные помещения – ночлежную для учеников из отдаленных селений и помещение для учителя. Помещение для ночевки было разделено на две половины. В Саратовской губернии обязательный набор помещений включал в себя: класс, раздевальню, комнату учителя и кухню;

– школьное здание обычно не имело внутренних рекреаций, характерных для школ городских;

– в двух- и трехкомплектных школах между двумя классами предлагалось устраивать разборную перегородку ради превращения классов в народную аудиторию при чтении лекций для населения или при устройстве спектаклей. Разборные перегородки рекомендовалось делать незвукопроводящими. Это задумка была также реализована и в саратовских проектах в планировке двухкомплектной школы на 120 человек.

Таким образом, в земском школьном строительстве в Саратовской губернии были реализованы все основные достижения земства в разработке гигиенических и планировочных норм. Разработки Саратовского земства служили примером для строительства школ в других губерниях России.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грудистов М.Н. Земля как строительный материал, кирпич и постройки из него / М.Н. Грудистов. Саратов: Типография губернского земства, 1890. 26 с.
2. Каптерев П.Ф. История русской педагогики / П.Ф. Каптерев. Петроград, 1915. 350 с.
3. Карпенко В.К. Проекты школьных зданий / В.К. Карпенко. Саратов: Издание губернского земства, 1906. 3 с. 21 л.
4. Примерные проекты школьных зданий на 40-60 и 60-100 учеников. М.: Московская губернская земская управа, 1902. 32 с. 54 л.
5. Строительный Устав. Т. XII. ст. 435.
6. Эрисман Ф.Ф. Соображения об устройстве образцовой классной комнаты / Ф.Ф. Эрисман. М., 1888. 10 с.

**Комлев Алексей Александрович** –  
аспирант кафедры «История архитектуры и градостроительства»  
Московского архитектурного института (государственной академии)

*Статья поступила в редакцию 03.11.06, принята к опубликованию 05.12.06*

## **ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

---

УДК 621.6.036

**А.П. Усачев, А.В. Рулев, А.Ю. Фролов, Т.А. Усачева**

### **ЭЛЕКТРОТЕПЛОВАЯ АНАЛОГИЯ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ТЕПЛООБМЕНА В ЗМЕЕВИКОВОМ ИСПАРИТЕЛЕ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА С ТВЕРДОТЕЛЬНЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ**

*Приводятся постановка задачи теплового взаимодействия испарительного змеевика СУГ и трубчатых электронагревателей, находящихся в электрическом испарителе СУГ, а также результаты исследований значения теплового потока в зависимости от их характеристик. Определяющее влияние на величину теплового потока оказывают расстояние между осью расположения ТЭНов и осью испарительного змеевика и расстояния между витками исследуемого испарительного змеевика.*

**A.P. Usachyov, A.V. Rulev, A.U. Frolov, T.A. Usacheva**

### **ELEKTROHEAT ANALOGY AND ITS APPLICATION TO HEATCHANGE PROBLEM DECISION IN SERPENTINE VAPORIZER LIQUEFIED HYDROCARBON GAS WITH SOLID-STATE HEATCARRIER**

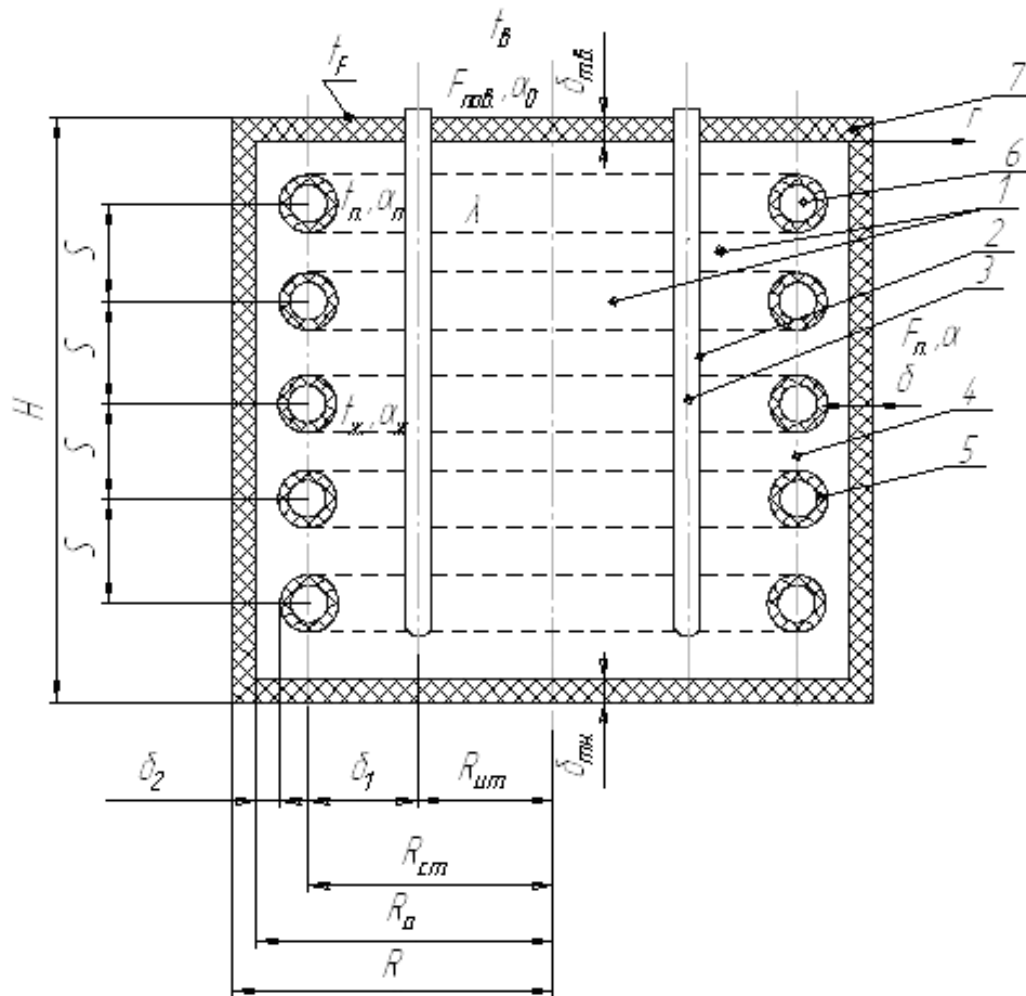
*The problem of thermal interaction of evaporate snake LHG and tubular electro heaters located in an electric evaporator LHG, and also results researches of value of a thermal stream depending on their characteristics are considered here. Defining influence on size of thermal stream render distance between an axis of arrangement TEH and an axis coil and distance between coils investigated coil.*

С целью повышения тепловой эффективности и удельной паропроизводительности проточных змеевиковых испарителей с искусственным подводом тепловой энергии (ПЗИИ) в работах [1, 2] был предложен твердотельный промежуточный теплоноситель (ТПТ) из алюминия.

Паропроизводительность проточных испарителей сжиженного углеводородного газа (СУГ) с ТПТ обуславливается величиной теплопритока от трубчатых нагревательных элементов (ТНЭ) через слой алюминиевой заливки к испарительному змеевику (ИЗ), в котором испаряется СУГ (см. рисунок).

В этой связи изучение теплообмена в системе «твердотельный промежуточный теплоноситель – испарительный змеевик (ИЗ)» является важнейшей предпосылкой эффективной работы проточных змеевиковых испарителей СУГ.





Расчетная схема теплообмена постоянных источников тепла с испарительным трубным змеевиком СУГ в цилиндрическом массиве из алюминиевой заливки:

- 1 – алюминиевая цилиндрическая заливка; 2 – трубчатый нагревательный элемент;
- 3 – ось симметрии трубчатых нагревательных элементов;
- 4 – ось симметрии испарительного трубного змеевика;
- 5 – испарительный трубопроводный змеевик;
- 6 – сжиженный углеводородный газ; 7 – тепловая изоляция

С учетом результатов работ [1-3] сформулируем задачу теплообмена в системе «нагревательный элемент – испарительный змеевик» через слой алюминия следующим образом: в однородном цилиндрическом массиве теплопроводностью  $\lambda$ , радиусом  $R$  и высотой  $H$  на одинаковом удалении  $R_{у.т.}$  от вертикальной оси заложен ряд вертикальных постоянно действующих источников тепла (трубчатых нагревательных элементов) постоянной интенсивности, одинаковой высоты.

В качестве стока тепла в массиве также заложен цилиндрический трубный испарительный змеевик, интерпретированный в виде горизонтальных полых круглых колец на расстоянии  $R_{с.т} = R_{у.т.} + \delta_1$ . Кольца, отстоящие друг от друга с одинаковым шагом  $S$ , выполнены из цилиндрической оболочки (трубы).

Система дифференциальных уравнений температурных полей в системе «нагревательный элемент – испарительный змеевик» записывается следующим образом:

– в металлической стенке источника тепла

$$\partial^2 t_{cm.u.m} / \partial r^2 + \partial t_{cm.u.m} / r \cdot \partial r + q_{u.m} / \lambda_{u.m} = 0; \quad (1)$$

– в цилиндрическом массиве из алюминиевой заливки

$$\partial^2 t_a / \partial r^2 + \partial t_a / r \cdot \partial r + q_{um} / \lambda_a = 0; \quad (2)$$

– в металлической стенке полых колец

$$\partial^2 t_{cm.c.m} / \partial r^2 + \partial t_{cm.c.m} / r \cdot \partial r + q_{c.m} / \lambda_{cm} = 0, \quad (3)$$

где  $t_{cm.u.m}$ ,  $t_{cm.c.m}$  – температура в металлической стенке источника тепла и в металлической стенке стока тепла (полых колец), °С;  $t_{ж.с.у.}$  – среднеинтегральная температура жидкой фазы СУГ, °С;  $\alpha_{ж}$ ,  $\alpha_n$  – соответственно коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности полых колец к жидкой и паровой фазе СУГ, Вт/м<sup>2</sup>К;  $\alpha_o$  – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности тепловой изоляции в окружающий воздух, Вт/м<sup>2</sup>К;  $\lambda_{cm}$ ,  $\lambda_a$  – теплопроводность металлической стенки и алюминиевой цилиндрической отливки;  $r$  – координата.

*Решение этой задачи* методами математического моделирования представляет большие технические трудности. В то же время анализ литературных источников показывает, что задачи подобного типа относительно просто решаются аналоговыми методами и, в частности методом электротепловой аналогии [4].

*Целью исследований* на установке электротеплового моделирования является определение величин теплового потока от группы  $U$  – образных источников тепла, расположенных по окружности, удаленной на расстояние  $\delta_1$  от оси симметрии испарительного змеевика диаметром  $d$  в зависимости от шага между соседними витками и расстояний  $\delta_2$  между наружными боковыми поверхностями испарительного змеевика и алюминиевой заливки.

Количество тепла, передающееся от источника к стоку тепловой энергии через слой промежуточного теплоносителя, определяется по уравнению Фурье:

$$Q = \lambda(t_1 - t_0) \cdot \Phi(\delta_1; \delta_2; S) \cdot L, \quad (4)$$

где  $\Phi$  – величина формфактора, как функция от  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  и  $S$ ;  $L$  – характерный размер теплообменника.

Предположим, что электрическая модель изготовлена геометрически подобной исследуемому теплообменнику. При этом размеру  $L$  теплообменника соответствует размер  $L \cdot m$  электрической модели, разности температур  $t_1 - t_0$  соответствует разность потенциалов  $V_1 - V_0$ . Разности потенциалов  $V_1 - V_0$  соответствует величина электрического тока в системе «нагревательный элемент – испарительный змеевик», которая определяется как:

$$I = \gamma(V_1 - V_0) \cdot \Phi \cdot l \cdot m, \quad (5)$$

где  $\Phi$  – формфактор электрического поля, численно равный формфактору в случае теплового поля в формуле (4);  $m$  – коэффициент подобия модели.

Таким образом, исследование на модели сводится, в конечном счете, к определению величины формфактора:

$$\Phi = -I / \gamma(V_1 - V_0) l \cdot m. \quad (6)$$

Зная электропроводность среды и размеры модели, разность потенциалов  $V_1 - V_0$ , приложенную к модели, и величину полученного тока  $I$ , можно вычислить значение формфактора  $\Phi$ . Тогда результирующее значение теплового потока применительно к электрической модели испарителя с твердотельным промежуточным теплоносителем можно получить по формуле (4).

Экспериментальная установка была выполнена с коэффициентом подобия  $m = 2,2$ . Исследования проводились в электролитической ванне, выполненной из полиэтилена марки ПЭ-80 диаметром 159 мм, с толщиной стенки 15 мм и высотой 145 мм. Аналоги испарительного змеевика и трубчатых электронагревателей были выполнены из медной трубки диаметром 10 и 5 мм соответственно. Исследуемые электроды, имитирующие трубчатые электро-

нагреватели, располагались радиально на заданном расстоянии  $\delta_1$  от испарительного змеевика. Величина размера  $\delta_1$  принималась с учетом коэффициента подобия модели.

Для определения электропроводности воды применялись медные сферические электроды диаметром 19 и 30 мм.

К исследуемым электродам и медному испарительному змеевику подводилось сетевое напряжение через лабораторный автотрансформатор.

В результате исследований, проводимых на установке электротеплового моделирования, выявлена следующая расчетная зависимость для определения величины формфактора как функции  $\Phi(\delta_2, S)$ , полученная методом многоинтервальной квадратичной интерполяции [5]:

$$\Phi(\delta_2; S) = Q(Q-1)C/2 + (1-Q^2)D + Q(Q+1)E/2, \quad (7)$$

где  $C, D, E$  – переменные, которым присваиваются значения функции  $Z = P(P-1)F(I, J-1)/2 + (1-P^2)F(I, J) + P(P+1)F(I, J+1)/2$ , для каждого  $I=I-1, I, I+1$  соответственно;  $I$  – номер строки таблицы или кривой графика  $I = \text{int}((x-x_0)/\Delta x)$ , если  $I = 0$ , то  $I = 1$ ;  $J$  – номер столбца или точки на кривой  $J = \text{int}((y-y_0)/\Delta y)$ , если  $J = 0$ , то  $J = 1$ ;  $P = (x-x_0 - J\Delta x)$ ;  $Q = (y-y_0 - I\Delta y)$ .

Выводы:

1. Предложены теоретические зависимости (1)÷(7), позволяющие определить величину теплового потока от нагревательного элемента к испарительному змеевику проточного испарителя СУГ.

2. Исследования, проведенные на электрической модели, позволили выявить значения теплового потока  $Q$  от ТНЭ к ИТЗ, которые заплавлены в твердотельный теплоноситель из алюминия, в зависимости от геометрических параметров  $\delta_2$  и  $S$ . Определяющее влияние на величину теплового потока оказывают расстояние между наружными боковыми поверхностями заливки и испарительного змеевика  $\delta_2$  и расстояние между витками исследуемого испарительного змеевика  $S$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент на полезную модель № RU 59773 U1. Испарительное устройство сжиженного углеводородного газа / А.П. Усачев, А.Ю. Фролов, А.В. Рулев, Т.А. Усачева, А.А. Феоктистов. Опубликовано 27.12.2006. Бюл. № 36.

2. Патент на полезную модель № RU 63486 U1 Испарительное устройство сжиженного углеводородного газа / А.П. Усачев, А.Ю. Фролов, А.В. Рулев, Т.А. Усачева, А.А. Феоктистов. Опубликовано 27.05.2007. Бюл. № 15.

3. Рулев А.В. К выбору типа промежуточного теплоносителя для электрических испарителей централизованных систем газоснабжения / А.П. Усачев, А.В. Рулев, А.Ю. Фролов // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения: сб. науч. трудов. Саратов: СГТУ, 2006. С. 115-124.

4. Курицын Б.Н. К моделированию тепловой интерференции подземных резервуаров сжиженного газа в электролитической ванне / Б.Н. Курицын, Н.Н. Осипова // Энергосбережение и эффективность систем теплогазоснабжения и вентиляции: межвуз. науч. сб. Саратов: СГТУ, 2000. С. 29-34.

5. Боглаев Ю.П. Вычислительная математика и программирование / Ю.П. Боглаев. М.: Высшая школа, 1990. 544 с.

**Усачев Александр Прокофьевич –**

доктор технических наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция» Саратовского государственного технического университета

**Рулев Александр Владимирович** –  
ассистент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»  
Саратовского государственного технического университета

**Фролов Алексей Юрьевич** –  
ассистент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»  
Саратовского государственного технического университета

**Усачева Татьяна Александровна** –  
аспирант кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 03.11.06, принята к опубликованию 05.12.06*

УДК 621.6.036

**А.П. Усачев, А.Л. Шурайц**

**МОДЕЛЬ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ  
ПРИ ТЕЧЕНИИ ПАРОВИДКОСТНЫХ СМЕСЕЙ В ТРУБОПРОВОДАХ  
СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ В УСЛОВИЯХ  
ИХ ТЕПЛООБМЕНА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ**

*Приводятся результаты моделирования течения паровидкостных пропан-бутановых смесей в трубопроводах сжиженных углеводородных газов (СУГ) в условиях их теплообмена с окружающей средой для автогазозаправочных (АГЗС), газонаполнительных (ГНС) станций, групповых резервуарных установок с выносными испарителями и других объектов, с целью определения газодинамических сопротивлений, целесообразного диаметра, конечного паросодержания.*

**A.P. Usachyov, A.L. Shurajts**

**GASDYNAMIC RESISTANCES DETERMINATION MODEL AT VAPOR-LIQUID  
MIXTURES CURRENT IN PIPE LINES OF LIQUEFIED HYDROCARBON GAS  
AT CONDITIONS OF HEAT-EXCHANGE WITH SURROUNDINGS**

*Results of modeling of the current of vapor-liquid propane-butane mixtures in pipelines of liquefied hydrocarbon gas (LHG) at conditions of their heat-exchange with surroundings for auto gas refueling stations (AGRS), gas filling (GFS) stations, group of reservoir installation with vaporizers and other objects, with the goal of determination of gas dynamic resistances, expedient diameter, final vapor contents are considered in this work.*

Особую актуальность вопросы определения газодинамических сопротивлений, целесообразного диаметра, конечного паросодержания паровидкостных трубопроводов СУГ приобретают на современном этапе в условиях повышения требований пожаро- и взрывобез-

опасности. Так, для реализации требований НПБ 111-98\*, технологические жидкофазные трубопроводы АГЗС в пределах населенных пунктов должны быть двустенными, т.е. внутренняя труба находится в наружной теплоизолированной трубе с межстенным пространством, заполненным инертным газом. В этих условиях завышение диаметра внутреннего трубопровода СУГ приводит к резкому увеличению затрат в наружный трубопровод и его тепловую изоляцию.

В связи с этим определение расчетных параметров парожидкостных трубопроводов СУГ в условиях их теплообмена с окружающей средой требует проведения специальных исследований с разработкой детальной физико-математической модели гидродинамического расчета.

Проведенный анализ показывает, что использование преимущественно эмпирических и полуэмпирических методов описания процесса [1-6] для определения расхода и потерь давления СУГ в жидкофазных трубопроводах, основанных на непосредственном использовании экспериментальных данных без их обобщения, значительно сокращает область применения полученных на этой основе зависимостей и не позволяет получить достоверные результаты в широком диапазоне изменений расходов и потерь давления.

Для получения аналитических решений задач расчета гидродинамических параметров при течении СУГ по жидкофазным трубопроводам АГЗС и ГНС при проведении исследований использован феноменологический подход [7].

Уравнения неразрывности, движения и энергии приводятся в работе с учетом ряда соотношений, полученных в [8]. Такое представление удобно при проведении газодинамических расчетов проектируемых распределительных трубопроводов жидкой фазы, рабочие режимы которых описываются дифференциальными уравнениями стационарного одномерного течения двухфазной среды.

**Физическая модель** течения парожидкостных пропан-бутановых смесей в трубопроводах сжиженных углеводородных газов (СУГ) в условиях их теплообмена с окружающей средой формулируется следующим образом.

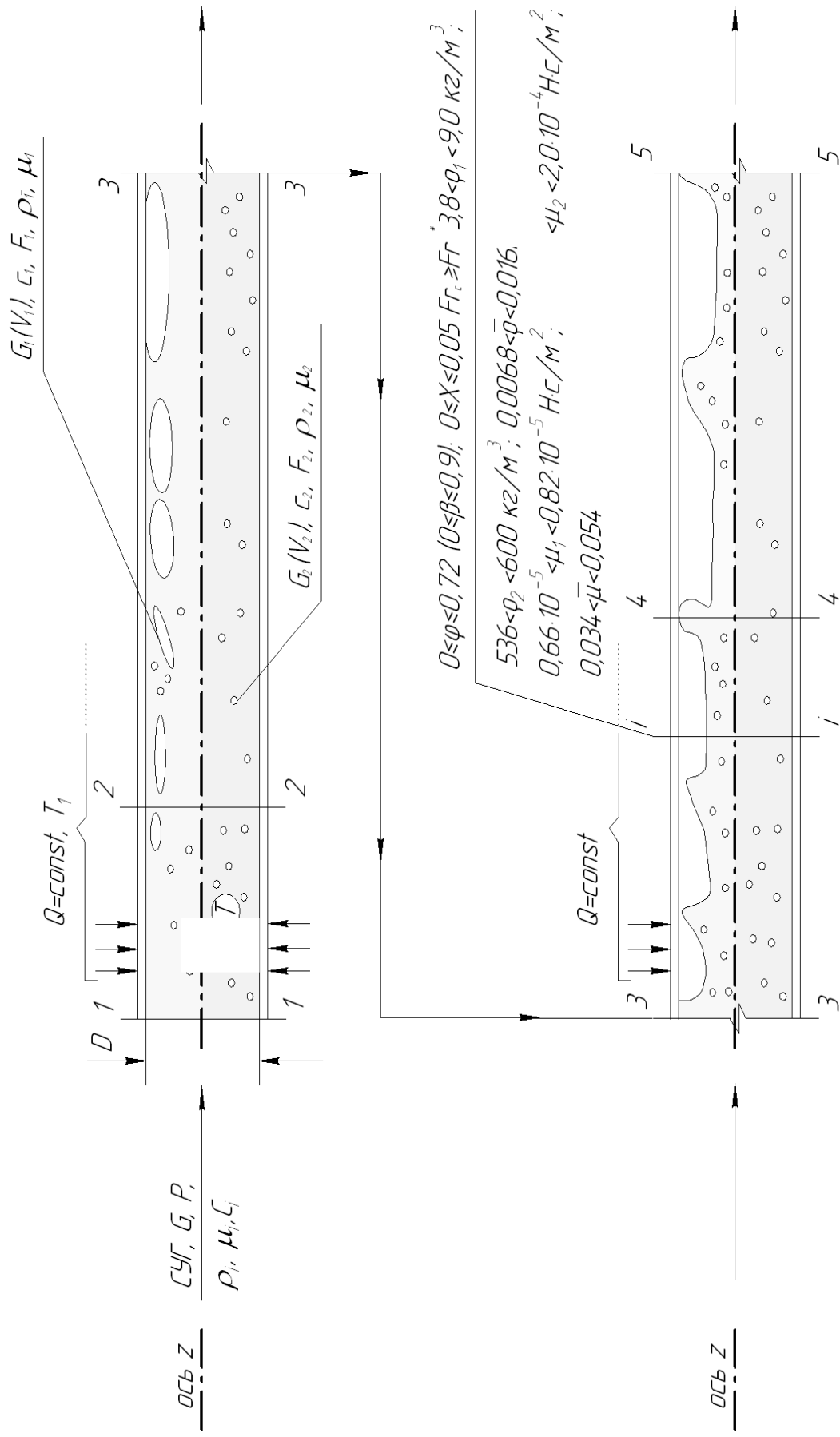
В технологический трубопровод (ТТ), выполненный из бесшовной трубы внутренним диаметром  $d$  (см. рисунок) подается жидкая фаза СУГ из пропан-бутановых смесей с весовым расходом  $G$ . К наружной поверхности ТТ подводится тепловой поток  $Q$  из окружающей среды постоянной интенсивности.

Течение насыщенного СУГ от сечения 1 до сечения 5 при его теплообмене с окружающей средой сопровождается испарением части жидкой фазы и образованием паровой фазы. При этом плотность находится в пределах: паровой фазы  $3,8 < \rho_1 < 9,0$  кг/м<sup>3</sup>; жидкой фазы  $536 < \rho_2 < 600$  кг/м<sup>3</sup>; приведенная плотность  $\bar{\rho} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$  находится в пределах  $0,0068 < \bar{\rho} < 0,016$ .

Вязкость находится в пределах: паровой фазы  $0,66 \cdot 10^{-5} < \mu_1 < 0,82 \cdot 10^{-5}$  Нс/м<sup>2</sup>; жидкой фазы  $0,5 \cdot 10^{-4} < \mu_2 < 2 \cdot 10^{-4}$ ; приведенная вязкость  $\bar{\mu} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$  находится в пределах  $0,034 < \bar{\mu} < 0,054$ . Ис-

тинное паросодержание  $\varphi(F_1/F)$  изменяется в интервале  $0 \leq \varphi \leq 0,72$ , объемное расходное паросодержание  $\beta(V_1/V)$  изменяется в интервале  $0 \leq \beta \leq 0,9$ , массовое паросодержание  $X = G_1/G$  изменяется в пределах  $0 \leq X \leq 0,05$ . Изменение паросодержания  $\varphi(\beta_0)$  приводит к увеличению скорости паровой  $C_1$  и жидкой  $C_2$  фаз и обуславливает переход одного режима течения в другой, протекающих в последовательности: пузырьковый  $\rightarrow$  пробковый  $\rightarrow$  расслоенно-волновой  $\rightarrow$  снарядный.

При этом: пузырьковый режим течения характеризуется образованием пузырьков паровой фазы за счет теплообмена с окружающей средой, их увеличением и движением преимущественно у верхней образующей ТТ, как это показано на рисунке, сечение 1-2.



Расчетная схема течения насыщенного СУГ в горизонтальном (или наклонном) трубопроводе в условиях его теплообмена с окружающей средой

Пробковый режим течения характеризуется увеличением размеров и объединением отдельных пузырьков в паровые пробки, движущиеся вдоль верхней образующей ТТ (сечение 2-3, рисунок).

Расслоенно-волновой режим течения характеризуется расслоением паровой и жидкой фаз СУГ и образованием волн на поверхности раздела газ-жидкость по мере увеличения  $C_1$  и  $C_2$ , а следовательно  $\varphi(\beta)$  (сечение 3-4, рисунок).

Снарядный режим течения СУГ характеризуется увеличением размеров волн настолько, что они касаются верхней образующей трубопровода, образуются вспененные пробки, визуально похожие на снаряды.

Пузырьковый, пробковый и снарядный режимы течения наблюдаются при значениях критерия Фруда парожидкостной смеси меньше граничного  $Fr^*$  т.е.  $Fr \geq Fr^*$ .

Течение парожидкостной смеси СУГ по трубопроводу шероховатостью  $\varepsilon$  сопровождается преодолением сопротивлений, характеризуемых коэффициентом гидравлического сопротивления смеси  $\lambda c$  и падением давления вдоль оси трубопровода  $dP/dz$ .

**Математическая модель** по определению газодинамических сопротивлений при тчении парожидкостных пропан-бутановых смесей в трубопроводах СУГ в условиях их теплообмена с окружающей средой включает систему уравнений (1)-(10) и систему ограничений основных параметров (13).

Уравнения гидродинамики и энергии в совокупности с термодинамическими соотношениями, корреляцией Антуана и любым из вышеперечисленных уравнений состояния [9-12], записанными для определения плотности паровой фазы (например, уравнение Клайперона-Менделеева), образуют математическую модель, состоящую из системы уравнений и описывающую стационарное одномерное неизотермическое течение однокомпонентных СУГ по трубопроводам систем газоснабжения, в которых из резервуаров базы хранения отбирается жидкая фаза в состоянии насыщения:

$$\left. \begin{aligned}
 & \rho_1 \varphi \frac{dc_1}{dz} + \rho_2 (1 - \varphi) \frac{dc_2}{dz} + \frac{d\varphi}{dz} (\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2) + c_1 \varphi \frac{d\rho_1}{dz} = 0 \\
 & \rho_1 \varphi c_1 \frac{dc_1}{dz} + \rho_2 (1 - \varphi) c_2 \frac{dc_2}{dz} + \chi (c_1 - c_2) = -\frac{dP}{dz} - \frac{4}{D} \tau_\varphi + \\
 & + [\varphi \rho_1 + (1 - \varphi) \rho_2] \times g \cos(g^{\wedge} z) \\
 & \rho_1 \varphi c_1 \frac{di_{10}}{dz} + \rho_2 (1 - \varphi) c_2 \frac{di_{20}}{dz} = \chi (i_{20} - i_{10}) + [\varphi \rho_1 c_1 + (1 - \varphi) \rho_2 c_2] \times \\
 & \times g \cos(g^{\wedge} z) - \frac{4}{D} [\varphi c_1 \tau_1 + (1 - \varphi) c_2 \tau_2] + \frac{4k}{D} (T_1 - T) \\
 & \lg P = A - \frac{B}{T + C} ; \\
 & \chi = c_1 \varphi \frac{d\rho_1}{dz} + \rho_1 \varphi \frac{dc_1}{dz} + \rho_1 c_1 \frac{d\varphi}{dz} ; \\
 & i_1 = c_{\rho_2} \frac{dT}{dz} + T \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_1 \cdot \rho_2} \cdot \frac{dP}{dT} ; \\
 & P = Z \rho_1 RT
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь  $\varphi$  – истинное объемное паросодержание смеси;  $C_i$  – истинные скорости движения фаз, м/с;  $\rho_i$  – плотность  $i$ -й фазы, кг/м<sup>3</sup>;  $\chi$  – скорость фазового перехода жидкой фазы в

паровую в единице объема,  $\text{кг}/\text{м}^3\text{с}$ ;  $P$  – давление смеси, Па;  $m_1$  – масса паровой фазы, заключенной в объеме  $V$ , кг;  $t$  – время, с;  $D$  – диаметр трубы, м;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $\tau_\phi$  – среднее во времени и по сечению потока касательное напряжение,  $\text{кг}/\text{м}\cdot\text{с}^2$ ;  $i_1, i_2$  – соответственно энтальпии паровой и жидкой фаз, отнесенные к единице массы, Дж/кг;  $k$  – коэффициент теплопередачи,  $\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$ ;  $T_1$  – температура окружающей среды, К;  $T$  – температура смеси, К;  $A, B, C$  – числовые коэффициенты, экспериментально полученные для различных диапазонов температур;  $C_{p_2}$  – теплоемкость жидкости при постоянном давлении, Дж/кг·К.

Система (1), так же как и совокупность уравнений газо- и термодинамики для многокомпонентных двухфазных систем, является незамкнутой, так как число неизвестных больше числа приведенных уравнений. Обычно в качестве замыкающих соотношений используют зависимости истинного газосодержания и касательного напряжения от физических и расходных характеристик потока [13]. Поскольку аналитических зависимостей для  $\phi$  и  $\tau_\phi$  в настоящее время не существует, для замыкания используются полуэмпирические соотношения, полученные на основе обработки и обобщения экспериментальных данных.

Результаты оценочных расчетов и экспериментальных исследований процесса транспорта кипящей смеси пропан-бутана свидетельствуют о том, что при оптимальной протяженности тупиковых распределительных жидкофазных трубопроводов, не превышающей 300-500 м, и планируемом расходе порядка 200-500 кг/ч величина критерия Фруда для потоков в трубах диаметром 0,01-0,04 м будет находиться в пределах 4-200.

Поскольку максимальные потери давления по длине жидкофазного трубопровода, с учетом местных сопротивлений составят не более 0,1 МПа, расходное паросодержание не превышает значение 0,9.

Приведенные замечания позволяют сделать вывод о наличии в большинстве случаев в трубопроводах пробковой структуры двухфазного потока. Визуальные наблюдения за структурой потока также показывают, что чаще всего и на этих участках имеет место пробковая структура течения. Можно предположить, что пробковый режим на этих участках вызван наличием большого количества местных сопротивлений на относительно небольшой длине трубопровода. Их возмущающее воздействие на поток приводит к разрушению расслоенно-волнового течения и образованию пробок (снарядный режим течения); обратного перехода к расслоенному режиму может не происходить ввиду малой протяженности прямолинейных участков, служащих успокоительными зонами после местных сопротивлений.

Можно предположить, что пробковый (снарядный) режим на этих участках вызван наличием большого количества местных сопротивлений на относительно небольшой длине трубопровода. Их возмущающее воздействие на поток приводит к разрушению расслоенного течения и образованию пробок; обратного перехода к расслоенному режиму может не происходить ввиду малой протяженности прямолинейных участков, служащих успокоительными зонами после местных сопротивлений. Подтверждения этому предположению можно найти в литературных источниках. Например, в работе [15] рассматривается механизм образования пробок при прохождении препятствий кольцевым или разделенным потоком. В этом случае, как считают авторы, образующиеся вихревые потоки газовой фазы увлекают за собой жидкость, находящуюся вблизи межфазной границы, а жидкость, находящаяся у стенки (кольцевой режим), стекает вниз. Таким образом, в зоне газовой фазы образуются жидкостные перемычки, разделяющие отдельные газовые пробки.

Форма представления касательного напряжения  $\tau_1$  и  $\tau_2$  через коэффициент гидравлического сопротивления смеси  $\lambda_C$  для пробковой структуры течения имеет следующий вид [8]:

$$\tau_1 = \frac{\lambda_C}{8} \rho_1 c_1^2 \quad \tau_2 = \frac{\lambda_C}{8} \rho_2 c_2^2 \quad (2)$$

или для суммарного выражения вязких и турбулентных напряжений:



$$\tau_{\varphi} = \frac{\lambda_C}{8} [\varphi \rho_1 c_1^2 + (1 - \varphi) \rho_2 c_2^2], \quad (3)$$

где  $\lambda_C$  – коэффициент гидравлического сопротивления смеси.

С.Г. Телетов [16] предложил обобщенные критерии подобия для обработки экспериментальных данных по гидравлическим сопротивлениям. Выражая суммарное касательное напряжение через коэффициент гидравлического сопротивления смеси  $\lambda_C$ , плотности, скорости фаз, он ввел следующее представление для  $\lambda_C$ :

$$\lambda_C = \lambda(Re_C, \varepsilon) \Psi[\beta, Fr_C, We, \bar{\mu}, \bar{\rho}, \cos(g, z)], \quad (4)$$

где  $Re_C, Fr_C, We$  – соответственно критерии подобия Рейнольдса, Фруда и Вебера;  $\bar{\mu}, \bar{\rho}$  – соответственно приведенные вязкость и плотность смеси (отношение значения параметра для паровой фазы к параметру жидкости);  $\varepsilon$  – относительная шероховатость стенки трубы;  $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления для течения гомогенной среды, рассчитанный по закону турбулентных течений;  $\Psi$  – приведенный коэффициент, показывающий отклонение  $\lambda_C$  от  $\lambda$  при  $Re = Re_C$  и являющийся функцией всех критериев подобия двухфазного течения, кроме  $Re_C$ ;  $\beta$  – объемное расходное газосодержание смеси, определяемое как

$$\beta = \frac{G_1 / \rho_1}{G_1 / \rho_1 + G_2 / \rho_2} = \frac{\varphi \cdot c_1}{\varphi \cdot c_1 + (1 - \varphi) c_2}. \quad (5)$$

Выражения для определяющих критериев подобия смеси в формуле (4) были получены в [8]. Так, критерии  $Re_C$  и  $Fr_C$  имеют следующий вид:

$$Re_C = \frac{\varphi \rho_1 c_1^2 + (1 - \varphi) \rho_2 c_2^2}{\varphi \mu_1 c_1 + (1 - \varphi) \mu_2 c_2} D; \quad (6)$$

$$Fr_C = \frac{\varphi \rho_1 c_1^2 + (1 - \varphi) \rho_2 c_2^2}{[\varphi \rho_1 + (1 - \varphi) \rho_2] g D}. \quad (7)$$

Условием существования пробкового режима течения для горизонтальных и слабо-наклонных газопроводов СУГ является  $Fr_C \geq Fr_r^*$ ,

$$Fr_r^* = \left[ 0,2 + \frac{2 \sin(g, z)}{\lambda_{жс}} \right] \frac{e^{-2,5\beta}}{(1 - \beta)^2}. \quad (8)$$

Здесь  $\lambda_{жс}$  определяется по числу  $Re$ , соответствующему скорости безнапорного течения жидкости в наклонном участке эквивалентного трубопровода с заданным значением геометрического уклона.

Для жидкостей, близких по физическим свойствам к воздушно-водяным, в работе [8] были получены зависимости для приведенного коэффициента  $\Psi$  в формуле (4), а также истинного газосодержания  $\varphi$  в системе уравнений (1) от определяющих критериев подобия при пробковом течении, не учитывающие влияния  $\bar{\mu}$ :

$$\varphi = 0,81\beta(1 - e^{-2,2\sqrt{Fr_C}}); \quad (9)$$

$$\Psi = \frac{1 - 0,78\beta[1 - \exp(-2,2\sqrt{Fr_C})] - 0,22[1 - \exp(-15\rho)]\beta}{1 - \beta}. \quad (10)$$

При этом значения  $\bar{\mu}$  и  $\bar{\rho}$  изменялись соответственно:

$$0,0009 \leq \bar{\mu} \leq 0,018; \quad 0,0012 \leq \bar{\rho} \leq 0,103, \quad (11)$$

а физические свойства фаз варьировались в пределах:

$$\begin{aligned} \mu_1 > 10^{-5} \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2; \quad \mu_2 < 0,02 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2; \\ 1,0 < \rho_1 < 50 \text{ кг}/\text{м}^3; \quad 800 < \rho_2 < 1100 \text{ кг}/\text{м}^3. \end{aligned} \quad (12)$$

В работе [17] исследовались критериальные зависимости  $\varphi(\beta)$  для вязких жидкостей с  $\mu_2 < 0,02 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$ . Было показано, что с увеличением вязкости жидкости уменьшается автомодельное число Фруда по сравнению с воздушно-водяными смесями, а в полуэмпирическом соотношении, связывающем  $\varphi$  и  $\beta$ , появляются коэффициенты, зависящие от критерия  $\bar{\mu}$ . Опыты проводились на газожидкостных смесях типа воздух-глицерин, воздух-масло.

Хотя сжиженные углеводородные газы не относятся к жидкостям с преобладающим влиянием сил вязкости и по значениям параметров  $\mu_2$ ,  $\rho_1$ ,  $\bar{\rho}$  близки к воздушно-водяным смесям, другие параметры СУГ, такие как  $\mu_1$ ,  $\bar{\mu}$ ,  $\rho_2$ , не попадают в диапазоны (11), (12) применимости критериальных соотношений (8), (10).

**Система** ограничений основных параметров паровой, жидкой фаз и их смесей, соответствующих режимам эксплуатации жидкофазных трубопроводов, имеет следующий вид [18]:

$$\begin{aligned} 0 < \varphi < 0,72; \quad 0 < \beta < 0,9; \quad Fr_C \geq Fr^*; \\ 3,8 < \rho_1 < 9,0 \text{ кг}/\text{м}^3; \quad 536,0 < \rho_2 < 600,0 \text{ кг}/\text{м}^3; \quad 0,0068 < \bar{\rho} < 0,016; \\ 0,66 \cdot 10^{-5} < \mu_1 < 0,82 \cdot 10^{-5} \text{ Нс}/\text{м}^2; \quad 1,5 \cdot 10^{-4} < \mu_2 < 2 \cdot 10^{-4} \text{ Нс}/\text{м}^2; \quad 0,034 < \bar{\mu} < 0,054. \end{aligned} \quad (13)$$

Проведенные экспериментальные исследования [18] подтверждают достоверность математической модели (1)-(10) и показывают, что: 1) полученные на кипящих потоках пропан-бутановых смесей пробковой и снарядной структуры опытные данные дают возможность расширить область использования критериальных зависимостей (9), (10), полученных для воздушно-водяных смесей, в плане их применения для гидравлических расчетов трубопроводов, транспортирующих парожидкостные смеси СУГ в состоянии насыщения; при этом значения средней скорости течения должны находиться в диапазоне  $0,4 \leq C \leq 3 \text{ м}/\text{с}$ , что соответствует расчетным режимам при транспорте СУГ по жидкофазным трубопроводам; 2) процесс теплообмена с окружающей средой, имеющий место в реальных системах газоснабжения, практически не оказывает влияния на вид критериальных зависимостей вплоть до значений удельных тепловых нагрузок  $q/G \sim 3 \text{ кДж}/\text{кг}\cdot\text{м}$ ; 3) расчеты значений паросодержания потоков сжиженных газов в трубопроводах можно производить по формуле (10), полученной для адиабатических течений, при перепадах температур между СУГ в трубах и окружающей средой, не превышающих  $7-8^\circ\text{C}$ , что, как правило, имеет место в трубопроводных сетях небольшой протяженности при одинаковом расположении резервуаров и газопроводов, например подземном; при перепадах температур между СУГ в трубах и окружающей средой, превышающих  $7-8^\circ\text{C}$ , указанной формулой можно пользоваться лишь для оценочных расчетов или для получения нулевого приближения при проведении более точных расчетов на ЭВМ.

По результатам проведенных исследований можно сделать выводы.

Разработана физико-математическая модель гидродинамического расчета технологических трубопроводов СУГ, включающая: физическую модель с расчетной схемой на рисунке; математическую модель, состоящую из системы уравнений (1)-(10) и системы ограничений основных параметров (13), позволяющую определять диаметр и потери давления при пропуске в трубопроводе насыщенных парожидкостных смесей пропан-бутанов в условиях их теплообмена с окружающей средой для пузырькового, пробкового и снарядного режимов течения.

Проведенные экспериментальные исследования подтверждают достоверность математической модели (1)-(10).

## Литература

1. Burnell J.G. Flow of boiling water through nozzles, orifices and pipes / J.G. Burnell // Engineering. London, 1947. Vol. 164 (4272). P. 572-576.
2. Isothermal pressure drop for two-phase two-component flow in a., horisontal pipe / R.C. Martinelly, L.M.K. Boelter, T.H.M. Taylor et al. // Transaction of American Society Mechanical Engineers. 1944. Vol. 66. № 2. P. 139-151.
3. Minami K. Liquid holdup in wet-gas pipelines / K. Minami, J.P. Brill // Petroleum. Engineering. 1987. Vol. 2. P. 36-44.
4. Taitel Y. A model for predicting flow regime transitions in horizontal and near-horizontal flow / Y. Taitel, A.E. Dukler // American Industrial Chemical Scientific Journal. 1976. Vol. 22. P. 47-55.
5. Wallis G.B. The onset of slugging in horisontal stratified air-water flotr / G.B. Wallis, J.E. Dobson // International Journal of Multiphase Flow. 1973. Vol. 1. № 1. P. 173-193.
6. White P.O. Horizontal co current two-phase flow of fluids in pipelines / P.O. White, R.L. Huntington // Petroleum. Engineering. 1955. Vol. 27. № 9. P. 40-45.
7. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения / Г. Уоллис; пер. с англ. М.: Мир, 1972. 440 с.
8. Гидродинамика газожидкостных смесей / В.А. Мамаев, Г.Э. Одишария, Н.И. Семёнов и др. М.: Недра, 1969. 208 с.
9. Дейч М.Е. Газодинамика двухфазных сред. 2-е изд., перераб. и доп. / М.Е. Дейч, Г.А. Филиппов. М.: Энергоиздат, 1981. 472 с.
10. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. М.: Наука, 1978. 736 с.
11. Михеев М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. М.: Энергия, 1973. 320 с.
12. Клименко А.П. Сжиженные углеводородные газы. 3-е изд., перераб. и доп. / А.П. Клименко. М.: Недра, 1974. 368 с.
13. Вайсман М.Д. Термодинамика парожидкостных потоков / М.Д. Вайсман. Л.: Энергия, 1967. 270 с.
14. Абдурашитов С.А. Трубопроводы для сжиженных углеводородных газов / С.А. Абдурашитов, А.А. Тупиченков. М.: Недра, 1965. 216 с.
15. Теплопередача в двухфазном потоке / под ред. Д. Баттерворса и Г.Ф. Хьюитта; пер. с англ. М.: Энергия, 1980. 328 с.
16. Телетов С.Г. О коэффициентах сопротивления при течениях двухфазных смесей / С.Г. Телетов // ДАН СССР. 1946. Т. 51, № 8. С. 579-582.
17. Клапчук О.В. Истинные концентрации жидкости и газа в газопроводах системы промысел – ГПЗ / О.В. Клапчук, Н.Н. Елин // Газовая промышленность. Сер. Транспорт и хранение газа: реф. сб. М.: ВНИИЭгазпром, 1979. Вып. 3. С. 18-28.
18. Шурайц А.Л. Экспериментальные исследования гидродинамических сопротивлений в распределительных трубопроводах насыщенной жидкой фазы СУГ в условиях ее теплообмена с окружающей средой / А.Л. Шурайц // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоснабжения: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2005. С. 91.

### **Усачев Александр Прокофьевич –**

доктор технических наук, профессор кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция» Саратовского государственного технического университета

### **Шурайц Александр Лазеревич –**

кандидат технических наук, профессор кафедры «Теплогасоснабжение и вентиляция» Саратовского государственного технического университета, генеральный директор ОАО «Гипрониигаз», г. Саратов

*Статья поступила в редакцию 03.11.06, принята к опубликованию 05.12.06*

**А.П. Усачев, А.Л. Шурайц, А.А. Феоктистов**

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА  
К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ХРАНИЛИЩ  
СЖИЖЕННОГО ГАЗА МИНИ-ТЭС**

*На основе системного подхода разработаны структурная схема опасных внешних воздействий на подземные установки хранения и распределения сжиженного углеводородного газа (СУГ) мини-ТЭС, алгоритм создания и конструктивные решения систем обеспечения их безопасности с требуемыми свойствами и параметрами. Предлагаемые технические решения позволяют значительно повысить эффективность систем обеспечения безопасности, а также снизить величину индивидуального риска при авариях, связанных с утечками СУГ из установок хранения до  $8,7 \cdot 10^{-9} \text{ год}^{-1}$ .*

**A.P. Usachyov, A.L. Shurajts, A.A. Feoktistov**

**SYSTEM APPROACH APPLICATION IN DEVELOPMENT OF SAFETY PROVISION  
OF LIQUEFIED GAS MINI-HEN DEPOT**

*On the base of system approach structured scheme of dangerous external influences is developed on the underground installation of storage and distribution of liquefied hydrocarbon gas (LHG) of mini-HEN, algorithm of the creation and constructive decisions of the systems of the provision to their safety with required characteristic and parameter. Proposed technical decisions allow to raise vastly the efficiency of systems provision of safety, as well as reduction of the value of the individual risk at damage, in accordance with capsulation of the installation of LHG storage up to  $8,7 \cdot 10^{-9} \text{ year}^{-1}$ .*

В настоящее время все более широкое применение для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии находят мини-ТЭС, использующие в качестве основного топлива природный сетевой газ высокого давления. В качестве резервного топлива используется сжиженный углеводородный газ, подаваемый из резервных подземных хранилищ мини-ТЭС.

Актуальной задачей при разработке мини-ТЭС является обеспечение безопасности и герметичности резервуаров сжиженного углеводородного газа. Особую актуальность вопросы разработки и исследования систем обеспечения безопасности (СОБ), приобретают на современном этапе в условиях повышения требований пожаро- и взрывобезопасности на опасных производственных объектах (ОПО), к которым относятся согласно [1] подземные хранилища СУГ на мини-ТЭС.

Одной из основных причин возникновения аварий на опасных производственных объектах является недостаточный технический уровень систем обеспечения их промышленной безопасности (ПБ). По данным Государственного доклада о состоянии промышленной безопасности в 2003 году на долю технических причин приходится 29% аварий, 23,5% смертельного травматизма в общем объеме аварий и травматизма на ОПО.

На передний план здесь в настоящее время выходят технические причины, обусловленные недостаточной изученностью технологических процессов на ОПО, несовершенством технических устройств, недостаточной изученностью опасных внешних воздействий на

опасные производственные объекты, отсутствие или неисправность средств противоаварийной защиты и сигнализации.

Рассмотрим последовательность действий (алгоритм) при разработке такого конструктивного устройства ОПО, которое обеспечит заданный уровень требований ПБ, на примере установок хранения сжиженных углеводородных газов мини-ТЭС.

Под *опасными внешними* воздействиями, оказываемыми на ОПО и в частности на подземные установки хранения СУГ, понимаются такие, которые могут привести к реализации аварии.

Результатами опасных внешних воздействий является разгерметизация стенок стальных стенок подземных резервуаров с утечкой СУГ в окружающую среду.

В случае возникновения аварий *опасными поражающими* воздействиями установок хранения сжиженных углеводородных газов мини-ТЭС на людей и объекты являются избыточное давление и тепловое излучение [2].

*Назначение* алгоритма: разработка конструкции ОПО с заданным уровнем промышленной безопасности и систем обеспечения промышленной безопасности ОПО на стадии научных исследований, составления технических предложений, заданий, проектов, что предшествует стадии разработки комплекта технической документации.

*Область применения:* опасные производственные объекты газораспределительной отрасли. Проверены на установках хранения, распределения и регазификации СУГ.

Предлагаемый алгоритм разработки систем обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов на примере подземных установок хранения сжиженного углеводородного газа позволяет на базе системного подхода выявить и обобщить опасные внешние воздействия на установки хранения СУГ, проанализировать возможные последствия этих воздействий, задать уровень требований, исключающий или сводящий к минимуму эти опасные воздействия, оценить уровень рисков и разработать модель системы обеспечения промышленной безопасности ОПО, удовлетворяющей заданному уровню требований и рисков.

Укрупненный алгоритм разработки ПБ ОПО для хранения СУГ мини-ТЭС приведен в общем виде на рис. 1.

Предлагаемый алгоритм составлен в полном соответствии с ISO 9001 [3] и реализует его основное положение: 1. Планирование (установление цели и требований) → 2. Исполнение (разработка конструкции) → 3. Проверка соответствия разработки (2) установленной цели (1) → 4. Воздействие (приведение конструкции (2) в соответствие с целью (1)).

Так: разделы 1-6 алгоритма (рис. 1) реализуют ISO 9001 по пункту 1; разделы 7-9 алгоритма (рис.1) реализуют ISO 9001 по пункту 2; раздел 10 алгоритма (рис. 1) реализует ISO 9001 по пункту 3; стрелка от раздела 10 к разделу 9 алгоритма (рис. 1) реализует ISO 9001 по пункту 4. Стрелка от разд.8 к разд. 6 показывает необходимость приведения разработанной физической модели в соответствии с разделом 6 алгоритма (рис. 1) если при ее разработке не удалось реализовать заданный уровень требований, т.е.  $10^{-8} \div 10^{-6} \geq P_{инд}$ . Здесь также выполняется требование ISO 9001 по пункту 4.

Таким образом, алгоритм является рабочим инструментом ISO 9001 при разработке систем обеспечения безопасности ОПО.

Применительно к подземным резервуарам СУГ обеспечение промышленной безопасности заключается в создании системы обеспечения герметичности стальных стенок подземных сосудов и предотвращения утечек СУГ в окружающую среду.

Рассмотрим более детально последовательность разработки ПБ подземных установок хранения СУГ согласно пунктам 1-10 укрупненного алгоритма, изображенного на рис. 1.

1. *Опасным* производственным объектом, следуя п.1 рис. 1, является резервуарная установка для хранения сжиженного углеводородного газа, с подземным расположением сосудов.

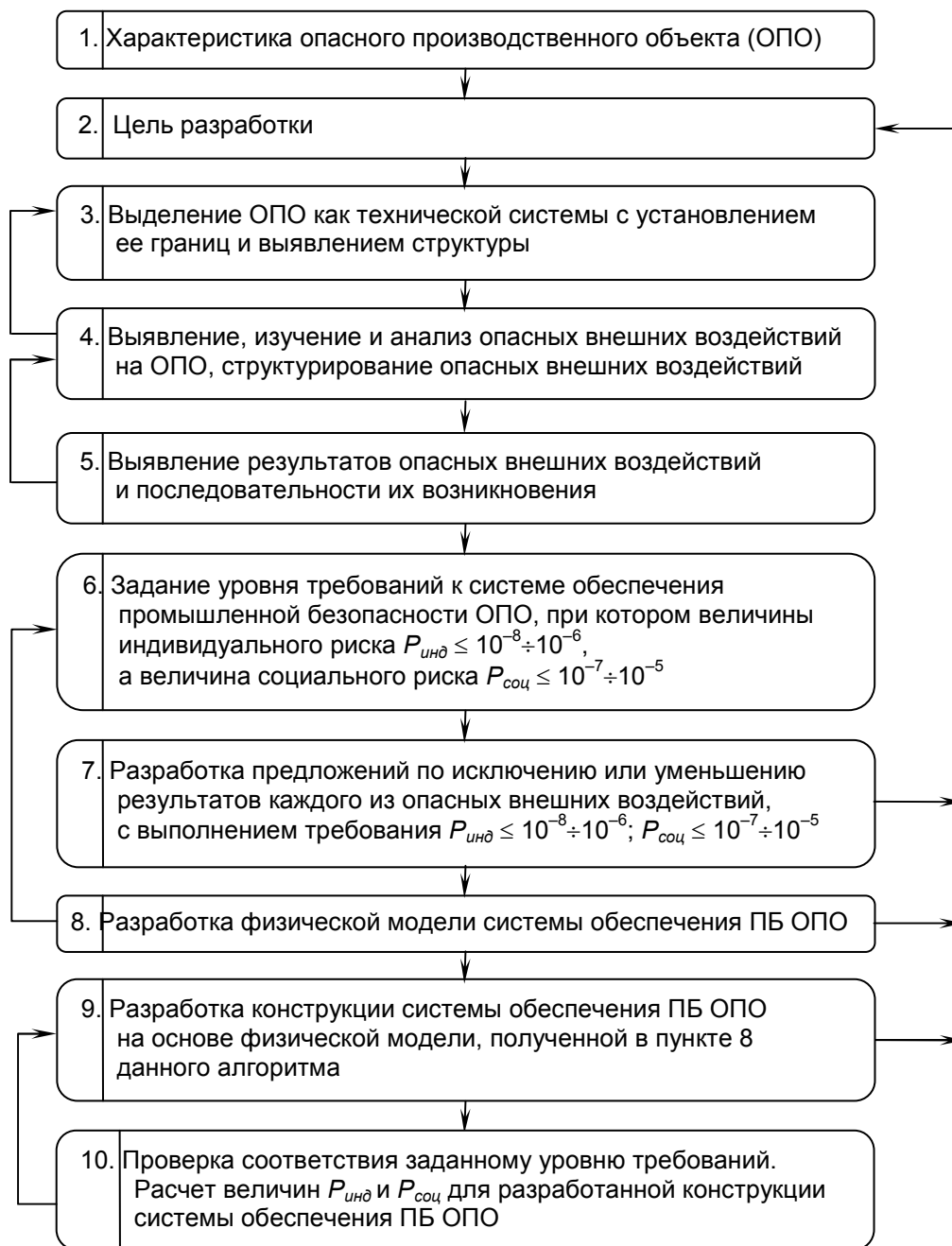


Рис. 1. Укрупненный алгоритм разработки системы обеспечения промышленной безопасности ОПО

2. Целью работы является разработка системы защиты от разгерметизации стальных стенок подземных резервуаров и предотвращения утечек СУГ в окружающую среду с заданным уровнем промышленной безопасности.

3. Границами подземных резервуаров хранения СУГ является наружная поверхность их стальных стенок, включая крышку, фланцы и штуцеры, запорно- предохранительные и другие устройства в закрытом состоянии, непосредственно сообщающиеся с СУГ, находящимися в резервуаре.

4. Выявление, изучение и анализ опасных внешних воздействий на подземный резервуар СУГ и систему его защиты осуществлялись исходя из подхода к субъекту разработки как к целостной системе.

Система защиты резервуара есть единая совокупность подсистем, объединенных общей целью – обеспечение защиты его стенок от сквозных повреждений и утечек СУГ в окружающую среду. В общем случае система защиты от сквозных повреждений и утечек СУГ в окружающую среду включают следующие подсистемы:

– подсистема пассивной защиты (например существующая, в виде диэлектрической герметичной оболочки, отделяющей стальной резервуар СУГ от коррозионных воздействий грунта);

– подсистема активной, постоянно действующей, защиты границ резервуара (стенок, крышки, арматуры). Например существующая, в виде катодной поляризации.

Результаты анализа опасных внешних воздействий на подземный резервуар СУГ и систему его защиты [4], разделенных на три группы 4.1÷4.3, приведены на структурной схеме (рис. 2).

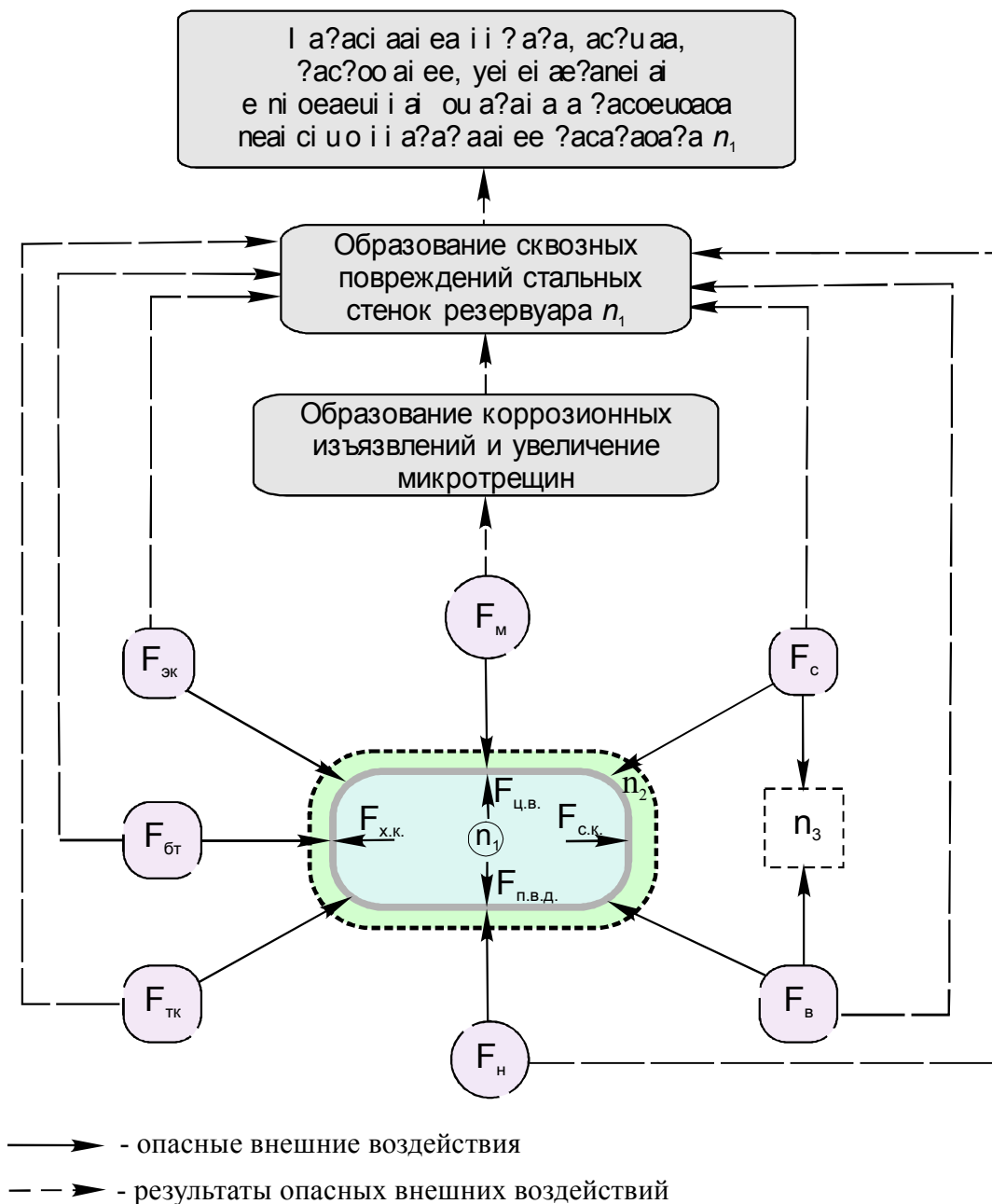


Рис. 2. Структурная схема опасных внешних воздействий на подземный резервуар СУГ

4.1. Опасными внешними воздействиями по отношению к наружным поверхностям сосудов СУГ, соприкасающимся с грунтом [4], являются приведенные на рис. 2: 1)  $F_{э.к}$  – электрохимическая коррозия; 2)  $F_{б.м}$  – электрохимическая коррозия, вызванная блуждающими токами рассеивания; 3)  $F_{т.к}$  – точечная коррозия в результате образования кислородных ячеек; 4)  $F_c$  – коррозия в результате восстановления сульфатов анаэробными бактериями в несодержащих кислород связных грунтах; 5)  $F_e$  – водородная коррозия; 6)  $F_{крн}$  – коррозия под напряжением («стресс-коррозия»); 7)  $F_m$  – механические воздействия.

4.2. Опасными внешними воздействиями по отношению к внутренним поверхностям сосудов СУГ, соприкасающимся со сжиженным углеводородным газом по ГОСТ 20448-90 [5] и ГОСТ [6], являются приведенные на рис. 2: 1)  $F_{с.к}$  – сернистая коррозия; 2)  $F_{х.к}$  – химическая коррозия кислородного типа; 3)  $F_{ц.в}$  – циклические изменения внутреннего давления СУГ в процессе слива – налива; 4)  $F_{н.в.д}$  – повышение внутреннего давления СУГ в результате заправки некондиционным газом или переполнения резервуара жидкой фазой и внешнего нагрева.

4.3. Опасными внешними воздействиями по отношению к наружным поверхностям сосудов (крышка, фланцы, штуцеры, запорно-предохранительные и другие устройства в закрытом состоянии, непосредственно сообщающиеся с СУГ в резервуаре), соприкасающимся с наружным воздухом, являются приведенные на рис. 2: 1)  $F_{наг}$  – внешний нагрев в результате пожара на участках, соседних с резервуаром; 2)  $F_m$  – механические несанкционированные воздействия, ударная волна.

5. *Выявление результатов опасных внешних воздействий на подземную резервуарную установку и последовательности их возникновения.*

Результаты опасных внешних воздействий на подземный резервуар СУГ и систему его защиты, разделенных на пять этапов 1.1÷1.5 и подробно рассмотренных в [7], приведены на структурной схеме (рис. 3).

Результатом внешних механических воздействий на стальной подземный сосуд и антикоррозионную оболочку являются: сквозные повреждения антикоррозионной оболочки и образование микротрещин на наружной поверхности стальной стенки подземного резервуара.

Результатом внешних коррозионных воздействий являются изъязвления наружной поверхности стальной стенки подземного резервуара, а совместных механических и коррозионных воздействий (стресс-коррозия) – углубление микротрещин и изъязвлений. Результатами внешнего нагрева или пожара, возникшего на участках, соседних с резервуаром, а также дальнейших механических и коррозионных воздействий могут стать сквозные повреждения стальных стенок подземного сосуда (раскрытие стенок и свищи) с утечкой СУГ в окружающую среду. При наличии источника зажигания утечка сопровождается пожаром или взрывом с возникновением разрушений, экологическим и социальным ущербом.

Проведенный анализ и результаты, приведенные в [7], показывают, что механизм образования повреждений резервуара и систем его защиты от внешних воздействий складывается из пяти этапов, протекающих в строго *определенной последовательности*, начиная от п.1.1 до п.1.5, показанной на рис. 3.

6. *Задание уровня требований, которому должны удовлетворять мероприятия и технические решения по исключению результатов опасных внешних воздействий, осуществляется путем специально проведенного анализа и исследований, а также изучения и отбора требований, показателей, ограничений международных и отечественных нормативных документов (ГОСТ, СНиП, Правил, и т.п.) по промышленной безопасности.*

Проведенный анализ нормативных документов [2, 9-12] позволяет выявить и подобрать специальные требования, показанные на рис. 3 (см. п.2.1-2.5).

В качестве критериев оценки уровня промышленной безопасности установок хранения СУГ, учитывая, что поражающими факторами здесь являются избыточное давление и тепловое излучение, приняты нормируемые величины индивидуального риска  $P_{инд} < 10^{-8} ÷ 10^{-6}$  и социального риска  $P_{соц} < 10^{-7} ÷ 10^{-5}$  [2].



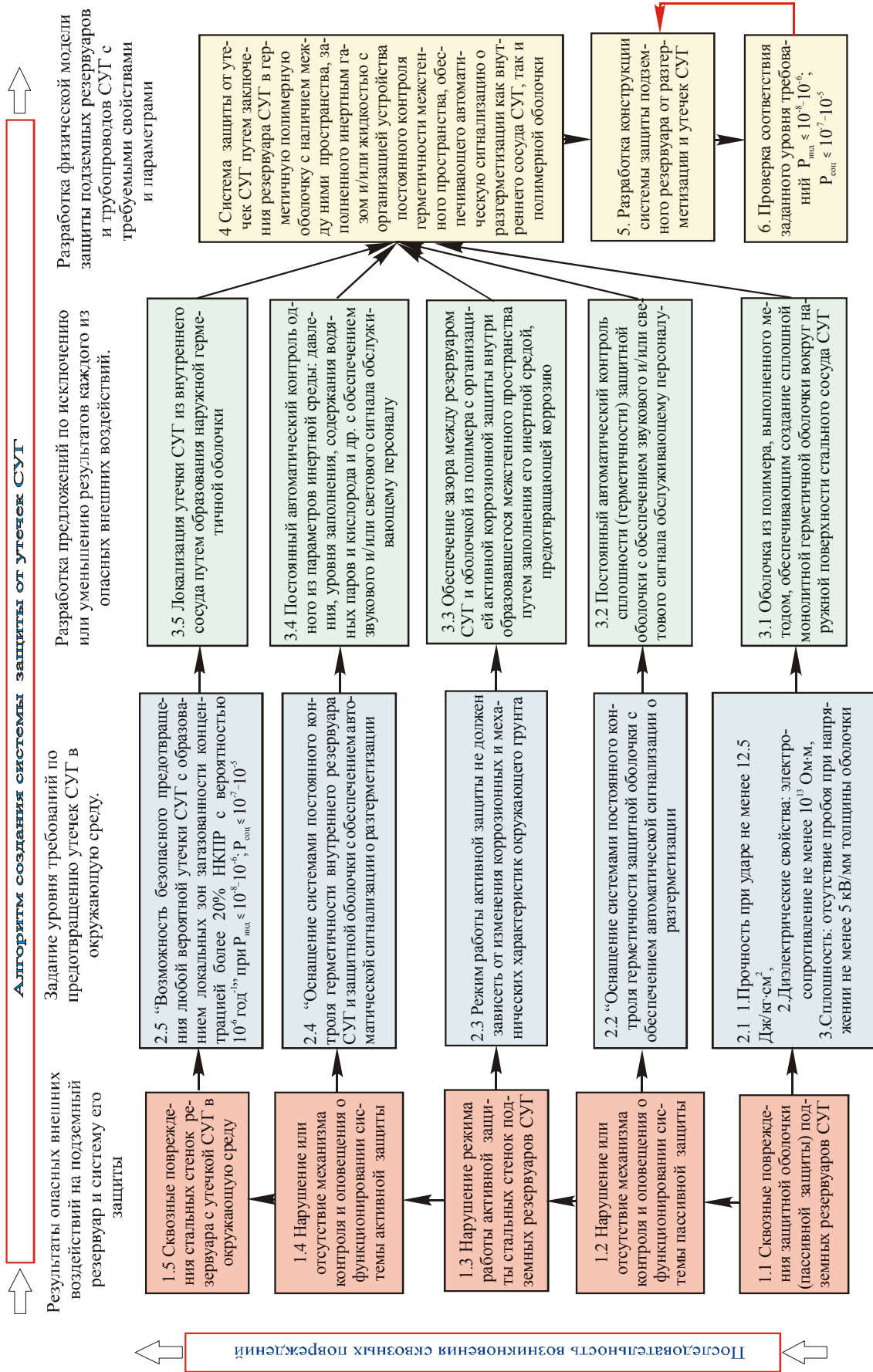


Рис. 3. Алгоритм создания системы защиты подземных резервуаров и трубопроводов от утечек СУГ в окружающую среду

Методика расчета  $P_{инд}$  для установок хранения с построением логической схемы образования утечек СУГ и дерева событий при развитии аварии приведена в [13].

Следует отметить: существующие резервуарные установки СУГ характеризуются уровнями индивидуального риска в размере  $P_{инд} = 10^{-3,5}$  год<sup>-1</sup>, что не удовлетворяет требованиям ГОСТ Р12.9.047-98 [2].

7. *Разработка* предложений по исключению или уменьшению результатов опасных внешних коррозионных, механических и других воздействий осуществляется, исходя из анализа соответствующей горизонтальной строки и заданного уровня требований, показанных на рис. 3 (см. п.2.1-2.5).

Так, для последней пятой горизонтальной строки 2.5 рис. 3 результатом внешних воздействий является сквозное повреждение стальной стенки резервуара с утечкой СУГ в окружающую среду. Расчеты, проведенные согласно [13], показывают, что обеспечение величины индивидуального риска не более  $10^{-6}$  1/год при авариях в результате утечек СУГ из одного или нескольких отверстий в наружную среду, возникающих в заранее неизвестных точках поверхности резервуара возможно только за счет образования вокруг него герметичной наружной оболочки (сосуда, футляра).

8. *Разработка физической модели* системы защиты подземных резервуаров и трубопроводов СУГ с заданным уровнем требований осуществляется посредством объединения и комбинирования отдельных подсистем (узлов), указанных в п.3.1-3.5.

Так, наличие наружной герметичной полимерной оболочки с образованием межстенного пространства в создаваемой системе защиты является необходимым, поскольку она одновременно выполняет функции пассивной защиты от разгерметизации (см. п.3.1 рис. 3) и устройства для локализации утечек СУГ из резервуара СУГ (см. п.3.5 рис. 3).

Также является необходимым наличие инертной среды, с возможностью контроля такого параметра (давления, уровня и т.п.), по которому однозначно определяется герметичность образовавшегося межстенного пространства. Возможность постоянного контроля понижения давления или уровня инертной среды в любой момент времени, свидетельствующего о разгерметизации наружной оболочки и утечке инертного газа через ее сквозное повреждение, реализует требования, указанные в п.2.2 и 3.2. Возможность постоянного контроля инертной среды в любой момент, включая повышение давления или уровня, свидетельствующего о разгерметизации внутреннего резервуара и утечке из него сжиженного углеводородного газа, реализует требования, указанные в п.3.4.

В результате объединения и комбинирования подсистем 3.1 и 3.5, а также 3.2 и 3.4 формируется система коррозионной защиты с требуемыми свойствами (см. п.2.1-2.5) путем заключения резервуара СУГ в герметичную полимерную оболочку с наличием между ними пространства, заполненного инертным газом и/или жидкостью с организацией устройства постоянного контроля герметичности межстенного пространства, обеспечивающего автоматическую сигнализацию о разгерметизации как внутреннего сосуда СУГ, так и полимерной оболочки.

9. *Разработка конструкции* системы защиты подземных резервуаров от разгерметизации и утечек СУГ проводилась на основе физической модели, полученной в пункте 8. Схема системы защиты приведена на рис.4 для варианта горизонтальной надземной установки резервуара СУГ с засыпкой песком в постоянную опалубку из железобетонных плит. Предлагаемая надземная установка резервуара СУГ приравнивается согласно [11] к подземной и имеет следующее устройство [14, 15].

Подземный резервуар 1 для хранения СУГ выполнен в виде внутреннего сосуда 2 с люком 3, помещенного в не сообщающуюся с ним герметичную полимерную оболочку 4, жестко связанного с ней соединительными элементами 5. Наружная оболочка 4, в зависимости от технологии изготовления, армируется синтетическими волокнами, стеклотканью или тонколистовой сталью.

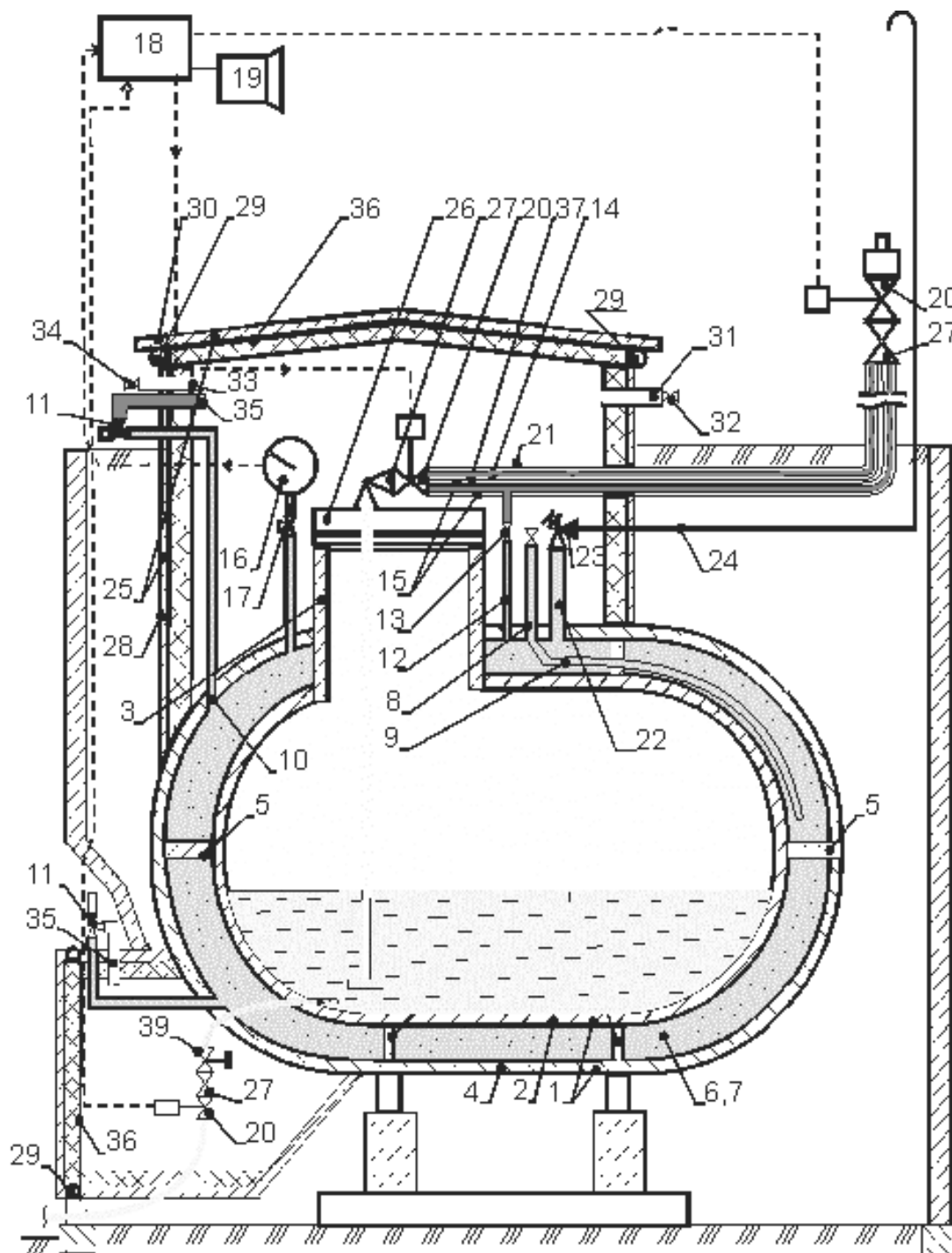


Рис. 4. Схема надземной горизонтальной установки двустенного резервуара с СУГ и засыпкой песком в постоянную опалубку из железобетонных плит

Межстенное пространство 6 между внутренним сосудом 2 и наружной полимерной оболочкой 4 заполнено инертным газом 7 для исключения возможности коррозии и разгерметизации стенок внутреннего сосуда 2 со стороны его наружной поверхности.

Наружная оболочка 4, в своей верхней части имеет: патрубок 8 для заполнения межстенного пространства 6 инертным газом 7; штуцер 10 с трехходовым краном 11 для удаления воздуха, вытесняемого из межстенного пространства 6 инертным газом 7; замыкающий канал 12 с краном 13 для сообщения с межтрубным пространством 14 двустенного на от-

дельных своих участках трубопровода 15; штуцер 17 с присоединенным к нему автоматическим двухпозиционным прибором 16.

Двухпозиционный прибор 16 настроен:

– по своей верхней позиции на срабатывание при давлении в размере  $P_p + \Delta P_{дон}^6$  больше расчетного  $P_p$  на величину его допустимого повышения  $\Delta P_{дон}^6$  за счет утечек СУГ в межстенное пространство 6 при разгерметизации стенок внутреннего сосуда 2 и стенок соединенных с ним внутренних трубопроводов 37;

– по своей нижней позиции на срабатывание при давлении в размере  $P_p - \Delta P_{дон}^H$  меньше расчетного  $P_p$  на величину его допустимого понижения  $\Delta P_{дон}^H$  за счет утечек инертного газа 7 из межстенного пространства 6 в окружающую среду при разгерметизации стенок наружной полимерной оболочки 4 и стенок соединенного с ней наружного трубопровода 21.

Предохранительно-сбросной клапан 23 с присоединенной к нему сбросной трубой 24 предназначен для удаления утечек СУГ при разгерметизации стенок внутреннего сосуда 2 и повышении давления в межстенном пространстве 6 выше  $P_p + \Delta P_{дон}^6$  на величину предельного повышения давления  $\Delta P_{пр}$ . Межтрубное пространство двустенного на отдельных своих участках трубопровода 15 может состоять из нескольких отдельных изолированных друг от друга секций, соединенных между собой замыкающими участками с отключающими кранами с возможностью образования общего межтрубного пространства, подключенного к межстенному пространству двустенного резервуара 1 посредством замыкающего канала 12 с отключающим краном 13.

Внутренний сосуд с СУГ может иметь нижний выход жидкой фазы в виде двустенного трубопровода, снабженного запорным 27, электромагнитным 20 и скоростным 39 клапанами.

Герметичный защитный кожух 25 защищает от недопустимого нагрева при пожаре и от механических повреждений все запорные, предохранительные и другие устройства, соединенные с паровой или жидкой фазой внутреннего 1 и наружного 4 сосудов. Соединения крышки 26 с сосудом 2 и запорных, предохранительных и других устройств, связанных с паровой или жидкой фазой внутреннего сосуда 1, являются двустенными [14, 15] с межстенным пространством, заполненным инертным газом с избыточным и постоянно-контролируемым давлением и сообщаемым с общим межстенным пространством резервуара 1.

Таким образом, предлагаемая конструкция системы защиты подземных резервуаров от разгерметизации и утечек СУГ разработана на основе физической модели (см. п.8), полностью соответствует ей и защищает внутренний сосуд с СУГ от всех опасных внешних воздействий (см. п.5) со стороны его внутренней и наружной поверхностей, а также со стороны его крышки 26 с запорной и предохранительной арматурой.

Расчет величин индивидуального и социального рисков для системы защиты подземных резервуаров от разгерметизации и утечек СУГ, выполненный согласно [2] по методике [13], показал:  $P_{инд} < 10^{-8} \div 10^{-6}$ , а  $P_{соц} < 10^{-7} \div 10^{-5}$ , что полностью соответствует требованиям ГОСТ Р 12.3.047-98.

Предлагаемый алгоритм разработки систем обеспечения ПБ ОПО был опробован при создании нескольких систем газораспределения и газопотребления и показал свою универсальность. Это позволяет рекомендовать его для применения в инженерной практике при разработке систем обеспечения ПБ ОПО с заданным уровнем требований.

Следует отметить, что методология системного подхода, реализованная в предлагаемом алгоритме, может быть применима и к экспертизе ПБ систем газораспределения и газопотребления. Так, например, для эксплуатируемых систем газораспределения, после постановки цели экспертизы и систематизации опасных внешних воздействий и их результатов, как это сделано в [16], согласно предлагаемому алгоритму задаются уровни требований и рассчитываются значения  $P_{инд}$  и  $P_{соц}$  с учетом результатов диагностирования и остаточного ресурса системы.

### Выводы

1. Разработана структурная схема опасных внешних воздействий на подземные установки хранения и распределения СУГ (рис. 1).
2. Образование повреждений подземного резервуара и систем его защиты от внешних воздействий складывается из пяти этапов, показанных на рис. 2 (п.1.1-1.5), протекающих в строго определенной последовательности.
3. Заданный уровень требований к системе обеспечения безопасности подземной резервуарной установки в значительной степени определяет ее конструктивное устройство.
4. Разработан алгоритм создания систем обеспечения безопасности установок хранения и распределения сжиженного углеводородного газа с требуемыми свойствами и параметрами (рис. 3).
5. Разработана система обеспечения безопасности установок хранения и распределения сжиженного углеводородного газа на базе алгоритма создания и других положений системного подхода (рис. 4).
6. Предлагаемые технические решения позволяют значительно повысить эффективность систем обеспечения безопасности, а также снизить величину индивидуального риска при авариях, связанных с разгерметизацией установок хранения СУГ до  $8,7 \cdot 10^{-9}$  год<sup>-1</sup>.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» принят Государственной Думой 20 июня 1997 года. М., 1997. 22 с.
2. ГОСТ Р 12.3.047- 98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования и методы контроля / Система стандартов безопасности труда. М.: Изд-во стандартов, 1998. 85 с.
3. ISO 9001:2000 (E). Системы менеджмента качества – Требования / Международный стандарт. Третье издание 15-12- 2000. 33 с.
4. Шурайц А.Л. Анализ коррозионных воздействий и эффективности работы систем коррозионной защиты подземных установок хранения сжиженного углеводородного газа / А.Л. Шурайц, А.П. Усачев, А.В. Фролов // Газ России. № 4. 2002. С. 15-17.
5. ГОСТ 20448-90. Газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1991. 10 с.
6. ГОСТ 20448-90. Газы углеводородные сжиженные топливные для автотранспорта. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1991. 10 с.
7. Усачев А.П. Применение системного подхода при разработке систем коррозионной защиты установок хранения и распределения сжиженного углеводородного газа на многотопливных и газовых автозаправочных станциях / А.П. Усачев, А.Л. Шурайц, А.В. Фролов // Газ России. 2003. № 1. С. 18-20.
8. Пожарная опасность многотопливных автозаправочных станций / И.А. Болодьян, Ю.Н. Шебеко, В.Л. Малкин и др. // Полимергаз. 2000. № 2. С. 16-19; № 3. С. 22-27.
9. ГОСТ 9.602-89\* Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. М.: Изд-во стандартов, 1989. 51 с.
10. ПБ 10-115-96. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. М.: ПИО ОБТ, 1996. 241 с.
11. НПБ 111-98\*\*. Автогазозаправочные станции. Требования пожарной безопасности. М.: ФГУ ВНИИПО МВД России, 2001. 76 с.
12. СНиП 42-01-2002. Газораспределительные системы. М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003. 33 с.
13. Усачев А.П. Оценка уровня пожаро- взрывоопасности подземных резервуаров СУГ, заключенных в футляры, заполненные инертным газом / А.П. Усачев, А.Л. Шурайц,

А.В. Фролов // Перспективы использования сжиженных углеводородных газов: материалы Рос. науч.-техн. конф. Саратов: СГТУ, 2003. С. 35-45.

14. Свидетельство на полезную модель № 18564. Установка для хранения и распределения сжиженного углеводородного газа / А.П. Усачев, А.Л. Шурайц, А.В. Фролов. Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации г. Москва, 27 июня 2001 г. 14 с.

15. Патент на изобретение № 2187037. Установка для хранения и распределения сжиженного углеводородного газа / А.П. Усачев, А.Л. Шурайц, А.В. Фролов. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации г. Москва, 10 августа 2002 г. 15 с.

**Усачев Александр Прокофьевич –**

доктор технических наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»  
Саратовского государственного технического университета

**Шурайц Александр Лазеревич –**

кандидат технических наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»  
Саратовского государственного технического университета,  
генеральный директор ОАО «Гипрониигаз», г. Саратов

*Статья поступила в редакцию 03.11.06, принята к опубликованию 05.12.06*

---

# ЭКОЛОГИЯ

---

УДК 614.83 + 84:628

**Б.Н. Яковлев**

## **КАТЕГОРИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ МЕТАНТЕНКОВ ПО ВЗРЫВНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ**

*На основании полученных в ходе долговременных экспериментальных исследований на действующих сооружениях по обработке осадков сточных вод данных представлены рекомендации по категорированию сооружений и уменьшению их опасности.*

**B.N. Jakovlev**

## **METHANE-TANK BUILDINGS CATEGORIZATION ACCORDING TO THEIR EXPLOSIVE AND FIRE SAFETY FEATURES**

*On the base of data received through the long-term experimental researches on the functioning structures of sewage precipitation processing certain recommendations on categorization of buildings and to decreasing of their danger factors are done here.*

Объективная оценка взрывной и пожарной опасности различных канализационных сооружений является очень важным элементом создания безопасных и безвредных условий их эксплуатации.

На многих предприятиях для сбраживания осадка и ила применяются метантенки. Метантенки представляют собой цилиндрические резервуары с коническим днищем и герметическим перекрытием, в верхней части которого имеется колпак для сбора газа. В метантенках происходит сбраживание осадка или ила. При сбраживании в анаэробных условиях органические вещества распадаются с образованием конечных продуктов: метана  $\text{CH}_4$ , двуокиси углерода  $\text{CO}_2$  и воды. Условно принято, что распад происходит в две фазы: гидролиз сложных органических веществ, в результате которого образуются жирные кислоты, спирты, альдегиды и др.; превращение этих промежуточных веществ в метан, двуокись углерода, а также бикарбонаты и карбонаты. Выход газа в зависимости от химического состава колеблется от 5 до 20 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> осадка. Состав газа: метан ( $\text{CH}_4$ ) – до 70%; двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ) – до 20%; азот ( $\text{N}_2$ ) – до 8%; водород ( $\text{H}_2$ ) – до 2%; кислород ( $\text{O}_2$ ) – 0-0,3%; окись углерода ( $\text{CO}$ ) – до 2%. Применяют два режима сбраживания осадков: мезофильный (33°C) и термофильный (53°C). При термофильном режиме сбра-

живания обеспечивается дегельминтизация осадка и примерно в 2 раза выше доза загрузки, что позволяет сократить объемы метантенков. Однако для сбраживания в термофильных условиях требуется большой расход тепла. В результате процесса сбраживания ила в метантенках достигается: дезинфекция от болезнетворных бактерий; сброженный ил хорошо отдает влагу и быстро подсушивается; ил, прошедший брожение, является удобрением для сельского хозяйства; газ, выделяющийся в процессе брожения, может быть использован для хозяйственных целей.

Конструктивные размеры метантенков по основным типовым проектам составляют: диаметр от 12,5 до 22,6 м; полезный объем одного резервуара от 1000 до 8000 м<sup>3</sup>; высота верхнего конуса от 1,9 до 4,45 м; цилиндрической части от 6,5 до 18 м; нижнего конуса от 2,15 до 3,7 м; строительный объем здания обслуживания от 672 до 2700 м<sup>3</sup>; киоска газовой сети от 100 до 170 м<sup>3</sup>.

Для проведения экспериментальных исследований по определению взрывопожароопасности были выбраны метантенки следующих предприятий химической и нефтехимической промышленности: Энгельсского п/о «Химволокно», Самарского завода синтетического каучука, Северодонецкого п/о «Азот», Саратовского химкомбината и др.

На Энгельсском п/о «Химволокно» имеются два метантенка, объемом 1600 м<sup>3</sup> каждый, диаметром по 15 м. Метантенки смонтированы в одну группу, в центре которой располагается здание управления. В нем находятся распределительные чаши сырого и сброженного осадка. В метантенках установлено 2 насоса бНФ, для опорожнения и прокачки трубопроводов. Температура процесса сбраживания ~ + 33°C. Выпуск осадка осуществляется со дна на иловые площадки. Выделившийся газ из газосборника, установленного на крышке горловины метантенка, направляется в киоск газовой сети, где происходит отделение воды, содержащейся в газе. После водоотделения газ – метан поступает по газопроводу на использование или сжигание (на свечу). Продолжительность загрузки ~1,5-2 часа; давление 200-250 мм вод. ст.; количество загрузки – 200-300 м<sup>3</sup> сут<sup>-1</sup>; влажность осадка составляет 92-95%; давление газа более 0,01-0,02 кг·см<sup>-2</sup>; количество газа 12-16 м<sup>3</sup>·м<sup>-3</sup> осадка.

На Куйбышевском заводе СК (г. Тольятти) эксплуатируются 4 метантенка для сбраживания первичного и избыточного ила. Они представляют собой герметичные железобетонные емкости: № 1 и № 3 – диаметром по 17,5 м, емкостью 2500 м<sup>3</sup> каждая; № 2 и № 4 – диаметром по 15 м, емкостью 1800 м<sup>3</sup> каждая. Газ – метан собирается под куполом метантенка и через газовый киоск отводится на использование или сжигание. Подача ила в метантенки не более 135 м<sup>3</sup>·сут<sup>-1</sup>; влажность ила составляет ~ 94%.

На Северодонецком п/о «Азот» эксплуатируются 4 метантенка, диаметром 12,5 м каждый; полезный объем одного резервуара 1000 м<sup>3</sup>. Характеристики осадка, ила и газа те же, что и у метантенков других рассмотренных предприятий.

По разработанной методике были проведены экспериментальные исследования по определению максимальных концентраций газоздушных смесей в различных зонах помещений метантенков. В результате исследования получены следующие максимальные значения концентрации газоздушных смесей (табл. 1).

Анализируя полученные максимальные значения концентраций газоздушных смесей в различных зонах метантенков исследованных предприятий, можно сделать вывод о том, что в нормальных условиях эксплуатации метантенков (штатном режиме) взрывоопасных значений концентрации газоздушных смесей не образуется, кроме воздушной зоны самой банки. Но учитывая аварийные условия работы, характеристики метана (газ без цвета и запаха, легче воздуха, нижний предел воспламенения по различным НТД ~ 4,9% об.), а также случаи взрывов и аварий, можно рекомендовать следующую классификацию сооружений метантенков (табл. 2).



Таблица 1

Максимальные концентрации газоздушных смесей в различных зонах метантенков

Наименование сооружения	Технологический процесс	Место отбора проб ГВС	Максимальная концентрация, % об.
Метантенки	Анаэробное сбраживание осадка и ила	Здание метантенка:	
		1 эт.	0,25
		2 эт.	0,45
		5 эт.	до 1,0
		Помещение насосов	до 1,0
		Газовый киоск	до 1,0
Сама банка – под куполом	CH <sub>4</sub> – 27-70 CO <sub>2</sub> – 25-35 H <sub>2</sub> S – 1,0 O <sub>2</sub> – 2,0		

Таблица 2

Категорирование сооружений метантенков по взрывопожароопасности

Наименование сооружения	Наименование основных горючих газов	Категория помещений и зданий по НПБ 105	Класс зоны по ПУЭ
Метантенки:			
– емкости	Метан	A	B-1г
– распределительные камеры	Метан	A	B-1а
– газовый киоск	Метан	A	B-1а
– газораспределительные пункты	Метан	A	B-1а
– инжекторные	Метан	A	B-16
– центральные шахты	Метан	A	B-16
– проходные тоннели	Метан	A	B-16
– насосная для перемешивания сбраживаемого осадка	Метан	A	B-16

Для уменьшения взрывопожарной опасности при проектировании и эксплуатации метантенков даны следующие рекомендации:

#### 1. Планировочные:

– здания и сооружения метантенков следует располагать на хорошо проветриваемых площадках с подветренной стороны по отношению к другим производственным и административно-бытовым объектам;

– при расположении по условиям технологического процесса сооружений или их частей (насосов и т.д.) в заглубленном варианте необходимо обеспечить надежную механическую вентиляцию;

– административно-бытовые и вспомогательные помещения следует располагать в отдельно стоящих зданиях;

– к зданиям и сооружениям по всей их длине должен быть обеспечен подъезд пожарных автомобилей: с одной стороны – при ширине здания или сооружения до 18 м и с двух сторон – при ширине более 18 м;

– расстояние от метантенков до основных сооружений очистки сточных вод, а также автодорог и железнодорожных путей должно быть не менее 20 м; от газораспределительного киоска до помещения управления метантенками – 10 м.

2. Технологические:

– во всех взрывоопасных помещениях должна быть обеспечена постоянная работа вентиляции с необходимой кратностью воздухообмена;

– в помещениях метантенков все электрооборудование и электроаппаратура должны выполняться во взрывозащищенном исполнении;

– на газовых сетях метантенков должна быть арматура для аварийного отключения от магистрального трубопровода;

– необходимо постоянно контролировать давление газа в газовых системах метантенков;

– необходимо контролировать в воздушной среде помещений метантенков концентрацию газов;

– постоянно проверять герметичность различных соединений трубопроводов газовых систем; при обнаружении утечки газа срочно принять меры по устранению загазованности и спасению людей;

– при проведении ремонтных работ в помещениях метантенков необходимо использовать инструмент, исключающий возможность искрообразования;

– в зимних условиях отогрев замерзших участков газопроводов необходимо осуществлять горячей водой, песком или паром;

– взрывоопасные помещения отделяются от невзрывоопасных газонепроницаемыми стенами;

– не допускается размещение электротехнических устройств над или под взрывоопасными помещениями;

– здания со взрывоопасными производствами категории А должны проектироваться I и II степеней огнестойкости;

– полы должны быть из материалов, не искрящих при ударе;

– электроустановки, емкости, коммуникации должны иметь заземление;

– во всех взрывоопасных помещениях должна быть предусмотрена приточно-вытяжная механическая вентиляция, обеспечивающая расчетный воздухообмен.

**Яковлев Борис Николаевич** –

кандидат технических наук, профессор,

заведующий кафедрой «Эргономика и безопасность жизнедеятельности»

Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 11.07.06, принята к опубликованию 24.11.06*

---

# ЭКОНОМИКА

---

УДК 378.001.76

**Н.В. Астафьева****РАЗВИТИЕ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА  
В РЕГИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ**

*Ключевым элементом современной рыночной экономики является инновационная система, соединяющая интересы государства, бизнеса и образовательных структур по использованию научных знаний и разработок. В статье рассматриваются направления развития государственно-частного партнерства, способствующего получению более значительных преимуществ от капиталовложений в научные исследования и созданию благоприятных предпосылок для устойчивого инновационного развития и экономического роста региона.*

**N.V. Astafieva****STATE-PRIVATE PARTNERSHIP DEVELOPMENT  
IN REGIONAL INNOVATIONAL SYSTEM**

*The key element of modern market economics is the innovation system connecting interests of the state, business and educational structures on scientific knowledge use and researches. The trends of the development of the state-private partnership allows to ensure wider advantages from capital investments in the scientific researches, creating favorable preconditions for steady innovational development and economic growth of the region.*

Формирующаяся инновационная система России призвана преобразовать общественные потребности в инновациях в конкретные стимулы деятельности на всех этапах инновационного процесса, обеспечить условия для привлечения и эффективного использования необходимых для этого средств. Обязательным условием является взаимная заинтересованность всех вовлеченных в него субъектов в создании, производстве и распространении инноваций.

В методологическом плане представление об инновационной системе означает признание необходимости целостного подхода к инновационному процессу, его формированию, структуре и динамике. Стратегическое значение имеют не разрозненные попытки использовать отдельные разработки в конкретном производстве, не частичные меры по улучшению тех или иных звеньев инфраструктуры инновационного процесса, а формирование целостной

гибкой и динамично развивающейся инновационной системы, способной решать проблему изменения или модернизации технологического базиса общества.

Важной проблемой, требующей своего актуального решения в условиях инновационной экономики, является формирование региональной инновационной системы, направленной на создание институциональных условий для трансформации капитала знаний в целях обеспечения инновационной деятельности региона. Университетские комплексы должны создать качественно новую образовательную среду в регионе, в которой инновации найдут самый короткий путь от вуза к производственным предприятиям, внедряющим инновационные разработки. С одной стороны, как одно из инфраструктурных звеньев процесса создания инноваций, образовательные организации выполняют фундаментальные исследовательские работы, с другой – осуществляют научную проработку развития самой региональной инновационной системы.

Наиболее простая модель, описывающая взаимодействие элементов региональной инновационной системы, показывает, что роль частного сектора заключается в разработке технологий на основе собственных исследований и в рыночном освоении инноваций, роль государства – в содействии производству фундаментального знания (в университетских комплексах) и технологий стратегического характера, а также в создании инфраструктуры и благоприятных институциональных условий для инновационной деятельности частных компаний. В рамках этой общей модели формируются национальные особенности инновационной системы: большая или меньшая роль государства и частного сектора в выполнении указанных функций; относительное значение крупного и мелкого бизнеса; соотношение фундаментальных и прикладных исследований и разработок; динамика развития и отраслевая структура инновационной деятельности.

Практика показывает, что основным условием эффективного функционирования инновационных систем любого уровня является возникновение тесного и эффективного взаимодействия между научными, образовательными учреждениями, государством и бизнес-сообществом, а также формирование сети взаимосвязей между предприятиями, наряду с гибкой специализацией производства. Партнерство частного и государственного секторов экономики является ключевым компонентом новой инновационной политики России, поскольку при правильной организации оно обеспечивает получение более значительных преимуществ от капиталовложений в государственные исследования, создавая благоприятные предпосылки для устойчивого инновационного развития, являющегося стратегическим фактором экономического роста. Развитие интеграции высшей школы с бизнес-сообществом и привлечение в высшую школу дополнительных средств является одним из стратегических направлений развития экономики региона и страны в целом. В результате система образования сможет более оперативно реагировать на запросы рынка труда и будет придавать гораздо большее значение перспективам трудоустройства своих выпускников и их реальным карьерным шансам.

Следует отметить, что в настоящее время эффективность государственно-частного партнерства не столь высока из-за отсутствия модели эффективного институционального взаимодействия, разработка которой, в свою очередь, сдерживается недостаточным анализом отечественного и мирового опыта сопряжения интересов государства, образовательных учреждений и работодателей на уровне региона, а также изучения тенденций развития взаимосвязей системы образования и бизнес-среды.

Новая роль образовательных систем в обеспечении процесса создания и управления организационным знанием выдвигает ряд новых требований к образовательным программам, в том числе и требование повышения уровня знаний работников компаний относительно принципов эффективного функционирования экономических систем. Система высшего образования для участников инновационных процессов должна быть полифункциональной, способной динамично изменяться в зависимости от требований рынка и уровня развития производственной сферы. Непрерывное образование, взаимодействие государства и бизнес-

сообщества открывают новые возможности для образовательного процесса и достижения его соответствия требованиям, выдвигаемым обществом в условиях перехода к экономике знаний. Для современных организаций оно открывает перспективные пути наращивания интеллектуального капитала.

В настоящее время в теоретико-методологическом плане недостаточно разработанными остаются проблемы воздействия рынка на функционирование высшей школы, определения основных направлений государственного регулирования этого процесса, адаптации деятельности высших учебных заведений и организации образовательного процесса в соответствии с требованиями работодателей. Малоисследованной является также проблема развития государственно-частного партнерства, не разработан целостный подход к ее решению и использованию при этом управленческих инноваций. Рассмотрим данную проблему с нескольких сторон.

С одной стороны, необходимо отметить, что в 1990-е годы, когда в экономике произошел серьезный спад, а учебные заведения обособились от рынка труда, непосредственный работодатель перестал принимать активное участие в разработке квалификационных требований, предъявляемых к знаниям, умениям и навыкам выпускников-специалистов. Перестало действовать существовавшее ранее правило: сначала создавалась квалификационная характеристика работодателем, а затем, на ее основе, формировалась образовательная программа. В настоящее время остро встает проблема несоответствия государственных образовательных стандартов потребностям рынка труда, что привело к тому, что работодатели предъявляют серьезные претензии к сфере высшего профессионального образования, утверждая, что молодые специалисты не готовы к выполнению трудовых функций. В связи с этим необходимо совместно с работодателями формировать структурированные по отраслям региональные задания на подготовку специалистов на текущий год и планировать задания на последующие годы. Работодатели необходимы и для независимой оценки качества содержания образовательных программ, т.е. общественно-профессиональной аккредитации образовательных программ и сертификации специалистов. Более тесным должно стать сотрудничество в организации практического обучения студентов на базе предприятий, в составлении и совершенствовании учебных планов подготовки специалистов, в укреплении материальной базы высших учебных заведений. Таким образом, предприятия и вузы должны быть связаны единой целью подготовки квалифицированных специалистов.

С другой стороны, в современных условиях в образовательных учреждениях возникает проблема разработки и постоянного совершенствования механизма их институционального взаимодействия с частными производственными предприятиями. Решение этой проблемы лежит в формировании системы сотрудничества специалистов высших учебных заведений (владеющих современными механизмами управления, в том числе и создания эффективных механизмов взаимодействия науки и производства) и работников предприятий (хорошо знающих проблемы, возможности и особенности организации). По сути, такая система должна представлять собой способ управления знаниями в новых экономических условиях России, при котором предприятия используют возможности, как собственных работников, так и приглашенных специалистов, тем самым широко применяя аутсорсинг в образовании и консультировании.

Взаимный интерес вузов и предприятий к продолжительному сотрудничеству в области корпоративного обучения состоит в следующем. Предприятие-заказчик получает выгоду от освоения его сотрудниками профессиональных знаний и навыков, новых методов ведения бизнеса, а коллектив в целом приумножает свои интеллектуальные возможности. Это приводит к возникновению дополнительных конкурентных преимуществ. Вузы со своей стороны также имеют прямую заинтересованность в сотрудничестве в связи с возможностью изучения современных производственных проблем, получения дополнительного источника финансирования и развития практических знаний и возможностей своего коллектива. В результате обе стороны выигрывают в плане развития своего организационного знания.

Такой подход к корпоративному образованию имеет существенные основания, так как в этом случае обеспечивается высокий уровень выявления не только неформализованного знания и его социализации, но и других стадий процесса управления знаниями (экстернализации, интернализации и комбинирования), требующих достаточно высокой научной подготовки. В этом случае необходимо по-новому определять качество образовательного процесса с точки зрения результата, который должен выражаться в приумножении интеллектуального капитала предприятия и эффективности его использования.

С третьей стороны, в настоящее время процесс адаптации к рыночным отношениям в высшей школе происходит очень медленно, что обусловлено, в основном, недостаточным финансированием высшей школы и слабой согласованностью возможностей системы высшего образования с потребностями региональной инновационной системы, что говорит об отсутствии устойчивых взаимосвязей между государством, образовательными учреждениями и бизнес-сообществом. При этом инновационное развитие не может быть всецело связано с государственным бюджетом, в основном оно должно осуществляться за счет формирования спроса на научные исследования и инновационные разработки со стороны негосударственного (частного) сектора экономики. Так, в советский период научно-техническая деятельность в вузах осуществлялась, в основном, за счет хозяйственных договоров, заключаемых с предприятиями и направленных на решение текущих производственных задач. Стратегические разработки, в основном фундаментального характера, финансировались преимущественно за счет средств государственного бюджета. В условиях перестройки экономические связи между учреждениями высшего образования и производственными предприятиями были прерваны из-за тяжелого финансового положения практически всех хозяйствующих субъектов. Учреждения высшей школы в результате были вынуждены переориентироваться на преимущественное выполнение фундаментальных исследований за счет средств федерального бюджета, объемы которых в настоящее время не значительны. Отсутствие устойчивых взаимосвязей между научными, образовательными учреждениями и производственными предприятиями в результате привело к разрыву в инновационном цикле на этапе технологического трансфера, что во многом обусловило замедление темпов и масштабов коммерциализации объектов интеллектуальной собственности, создаваемых в результате научно-технической деятельности университетских комплексов. В связи с этим в современных условиях научно-техническая продукция высшей школы вовлекается в хозяйственный оборот недостаточно быстро, что во многом предопределило возникновение и усиление тенденций существенного снижения конкурентоспособности отечественных предприятий.

С четвертой стороны, необходимо учитывать, что в инновационный процесс вовлечено большое число государственных органов, которые, однако, имеют тенденцию действовать относительно обособленно друг от друга, не имея разделяемого всеми четкого видения инновационной политики. Кроме необходимости выработать такое политическое видение, требуется улучшение координации: как горизонтальной (между различными министерствами и ведомствами), так и вертикальной (между различными уровнями правительства: федеральным, региональным, муниципальным) [1]. Координация и сотрудничество между различными ветвями государственной власти должны быть реальными и ориентированными на действия. Координация особенно важна при реализации крупных инновационных проектов с привлечением многочисленных партнеров. В России работе государственно-частных партнерств часто препятствуют сложные юридические проблемы, касающиеся прав собственности и ответственности. Государство, насколько возможно, должно устранить такие «узкие места». Наряду с этим, государство должно разработать и ввести четкие нормы и законы стимулирующего характера в области регулирования государственно-частных партнерств в государственных научных и образовательных учреждениях.

Для решения вышеназванных проблем в настоящее время актуальным является вопрос создания модели сетевого взаимодействия. Активные теоретические исследования механизмов

распространения знаний и технологий позволили зарубежным ученым сделать вывод, что сети как система устойчивого взаимодействия участников инновационного процесса – это особый вид капитала, обеспечивающий диффузию знаний и технологий и быстрое научно-техническое развитие производства. Так, по мнению Б. Лундвалла, «...возможно, одной из наиболее фундаментальных характеристик текущей стадии обучающейся экономики является формирование сетей, основанных на знаниях, некоторые из которых локальные, некоторые пересекают национальные границы. Доступ к таким сетям может иметь определяющее значение для успеха фирм и исследовательских команд» [2]. В этом случае инновация – новый продукт, технология, техническое средство, новое знание – является продуктом деятельности нескольких субъектов – фирм, научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений либо их объединений и распространяется по сети взаимосвязей в общем экономическом пространстве.

Инновационные сети порождают специфический тип экономической культуры, основанный на сотрудничестве между производителями и потребителями научно-технической продукции. Особенно активно такие сети формируются на региональном уровне, чему способствуют территориальная близость, единая инфраструктура, общие социокультурные и природные условия. Опыт многолетних связей позволяет участникам рынка инноваций узнать возможности и требования друг друга и приспособиться к ним, снижая тем самым транзакционные издержки, характерные для обычного конкурентного рынка.

Таким образом, в настоящее время исключительно важным фактором является развитие сетевых инновационных систем и НИОКР, основанных на сетевом сотрудничестве. Предприятиям, научным и образовательным учреждениям следует все больше фокусироваться на определенных ключевых компетенциях или продуктах, что осуществимо лишь при условии налаживания ими широкого сетевого сотрудничества с другими участниками инновационной системы [1]. НИОКР должны проводиться с учетом того, что они являются составной частью все более обширных инновационных процессов. «Открытые инновации» являются сегодня ключевыми для Европы. В открытых инновационных системах в разных процессах и в разное время организации играют разные роли. Компании проводят научные исследования в рамках совместных программ и проектов, но могут и финансировать реализацию отдельных исследовательских проектов государственными научно-исследовательскими организациями. Университеты могут осуществлять фундаментальные исследования, а могут и заниматься бизнесом, создавая дочерние компании. Государственные научно-исследовательские организации могут в одно и то же время и сотрудничать, и конкурировать с университетами в рамках разных проектов. Эффективные связи между участниками процесса, относящимися как к исследовательскому, так и неисследовательскому секторам, являются ключевым условием построения открытых инновационных систем.

Однако, поскольку в настоящее время в стране отсутствует слаженный механизм координации системы подготовки кадров, существует проблема несоответствия между предложением и потребностями рынка труда. Для решения этой проблемы необходим системный подход с учетом стратегии экономического развития каждого конкретного города и региона. В рамках этого подхода предлагается два направления работы.

Первое направление призвано влиять на конкурентоспособность студентов и аспирантов в процессе их обучения, повышать научную, материальную и техническую базу вузов за счет взаимовыгодного сотрудничества с предприятиями. Опираясь на опыт зарубежных вузов, можно заключить, что для обеих сторон интересен такой вид взаимодействия как выполнение научно-практических работ по заказу предприятий. При этом компании нередко поставляют оборудование или предоставляют другую базу для проведения исследований, направляют своих сотрудников для участия в совместных разработках. Университет, со своей стороны, привлекает к исследовательским работам не только научных сотрудников и преподавателей, но также аспирантов и студентов, что в будущем открывает перед ними возможность полной реализации своего образовательного потенциала.

Второе направление деятельности – это работа по трудоустройству выпускников и студентов вузов. Она включает в себя комплекс работ по оказанию информационной, методической, психологической и организационной поддержки выпускникам и студентам в целях их адаптации к рынку труда и трудоустройства. Масштаб данной работы требует не только сотрудничества между вузами и предприятиями, которые выступают в качестве потенциальных работодателей и поставщиков кадрового ресурса, соответственно. Здесь появляется третий участник – рекрутинговые агентства и государственные службы занятости, играющие роль посредников в этом взаимодействии.

Таким образом, на современном этапе развития региональной инновационной системы необходимо проведение мероприятий, направленных на решение таких вопросов, как формирование условий взаимовыгодного сотрудничества «государство-вуз-предприятие», определение критериев конкурентоспособного выпускника, диагностика состояния, прогнозирование потребностей и тенденций развития рынка труда по отраслям, приведение в соответствие системы подготовки кадров потребностям рынка труда в качественном и количественном аспектах. Результатом скоординированной совместной деятельности вузов и предприятий станут: повышение профессиональных знаний студентов и выпускников вуза, развитие российской науки, реальная помощь представителям бизнеса путем обеспечения профессиональными кадровыми ресурсами.

При рассмотрении направлений развития государственно-частного партнерства необходимо учитывать и изменения, происходящие во внешней среде, в том числе на законодательном уровне [3]. Согласно Концепции реформирования высшего профессионального образования, предлагается выделить ограниченное число вузов с высоким рейтингом, которые получают преимущественное финансирование. Остальные предполагается перевести в разряд автономных учреждений (или государственных автономных некоммерческих организаций). Это означает, что в ближайшее время обязательства финансирования высшего образования должны будут полностью взять на себя регионы. Финансовые возможности регионов, как известно, ограничены. Тем более, что на региональный уровень финансирования уже переведены учреждения начального и среднего профессионального образования, которые испытывают похожие трудности и с оснащением материальной учебной базы, и с трудоустройством своих специалистов. Обеспечить финансирование подготовки кадров, помочь вузу выжить в условиях реформирования высшей школы можно только с помощью предприятий – потенциальных работодателей. Высшее учебное заведение заинтересовано выпускать качественные кадры. С другой стороны, в условиях рыночной экономики качество кадровых ресурсов имеет решающее значение и для самих предприятий. Значит, у вуза и предприятия одинаковые задачи – и достигать их лучше вместе, чем по отдельности.

Необходимо эволюционное становление новой образовательной системы в рамках традиционной, согласованное со структурной перестройкой экономики. Главной целевой установкой должна быть подготовка конкурентоспособных специалистов, способных быстро адаптироваться к рыночной среде. Содействуя трудоустройству выпускников, вуз может преследовать две цели. Первая цель заключается в установлении и поддержании обратной связи с потенциальными работодателями, что если не гарантирует, то хотя бы облегчает трудоустройство выпускников, а также повышает имидж вуза, привлекая новых абитуриентов. Вторая цель включает получение от работодателей средств на развитие. Предприятия, которые будут выделять деньги на образование кадров, смогут контролировать их использование через попечительские советы при вузах. Кроме того, благодаря участию представителей бизнеса в таких советах, вузы будут иметь четкое представление, в каких именно кадрах нуждаются конкретные предприятия.

Можно констатировать, что начинает складываться новый уклад профессионального образования. Прежде всего, это касается партнерства вузов и промышленных предприятий, прибыль которых напрямую зависит от внедрения результатов научных исследований. Опыт Финляндии, Норвегии, Чили и других стран показывает, что такие предприятия заинтересо-



ны в развитии научной деятельности высших учебных заведений. Это позволяет раньше вовлекать молодых перспективных студентов в производство научных знаний. Объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в ряде университетов вырастает до 35%.

В настоящее время необходимо разработать комплекс мероприятий, реализация которых позволит активизировать инновационную деятельность университетских комплексов, расширить масштабы и увеличить ее результативность в макроэкономической системе региона на основе укрепления экономических связей вузов и предприятий, поддержки создаваемых структур со стороны государства и подготовки специалистов в области разработки, управления и коммерциализации инновационных разработок:

- разработка стратегии институционального партнерства образовательных учреждений и бизнес-среды, включающей совместную целевую подготовку студентов и кадров высшей научной квалификации, проведение совместных НИОКР, инновационных разработок, кадровой политики, создание исследовательских рабочих мест для преподавателей, аспирантов и студентов, организационное, материально-техническое и финансовое содействие привлечению к научной работе «целевых» студентов и аспирантов;

- создание и развитие совместной инновационной инфраструктуры образовательных учреждений и предприятий (научно-технического, технологического, проектно-конструкторского, производственного и образовательного профилей), создание на базе родственных по профилю вузов регионально-распределенных открытых научно-образовательных кластеров, развитию информационного обеспечения для взаимодействия инновационных структур (технопарков, ИТЦ, ЦТТ и др.);

- создание на базе вузов в регионах профильно-ориентированных (отраслевых) коммуникационных площадок для сетевого взаимодействия коллективов вузовских ученых при решении комплексных научно-технических и технологических проблем;

- выявление ключевых компетенций, необходимых современным специалистам-выпускникам вузов и востребованных работодателями в соответствии с современным уровнем развития техники и технологий на предприятиях;

- повышение эффективности деятельности по трансферу технологий и объектов интеллектуальной собственности, создаваемых в вузах, и активизация участия бизнес-сектора в установлении приоритетов исследований, определении направлений конвертирования фундаментальных и прикладных разработок вузов и долевого финансировании инновационной деятельности;

- определение подходов к ускорению трансфера технологий, научно-исследовательских разработок, включая объединенные научные исследования, совместные научно-исследовательские комплексы, центры знаний, информационные центры, новые и дочерние «spin-off» (компании дополнительного дохода) / «start-up» компании на базе вузов для установления эффективных рабочих отношений между партнерами;

- разработка механизмов, направленных на стимулирование развития связей вузов и бизнес-структур, в том числе создание фондов, способствующих передаче знаний типа «knowledge bridge funds», программ повышения квалификации в области разработки и коммерциализации инновационных разработок и технологий;

- разработка программы государственно-частного партнерства, направленной на активизацию процесса трансфера результатов исследований и разработок, созданных в вузах, с использованием федерального бюджета;

- осуществление совместной деятельности по созданию и развитию интеграционной инфраструктуры, поддерживающей и обеспечивающей образовательную, научную и инновационную деятельности вузов и предприятий;

- разработка способов взаимодействия предприятий и выпускников вузов, включающих осуществление полугодовых стажировок студентов на предприятиях как часть учебного процесса, командирование научных сотрудников в частный сектор и др.

Таким образом, переход государственных, образовательных и бизнес-структур на использование новых экономических инструментов, адекватных поставленным целям и задачам, позволит не только углублять государственно-частное партнерство, но и преодолеть глубокие различия между административной культурой и культурой бизнеса, привносить прогрессивные методы управления в государственный сектор и противостоять риску неэффективной организации инновационных процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Национальные инновационные системы в России и ЕС / под ред. В.В. Иванова, Н.И. Ивановой, Й. Розебума, Х. Хайсберса. М.: ЦИПРАН РАН, 2006. 280 с.
2. Lundvall B.-A. National Systems of Innovation. London, 1992. 103 p.
3. Higher Education in the World 2006. The Financing of Universities. – GUNI Series on the Social Commitment of Universities. New York: PALGRAVE MACMILLAN, 2006. 330 p.

**Астафьева Наталия Валерьевна –**

кандидат экономических наук,  
доцент кафедры «Экономика и управление на автомобильном транспорте»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 11.07.06, принята к опубликованию 24.11.06*

УДК 338.001.76

**О.А. Баклушина**

#### **ИННОВАЦИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА**

*Рассматриваются основные моменты нововведений, которые необходимо предпринять в вузовском образовании. Предложены конкретные примеры инноваций, способных создать стимулирующие механизмы лучшего усвоения знаний студентами, повышения уровня обучения преподавателями, обеспечивающих активизацию и внутренних мыслительных, рационально-творческих фундаментальных способностей студента.*

**O.A. Baklushina**

#### **INNOVATIONS IN EDUCATIONAL PROCESSES OF A HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTION**

*The important factors of innovation in higher education institutions are researched in the paper. The paper suggests certain examples of innovation. They must make stimulus mechanisms of the best student's assimilation of knowledge and increase the learning level by tutors. These factors are to increase the internal intellectual, rational creative fundamental student's abilities.*

После эпохи эффективности, продолжавшейся в 50-60-е годы, качества – в 70-80-е годы, гибкости – в 80-е и 90-е годы, сейчас мы живем в эпоху инноваций.

Инновации в квалифицированной литературе рассматриваются не как диффузное множество спонтанных «самовыражений» удачливых пророков или дельцов, а как предпосылки интегративного процесса модернизации, а сегодня – и глобализации. Этот процесс раскрывается в его перспективе – не ситуативно и хаотично, а в контексте сложной, многогранной исследовательской программы, в которой на основе эмпирических исследований выявляется комплекс основных тенденций развития общества на данном этапе – в экономике, технике, информации, во всех подразделениях культуры – в политике, праве, искусстве, в том числе, в науке и образовании.

Однако параллельно с этим, все более полно и отчетливо образование начинает пониматься и осваиваться как особая философско-антропологическая категория, фиксирующая фундаментальные основы бытия человека.

Для инновационного реформирования образовательного комплекса в условиях глобализации акцент должен сместиться в сторону решения вопросов повышения качества и обновления содержания образования, внедрения новых инновационных технологий организации учебного процесса, особенно в плане становления системы непрерывного инновационного профессионального образования.

В результате реформы образовательного комплекса следует формировать новый тип специалиста – инноватора – творческой личности, высококвалифицированной, ориентированной на рыночную экономику, мобильной, духовно богатой, социально ответственной и интеллектуально развитой, владеющей необходимыми знаниями и методологией создания научной продукции мирового уровня.

Сегодня образование оказывается самым масштабным и, может быть, единственным социальным институтом, через который осуществляются трансляция и воплощение базовых ценностей и целей развития российского общества. В условиях радикального изменения идеологических воззрений, социальных представлений, идеалов именно образование позволяет осуществить адаптацию к новым жизненным формам, поддержать процесс воспроизводства социального опыта, закрепить в общественном сознании и практике новые политические реалии и новые ориентиры развития.

Из простого фактора общественной и государственной жизни образование становится подлинным субъектом преобразований изменяющегося социума, порождает новые формы общественной жизни, создавая тем самым условия становления жизнеспособного общества. Образование обретает статус особого механизма общественного и культурного развития регионов, страны в целом, становится пространством личностного развития каждого человека.

Мобилизация мыслительных, рационально-творческих фундаментальных способностей человека в невиданных ранее масштабах для создания сложнейших наукоемких высоких технологий и техники нового поколения сегодня не возможна без современной инновационной высокотехнологичной методологии по обучению новых специалистов разработке высококачественной и конкурентоспособной научной продукции, управлению людьми, социальной направленности компаний.

Высокая духовность и интеллектуализация зрелого гражданского общества, выявление и развитие одаренных детей, создание благоприятных условий для формирования неординарных личностей и высококачественной организации по их инновационно-активной деятельности – главные компоненты стратегической основы, обеспечивающей процветание, конкурентоспособность и могущество России.

Переход на инновационную методику обучения – закономерный этап в развитии высшего профессионального образования страны. Вуз должен стремиться создать такие условия, при которых и студенческий коллектив, и персонал будут с успехом применять инновации. Основа современных инноваций в образовании – это ориентация на сознательность студента. При этом студент работает ради своего будущего – карьеры, успешного интеллектуального роста. Это позволяет выбрать индивидуальную траекторию обучения (обеспечива-

ет вариативность образования). У студентов появляется возможность заниматься по другим направлениям и специальностям (при соответствующем согласовании расписания), изучать дополнительные дисциплины, осваивать смежные специализации или получать дополнительную квалификацию. Кроме того, они получают доступ к учебным курсам и академической жизни других вузов, в том числе и зарубежных, с гарантией академического признания результатов обучения. Наиболее рациональными инновационными направлениями в высшем образовании должны стать следующие:

1) Практическое применение знаний студентами путем проведения практических занятий в условиях, максимально приближенных к реальным. Так, изучая бухгалтерский учет, студенты должны иметь возможность проанализировать работу конкретного предприятия, имея в распоряжении первичную бухгалтерскую документацию: кассу, банк, подборку договоров и пр.

2) Формирование меньших по объему студенческих групп. Оптимальная численность 10 человек. Формирование групп должно происходить на основе рейтинга студента по основным дисциплинам или дисциплинам этого курса. Предположим, изучение дисциплины «Эконометрика» происходит после усвоения студентом таких дисциплин, как «Математика», «Статистика», «Основы экономики». Эконометрика напрямую связана с этими дисциплинами и использует методики и теории этих дисциплин. Получая однородные группы студентов по показателю подготовленности по взаимосвязанным предметам, преподаватель имеет возможность варьировать глубину изучения новой дисциплины в соответствии с уровнем знаний студентов. Это позволит более полно усваивать знания студентами ввиду одинакового уровня подготовки. При этом вузу будет необходимо вести учет рейтинга студентов по каждой пройденной дисциплине, находить взаимосвязанные дисциплины, группировать все дисциплины по признакам: гуманитарные, экономические, технические и пр.

3) Для отсутствия предвзятости в оценке преподавателем студента на зачете или экзамене, необходимо принимать этот зачет или экзамен комиссией. Оптимальный состав комиссии – 3 человека. В комиссию обязательно должны входить специалисты той области, к которой относится предмет. Это нововведение позволит избежать высказываний со стороны студентов о предвзятом отношении преподавателя к кому-то конкретно. Преподавателю – объективно оценивать студентов в согласии с мнением комиссии. Комиссии – оценить объем знаний, который преподаватель сумел передать студентам.

4) Создание большего количества электронных учебников по всем дисциплинам курса, доступ к которым имелся бы у всех студентов. Плюсы электронных учебников заключаются в возможности в маленьком объеме информации сделать несколько интерактивных ссылок, объясняющих термины, понятия, формулы и пр., о которых идет речь. То есть если студенту необходимо рассчитать индексы цен и у него отсутствуют знания в этой области, он может набором в строке поиска слова «индексы» получить основные понятия и определения в этой сфере. В определении индексов встречаются относительные величины. Щелкнув по этому определению, студент может получить представление об относительных величинах и т.д.

5) Премирование студентов по итогам семестра (или года). Набранные в течение семестра (года) баллы по всем дисциплинам выявляют наиболее успешных и трудолюбивых. Наиболее стимулирующими премиями для студентов являются:

- денежное вознаграждение;
- устройство на практику (работу) в престижные компании;
- льготы при поступлении в аспирантуру;
- обменные программы в вузы других городов (стран).

6) Возможность выбора времени обучения, что позволит студентам помимо учебы работать. При этом работа позволяет студенту сориентироваться в той или иной специальности, получить практические навыки в деловой сфере.

Все перечисленное позволяет стимулировать самостоятельную работу студента в течение всего периода обучения, что помогает ему выработать навыки самостоятельного поиска информации и ее аналитического осмысления с целью получения новых знаний.

Обладая колоссальным ресурсом и потенциалом, обеспечивающим поступательное динамичное развитие нашего общества, национальная инновационная стратегия вуза изменяет существующие подходы к организации и управлению образованием, культурой, качеством жизни и решением других сложнейших комплексных проблем различной природы и характера (социального, политического, экономического).

**Баклушина Ольга Александровна** –  
ассистент кафедры «Экономика и управление в машиностроении»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 11.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 330.322

**О.В. Березуев, Н.В. Казакова**

## **МЕТОДЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В УПРАВЛЕНИИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Исследуется возможность применения методов и инструментов стратегического менеджмента в сфере управления инвестиционной деятельностью предприятия. Систематизированы методы и инструменты стратегического менеджмента в соответствии с этапами разработки инвестиционной стратегии. Дана характеристика основных стадий жизненного цикла предприятия с точки зрения инвестиционного менеджмента. Рассмотрены технологии построения «дерева инвестиционных целей предприятия», инвестиционный SWOT-анализ, инвестиционный GAP-анализ.*

**O.V. Berezuev, N.V. Kazakova**

## **STRATEGIC MANAGEMENT METHODS IN INVESTMENT MANAGEMENT**

*The possibility of using of the methods of strategic management in investment management is analyzed in this article. Methods of strategic management are systematized according to steps of investment strategy development. Instruments of investment management on the different stages of company life cycle are recognized.*

Трансформационные изменения, происходящие в российской экономике, требуют соответствующих изменений в основных процессах функционирования предприятия, в том числе в инвестиционных. При этом применение научного инструментария и методологии стратегического менеджмента позволяет повысить качество управления инвестиционными процессами на предприятии, заранее спланировать возможные изменения во внутренней и внешней среде и вовремя адаптироваться к ним в соответствии с основными целями развития.

При реализации инвестиционного процесса предприятию требуется методологическая база, которая бы позволила наиболее эффективно проходить каждый этап инвестиционного процесса. В настоящее время в научной литературе доминирует точка зрения, что направления инвестиционной деятельности предприятия должны определяться в результате анализа таких показателей, как чистая приведенная стоимость (NPV), рентабельность инвестиций (PI), внутренняя норма доходности (IRR), и рядом других показателей, характеризующих экономическую эффективность инвестиционных проектов. Но, по нашему мнению, данные показатели эффективны при оценке ряда альтернативных инвестиционных проектов, но никак не могут служить основой для выстраивания комплексной системы управления инвестиционной деятельностью организации. Для этой цели могут быть успешно применены (при соответствующей адаптации) традиционные инструменты стратегического менеджмента.

Авторы, проанализировав существующий инструментарий стратегического менеджмента, выделили ряд методов, которые наиболее полно соответствуют целям управления инвестиционной деятельностью предприятия. Данный инструментарий сгруппирован по этапам процесса управления инвестиционной деятельностью и представлен на рис. 1.

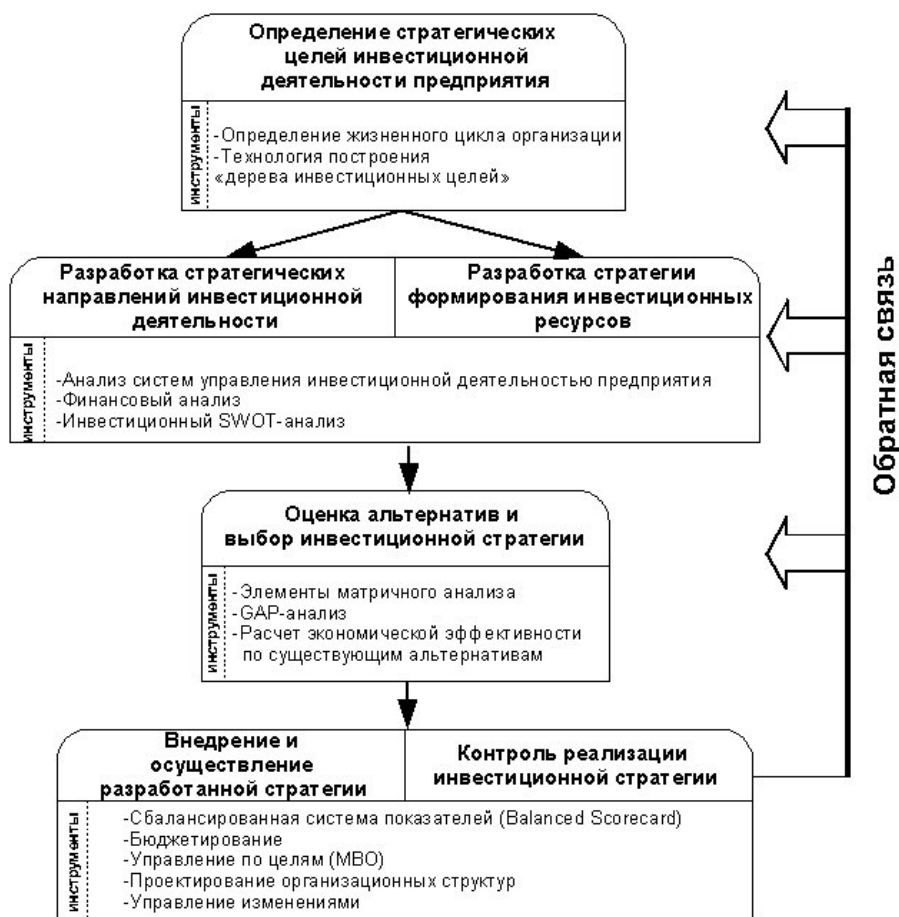


Рис. 1. Инструментарий стратегического менеджмента на различных этапах инвестиционного процесса

При определении этапов стратегического процесса, были проанализированы работы ряда отечественных ученых ([1], [2] и др.), в результате чего авторы данной статьи выделили следующие основополагающие стадии инвестиционного процесса предприятия:

1. Определение стратегических целей инвестиционной деятельности предприятия;
2. Разработка стратегических направлений инвестиционной деятельности;

3. Разработка стратегии формирования инвестиционных ресурсов;
4. Оценка альтернатив и выбор инвестиционной стратегии;
5. Внедрение и осуществление разработанной стратегии;
6. Контроль реализации инвестиционной стратегии.

Из всего многообразия имеющихся в стратегическом менеджменте инструментов и методик авторы, в силу ограниченности в объеме данной статьи, выделили наиболее интересные и эффективные инструменты и методы:

- методология определения жизненного цикла предприятия;
- технология построения «дерева инвестиционных целей»;
- инвестиционный SWOT-анализ;
- инвестиционный GAP-анализ.

На этапе **«Определение стратегических целей инвестиционной деятельности предприятия»** наиболее значимыми являются методология определения жизненного цикла предприятия и технология построения «дерева инвестиционных целей».

Предстоящие стадии жизненного цикла предприятия оказывают большое влияние при разработке инвестиционной стратегии, которая определяет основные направления инвестиционной деятельности и стратегии формирования инвестиционных ресурсов. Большинство зарубежных и отечественных исследователей выделяют 4 стадии жизненного цикла предприятия: рождение, рост, зрелость, спад. Существуют также расширенные концепции данной теории, включающие стадии: рождение, детство, юность, ранняя зрелость, окончательная зрелость, старение, возрождение. Но из-за схожести управления инвестиционной деятельностью на некоторых стадиях (к примеру, на стадиях «рождение» и «детство», «юность» и «ранняя зрелость»), авторы считают целесообразным сконцентрировать внимание на исследовании основных четырех стадиях жизненного цикла.

Особенности инвестиционной деятельности предприятий, находящихся на различных стадиях жизненного цикла, заключаются в различных уровнях инвестиционных потребностей (а, соответственно, и различных темпах прироста общего объема финансовых ресурсов); различных возможностях привлечения заемного капитала; уровне диверсификации финансовых операций; уровне финансового риска. Авторы данной работы провели исследование по определению основных характеристик каждой стадии жизненного цикла, определили основные направления инвестиционной деятельности на каждой из них, выявили основные источники финансирования инвестиций на каждом этапе.

На **стадии зарождения** требуются большие инвестиции, поскольку компания создает свои конкурентные преимущества. Основные инвестиционные усилия будут направлены на НИОКР, сбыт, сервис, а также вложения в создание и улучшение материальной базы предприятия для сокращения издержек производства. Если компания вложила средства в создание конкурентных преимуществ, она займет сильную конкурентную позицию.

Так как предприятие вновь создано и не имеет прибыли, то источником денежных средств здесь должны стать заемные (банковские кредиты, лизинг, ссуды, льготные государственные кредиты и др.) или привлеченные средства (формирование и расширение уставного капитала и пр.).

В большинстве случаев единственно возможной инвестиционной стратегией на данной стадии является **прогрессивная инвестиционная стратегия**, предполагающая вложение инвестиционных средств в освоение новой продукции и продвижение ее на рынок.

**Стадия роста** характеризуется быстрым ростом объемов продаж и прибыли, поэтому предприятию требуются значительные вложения в маркетинг для поддержания своего успеха. По мере замедления роста компаниям нужны ресурсы на расширение рынка за счет доли слабых компаний. Характер инвестиций здесь зависит от общей стратегии фирм, но в основном имеет экстенсивный характер (**экстенсивная инвестиционная стратегия**).

По мере возникновения и увеличения прибыли предприятия она становится одним из главных источников инвестиционных ресурсов. Также сохраняют свое значение банковские кредиты, ссуды различных видов и инвестиционный лизинг.

**На стадии зрелости** объем продаж достигает предельно высокого уровня, после чего наступает замедление роста и затем полная остановка, прибыли достигают предельно высокого уровня и остаются на этом уровне или начинают немного снижаться, в то время как движение наличности становится или остается позитивным. На данной стадии в зависимости от основной цели возможны три альтернативные инвестиционные стратегии: **консервативная** (поддержание имеющихся мощностей); **интенсивная** (интенсификация и модернизация производства); **прогрессивная** (освоение новой продукции и технологий).

При выборе консервативной инвестиционной стратегии источниками денежных средств на стадии зрелости могут выступать средства амортизационного фонда и прибыль предприятия. Для осуществления интенсивной и прогрессивной инвестиционных стратегий потребуются привлечение всего многообразия существующих источников финансовых ресурсов: увеличение размера уставного капитала (или акционирование), банковский кредит, инвестиционный лизинг, государственное финансирование или льготное кредитование. Положительным моментом является то, что доступ к инвестиционным ресурсам на данной стадии, в силу устойчивого положения предприятия, является максимальным.

**Стадия спада** характеризуется падением спроса на продукцию предприятия, сужением ассортимента товаров, снижением прибыли. В большинстве случаев на данной стадии возможна лишь консервативная инвестиционная стратегия, т.к. доступ к необходимым ресурсам затруднен бесперспективностью дальнейшей хозяйственной деятельности предприятия. Поэтому в большинстве случаев на данном этапе источники инвестиций ограничиваются средствами собственника предприятия (иногда – государственной поддержкой).

После определения текущей стадии жизненного цикла предприятия следует перейти к определению системы инвестиционных целей, наиболее эффективной технологией при этом выступает технология построения «**дерева инвестиционных целей**», основывающаяся на системном подходе к объекту исследования и проектирования. Построенное «дерево целей» служит основой для разработки инвестиционной стратегии, кроме того, оно может выступать в качестве каркаса при проектировании организационной структуры предприятия.

Соответственно общей концепции построения «дерева целей», построение «дерева инвестиционных целей» должно осуществляться по следующим правилам: 1) на каждом уровне «дерева инвестиционных целей» совокупность подцелей должна быть достаточной для описания вышестоящей инвестиционной цели; 2) расчленение инвестиционной цели на подцели на каждом уровне ведётся только по одному признаку декомпозиции; 3) каждая выделяемая подцель должна относиться к организационно-обособленному субъекту деятельности – исполнителю, подразделению или подсистеме.

Согласно этим правилам, в качестве одного из возможных вариантов «дерева инвестиционных целей» авторы предлагают схему, представленную на рис. 2.

На данной схеме отображено место «дерева инвестиционных целей» в общей системе целей, исходя из миссии и общих целей предприятия. В соответствии с принципом редукции главная инвестиционная цель делится на три менее значимые, но в совокупности достаточные для описания главной цели, при этом разделение целей на данном этапе ведётся только по одному признаку декомпозиции – по объектам инвестирования (финансовые, реальные и портфельные инвестиции). Также принято во внимание, что каждому уровню целей должна соответствовать своя подсистема управления.

После этапа стратегического позиционирования предприятия следует перейти к разработке направлений инвестиционной деятельности и источников формирования инвестиционных ресурсов. Одним из наиболее полезных инструментов на данной стадии может выступать **инвестиционный SWOT-анализ**.



SWOT-анализ относится к одному из наиболее известных и широко применяемых методов разработки стратегии организации, который позволяет выбрать тот или иной тип известной (в данном случае инвестиционной) стратегии деятельности предприятия. Технология проведения SWOT-анализа для целей стратегического менеджмента хорошо изучена и описана в соответствующей научной литературе, поэтому в данной работе мы ограничимся лишь выделением основных отличительных моментов инвестиционного SWOT-анализа.

При проведении инвестиционного SWOT-анализа основное внимание уделяется финансовому состоянию предприятия, при этом выделяются положительные и отрицательные стороны этой деятельности, а также прогнозируются возможности и угрозы инвестиционной среды. Должно быть учтено, что сильные стороны предприятия и возможности внешней среды способны компенсировать внутренние недостатки и минимизировать при этом угрозы и риски внешней среды.

Одним из наиболее интересных инструментов на этапе оценки альтернатив и окончательном выборе стратегии является **GAP-анализ**, который при использовании в инвестиционном менеджменте может дать положительные результаты. Цель GAP-анализа заключается в выявлении несоответствия (разрыва – GAP) между нынешними тенденциями развития предприятия и его потенциалом. На основании данных, полученных в ходе GAP-анализа, принимается решение о выборе оптимальной инвестиционной стратегии, наиболее полно соответствующей поставленной инвестиционной цели и имеющимся возможностям внутренней и внешней среды. Возможности для устранения выявленного разрыва обычно ограничиваются несколькими видами альтернативных стратегий.

Для наглядности представления данного инструмента следует построить графическую модель инвестиционного GAP-анализа (рис. 3).

При построении указанного графика используются две важнейшие инвестиционные переменные – период развития предприятия ( $T$ ) и ожидаемая инвестиционная отдача ( $S$ ). Суть построения графика заключается в том, чтобы спроецировать нынешнюю тенденцию развития в будущее, а также найти способы оптимизации этой тенденции.

Показатель  $T_0$  характеризует нынешний период развития органи-

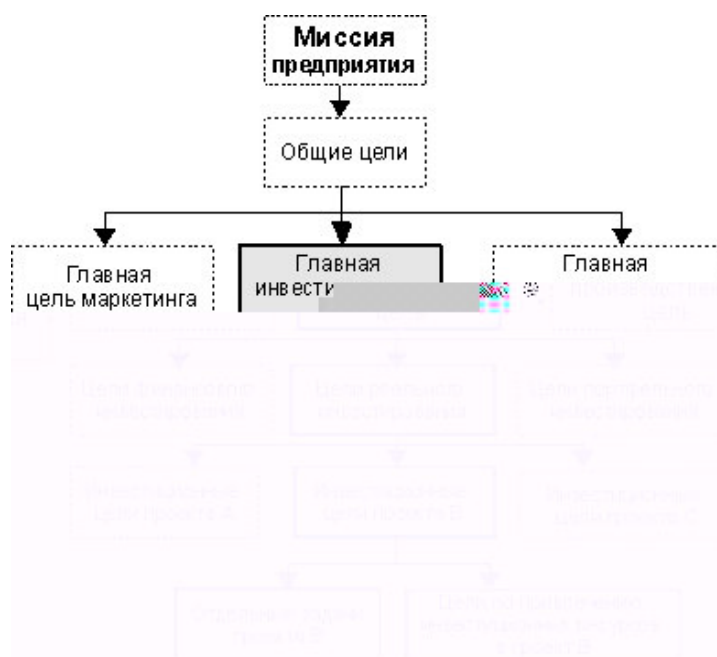


Рис. 2. «Дерево инвестиционных целей» в общей системе целей предприятия

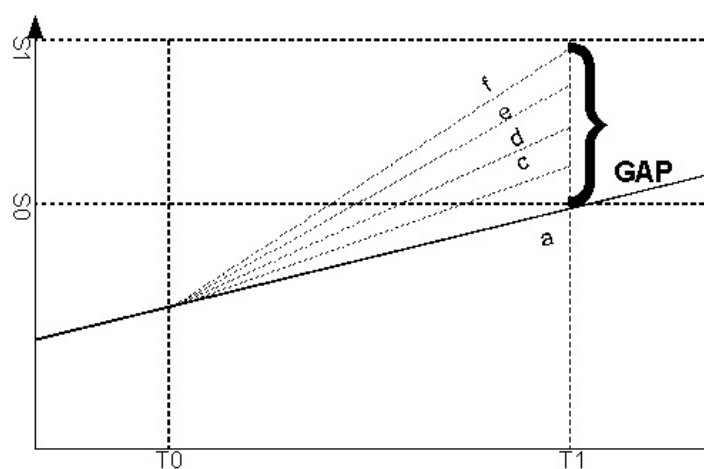


Рис. 3. Графическая модель инвестиционного GAP-анализа

зации, а линия *a* – тенденцию стратегического развития организации, исходя из результатов анализа деятельности предприятия в предыдущие периоды. Линия *a* стремится к инвестиционному эффекту  $S_0$ , стратегическому периоду  $T_1$ , то есть к тому сроку, когда реализация стратегической инвестиционной программы должна быть завершена.

Занять ведущие места на конкурентном рынке возможно лишь при проведении активной инвестиционной политики. Линии *c, d, e, f* на графике соответствуют одной из возможных инвестиционных стратегий, определенных при рассмотрении стратегий предприятия на различных стадиях жизненного цикла: консервативная стратегия, направленная на поддержание имеющихся мощностей (линия *c*); экстенсивная, ориентирующаяся на расширение существующего производства (линия *d*); интенсивная – интенсификация и модернизация производства (линия *e*); прогрессивная, ориентирующаяся на выпуск новой продукции (линия *f*).

Как уже было отмечено, каждая из указанных инвестиционных стратегий предпочтительна на определенных стадиях жизненного цикла предприятия, соответствует определенным целям, имеет свои особенности при разработке основных направлений инвестиционной деятельности и формирования инвестиционных ресурсов.

Таким образом, мы можем констатировать, что большая часть накопленного инструментария стратегического управления может быть успешно адаптирована и использована в сфере инвестиционного менеджмента. При этом компетентность финансового менеджера, занимающегося стратегическим управлением на предприятии, должна охватывать такие области, как стратегическое управление, маркетинг, управление инновациями и производством, в сочетании с глубокими знаниями основ финансовой деятельности предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бланк И.А. Инвестиционный менеджмент: учеб. курс / И.А. Бланк. Киев: Эльга, 2001. 448 с.
2. Бясов К.Т. Основные аспекты разработки инвестиционной стратегии организации / К.Т. Бясов // Финансовый менеджмент. 2003. № 4. С. 65-74.

**Казакова Нина Васильевна** –  
доктор экономических наук,  
профессор кафедры «Экономика и управление в строительстве»  
Саратовского государственного технического университета

**Березуев Олег Викторович** –  
аспирант кафедры «Экономика и управление в строительстве»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 338.33

**Ю.В. Вилкова**

#### **ИНТЕРНЕТ-ОБУЧЕНИЕ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ РАБОТНИКОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ БАНКОВ ГРУППЫ ОАО АКБ «ПРОБИЗНЕСБАНК»**

*Рассмотрена система обучения и повышения квалификации персонала  
ОАО АКБ «Пробизнесбанк», одним из главных элементов которой является*

*Интернет-обучение. Основной идеей статьи выступает описание учебного портала Web Tutor, с помощью которого каждый сотрудник банка может пройти первоначальное обучение, повысить свою квалификацию, получить необходимую справочную информацию и общаться на форумах.*

**Yu.V. Vilкова**

### **THE INTERNET-TRAINING AS AN ELEMENT OF THE PERSONNEL QUALIFICATION IMPROVEMENT SYSTEM OF REGIONAL BANK GROUP JSC PROBUSBUSINESSBANK**

*This article describes the Probusinessbank's system of the personnel qualification training and improvement and about the Internet-training as the type of the remote training. The main idea of the article is the description of the educational portal Web Tutor by means of which each bank employee can be trained, improve the qualification, receive the necessary help information and communicate at forums.*

Рынок банковских услуг все чаще стал диктовать условия, при которых успешное развитие кредитных организаций, укрепление их конкурентных позиций во многом зависит от профессиональной работы специалистов, ориентированных на ценности и стратегию компании. Конкуренция растет с каждым днем, и поскольку у потребителя появляется возможность более широкого выбора, а цена становится все менее решающим фактором в конкурентной борьбе, вопрос обучения сотрудников банков все более и более актуализируется. Именно в процессе обучения персонал кредитных организаций приобретает навыки, позволяющие успешнее продвигать свои услуги.

Изучение мотивов, влияющих на выбор потребителя, проведенное среди новых клиентов аналитиками ОАО «Омскпромстройбанка», показало, что такой фактор как «квалификация персонала», занимает четвертое место по значимости после имиджа, своевременности расчетов, качества обслуживания. Если в 1998 г. 21% новых партнеров по бизнесу отмечали квалификацию персонала как важный фактор, то в 2002 г. их уже было 36,8% [2, с.47]. Таким образом, подтверждается необходимость постоянного применения системного подхода к обучению, подготовке и переподготовке сотрудников учреждений рынка банковских услуг.

В качестве примеров рассмотрим технологии повышения конкурентоспособности своих услуг, применяемые банковской группой ОАО АКБ «Пробизнесбанк», в которую вошли банки ОАО АКБ «Вуз-банк», ЗАО АКБ «Экспресс-Волга», ЗАО АКБ «Конто» и ООО «Пробизнес-билдинг».

Вследствие стремления соответствовать выбранной стратегии ОАО АКБ «Пробизнесбанк» была сформирована система обучения и повышения квалификации персонала, которая включает академическое обучение, обучение по продажам, обучение и стажировки в банке [3].

Академическое обучение предполагается реализовать в рамках самостоятельной программы с участием приглашенных преподавателей и специалистов банка, для которой специально готовится учебный план. В рамках программы выделяются разделы базовых учебных курсов, специальных (банки, предприятия), профессионально-ориентированных курсов.

Обучение по продажам предполагается реализовать с одной из ведущих тренинговых компаний. В ходе обучения участники освоят вопросы личных и телефонных продаж, эффективного общения с клиентами, работы с возражениями.

Обучение и стажировки в банке включают четыре этапа:

– Внутрибанковское обучение (общее) – предполагается подготовка презентационных материалов и обучение по общим темам: История банка, Место банка на рынке, Типовая презентация банка, Организационная структура, Акционеры банка и т.п. В рамках данного этапа участники ознакомятся с общим стандартом представления банка клиентам и партнерам.

– Внутрибанковское обучение (продукты) – предполагается обучение по продуктивному ряду банка, а также процессам производства и реализации продуктов, внутренним нормативным документам банка. В рамках данного этапа предполагается, что участники программы получают достаточно полные знания по каждому из базовых продуктов, будут точно представлять себе процесс «производства» продуктов.

– Стажировки в производственных подразделениях – организация серии практических стажировок в «производственных» подразделениях: Кредитный департамент, Открытие счетов, Операционное подразделение, Управление кассовых операций и пр. В ходе стажировки участники получают практическое представление о производственных процессах и попробуют их «руками».

– Практические стажировки. По итогам курса обучения и стажировок в «производственных» подразделениях предполагается организация распределения сотрудников на стажировку на 2-4 недели в подразделениях будущей специализации. В рамках стажировки сотрудники должны будут продемонстрировать навыки и знания, полученные в процессе обучения. По итогам готовится заключение руководителя стажировки.

Динамика современной жизни вызывает потребность в эффективных учебных системах, отвечающих таким потребностям как учиться в индивидуальном режиме, независимо от места и времени, получать образование непрерывно и по индивидуальной траектории, в соответствии с высокими принципами открытого образования, возможность реализовать права человека на непрерывное образование и получение информации. Именно этим вышеперечисленным требованиям отвечает дистанционное образование.

Во многом дистанционное обучение является универсальным решением, которое может в равной степени эффективно использоваться, как во внутрифирменном обучении, так и в качестве внешней образовательной услуги. Электронное обучение уже сегодня включает в себя достоинства различных форм обучения, с одной стороны предлагая унифицированную услугу вне зависимости от места и времени обучения, с другой – включая интерактивные формы взаимодействия слушателя и преподавателя, а также прогрессивный контроль обучения.

Принципиальное новшество, вносимое компьютером в образовательный процесс – интерактивность, позволяющая развивать активно-деятельностные формы обучения. Активно-деятельностная форма представляет собой метод обучения, при котором человек обучается в процессе выполнения каких-либо действий, формируя при этом соответствующие практические навыки [4, с.118]. Если система дистанционного обучения содержит средства синхронного общения с преподавателями и другими обучаемыми, такие как обсуждения, в режиме реального времени, и средства асинхронного общения, в виде посылаемых преподавателю вопросов, и последующих ответов на них, это позволяет более эффективно получать и использовать новые знания.

Наличие Web-портала позволяет взаимодействовать географически распределенным участникам проекта. При помощи Web-портала участники проекта могут общаться, обсуждать проблемы, совместно использовать документы, просматривать различные представления информации, получать задания, рассматривать и отчитываться по своей загрузке. Все эти возможности вполне удовлетворяют требованиям социальных систем управления знаниями. Такие системы лучше всего подходят для поддержки обмена опытом и знаниями при реализации реального рабочего процесса.

Разработка и внедрение в банковской организации системы дистанционного обучения позволяет решать такие задачи, как:

- обеспечение соответствия уровня компетентности сотрудников компании требованиям технологий работы с использованием электронного обучения;
- поддержка внедрения управленческих практик в компании компьютерными средствами обучения;
- создание условий для профессионального и карьерного роста сотрудников путем свободного доступа к электронным учебным информационным ресурсам.

В настоящее время во многих крупных банках достаточно широко применяются различные системы дистанционного обучения, сочетающие наличие мощной администрирующей оболочки с различными учебными курсами и тестовыми программами.

Подобная система, которая уже стала традиционной, предполагает реализацию ряда автоматизированных процедур:

- 1) управление учебным процессом;
- 2) распределение прав доступа к образовательным ресурсам и средствам управления системой;
- 3) разграничение взаимодействия участников образовательного процесса;
- 4) ведение журналов активности пользователей учебного комплекса;
- 5) обучение и оценка знаний в среде Интернет, в корпоративных и локальных сетях.

Организация корпоративного обучения персонала, как правило, направлена на плановую и последовательную реализацию программ профессиональной подготовки сотрудников с целью развития их базовых и личных компетенций. Чтобы охватить большую аудиторию, мотивировать сотрудников на карьерный рост и повышение квалификации, правильно и своевременно донести до них корпоративные знания, применяется система дистанционного обучения. Основная цель использования системы дистанционного обучения – повышение качества подготовки специалистов компании, унификация знаний и подведение к единым корпоративным стандартам обучения сотрудников на основе использования современных информационных технологий.

Принципами, на которых базируется дистанционное обучение, выступают: доступность обучения, простые входные требования, свобода развития профессиональной индивидуальности, *радикально новые формы представления и организации информации*, обеспечивающие максимальную степень ее восприятия, а именно четкая структуризация информации, регламентируемый объем избыточной информации, эмоциональная загруженность, которая достигается введением иконографического материала, видео- и анимационных фрагментов, использование рейтинговой технологии общения, позволяющей обеспечить оперативный контроль знаний, учет психологических особенностей организации зрительного восприятия и т.п.

Одним из главных элементов дистанционного обучения в системе обучения и повышения квалификации является Интернет-обучение, которое проводится через созданный учебный портал, доступный каждому работнику Группы ОАО АКБ «Пробизнесбанк». Следует отметить существенный экономический эффект, обусловленный низкой затратностью электронного обучения. Не менее важным является и качественный аспект Интернет-обучения, который характеризуется подачей более доступной и точной информации и объективной оценкой знаний.

Дадим краткое описание учебному portalу Web Tutor, с помощью которого каждый сотрудник банка может пройти первоначальное обучение, повысить свою квалификацию, получить необходимую справочную информацию и общаться на форумах.

Структура учебного портала состоит из следующих элементов:

- Каталог курсов включает:

- Общедоступные курсы;
  - Закрытые курсы;
  - Управление персоналом;
  - Делопроизводство;
  - Компьютерные технологии;
  - Управление проектами;
  - Все программы.
- Личные данные включают:
- Незавершенные курсы;
  - Завершенные курсы;
  - Учебный план;
  - Необходимо сделать;
  - Пройденные аттестации;
  - Заявки;
  - Пройденное обучение.
- База знаний содержит разделы:
- Книги;
  - Статьи;
  - Делопроизводство;
  - Медицина;
  - Информационная рассылка «Продажи – это просто!»
- Раздел «Общение» включает следующие подразделы:
- Общие формы;
  - Форумы по курсам.
- Раздел «Помощь» представлен такими подразделами, как:
- Администрирование сайта;
  - Работа с базой данных;
  - Работа с сайтом;
  - Установка системы.
- Новости;
- Курсы и тренинги (Московские, Екатеринбургские и Саратовские).

Вход в учебный портал осуществляется согласно индивидуальному имени и паролю. Тем самым система идентификации сотрудников и установление уровня доступа обеспечивают допуск к конкретным курсам только тем лицам, кому это позволено соответствующим статусом (закрытые курсы).

Главная страничка портала Web Tutor включает новости обучения, вопросы раздела «Ваше мнение», с помощью которых осуществляется обратная связь с обучаемым персоналом, и различного рода справочную информацию.

Первыми и обязательными для прохождения всеми сотрудниками учебными курсами банк поставил курсы «Ценности – знание» и «Ценности – понимание». По мнению руководства банка, ценности являются одним из главных конкурентных преимуществ организации. Однако наличие сформулированных ценностей, само по себе, гарантирует лишь 1% успеха, остальные 99% обеспечиваются трансформацией данных ценностей в конкретные нормы поведения, которым реально следуют сотрудники в своей работе.

Другими словами, ценности – это набор основополагающих принципов существования организации и ведения бизнеса, набор характеристик ее делового стиля, а базовые ценности вместе с миссией формируют базовую идеологию ведения бизнеса или конституцию организации. По словам Джеймса Дж. Коллинза, лидеры умирают, продукты устаревают, рынки изменяются, появляются новые технологии, фантазии менеджмента приходят и ухо-

дят, и только основная идеология в великих компаниях сохраняется как источник руководства к действию и вдохновения, и основная идеология обеспечивает организацию «клеем», который не позволяет ей распасться по мере роста, децентрализации, диверсификации, глобальной экспансии [1, с.95].

Следует отметить, что в ключевые ценности банка входит такая ценность как обучающаяся организация, суть которой заключается в постоянном стремлении к новым знаниям, улучшению способов ведения бизнеса, в использовании передового опыта и системы мотивирования персонала.

Для оценки качества обучения персонала банком используется такой метод контроля как тестирование после изучения соответствующих учебных курсов. Электронная версия тестов является сетевой и позволяет работать с ней одновременно любому числу специалистов банка. Работа персонала с порталом Web Tutor организована таким образом, что различного рода специалисты могут в удобное для них время осуществлять пробное и открытое тестирование, проходить аттестацию (контрольное тестирование), при этом особенностью данного мультимедийного комплекса является возможность создания учебного плана мониторинга профессиональных знаний персонала, его объективной и качественной реализации и немедленного подведения итогов.

Еще одним серьезным инструментом для профессионального роста является электронная библиотека банка. Электронная библиотека банка – это своеобразный электронный каталог документов, позволяющий работать с ними одновременно большому числу специалистов банка. Например, в доп.офисе №6 ЗАО АКБ «Экспресс-Волга» в г. Балаково, в основном это универсальные каталоги по нормативным документам «Гарант» и Lotus Notes.

На протяжении всей нашей жизни мы постоянно овладеваем новой информацией, получаем новые знания: от школ до вузов, послевузовское образование, от внутрикорпоративного до межотраслевого обучения. Тем самым везде, где возникает необходимость узнать новое и проверить это знание, электронное обучение в виде подобных программных комплексов, а также многообразных приложений Интернет-обучения может найти себе применение. При оптимальном сочетании Интернет-обучения с другими методами внутрифирменного обучения возможно довольно значительное снижение затрат на 50-70% при одновременном повышении общей эффективности процесса в несколько раз. Значительная экономия расходов на обучение персонала – не самое главное преимущество, которое получает организация в результате внедрения дистанционного обучения, основное – это возможность вывести обучение на стратегический уровень, при котором возможно установление контролируемой связи между образовательными процессами и эффективностью работы банка в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коллинз Дж.Дж. Основные ценности, или дальновидность вашей компании / Дж.Дж. Коллинз, Ай Дж. Поррас // Персонал. 1998. № 1. С. 92-100.
2. Куршакова Н.Б. Некоторые вопросы подготовки персонала региональных банков / Н.Б. Куршакова // Деньги и кредит. 2003. № 9. С. 44-49.
3. Официальный сайт ОАО АКБ «Пробизнесбанк» //www.prbb.ru.
4. Шаш Н.Н. Человеческий капитал организации: теория, развитие, управление / Н.Н. Шаш. Саратов: Изд-во Саратов. гос. консерватории, 2006. 185 с.

**Вилкова Юлия Владимировна** –  
аспирант кафедры «Экономическая теория и учения»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.09.06, принята к опубликованию 21.11.06*

**С.А. Давыдов**

**ОСОБЕННОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ФИНАНСОВОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ  
ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИИ И СТРАНАХ  
С РАЗВИТОЙ ЭКОНОМИКОЙ**

*Уточняются прямая и косвенная формы государственного финансового стимулирования инвестиционной деятельности, определяются условия доминирования прямой и косвенных форм в отношении особенностей инвестиционного процесса, его стадии. Рассматриваются возможности сочетания прямой и косвенных форм государственного стимулирования в отношении одних и тех же инвестиционных проектов с учетом стадии его жизненного цикла. Определяются основные проблемы повышения эффективности государственного финансирования инвестиций и формирования благоприятного инвестиционного климата в России с помощью налоговых льгот.*

**S.A. Davidov**

**STATE FINANCIAL STIMULATION PECULIARITIES  
OF THE INVESTMENT ACTIVITIES IN RUSSIA AND OTHER COUNTRIES  
WITH DEVELOPED ECONOMIES**

*The article describes the direct and indirect forms of governmental financial stimulation and development of investment activities, determines conditions of choice between direct and indirect forms. The author analyses the specifics of investment process and stages. The author looks upon the possibilities of combinations of direct and indirect forms governmental financial stimulation of investment projects taking into account stages of cycle of investments. The author determines the problems of development efficiency of investment activities in Russia with fiscal administration and tax shield.*

Государственное финансовое стимулирование инвестиционной деятельности в развитых странах осуществляется в двух основных формах: прямой и косвенной. Прямая форма состоит в осуществлении государством прямого финансирования инвестиционных программ и проектов, косвенная форма состоит в поощрении частных инвестиций путем создания льготных условий в инвестиционном климате, особенно с помощью налоговых льгот и государственных гарантий по рискованным инвестициям. Обе формы государственного финансового стимулирования инвестиционной деятельности применяются во всех развитых странах, при этом постоянно меняется соотношение между ними в зависимости от целей и задач государства [1].

Прямая форма в большей степени оказывает влияние на ускорение инвестиционной активности за счет государственного финансирования в сфере капиталоемких, долгосрочных, высокорискованных инвестиционных программ и проектов национального значения в атомной, электронной, космической промышленности (в 70-80-е гг.); робототехнике, биотехнологии (в 90-е гг. – по настоящее время).

Косвенная форма оказывает влияние на повышение общего уровня частной инвестиционной активности через формирование благоприятного инвестиционного климата. Эта



форма способствует успешной реализации частных инвестиционных проектов и программ, которые имеют менее капиталоемкий характер, краткосрочную и среднесрочную окупаемость, приемлемую рискованность по масштабам ожидаемых финансовых потерь.

Наиболее контрастно эти две формы выглядели до середины 90-х годов на примере Японии и Франции. По сути государственное финансовое стимулирование инвестиционной деятельности в этих странах основывалось на противоположных принципах.

Во Франции на протяжении пятидесяти послевоенных лет развивалась прямая форма государственного финансового стимулирования в виде непосредственного участия государства в финансировании крупных национальных инвестиционных программ и проектов, особенно осуществляемых государственными и полугосударственными организационными структурами.

Японская модель государственного финансового стимулирования инвестиционной деятельности в наименьшей степени включала в себя развитие государственного прямого финансирования инвестиционной деятельности, а в наибольшей степени использовались налоговые льготы для стимулирования частных инвестиций. Инвестиции японских фирм с самого начала были нацелены на получение наивысшей экономической эффективности в кратчайшие сроки. Государством стимулировались с помощью налоговых льгот инвестиционные проекты только при условии коротких сроков их осуществления и быстрой окупаемости.

Французская и японская модели государственного финансового стимулирования инвестиций имели как преимущества, так и недостатки, проявившиеся в достижениях и проблемах этих стран. Высокая доля государства в финансировании инвестиционной деятельности во Франции обусловила успешное развитие капиталоемких и наукоемких отраслей промышленности, как авиаракетно-космическая и ядерная энергетика, робототехника и биотехнологии, генная инженерия. Однако недостаточное внимание к таким вопросам, как частная инвестиционная активность, которая замещалась и частично вытеснялась инвестиционной активностью государства, привело к спаду инвестиционной активности частных компаний в промышленной сфере и доминированию частных компаний, напрямую связанных с государством, что деформировало конкуренцию на рынке инвестиций. А также это привело к потере конкурентных позиций на мировом рынке французских частных промышленных предприятий.

Японская модель, напротив, создала для частных предприятий наиболее благоприятные условия инвестирования и многочисленные стимулы в виде налоговых льгот, ускоренной амортизации, государственных гарантий в отношении частных инвесторов. В значительной мере именно система косвенного государственного финансового стимулирования инвестиций позволила японским компаниям превзойти технический и организационный уровень американских и западно-европейских производителей в таких отраслях, как автомобилестроение, производство средств телекоммуникации, станкостроение, электротехническая промышленность, электроника.

Однако, как показала практика, японская система косвенного государственного финансового стимулирования инвестиций дала высокую эффективность в областях традиционного производства в период, когда перед промышленными предприятиями стояли задачи догнать и потеснить прежних лидеров, освоить новые для себя, но уже существовавшие области производства и технологии, применить на практике научные и технические достижения конкурентов. В новых условиях, когда перед промышленностью встали задачи удержать технологическое лидерство и сохранить свою долю на мировом рынке, развивать новые отрасли и создавать собственные разработки в тех областях, где японская технология уже является передовой, она стала нуждаться в пересмотре и совершенствовании. Определилась необходимость большей координации проведения инвестиционных программ и проектов, расширения стимулов, включая и прямое государственное финансирование, для осуществле-

ния не только корпоративных программ, но и национальных, а также методов поощрения инвестиционной деятельности в мелких частных компаниях.

Таким образом, можно утверждать, что успешное государственное финансовое стимулирование инвестиционной деятельности осуществляется только при соблюдении условия сочетания прямой и косвенной форм.

Во всех странах, где приходят к власти правые политические силы, осуществляется переход от элементов французской модели к японской, от прямой формы к косвенной. При этом правительственный курс начинает основываться на быстром развитии и совершенствовании методов поддержки инвестиционной деятельности частных компаний. Задачами государства становятся привлечение частных инвестиций за счет формирования благоприятного инвестиционного климата, переориентация инвестиционных ресурсов на обслуживание заказов частных промышленных предприятий при развитии рыночной конкуренции. Правительства приступают к сдерживанию роста и сокращению государственных инвестиций, принимают меры по поощрению частных инвестиций налоговыми льготами и государственными гарантиями. Основной целью правительства становится сведение к минимуму государственных инвестиций и усиление частной инвестиционной активности по принципу «больше рынка и меньше государственного вмешательства», что приводит к доминированию частных коммерческих инвестиций в программах и проектах развития.

Все большее развитие получают методы косвенного государственного финансового стимулирования инвестиционной деятельности, что, помимо усиления правых политических кругов во власти, оправдано объективно закономерным переходом от крупных национальных программ и проектов к развитию частной предпринимательской инициативы на уровне крупных и малых компаний, особенно на уровне корпоративных и кооперативных бизнес-групп, а также стратегического партнерства крупного и малого бизнеса в программах и проектах развития. В противном случае доминирование косвенных методов государственного финансового стимулирования инвестиций негативно отражается на стратегиях национального развития и реализации крупных национальных программ и проектов капиталоемкого, долгосрочного и высокорискованного характера.

Наряду с возрастанием роли методов косвенного государственного финансового стимулирования инвестиций увеличивается и значение региональных бюджетов и государственных (полугосударственных) внебюджетных фондов в финансировании инвестиций, особенно инновационного назначения. В этой связи во всех развитых странах все больше внимания начинает уделяться созданию системы региональных инвестиционных фондов, где важным источником финансирования становятся территориальные бюджеты и иностранный капитал.

Совершенствуется прямое государственное финансирование инвестиций, которое осуществляется сочетанием двух основных методов: административно-организационного и программно-целевого. Они часто дополняют друг друга. При совершенствовании прямого государственного финансирования инвестиций осуществляется переход от доминирования административного финансирования к программно-целевому.

При использовании административно-организационного метода государственного финансирования инвестиций средства выделяются учреждениям и организациям для возмещения произведенных в соответствии с утвержденными планами инвестиционных расходов. Но широкое распространение получает программно-целевой метод, при котором инвестиционные средства выделяются на выполнение определенной программы или проекта. Административно-организационный метод предусматривает финансирование инвестиций предприятий или учреждений, а программно-целевой – непосредственно работ по реализации инвестиционного проекта в какой-либо области. Выделение средств в первом случае осуществляется на основании утвержденной сметы, произведенных инвестиционных затрат, во втором – оплата работ осуществляется на основании выполненных обязательств по контракту, и обязательным условием выступает завершение либо всего проекта или программы, либо опре-

деленного этапа с заданными показателями рентабельности, окупаемости и финансовой устойчивости.

Оба метода имеют преимущества и недостатки. В связи с тем, что программно-целевой метод предполагает финансирование работ по реализации инвестиционного проекта и получение результата в жестко установленные сроки, его применение ограничено для финансирования тех проектных инвестиций, где существует значительная неопределенность относительно достижения положительного результата в рентабельности, окупаемости и устойчивости. Для финансирования капиталоемких инвестиций инфраструктурного типа этот метод полностью неприменим, так как такие инвестиции не имеют частной коммерческой эффективности, эффективность же сама имеет высокую степень неопределенности в силу самого долгосрочного характера их осуществления. В наибольшей степени он соответствует такой организации финансирования инвестиций, при которой существует возможность достаточно четкого определения задачи, точного установления обязательных сроков завершения этапов и общего объема работ, постоянного контроля и программирования деятельности, а следовательно, и возможность задолго до начала работ определить будущие затраты и эффекты. Программно-целевой метод создает условия для стимулирования выполнения заданий меньшей численностью менеджеров, сокращения инвестиционного цикла проекта, получения максимальной эффективности результатов, снижения управленческих расходов. Этому способствует усиление конкуренции среди потенциальных реципиентов за привлечение инвестиций и среди инвесторов за участие в перспективных, привлекательных проектах, шансы которых на заключение инвестиционных контрактов находятся в зависимости от предлагаемых ими условий инвестирования.

Использование административно-организационного метода финансирования инвестиций объективно заинтересовывает реципиента, который часто выступает как монополист в своей области, в увеличении сроков осуществления инвестиций, завышении расценок и окладов менеджерам и административному аппарату, то есть увеличению сметы затрат и стоимости самих инвестиций. У реципиентов меньше стимулов для создания гибких форм организации инвестиционной деятельности, таких, как временные проектные группы, а также для привлечения квалифицированных инвестиционных консультантов и внешних управляющих компаний (инвестиционных траст-фондов), даже если это может привести к значительному росту эффективности инвестирования.

Преимущества и недостатки указанных методов государственного финансирования инвестиций обусловили их комбинированное использование. При этом на основе административно-организационного метода осуществляется преимущественно финансирование инфраструктурных некоммерческих инвестиций, особенно предприятий национального стратегического значения. Инвестиционная деятельность в области частичной модернизации промышленности, улучшающих инноваций финансируется государством главным образом на основе программно-целевого подхода путем заключения инвестиционных контрактов с участием частных инвесторов в рамках долевого финансирования (софинансирования).

В России из-за слабого развития рынка капитала, дефицита инвестиционных ресурсов у национальных инвесторов и крайней потребности в успешной реализации крупных инфраструктурных проектов и программ национального и стратегического значения придется пойти на временное доминирование прямой формы государственного финансового стимулирования инвестиционной деятельности до достижения точки окупаемости и переход на доминирование косвенной формы после прохождения точки окупаемости.

В качестве инструментов прямой формы государственного финансового стимулирования инвестиционной деятельности лучше использовать бюджет развития и инвестиционный фонд в структуре расходов федерального бюджета.

В качестве инструментов косвенной формы государственного финансового стимулирования инвестиционной деятельности лучше использовать сочетание инвестиционного

налогового кредита, ускоренной амортизации высокотехнологичного оборудования и наукоемких нематериальных активов, государственных гарантий частным рискованным инвесторам.

Пока же использование прямой формы государственного финансового стимулирования инвестиционной деятельности свернуто до минимума, а косвенная форма не развернута, что обусловило разрегулированность инвестиционной деятельности, ее слабую управляемость, стагнацию инвестиционной активности даже частных структур, особенно в инновационной сфере. В качестве примера можно привести основные параметры федерального бюджета на 2006 год.

В 2006 г. доходы бюджета России предусматриваются на уровне 5 трлн 46,1 млрд рублей, расходы – 4 трлн 270,1 млрд рублей. Профицит планируется в размере 776 млрд рублей. Объем ВВП на 2006 г. прогнозируется в объеме 24 трлн 380 млрд рублей, инфляция – на уровне 7-8,5%, среднегодовой курс рубля к доллару США – 28,6 рубля за доллар. В долларах ВВП составит 852,44 млрд долл, а ВВП на душу населения по биржевому курсу – около 5720 долл. Цена на нефть марки Urals прогнозируется в размере 40 долл. за баррель (эта цена определяет значительную часть доходов бюджета от экспорта). Объем стабилизационного фонда на конец 2006 г. прогнозируется в размере 2 трлн 242,3 млрд рублей, инвестиционный фонд – 69,7 млрд рублей.

Таким образом, только в стабилизационном фонде Правительства РФ накопится в 2006 г. 78 млрд долл., а в инвестиционный фонд направляется всего 2,44 млрд долл., что составляет 0,3% ВВП, 1,6% расходов бюджета и 3% от стабфонда.

Общий объем накопленных государством средств составит в 2006 г. свыше 300 млрд долл. (золотовалютные резервы + стабфонд). Доля же инвестиционного фонда правительства от этих средств составляет около 0,8%.

Как видим, вплоть до 2007 г. инвестиции со стороны правительства через его инвестиционный фонд составляют ничтожную долю от накопленных государством средств, которые формируют основной поток капитала из России и инвестируются в экономики развитых стран.

Накопленные средства позволяют, в принципе, решать многие экономические, финансовые и инфраструктурные проблемы на федеральном (и особенно на региональных) и местных уровнях, в частности построить дороги и развивать инфраструктуру. По этой схеме можно работать во многих сферах, но задача государства, прежде всего, состоит в развитии инфраструктуры, социальной сферы и повышении уровня и качества жизни населения. Поэтому государственные инвестиции в воспитание, образование, медицину, науку, в развитие инфраструктуры регионов из накопленных страной средств должны стать приоритетными [2].

Меры государственной инвестиционной политики в настоящий период были связаны в основном с концепцией среднесрочной программы развития российской экономики на 1997-2000 гг. «Структурная перестройка и экономический рост».

Основные направления государственной инвестиционной политики, изложенные в этих документах, включали:

проведение децентрализации инвестиционного процесса, перенос центра тяжести на частные инвестиции, повышение роли собственных и привлеченных средств предприятий посредством проведения новой амортизационной политики, использования прибыли, вторичной эмиссии ценных бумаг, средств банков, институциональных инвесторов, населения;

переход от безвозвратного финансирования предприятий к кредитованию их на платной и возвратной основе;

усиление государственного контроля за целевым расходованием средств федерального бюджета, направленных на инвестиции;

сохранение роли государства как стратегического инвестора в области важнейших жизнеобеспечивающих производств, социальной сфере, общественно значимых объектов, не привлекательных для частных инвесторов;

использование централизованных инвестиций на реализацию эффективных и быстро окупающихся проектов, расширение практики их долевого (государственного и частного) финансирования;

стимулирование частных и иностранных инвестиций, совершенствование нормативной базы, предоставление гарантий и страхование инвестиций.

В соответствии с принятым курсом экономических реформ восстановление инвестиционного процесса должно было осуществляться при минимальной роли государства. В качестве основных предполагаемых источников рассматривались: возросшие возможности предприятий за счет снижения налогового бремени и роста амортизационных отчислений, перелив кредита с рынка государственных обязательств в реальный сектор, мобилизация валютных сбережений населения, находящихся вне банковского оборота, приток иностранного частного капитала.

Между тем на базе рыночных методов регулирования не удалось решить поставленные задачи, поскольку в российской экономике не сложились условия, позволяющие полностью отказаться от методов государственного воздействия. В российских условиях воздействие монетарных импульсов на производство не принесло ожидаемых результатов. Жесткие рестрикционные меры в области денежно-кредитной политики хотя и облегчили в определенной мере адаптацию предприятий к изменяющейся рыночной конъюнктуре, но обнаружили свою несостоятельность в плане структурной перестройки производства и экономического оживления. Ухудшающееся финансовое состояние предприятий препятствовало, с одной стороны, направлению собственных средств (прибыли и амортизации) на инвестиционные цели, а с другой – привлечению ресурсов фондового и кредитного рынков.

Государственное финансирование инвестиционной деятельности было практически свернуто, между тем масштабы частного инвестирования не смогли компенсировать снижение государственных инвестиций. При повышении доли частных инвестиций в общем объеме источников финансирования (по формам собственности) совокупные инвестиционные ресурсы резко сократились [3].

Для прямой и косвенной форм государственного финансового стимулирования инвестиций требуется: технико-экономическое обоснование – бизнес-план инвестиционной программы, бухгалтерская отчетность организации-претендента, справка об отсутствии просроченной задолженности, копия лицензии на право осуществления хозяйственной деятельности.

Основными требованиями, блокирующими оказание финансовой помощи предприятиям промышленности, являются:

наличие у предприятий-претендентов собственных средств на начало осуществления проекта в размере до 20% его сметной стоимости;

отсутствие просроченной задолженности по ранее предоставленным средствам из Федерального бюджета и уплате процентов за пользование ими, а также отсутствие просроченной задолженности по уплате налогов в федеральный бюджет и платежам в государственные внебюджетные фонды;

высокие требования к уровню эффективности инвестиционных проектов, выражающиеся в коротких сроках возврата государственных средств. Как правило, средства федерального бюджета предоставляются на срок до двух лет.

По нашему мнению, для создания льготных условий финансовой поддержки крупных, высокотехнологичных инвестиционных проектов необходимо:

принять решение о предоставлении бюджетных средств по двум основным критериям: уровню конкурентоспособности продукции на мировом рынке и размеру получаемого бюджетного эффекта – налоговых поступлений и обязательных платежей;

смягчить требование обязательного вложения претендентом в проект собственных средств, а также увеличить сроки возврата бюджетных средств.

В случаях, когда финансово-экономическое положение предприятия является достаточно сложным, необходимо для выполнения проекта образовать специальную структуру на базе подразделений предприятия-претендента, занятых реализацией инвестиционного проекта.

Для снижения возможных кредитных рисков по таким крупным проектам следует ужесточить требования к ликвидности передаваемого по проекту в залог имущества. Поскольку реализация крупных инвестиционных проектов требует значительного времени, следует предоставлять отсрочку уплаты процентов за предоставленные средства. Необходимо также сократить ставки за пользование этими средствами до приемлемого уровня, упростить порядок предоставления средств, сократить количество требуемых для обоснования государственной поддержки документов, унифицировать их [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ермасов С.В. Условия развития рынка инноваций / С.В. Ермасов. Саратов: Издат. центр СГСЭУ, 2001. 144 с.
2. Корчягин Ю.А. Инвестиционная стратегия / Ю.А. Корчягин. Ростов н/Д: Феникс, 2006. 316 с.
3. Игонина Л.Л. Инвестиции / Л.Л. Игонина. М.: Экономистъ, 2003. 478 с.
4. Мишин Ю.В. Инвестиции в конкурентоспособное производство / Ю.В. Мишин. М.: КНОРУС, 2005. 288 с.

**Давыдов Султан Адисович** –  
аспирант и ассистент кафедры «Предпринимательство и проектный менеджмент»  
Института бизнеса и делового администрирования  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.09.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 001.76.330.101.541

**В.В. Кузнецов, А.П. Лящецкий, А.Н. Крайнюков**

#### **МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ**

*Представлены разработка новой методологии оценки эффективности вариантов инновационных проектов, возможность многокритериальной их оптимизации, иерархическая модель проблемной ситуации выбора наилучшего проекта, алгоритм её численного анализа для принятия управленческого решения.*

**V.V. Kuznetsov, A.P. Lyashetckii, A.N. Krainioukov**

#### **MULTI CRITERIA ESTIMATION OF INNOVATION PROJECTS**

*New methodology of efficiency estimation of innovative projects variants is presented in this article; an opportunity of multi criteria optimization, hierar-*

*chical model of a problem situation of a choice of the best project, algorithm of its numerical analysis for acceptance of the administrative decision is given here as well.*

Системный анализ инновационной деятельности основан на том, что любая инновация является результатом взаимодействия и взаимозависимости участников инновационного процесса. При этом инновационная деятельность организуется обычно на основе программно-целевого подхода, который предусматривает разработку инновационного проекта и инновационной программы (в ней проектные мероприятия планируются как конкретные работы с заданными сроками выполнения, исполнителями и обоснованными затратами).

Любой инновационный проект является, разумеется, и инвестиционным. В то же время инновационный проект имеет, как известно, и свои отличительные особенности, позволяющие не считать его полным аналогом инвестиционного проекта. Действительно, целью инновационного проекта является создание нового продукта, новой технологии, поэтому инновационный проект, инновация, имеет большую степень неопределённости, чем в общем случае инвестиционный проект; срок выполнения инновационного проекта значительно дольше срока выполнения любого инвестиционного проекта, где его можно предсказать с довольно большой точностью (из-за наличия стадии НИОКР, которая является наиболее неопределённым звеном жизненного цикла новшества).

Здесь отбор инновационных проектов представляет собой одну из важнейших областей принятия управленческих решений в области управления НИОКР. Как правильно оценить и отобрать проект из нескольких их вариантов, учитывая установленные критерии выбора? Причём они могут быть различными с точки зрения заинтересованных лиц – разработчиков и заказчиков инновационного проекта. Насколько приемлемой оказывается здесь гипотеза о максимизации прибыли (полезности) одновременно для разработчиков и заказчиков проведения соответствующих НИОКР?

Необходима, в связи с этим, разработка новой методологии количественной оценки многомерных индикаторов, показателей эффективности оцениваемых вариантов инновационных проектов, которая позволит решить актуальную задачу векторной, многокритериальной оптимизации выбора наилучшего проекта на самом сложном, интеллектуальном этапе генерирования и оценки специалистами инновационных идей.

При этом для многих специалистов старшего поколения сама мысль о том, что какая-то машина (компьютер), пусть и с электронной начинкой, будет способна оценивать инновационные идеи, принимать по ним оптимальные решения, рекомендации, оказывается нетерпимой и совершенно неприемлемой. Это объясняется не только антипатией к компьютеру как «мыслящему инструменту», но и неумением вырабатывать ответственные управленческие решения на основе формализованных оценок. Поэтому компьютерная система поддержки принятия соответствующих инновационных решений (СППР) должна обеспечивать получение приоритетов различных вариантов проекта с учётом «настройки» на субъективные интересы разработчиков и заказчиков инноваций.

1. Формулировка проблемной ситуации выбора (ПСВ), возникающей при многокритериальной оценке инновационного проекта его разработчиком – ЛПР (лицом, принимающим инновационные решения). Под ПСВ будем понимать сложную ситуацию, при которой ЛПР не удовлетворено ею в том виде, как она ему представляется, и сомневается в том, какое из решений ему следует выбрать. Например, рассмотрим проблему инновационного анализа с главной целью повышения эффективности работы, фирмы, её конкурентного потенциала и прибыльности. Решение ПСВ предполагает обоснованный выбор одной (или больше) формы поведения ЛПР, обеспечивающей достижение поставленных перед собой целей инновационной деятельности  $\{O_1, \dots, O_n\} = 0$ . Однако, стремление реализовать ту или иную форму (стра-

тегию) поведения для достижения конкретной цели непосредственно связано с мотивацией (мотивами) человеческой деятельности  $\{M_1, \dots, M_l\} = M$ .

Достижение целей непосредственно связано с множеством критериев их реализации  $K = \{K_1, \dots, K_m\}$ , т.е. стандартных индивидуальных признаков в процессе принятия ответственных решений. Считается, что множество  $K$  – это совокупность признаков, по которым производится оценка соответствия функционирования изучаемой системы желаемому результату. Множество  $K$  является полным, если использование любых дополнительных критериев не изменяет результатов решения ПСВ, а отбрасывание хотя бы одного из них, наоборот, приводит к изменению результатов оценки альтернатив из конечного множества  $A = \{A_1, \dots, A_k\}$ . Отметим также, что при рассмотрении многокритериальных задач экономического анализа сложных бизнес-процессов и операций одним из наиболее ответственных моментов является выбор способа количественной оценки коэффициентов важности (значимости) критериев.

В процессе построения и исследования ситуации, возникающей при инновационном анализе конкретной ПСВ, необходимо выделять три группы заинтересованных лиц (акторов): ЛПР, аналитики и эксперты. Аналитик осуществляет организацию процесса принятия ответственного решения. Эксперты привлекаются на тех или иных этапах по усмотрению ЛПР или аналитиков. Экспертом здесь подразумевается специалист (менеджер соответствующего иерархического уровня управления), обладающий специальными профессиональными знаниями, однако, как правило, не умеющий их формализовать и (или) сделать доступными для оценки аналитиками и ЛПР.

Сформулируем иерархическую модель задачи многокритериальной оценки и оптимального выбора наилучшего проекта в виде пятиуровневого кортежа:  $H = \langle F; M; O; K; A \rangle$ . Здесь  $F$  – главная цель (фокус) ПСВ;  $M = \{M_1, \dots, M_l\}$  – основные мотивы, связанные с достижением главной цели;  $O = \{O_1, \dots, O_n\}$  – совокупность основных целей, способствующих реализации мотивов;  $K = \{K_1, \dots, K_m\}$  – конечное множество критериев выбора инновационного проекта;  $A = \{A_1, \dots, A_k\}$  – конечное множество их возможных вариантов.

## 2. Метод иерархической декомпозиции проблемной ситуации выбора (ПСВ)

На первом этапе реализации этого метода предусматривается структурирование ПСВ в виде иерархии. Она представляет собой определённый тип семантической сети (системы), основанной на предложении существования группировок системы в виде конечного числа несвязанных множеств. Элементы каждой группы (уровня) находятся под влиянием элементов вышестоящего уровня, которые, в свою очередь, оказывают влияние на элементы следующего, нижестоящего уровня и т.д. С математической точки зрения иерархическая модель ПСВ (ИМ ПСВ) и её свойства могут быть описаны следующим образом: на множестве объектов  $I = \{1, 2, \dots, N\}$  определяется иерархическая структура путём задания орграфа  $H = (I, J)$ ,  $J \subset I \times I$ , который разбивает вершины на непересекающиеся уровни  $I = U_i \times G_j$ ;  $G_i \cap G_j = \emptyset$ ;  $i, j = 1, \dots, m$ ; при этом:

–  $(i, j) \in J$  означает, что «вес»  $\omega_i$  объекта  $I$  непосредственно зависит от «веса»  $\omega_j$  объекта  $j$ ;

– если  $(i, j)$  – дуга графа  $H$  (т.е.  $(i, j) \in J$ ), то объекты  $i$  и  $j$  находятся на соседних уровнях, т.е. найдётся такое значение индекса  $k$ , что  $I \in G_k, j \in G_{k+1}$ ;

– веса  $\omega_i$  объекта  $j \in G_{k+1}$  определяются через веса  $\omega_j$  вершин множества  $L_i = \{j(i, j) \in J\} \subseteq G_{k+1}$ , в которые ведут дуги из вершины  $i$  с помощью феноменологически вводимой формулы вида

$$\omega_i = \sum_{j \in L} a_{ij} \omega_j, \quad i \in I \setminus G_1, \quad (1)$$

где  $a_{ij}$  – «вес» дуги  $(i, j)$ . Методика определения коэффициентов  $a_{ij}$  изложена ниже.



• Шкалирование свойств элементов на горизонтальных уровнях  $G_i$ . Получение от ЛПР информации о сравнительной значимости для него элементов рассматриваемого уровня ИМ (кроме первого) является основным способом оценки интенсивности их взаимодействия. Он должен учитывать взаимосвязь явно выраженных признаков и скрытой (латентной) информации, связанной с особенностями личности ЛПР. Этими вопросами занимаются психология и социология. Чем сложнее ПСВ, тем большую роль в её решении играют личностные свойства, особенности характера ЛПР, такие как уровень тревожности, отношение к риску, устойчивость к стрессу, интуиция, вера в себя и т.д. Необходимо учитывать также возможность появления серьёзных ошибок при анализе сложной информации, т.е. разработать эффективную процедуру поиска и устранения противоречивых оценок. Как известно, имеется ряд причин, по которым люди предпочитают получить и оценивать информацию в вербальном (словесном) её представлении:

– вербальный способ коммуникаций намного привычнее и проще количественных описаний. В данном контексте весьма поучительным является тот факт, что методы прикладного математического моделирования появились намного позже, чем языки общения между людьми;

– слова – это более гибкие (хотя и менее точные) средства выражения сравнительных оценок, чем числа. Они помогают оценивать разнообразные ситуации, возникающие в процессе человеческой деятельности. Фонетические возможности языка выступают достаточно эффективным средством передачи информации и воздействия на процесс восприятия ЛПР вербальных сообщений в целом. Речевая конструкция – это наша универсальная система для понимания и познания окружающего мира, интерпретации человеческих отношений.

Однако имеются и веские причины предпочтительного получения и обработки ЛПР информации в количественном виде, так как эта форма оценок традиционно считается более точной и заслуживает доверие. Она позволяет использовать мощный и хорошо разработанный аппарат методов численного исследования эволюционных уравнений социально-экономических систем. Поэтому эффективная оценка качественной и количественной форм представления информации, имеющейся в распоряжении ЛПР, связана с использованием некоторой комплексной вербально-числовой измерительной шкалы, в которой наряду с количественными оценками значений градаций шкалы указывается их вербальная интерпретация. Необходимо построить изоморфное отображение конечной системы предикатов в конкретную вербально-числовую шкалу действительных чисел. ЛПР может, в частности, произвести попарные сравнения элементов на конкретном уровне ИМ в вербальной форме, высказывая собственную точку зрения по поводу интенсивности предпочтений, руководствуясь определёнными градациями оценок. Переход от вербальных оценок  $\delta_i$  к их количественным аналогам  $\gamma_j$  возможен при выполнении следующих допущений:

3 вербальные оценки отражают степени предпочтительности одного элемента рассматриваемого уровня иерархии над другим;

3 независимо от сравниваемой пары элементов одинаковые вербальные оценки имеют **один и тот же** количественный смысл.

Второе условие означает, что каждому предикату  $\delta_i$  ставится в соответствие некоторое число  $\gamma_j > 0$ , определяя тем самым балльную числовую шкалу, моделирующую количественное представление вербальных предпочтений ЛПР. При попарном сравнении элементов множества  $X = \{x_1, \dots, x_\alpha\}$  на  $i$ -м уровне ИМ ПСВ формируется числовая матрица относительной их значимости для ЛПР. Количественной мерой степени упорядоченности её элементов является вектор их приоритетов (обычно представляющий собой нормализованный главный собственный вектор матрицы).

• Алгоритм численного анализа ИМ ПСВ (определение приоритетов элемента множества альтернатив  $A = \{A_1, \dots, A_k\}$ ). Пусть на следующем  $(i+1)$ -м уровне ИМ определено конеч-

ное множество элементов в виде их количественного или текстового описания  $Y = \{y_1, \dots, y_\beta\}$ . Будем считать известным вектор приоритетов  $i$ -го, вышестоящего уровня  $P_x = (P_{x1}, \dots, P_{x\alpha})^t$  (здесь  $(\dots)^t$  – операция транспонирования). На первом ( $i=1$ ) уровне модели  $x_1 = F$  и  $P_x = P_{x1} = 1$ . Необходимо определить вектор приоритетов элементов  $(i+1)$ -го уровня  $P_y = (P_{y1}, \dots, P_{y\beta})^t$  при их сравнении со всеми элементами  $x_1, \dots, x_\alpha$  вышестоящего  $i$ -го уровня ( $i=1, \dots, N$ ). Формируем последовательность матриц парных сравнений относительной значимости элементов с точки зрения ЛПР:

$$A_y(x_j) = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline & x_j & y_1 \dots y_i \dots & q_j \\ \hline y_i & & \dots 1 \dots & \dots \\ \hline \end{array} \quad (j = 1, \dots, \alpha)$$

Вектор-столбцы приоритетов оценок  $q_1, \dots, q_{\alpha\alpha}$  образуют матрицу  $Q = (q_1, \dots, q_\alpha)$  размерностью  $(\beta \times \alpha)$ , тогда  $P_y = QP_x = (P_{y1}, \dots, P_{y\beta})^t$ . Итерационный алгоритм численного анализа ИМ ПСВ начинает работать с её второго уровня ( $i = 2$ ), определяя вектор приоритетов основных мотивов деятельности ЛПР, и т.д. На заключительном этапе ( $M=5$ ) получаем окончательно искомый вектор приоритетов  $P(A) = (P_1, \dots, P_k)$ , представляющих собой нелинейный синтез информации со всех предыдущих уровней модели. С математической точки зрения выражение приоритета  $j$ -го элемента ( $j=1, \dots, \alpha$ ) на  $i$ -м уровне ИМ представляет собой ковариантный гипертензор. Поэтому вектор  $P(A)$  представляет собой сложную математическую структуру, являясь нелинейной комбинацией ковариантных гипертензоров приоритетов всех элементов модели.

Практическое рассмотрение многокритериальных управленческих проблем невозможно без привлечения в том или ином виде экспертной информации, способствующей ЛПР реализовать обоснованное решение. В общем случае оценки степени значимости (важности) элементов модели у ЛПР могут не совпадать с предпочтениями экспертов. Однако их суждения, советы помогают ЛПР критически осмыслить различные точки зрения, уточнив и скорректировать свою систему предпочтения, уменьшая тем самым возможность принятия управленческих решений, неадекватных сложившейся ситуации.

Пусть в результате опроса экспертной группы, состоящей из  $S \geq 2$  членов, получены знания элементов векторов приоритетов  $P_i(A) = (P_{i1}, \dots, P_{ik})$ , т.е.  $P_{ij}$  – найденный приоритет  $j$ -го элемента ( $j=1, \dots, k$ ) с точки зрения  $i$ -го эксперта ( $i=1, \dots, S$ ). Тогда средней оценкой  $j$ -го элемента является

$$B_j = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S P_{ij} . \tag{2}$$

Степень согласования экспертных оценок для  $j$ -го элемента  $P_{ij}$  можно определить по формуле:

$$v_j = \frac{\sqrt{D_j}}{B_j}, \quad D_j = \frac{1}{S-1} \sum_{i=1}^S (P_{ij} - B_j)^2 . \tag{3}$$

Она считается хорошей, если все  $v_j < 0,2$ , и удовлетворительной, если все  $v_j < 0,3$ . Для выявления противоречий в суждениях экспертной группы наиболее удалённые от среднего значения  $B_j$  элементы проверяют следующим образом. Если проверяемая оценка  $P_{ij}$  превосходит  $B_j$ , то с использованием таблиц распределения Стьюдента находим вероятность

$$r = 1 - \int_{-\infty}^{t_r} S(t, s-1) dt, \quad t_r = \frac{P_{ij} - B_j}{\sqrt{D_j}} . \tag{4}$$

Оценка  $P_{ij}$  эксперта считается противоречивой, если полученное значение  $r$  меньше пороговой величины, выбираемой обычно из диапазона  $(0,05, \dots, 0,1)$ . Если  $P_{ij} < B_j$ , то вероятность  $r$  определяется по формуле

$$r = \int_{-\infty}^{t_r} S(t, s-1) dt, \quad t_r = \frac{B_j - P_{ij}}{\sqrt{D_j}}. \quad (5)$$

Конкретные постановки задач и особенности практической реализации предлагаемого здесь метода многокритериального анализа инновационных проектов требуют отдельного обсуждения.

**Кузнецов Вадим Викторович –**

доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы»  
Саратовского государственного технического университета

**Лящецкий Анатолий Павлович –**

доктор экономических наук,  
профессор кафедры «Экономика и управление в машиностроении»  
Саратовского государственного технического университета,  
заведующий кафедрой «Математика и информатика»  
Российского государственного социального университета (филиала в г. Саратове)

**Крайнюков Александр Николаевич –**

доцент кафедры «Экономика и управление в машиностроении»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.09.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 332.146(574)

**М.В. Куликова, С.В. Иванилова**

**ДОЛГОСРОЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ФИНАНСИРОВАНИЯ  
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
НА ОСНОВЕ БЮДЖЕТИРОВАНИЯ ДЕНЕЖНЫХ ПОТОКОВ**

*Уточняются способы построения бюджетов денежных средств через соотношение понятий «виды инноваций», «виды инновационной деятельности», «стадии инновационного процесса». Это соотношение позволило по-новому определить подход к рассмотрению финансирования инновационной деятельности в долгосрочном периоде с помощью построения общего бюджета.*

**M.V. Kulikova, S.V. Ivanilova**

**LONG-TERM FINANCIAL PLANNING  
OF AN INNOVATION ACTIVITY  
ON THE BASE OF FUNDS FLOW BUDGETING**

*This article presents different ways of budgets funds formation. The methods of investigation of this problem are to compare and to examine the following defi-*

*nitions: «types of innovation», «types of innovation activity», «stages of innovation process». It allows defining the new approach to the investigation of financing the innovation activity for a long-term. It is possible to do through the use of budget formation.*

В управлении инновационной деятельностью как промышленных предприятий, так и вузов важную роль играет выбор оптимальной системы финансирования, построенной на более точном прогнозировании денежного потока инновационной деятельности в зависимости от стадий инновационного процесса.

Прогнозирование денежного потока сводят к построению бюджетов денежных средств в планируемом периоде, учитывая лишь основные составляющие потока: объем реализации, долю выручки за наличный расчет, прогноз кредиторской задолженности и др. Прогноз осуществляется на некоторый период в разрезе подпериодов: год в разрезе кварталов, год в разрезе месяцев, квартал в разрезе месяцев и т.п.

Для более успешного планирования финансирования инновационной деятельности авторами разработана система долгосрочного планирования финансирования инновационной деятельности промышленных предприятий на основе бюджетирования денежных потоков. Особенность предложенной системы заключается в том, что происходит деление бюджетов в зависимости от вида инноваций [3, 4]. Авторы выделяют два основополагающих вида инноваций – базисные инновации и улучшающие. Операционный бюджет базисной инновации составляется с бюджета НИОКР, так как базисные инновации основаны на фундаментальных разработках, и бюджет продаж разбит на бюджеты пробных и массовых продаж через бюджеты коммерческих и управленческих расходов. Инвестиционный бюджет базисной инновации должен включать планы единовременных и текущих капитальных затрат, для улучшающей инновации – план первоначальных (единовременных) (рис. 1).

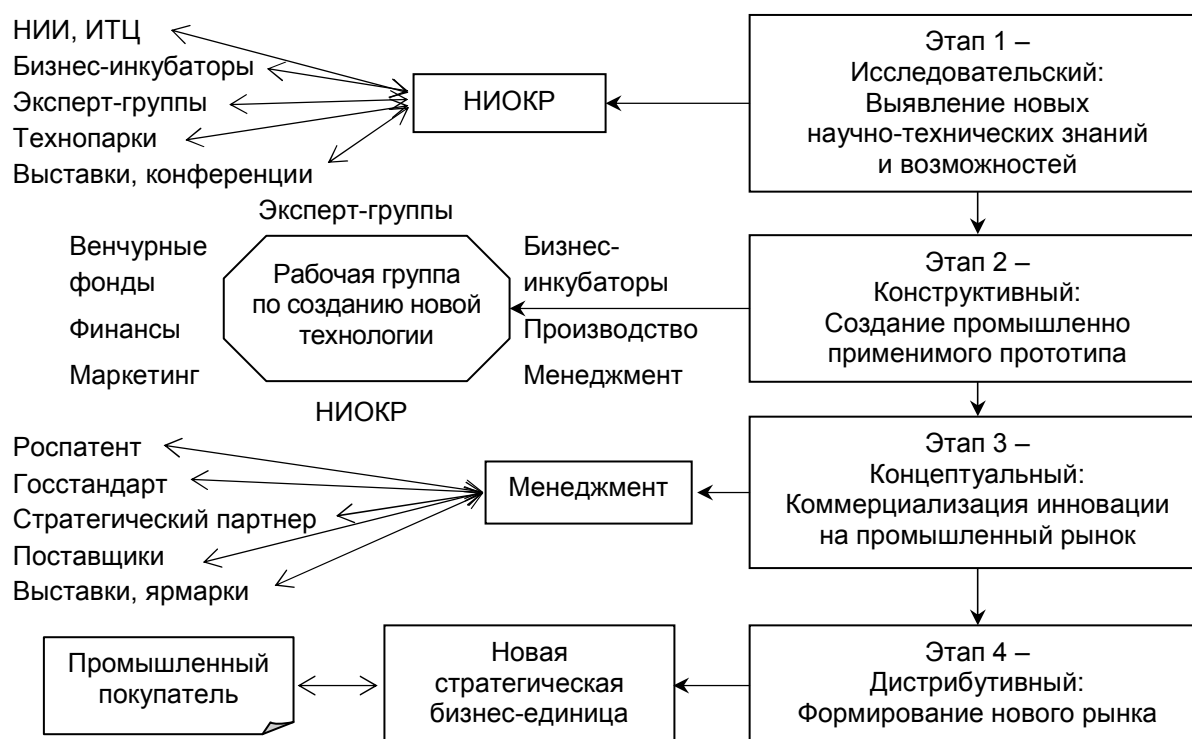


Рис. 1. Этапы разработки плана базисных инноваций [4]

В процессе управленческого планирования инновационной деятельности предприятий очень важную роль играет установление сроков бюджетного периода. Продолжительность бюджетного периода достаточно жестко определяется отраслевой и индивидуальной спецификой инноваций, а также особенностями макроэкономической среды, в которой она функционирует. Обычно текущая деятельность инновационного предприятия определяется стратегическими целями его развития, а не наоборот [2].

Бюджет денежных средств является главным инструментом управления денежными средствами. Вся информация, полученная в результате прогнозирования и планирования, обобщается в бюджете денежных средств, который показывает предполагаемые денежные поступления и выплаты за рассматриваемый период. В основном используют бюджет денежных средств на один предстоящий год с разбивкой по месяцам; кроме того, используют более детальные бюджеты с разбивкой по дням или неделям на предстоящий месяц. Бюджет с разбивкой по месяцам используется для планирования, а с разбивкой по дням или неделям – для текущего контроля денежных средств.

Методика прогнозирования и планирования финансирования инновационной деятельности выполняется в следующей последовательности:

- прогнозирование денежных поступлений по подпериодам;
- прогнозирование оттока денежных средств по подпериодам;
- расчет чистого денежного потока (излишек/недостаток) по подпериодам;
- определение совокупной потребности в краткосрочном финансировании в разрезе подпериодов.

Для составления бюджета инновационной деятельности необходимо рассмотреть модель разработки планов базисных и улучшающих инноваций.

Как было замечено выше, бюджет для базисных инноваций долгосрочный, для улучшающих – краткосрочный или среднесрочный.

Сводный бюджет инновационной деятельности, независимо от вида инноваций, состоит из трех бюджетов первого уровня – операционного, инвестиционного и финансового.

Операционный бюджет базисных инноваций состоит из ряда бюджетов (или подбюджетов) второго уровня, которые авторы предлагают разбить на составные части по стадиям жизненного цикла базисных инноваций [1].

Таким образом, переходим от долгосрочного планирования инновационной деятельности к краткосрочному, т.е. биногодичный бюджет базисных инноваций представляем в виде годового бюджета развития в сочетании с индикативным скользящим бюджетом.

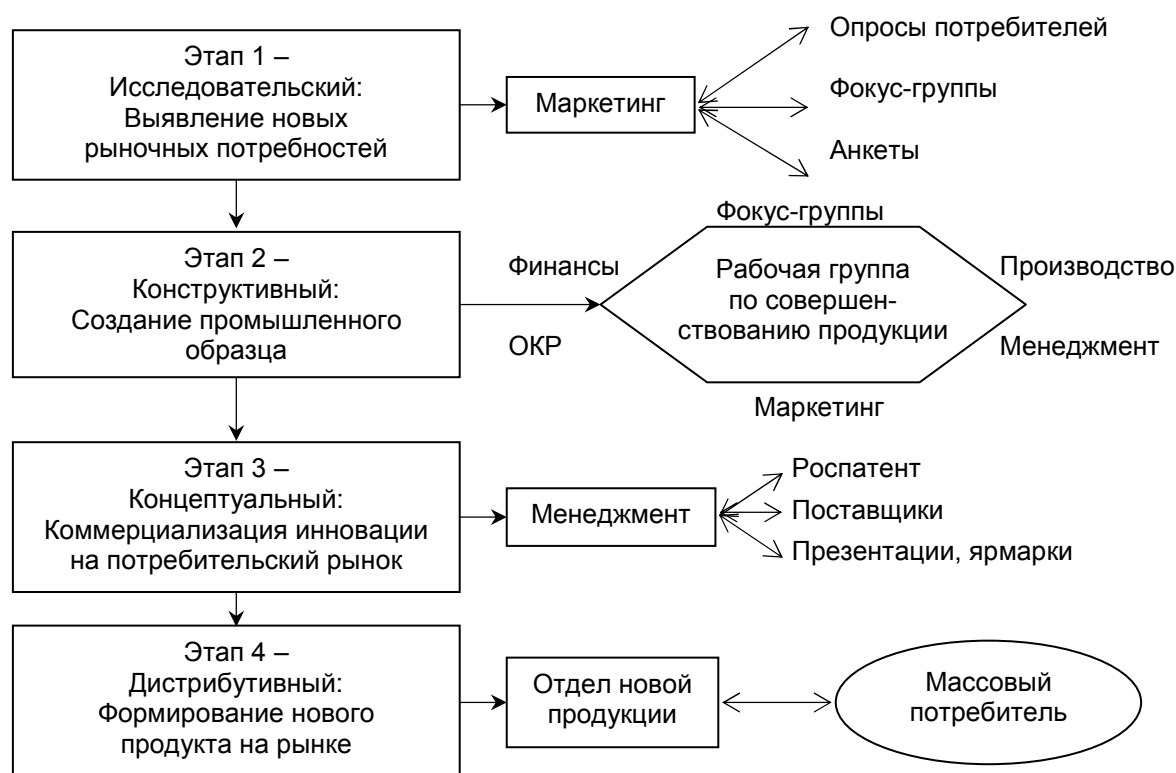


Рис. 2. Этапы разработки плана улучшающих инноваций [4]

Бюджет НИОКР:

Стадия фундаментальных исследований (ФИ):

- бюджет затрат на анализ и прогнозирование продуктовых и технологических инноваций;
- бюджет затрат на сканирование венчурных технологий;
- бюджет мониторинга новых технологических открытий и достижений;
- бюджет прямых затрат труда.

Стадия прикладных исследований (ПИ):

- бюджет затрат на формирование группы по разработке технологических инноваций;
- бюджет затрат на лабораторные исследования;
- бюджет прямых затрат труда на ПИ;
- бюджет общепроизводственных расходов на ПИ.

Стадия опытно-конструкторских разработок (ОКР):

- бюджет затрат на моделирование целевого рынка;
- бюджет прямых материальных затрат на ОКР:
  - бюджет производственных затрат на ОКР;
  - бюджет закупок для ОКР;
- бюджет прямых затрат труда на ОКР;
- бюджет общепроизводственных расходов на ОКР.

Бюджет опытного производства:

Стадия опытного производства (ОП):

- бюджет прямых материальных затрат на ОП:
  - бюджет производственных затрат на ОП;
  - бюджет закупок для ОП;
- бюджет прямых затрат труда на ОП;
- бюджет общепроизводственных расходов на ОП;
- бюджет пробного производства.

Бюджет массового производства:

Стадия массового производства (МП):

- бюджет прямых материальных затрат на МП:
  - бюджет производственных затрат на МП;
  - бюджет закупок для МП;
- бюджет прямых затрат труда на МП;
- бюджет общепроизводственных расходов на МП.

Бюджет продаж:

Стадия реализации:

- бюджет мелкосерийных продаж;
- бюджет крупносерийных продаж.

---

Инвестиционный бюджет базисных инноваций будет включать план текущих капитальных затрат и содержать следующие составляющие сметы текущих капитальных затрат:

- нематериальные активы;
- долгосрочные финансовые вложения;
- капитальное строительство (если этого требует специфика базисных инноваций);
- текущие закупки нового оборудования.

Операционный бюджет инновационной деятельности

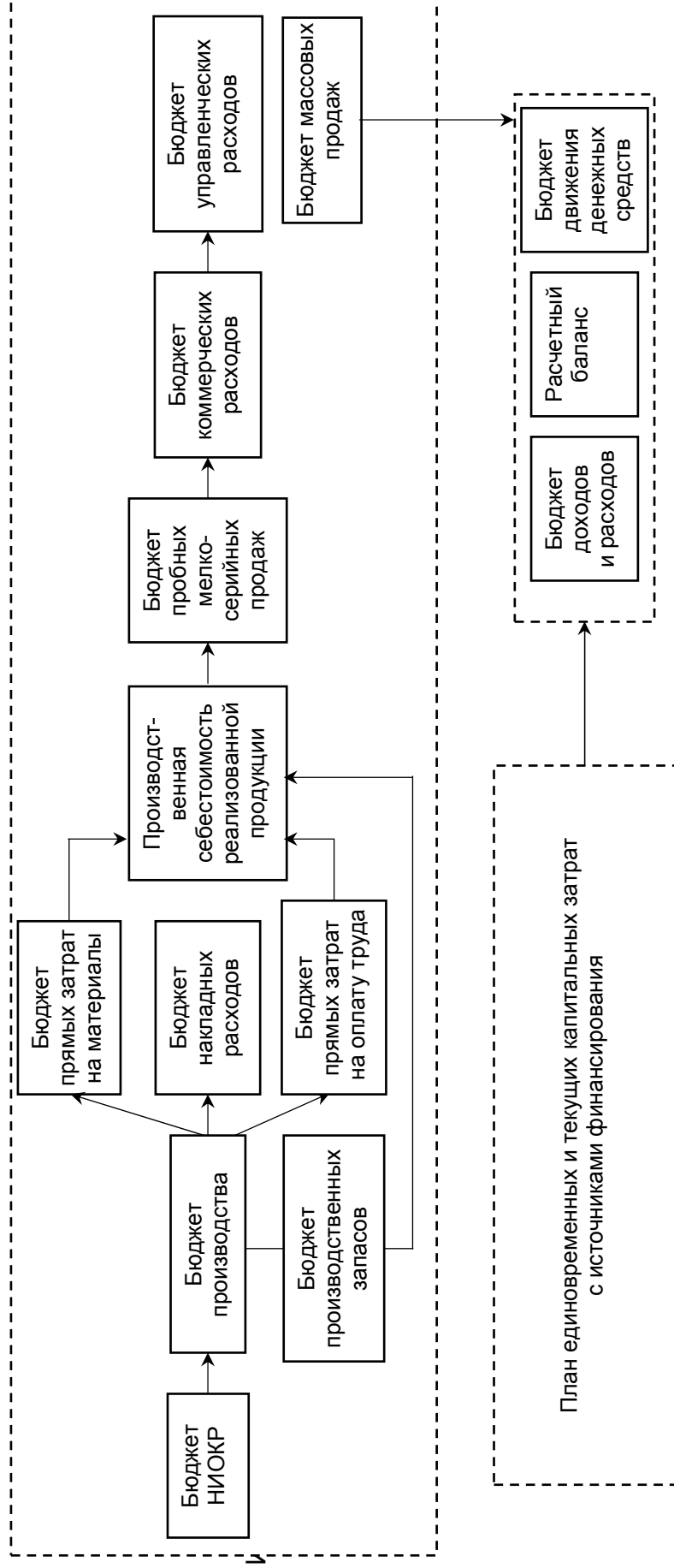


Рис. 3. Общий бюджет базисной инновации



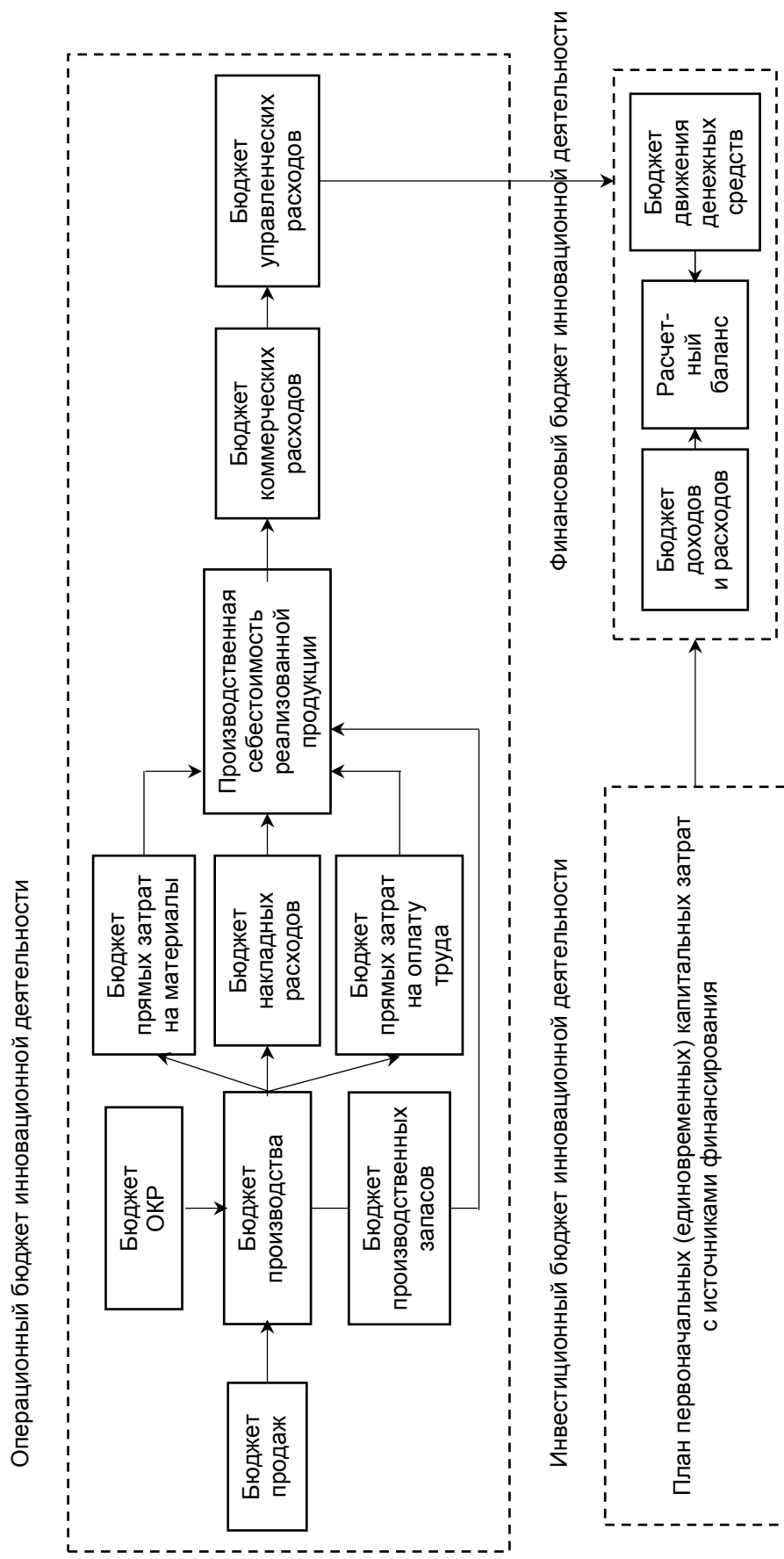


Рис. 4. Общий бюджет улучшающей инновации

Инвестиционный бюджет улучшающих инноваций будет существенно отличаться от инвестиционного бюджета базисных инноваций, содержать план первоначальных капитальных затрат и состоять из следующей примерной сметы:

- краткосрочных финансовых вложений;
- текущей закупки оборудования.

Финансовый бюджет инновационной деятельности:

- бюджет движения денежных средств;
- бюджет доходов и расходов;
- расчетный баланс.

Сочетание долгосрочного сводного бюджета и нескольких краткосрочных позволяет проводить управленческую политику инновационной деятельности, в которой сбалансированы и взаимосвязаны стратегические и текущие цели предприятия. Такой подход целесообразно использовать в инновационной деятельности крупных промышленных предприятий и, с незначительными изменениями, крупных технических вузов, где дополнительные издержки по ведению плано-аналитической работы оправданы в контексте повышения качества принятия управленческих решений.

Таким образом, формирование бюджета инновационной деятельности промышленных предприятий, а также вузов можно разбить по видам внедряемых инноваций – базисным и улучшающим. Бюджет улучшающих инноваций начинается с бюджета продаж, так как для улучшающих инноваций стадии фундаментальных и прикладных исследований отсутствуют (для некоторых улучшающих инноваций отсутствует и стадия ОКР), поэтому бюджеты для этих стадий будут отсутствовать (см. операционный бюджет базисных инноваций), для базисных инноваций на начальных стадиях инновационного процесса бюджет продаж отсутствует, но присутствует бюджет НИОКР (рис. 3, 4) и бюджет продаж представлен в виде бюджета пробных мелкосерийных продаж и бюджета массовых продаж.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Щиборщ К.В. Бюджетирование деятельности промышленных предприятий России / К.В. Щиборщ; 2-е изд., перераб. и доп. М.: Дело и Сервис, 2004. 592 с.
2. Хруцкий В.Е. Внутрифирменное бюджетирование: настольная книга по постановке финансового планирования / В.Е. Хруцкий, В.В. Гамаюнов, Т.В. Сизова. М.: Финансы и статистика, 2002. 400 с.
3. Круглова Н.Ю. Инновационный менеджмент: учеб. пособие / Н.Ю. Круглова; 2-е изд., доп. М.: Изд-во РДЛ, 2001. 352 с.
4. Ермасов С.В. Инновационный менеджмент: конспект лекций / С.В. Ермасов. М.: Высшее образование, 2007. 182 с.

**Куликова Мария Владимировна** –  
аспирант кафедры «Экономика и управление в строительстве»  
Саратовского государственного технического университета

**Иванилова Светлана Владимировна** –  
ассистент кафедры «Менеджмент, маркетинг и логистика»  
Института бизнеса и делового администрирования  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.09.06, принята к опубликованию 21.11.06*

**В.Ю. Лопухин**

## **СУЩНОСТЬ, СОДЕРЖАНИЕ И ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ**

*В условиях начавшегося роста экономики России обостряется конкуренция между производителями. Ключ к успеху лежит в оптимальной организации труда. Многие исследователи зачастую делают упор на нормирование труда, обнаруживая при этом стремление повысить его напряженность. Между тем, ещё Гаррингтон Эмерсон писал: «Истинная производительность всегда дает максимальные результаты при минимальных усилиях; напряжение, наоборот, дает довольно крупные результаты лишь при усилиях ненормально тяжелых».*

**V.Yu. Lopoukhine**

## **NATURE, CONTENTS AND PROBLEMS OF LABOUR ORGANIZATION OF AN ENTERPRISE**

*The competition among producers begins to sharpen in condition of the early expansion of Russian economy. The key towards success lies in optimal labour organization. Some explorers often insist on the labour rationing finding out the pursuit of increasing its tension. Meanwhile Harrington Emerson had already written: «The true efficiency gives maximum of results by minimal efforts; the tension, conversely, gives quite large results only in unusual heavy conditions».*

В современных условиях реформирования экономики России, по мере начала экономического роста, рыночная среда все более подвержена воздействию свободной конкуренции. Санирующая функция рынка убирает с арены битвы за потребителя все слабое и неэффективное. Ключ к успеху лежит в оптимальной организации труда. Основная задача организации труда заключается в том, чтобы достигнуть максимальной производительности. Многие исследователи зачастую делают упор на нормирование труда, обнаруживая при этом стремление повысить напряженность труда. Между тем, ещё Гаррингтон Эмерсон писал: «Спугните петуха с насеста: он будет хлопать крыльями чрезвычайно напряженно и совершенно непроизводительно. Наоборот, орел, который целых четыре часа может парить на высоте, совершенно не двигая крыльями, действует производительно и без напряжения. Истинная производительность всегда дает максимальные результаты при минимальных усилиях; напряжение, наоборот, дает довольно крупные результаты лишь при усилиях ненормально тяжелых» [10].

Организация труда на предприятии проявляется в виде создания условий для эффективного и рационального соединения факторов производства в процессе создания товаров и услуг.

Основная проблема организации труда лежит в осуществлении экономического выбора:

– что производить: номенклатура и количество товаров, которые предприятие намерено произвести, очередность запуска в производство; как избежать простоев и «местечкового» подхода, когда ресурсы перемолачиваются впустую во имя пресловутого объема [пример: начальник каркасного цеха мебельной фабрики Н. в погоне за объемом производства, пользуясь определенной самостоятельностью, сосредоточил усилия на изготовлении карка-

сов кроватей, в чем преуспел, но общий выпуск продукции на предприятии упал, т.к. смежники не располагали необходимыми материалами и комплектующими, а если бы и приобрели их – сбыт не был в состоянии продать такое количество кроватей];

– для кого производить (очередность изготовления – заказы можно классифицировать как более и менее важные);

– как производить (выбор оптимального технологического решения, не противоречащего экономической логике – например производство дверных ручек или их закупка, и обоснованность привлечения субподрядчиков – не съест ли это всю прибыль предприятия?).

Следует иметь в виду, что проблема выбора экономически обоснованного решения возникает перед руководителем предприятия регулярно, иногда многократно в течение дня. Американский философ Майкл Поланьи отмечает, что в общей схеме человеческих знаний центральное положение занимают неявные знания (умения), которые не могут быть артикулированы. Главным умением менеджера является неявное знание актуальных для целей условий и периферийное осознание многих деталей осуществляемых процедур. Более того, «четкая артикуляция [для менеджера] его методов может оказаться бесполезной и даже иметь противоположный эффект» [3, с.133-134]. Но при самой высокой компетенции руководителя, большое число факторов либо выпадают из его поля зрения, либо требуют анализа и производства расчетов. На большинстве сегодняшних предприятий не считают проблему постоянного мониторинга эффективности и моделирования ситуаций полем деятельности производственной логистики. Между тем, транспортная функция, которая рассматривается как основная задача логистики – всего лишь одно из проявлений механизма исполнения принятого решения.

Одно из центральных мест в организации труда занимает сбалансированное сочетание стандартных [«жестких»] процедур и эластичных [«мягких»] методов. Опытный работник делает свой выбор автоматически на основе уже встречавшихся ситуаций. Быстрота и отретированность исполнения задач, часто весьма сложных, в которых каждая мелочь имеет особое значение, составляют его основное преимущество. С другой стороны, возникновение непредвиденных обстоятельств способно поставить опытного работника в тупик и может привести к циклическим попыткам повторить действенное ранее решение. Новичок имеет преимущество, заключающееся в непредвзятости – свободе «от тирании рассудка» [4, с.156]. Преимущество опытного работника перед новичком состоит в том, что при выборе он сводит решение задачи к одной из программ действий; его недостатком является то, что незамеченная ненормальность обстановки делает исполнение работы неэффективным или неуместным. Американские исследователи Т. Питерс и Р. Уотермен приводят в своем бестселлере «В поисках эффективного управления (опыт лучших компаний)» интересный эксперимент: «...Если вы поместите в бутылку полдюжины пчел и такое же количество мух и положите бутылку горизонтально доньшком к окну» вы обнаружите, что пчелы будут настойчиво пытаться найти выход через стекло, пока не умрут от истощения, а мухи менее чем через две минуты все выберутся через горлышко на противоположном конце...» Очевидность предположения, что выход из любой неволи должен быть там, где свет наиболее ярок, является причиной их гибели. Мухи же, свободные от шаблонных представлений о «правильности» и «незыблемости», методом проб и ошибок находят решение.

Между тем, в современном производстве весьма высока специализация рабочих мест, в связи с чем необходимо точное соответствие параметров входа-выхода для каждой операции и производственного цикла в целом. Таким образом, сочетание жестких параметров ответственности должно дополняться свободой работника самостоятельно определять способ решения производственных задач. «Изучая передовой опыт управления, мы то и дело наблюдали выполнение с удвоенной энергией обычных обязанностей, когда рядовому работнику (рабочему в цехе, младшему торговому агенту, счетоводу) предоставляется хотя бы минимальная степень действительного контроля над своей судьбой» [4, с.112].

## Содержание работы по организации труда

Содержание работы по организации труда включает три основных этапа:

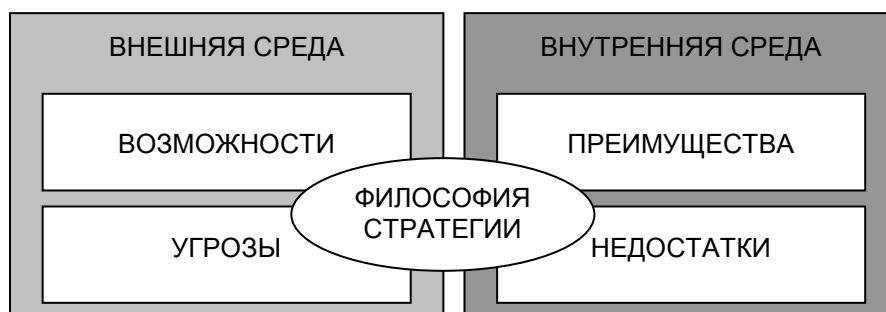
- Выбор оптимального решения,
- Организацию координированного исполнения,
- Контроль исполнения.

### 1. Выбор оптимального решения включает в себя:

**а. Уяснение задачи:** как обеспечить предприятию объем производства, достаточный для покрытия его текущих издержек и приемлемый уровень прибыли? В ходе уяснения задачи руководителю следует изучить данные маркетинга своего и смежных сегментов рынка, провести статистическое исследование прошедших периодов, разработать вероятностную математическую модель предстоящего периода. В то же время, внезапные срочные заказы могут выбить из колеи. Поэтому необходимо иметь некий резерв мощностей.

**б. Оценку обстановки:** какими возможностями располагает предприятие (имеющиеся заказы и фазы их исполнения, состояние финансов, наличествующие запасы, возможности привлечения ресурсов, состояние кооперации со смежниками) и какие существуют обстоятельства, способные воспрепятствовать развитию событий по оптимистическому сценарию (как во внешней, так и внутренней среде предприятия)? При оценке обстановки следует провести SWOT-анализ<sup>1</sup>. По выражению профессора В. Кондратьева: «Точно так же, как англичане начинают беседу с разговора о погоде, а русские с вопросов “кто виноват?” и “что делать?”, разработка стратегии у американцев начинается со SWOT-анализа» [2, с.226-227].

**в. Выработку решения,** отвечающего стратегии предприятия, учитывающего обеспечение ресурсами и определение тактики его исполнения. Принять правильное решение – полдела. Необходимо выработать скоординированную программу по его реализации, включающую распределение задач и ответственности, согласование усилий (в том числе – по обеспечению качества) и обмен информацией.



Матрица SWOT-анализа

### 2. Организация координированного исполнения включает:

**а. Постановку задач исполнителям,** которая должна носить максимально полный и точный объем информации о предстоящих действиях и носить согласованный между отдельными подразделениями порядок исполнения. Самое главное – избежать образования брешей, нарушающих общую последовательность действий.

#### **б. Организацию взаимодействия и связи**

Каждый исполнитель должен точно представлять параметры входа и выхода, а также – когда и где начинается и оканчивается его зона ответственности, как действовать при возникновении непредвиденных обстоятельствах, кому и как он должен сообщить об исполнении задачи.

<sup>1</sup> SWOT – аббревиатура из английских слов strengths, weaknesses, opportunities, threats – силы, слабости, возможности, угрозы.

### **3. Контроль исполнения**

Этап контроля исполнения подразделяется на подэтапы.

#### **а. Начало исполнения**

Необходимо убедиться в том, что своевременно начато исполнение. В противном случае времени на исполнение не хватит. Кроме того, могут обнаружиться неучтенные при принятии решения обстоятельства, способные кардинально повлиять на весь ход производства.

#### **б. Ход исполнения**

В ходе исполнения необходимо многократно проверить ход процесса, не подменяя при этом руководителей на местах, убедиться в соответствии действий поставленным задачам, и при необходимости – внести необходимые коррективы. Особо следует иметь в виду – контроль должен осуществляться неожиданно для исполнителей, т.к. в противном случае теряет смысл.

#### **в. Завершение исполнения и фиксации результатов**

Достигнуть результата недостаточно. Необходимо в установленном порядке зафиксировать результат и проинформировать об исполнении. Только при зафиксированном и учтённом заинтересованными сторонами результатом можно считать исполнение завершённым.

Предельная эффективность производства достигается выбором оптимального решения, которое должно обеспечить:

– Выбор варианта наиболее оптимального использования имеющихся ресурсов (закупить много, но дешево – про запас, или мало, но дорого, но ко времени).

– Учет фактической загрузки мощностей и фактического использования располагаемых ресурсов. Оптимистический прогноз, составленный без учета фактически находящихся в работе заказов, производственных и финансовых ресурсов, вовлечённых в их исполнение, может привести предприятие к банкротству.

– Соответствие объема заказа оптимуму (не более максимально допустимого и не менее минимального приемлемого заказа) Пример: крупная фирма-производитель затратит на комплектацию мелкого заказа больше, чем на свойственный ей объем. И с другой стороны – мелкая фирма, ухватившаяся за большой заказ, может оказаться в положении человека, откусившего слишком большой кусок, который не проходит в глотку.

– Способность исполнения заказа имеющимися в распоряжении предприятия технологиями. Пример: изогнутая рама и отсутствие гибочного станка.

– Соответствием сложности задач квалификации персонала (в одну и другую стороны). Нет смысла браться за задачу, в ходе выполнения которой придётся хрустальным молотком забивать гвозди или, с другой стороны, поручать землекопу ландшафтный дизайн.

Предельная эффективность может быть достигнута в краткосрочной перспективе, но это может быть иллюзорно, т.к. перенапряжение потенциала предприятия может привести к отрицательным последствиям в средней и долгосрочной перспективах.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Кондратьев В.В. Реструктуризация управления компанией: Модуль 6 / В.В. Кондратьев, В.Б. Краснова. М.: ИНФРА-М, 1999. 334 с.
2. Мильнер Б.З. Теория организаций: курс лекций / Б.З. Мильнер. М.: ИНФРА-М, 1998. 468 с.
3. Нельсон Р. Эволюционная теория экономических изменений / Р. Нельсон, С. Уинтер. М.: Дело, 2002. 464 с.
4. Питерс Т. В поисках эффективного управления (опыт лучших компаний) / Т. Питерс, Р. Уотермен. М.: Прогресс, 1985. 550 с.
5. Рофе А.И. Организация и нормирование труда: учебник для вузов / А.И. Рофе. М.: МИК, 2001. 367 с.

6. Семь нот менеджмента / под ред. В. Красновой и А. Привалова. М.: Изд-во «ЗАО ЖУРНАЛ ЭКСПЕРТ», 2003. 511 с.
7. Суетина Л. О возрождении и развитии науки «нормирование и организация труда» / Л. Суетина, Е. Корнеева // Человек и труд. 2001. № 4. С. 10-16.
8. Суетина Л.М. Нормирование труда работников /Л.М. Суетина // Справочник кадровика. 2001. № 10. С. 21-33.
9. Файоль А. Общее и промышленное управление / А. Файоль. М.: Контролинг, 1991. 291 с.
10. Эмерсон Г. Двенадцать принципов производительности / Г. Эмерсон. М.: Республика, 1992. 337 с.

**Лопухин Владимир Юрьевич –**

кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономическая теория и учения»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.09.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 338.33

**А.А. Пакина**

## **ФОРМИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ФИНАНСОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

*Статья посвящена институциональным аспектам формирования эффективной модели развития человеческих ресурсов финансовой организации, которая должна соответствовать стратегии развития организации в целом. Модель развития персонала включает совокупность элементов, объединенных в семь тематических программ: найма, адаптации, кадрового мониторинга, мотивации и стимулирования, взаимодействия, обучения и развития. Реализация этих программ позволит получить мощное конкурентное преимущество – компетентный и лояльный организационным целям и ценностям персонал.*

**A.A. Pakina**

## **EFFECTIVE MODEL FORMATION OF HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT OF A FINANCIAL ORGANIZATION**

*The article considers the institutional aspects of the formation of the effective model of the development of human resources of financial organization, which have corresponded to the strategy of the organizational development in a whole. The model of the personnel's development involves the complex of the elements associated into seven thematic programs: hiring, adaptation, personnel monitoring, motivation and stimulation, intercommunion, learning and development. Realization of these programs permits to achieve the power competitive advantage – the competent personnel loyal to the organizational goals and values.*

К началу XXI века в России сложилась новая ситуация во взаимоотношениях институциональных агентов: собственник – наемный работник или менеджер – наемный работник. Этому в большей степени способствовало принятие нового законодательства в сфере социально-трудовых отношений. Персонал организаций оказался неподготовленным к произошедшим изменениям внутриорганизационной институциональной среды. В связи с этим все более важное значение отводится формированию эффективной модели развития персонала в рамках общеорганизационной стратегии. Стратегия развития персонала организации должна включать целый ряд долгосрочных целей и задач: структуру набора персонала, систему материальной и нематериальной мотивации, работу с кадровым резервом, систему оценки и обучения персонала. Об успешности управления персоналом организации можно судить на основании того, насколько успешно ее сотрудники используют свой потенциал для реализации общеорганизационных целей.

Модель развития персонала организации должна непосредственным образом быть включена в стратегию развития организации в целом. При этом разработке такой модели должна предшествовать оценка персонала, результаты которой позволят определить уровень знаний и квалификации персонала, его соответствие выполняемым обязанностям, необходимость обучения и мотивации.

Модель развития персонала банковской организации должна разрабатываться с учетом общеорганизационной стратегии и наиболее значимых корпоративных стандартов. От того, насколько успешно выбраны и разработаны эти стандарты, зависят не только принципы построения деловых и межличностных отношений внутри банка, но и его внешний имидж. Введение в банковской организации тех или иных стандартов позволяет эффективнее реализовывать отдельные функции системы управления персоналом, такие, как: подбор, развитие, оценка, компенсация и коммуникация.

С точки зрения автора, модель развития персонала банковской организации должна включать в себя совокупность элементов, которые следует объединить в семь тематических программ: найма, адаптации, кадрового мониторинга, мотивации и стимулирования, взаимодействия, обучения и развития. При последовательной реализации перечисленных программ организация получает наиболее мощное конкурентное преимущество – компетентный и лояльный ее целям и ценностям персонал. При этом подпрограмма найма, например, призвана определить целый ряд эффектов, которые могут либо существенно усилить компанию, либо создать для нее критическую ситуацию. Программа адаптации должна содержать в себе цели и средства, позволяющие новому работнику в совпадающий с испытательным сроком промежуток времени освоить свои обязанности, стандарты деятельности и поведения и выйти на приемлемый уровень эффективности деятельности.

Программа кадрового мониторинга предполагает проведение регулярных аттестаций и планирования карьеры. Многообразие оценочных методов очень велико, но их можно разделить на три основных группы. Первая направлена на определение потенциальных возможностей человека с целью выявления его профессиональных навыков, опыта, работоспособности и уровня общей культуры. Чаще всего подобные методики используются в случае возникновения вакантной позиции в компании и необходимости заполнить ее внутренними резервами, не прибегая к поиску новых сотрудников вне организации. Методы второй группы позволяют определить индивидуальный вклад сотрудника в общее дело на основании информации о качестве, сложности и результативности его труда. Полученные результаты позволяют руководству сделать вывод о соответствии конкретного специалиста занимаемой им должности. Третья группа методов является своего рода комплексной оценкой сотрудника. Она позволяет определить как индивидуальный вклад работника в конечный результат, так и его потенциальные возможности. Исходными данными для такой оценки выступают различные корпоративные нормативные документы и специальные методики. Например, правила внутреннего трудового распорядка,



штатное расписание, личные дела сотрудников, приказы по кадрам, положение об аттестации, модели рабочих мест, методика рейтинговой оценки, социологические анкеты и психологические тесты.

Результатами реализации программы кадрового мониторинга в банковской организации могут стать:

- получение позитивного «будоражающего» эффекта;
- возможность объективно оценить персонал;
- оперативное получение информации о том, какие характеристики сотрудников являются наиболее проблемными в текущей ситуации;
- постановка целей персоналу компании, направленных на профессиональное и личностное развитие;
- информирование сотрудников о возможностях развития их карьеры или рабочих задач (в некоторых случаях должность сотрудника такова, что нет возможностей для создания карьерной перспективы, тогда деятельность развивается за счет придания новых функций и повышения ответственности).

Программа мотивации и стимулирования должна быть направлена на то, чтобы сотрудники испытывали желание интенсивно и результативно работать именно в этой компании. Мотивированное поведение требует позитивного вознаграждения, только в этом случае оно приобретает желаемое направление. Однако в реальной действительности существующие системы вознаграждения (в большинстве случаев централизованные) основаны не на положительных, а, скорее на отрицательных стимулах (отрицательная мотивация): их больше интересуют отклонения от нормы, чем ее превышение; чаще практикуется критика за неудовлетворительные действия, чем признание хороших результатов. Такая практика служит поощрением контрпродуктивного (оппортунистического) поведения, что вызывает сопротивление (активное или пассивное) внедрению новых форм обслуживания и означает большие потери рабочего времени. На сегодняшний день в российских банках, руководство которых уделяет внимание мотивации и стимулированию персонала, выделяются взаимодействующие между собой мотивационные системы материального и нематериального стимулирования, непосредственно связанные:

- с результатами деятельности;
- с продолжительностью деятельности;
- со стабильностью характеристик деятельности и соответствием поведения ценностям организации;
- со статусом.

Необходимость формирования новых образцов поведения сотрудников требует использования новых методов мотивации сотрудников банка, соответствующих современным экономическим реалиям.

Программа взаимодействия направлена на достижение ясности и четкости стандартов взаимодействия сотрудников в интересах достижения общеорганизационных целей. В рамках этой подпрограммы, кроме того, формируется новая система организационных институций, достигаются цели согласованных стилей управления, постановки задач, обязательных стандартов коммуникации и взаимной поддержки.

Подпрограмма обучения и развития выполняет одну из важнейших функций в формировании эффективной модели развития персонала современного банка. При этом наилучшим вариантом развития персонала является обучение «по месту», т.е. на том материале, который предоставляет конкретный рабочий процесс, и знаниях, которые можно тут же использовать по необходимости, другими словами – это «обучение в процессе деятельности». Чем быстрее сотрудники смогут применить полученные новые знания и сформированные навыки, тем лучше будет практический результат, в т.ч. быстрее будут сформированы эффективные модели организационного действия и стимулы для дальнейшего обучения.

Возрастание роли обучения в процессах повышения конкурентоспособности банка и его поступательного развития обусловлено следующими тремя факторами.

1. Обучение персонала является важнейшим средством достижения стратегических целей банка.

2. Обучение является важнейшим средством повышения ценности человеческих ресурсов организации.

3. Без своевременного и эффективного обучения персонала проведение организационных изменений сильно затрудняется или становится невозможным.

В последние годы наблюдается постепенное изменение отношения руководства ведущих финансовых организаций к организационному обучению, которое все чаще начинает рассматриваться как инструмент поддержки и реализации корпоративной стратегии. В таком контексте обучение персонала становится важнейшим инструментом, с помощью которого руководство получает возможность повышать потенциал человеческих ресурсов и оказывать влияние на формирование организационной культуры.

Это обусловлено тем, что в условиях стремительных изменений рыночной ситуации, как никогда, компании нуждаются в сотрудниках, обладающих высокой степенью креативности, способностью предлагать неординарные решения и обеспечить высокий уровень конкурентоспособности в условиях увеличения присутствия на российском финансовом рынке ведущих западных банков. Российские банки, готовые инвестировать деньги в обучение своих сотрудников, могут рассчитывать на то, что работники, повысившие уровень своей профессиональной подготовки, смогут легче и быстрее решать более сложные задачи, будут настойчивее искать и чаще находить наилучшие ответы на сложные вопросы, быстрее справляться с трудностями в ходе выполнения рабочих задач, у них будет выше уровень инициативы, организационной приверженности и готовности творчески применять полученные знания и навыки.

При этом под обучением понимается постоянный и непрерывный процесс, нацеленный на приобретение новых знаний и навыков. Обучение может быть результатом практического опыта, деятельности, изучения, анализа, размышлений, экспериментирования, преподавания. Организационное обучение имеет место, как на уровне отдельного сотрудника, так и компании в целом. Существует взаимосвязь между личным обучением и обучением организации, которая формирует взаимную преданность людей и организации и создает в организации особую институциональную обучающую среду. В будущем станут преуспевать организации, которые на всех уровнях управления научатся использовать преданность людей их делу и способность учиться.

В этой связи следует отметить, что процесс организационного обучения не является ни пассивным, ни автоматическим, а представляет собой одновременно активное и сознательное действие. Иными словами, можно сознательно изменять скорость и глубину обучения, предпринимая активные действия, направленные на стимулирование процесса сбора информации, ее структуризации и обучения. Благодаря сосредоточению на ключевых элементах процесса обучения, компании могут чрезвычайно усиливать свой интеллектуальный потенциал, поэтому корпоративное обучение должно быть разумным и размеренным процессом [1, с.25].

Процесс развития и обучения – это приобретение знаний и навыков. Обучение предполагает непрерывное воспроизводство и преобразование знаний, включая изменение отношений между институциональным агентом и институциональной средой, а также структурирование знания и превращение его в специфический институциональный продукт организации. Организационное обучение в большей степени выступает процессом стимулирования и решения сложных задач, чем приобретения и накопления объективно заданной информации.

Новые подходы к развитию человеческого капитала заставляют по-новому взглянуть на особенности применяемых методик и технологий в процессе организационного обучения.

Потребности современной деловой организации, направленные на формирование конкурентных преимуществ, заставляют изменить содержание и методику процесса корпоративного обучения, что предполагает, в первую очередь, перенос центра тяжести с поиска правильных ответов на поставленные вопросы, на развитие умений решать возникшие проблемы и замену пассивного типа обучения (роль слушающего, усваивающего, повторяющего) активным обучением, когда обучаемый сам становится активным творцом знаний, инициатором обмена информацией, способным брать на себя ответственность, готовым самостоятельно принимать решения [2, с.126].

Согласно такому подходу именно обучение становится важнейшим фактором организационного изменения и развития. Это требует применения в процессе организационного обучения новых технологий, особенно позволяющих обучаться без отрыва от выполнения своих профессиональных обязанностей, прямо на рабочем месте.

Если проанализировать стадии подготовки к обучению персонала, становится понятным, почему компании применяют различные методы обучения. Не существует универсального пакета программ и методов, удовлетворяющих всех. Например, в компании, где сотрудники обладают развитыми концептуальными умениями и способны к обучению на основе имеющегося опыта, возможно проведение встреч между представителями разных функциональных групп, направленных на решение проблем. В таких организациях поощряются открытые контакты и межличностное общение, развит институциональный рынок знаний. В сильно централизованных и экономически защищенных организациях обучение может потребовать сильно структурированных, надежных программ развития, которые приближаются к методам активного обучения на основе пережитого опыта.

Кроме того, при создании системы организационного обучения необходимо учитывать тот факт, что индивидуумы учатся разными способами: некоторые (например, сотрудники финансовых подразделений) предпочитают четкие, выстроенные по вертикали, лаконичные обучающие упражнения, другие (менеджеры) лучше реагируют на эмоциональные методы, вызывающие психологический подъем; третьи (аналитики и консультанты) строят концептуальное представление о реальности (интеллектуальные модели) и пр. Поэтому перед началом обучения полезно оценить качественный состав обучающихся по каждой конкретной программе, чтобы выбрать наиболее адекватные методы обучения.

Следует отметить, что существуют факторы внешней бизнес-среды, способные оказывать непосредственное влияние на процесс организационного обучения. Воспринимаемая угроза (например, возможность поглощения компании, появление нового крупного конкурента или серьезное падение объема продаж) способна ускорить обучение. На готовность учиться могут положительно повлиять также неопределенность внешней среды и ее сложность; т.е. если рынок слабопредсказуем, члены организации стараются узнать о нем как можно больше. Однако, если неопределенность слишком велика, обучение идет хуже. По мере развития способностей членов организации и поддержания их желания учиться дальше требуется достаточно сложная и неопределенная внешняя среда. Если последняя слишком определена, инициировать процесс обучения можно, применив «поведенческие» методы, изменяющие институциональную среду организации.

Реалии современного бизнеса, обусловленные серьезным ужесточением конкуренции в борьбе за потребителей, требуют использования новых подходов в обучении. Для того чтобы удержаться на рынке, необходимо осуществлять постоянное развитие своих сотрудников. Сегодня многие крупные российские банки создали свои системы корпоративного обучения. Эти системы могут использовать различные технологии (начиная с уже привычных очных форм и заканчивая использованием дистанционных систем различной степени сложности и комплектации). Корпоративное обучение должно наиболее адекватно отвечать реалиям стремительно меняющейся внешней среды бизнеса. В этих условиях для того, чтобы процветать, компании необходимо использовать новые подхо-

ды, в соответствии с которыми темпы обучения должны быть равны или превосходить темпы изменений в окружающей среде.

В то же время серьезной проблемой для некоторых организаций и в том числе банков является удержание работников, прошедших обучение. Инвестируя деньги в обучение персонала, организация тем самым увеличивает стоимость самого важного своего капитала – человеческого. В то же время существует опасность, что компания, инвестировав серьезные финансовые средства в обучение персонала, может потерять часть наиболее ценных сотрудников. При этом необходимо понимать, что эту проблему можно решить лишь частично за счет более активного внедрения программ мотивации, стимулирования и взаимодействия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стонхауз Дж. Управление организационным знанием / Дж. Стонхауз // Менеджмент в России и за рубежом. 1999. № 1. С. 23-36.

2. Шаш Н.Н. Action Learning. Уникальный подход к развитию людей и организаций / Н.Н. Шаш. М.: ГроссМедиа, 2004. 240 с.

**Пакина Алла Алексеевна** –  
соискатель кафедры «Экономическая теория и учения»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.09.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 330.322:316.3

**И.Н. Пчелинцева, О.С. Чебуркаева**

#### **ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЦИАЛЬНОГО ИНВЕСТИРОВАНИЯ**

*Определяются особенности процесса социального инвестирования. Рассматриваются теоретические аспекты оценки эффективности проектов социального инвестирования. Выявляются полезные результаты социального инвестирования, получаемые различными субъектами рынка социальных инвестиций. Предлагаются методические подходы к оценке эффективности социального инвестирования.*

**I.N. Pchelintseva, O.S. Cheburkaeva**

#### **SOCIAL INVESTMENT EFFICIENCY ESTIMATION FEATURES**

*The features of social investment processes are defined in the article. Theoretical aspects of an estimation of social investment projects efficiency are considered here. The useful results of social investment received by various subjects of social investments market come to light. Methodical approaches to an estimation of social investment efficiency are offered in this work.*

Социальное инвестирование предполагает привлечение значительных ресурсов, поэтому важно дать им объективную оценку, то есть определить его ценность, значимость, результативность. В процессе такой оценки необходимо найти подтверждение, что прирост капитала, другие полезные эффекты от инвестиционной деятельности являются достаточными для того, чтобы скомпенсировать инвестору и другим участникам процесса социального инвестирования отказ от использования имеющихся средств на потребление в текущем периоде, вознаградить за риск, возместить потери от инфляции. Речь идет об оценке эффективности социальных инвестиций.

В последнее время решение социальных проблем осуществляется с помощью разработки различного рода проектов и программ. К таким социальным проектам можно отнести: Национальные проекты: «Современное здравоохранение», «Образование»; различные Федеральные целевые программы (ФЦП): «Развитие социального обслуживания семьи и детей», «Планирование семьи», «Безопасное материнство», «Дети России» и другие. Необходимо отметить, что практически каждая программа имеет раздел, посвященный оценке эффективности ее реализации.

В общем случае инвестиционный проект означает план вложения капитала в конкретные объекты с целью получения прибыли, достаточной для удовлетворения требований инвестора. В специальной литературе под инвестиционным проектом понимается «любое мероприятие (предложение), направленное на достижение определенных целей (экономического или внеэкономического характера) и требующее для своей реализации расхода или использования капиталобразующих инвестиций» [1, с.44].

Проект инвестирования в семейный человеческий капитал различных групп семей, на наш взгляд, по признаку масштаба (общественной значимости) относится к народнохозяйственному, поскольку реализация данного проекта будет оказывать влияние на экономическую и социальную ситуацию в стране.

Любой инвестиционный проект требует расчета эффективности. Вообще категория эффективности является базовой в теории и практике принятия решений об инвестировании средств. В научной литературе, посвященной инвестициям, как правило, рассматриваются вопросы их эффективности [2, с.121; 3, с.263; 4, с.61]. В современных условиях при оценке эффективности инвестиций активно используются методические подходы, разработанные в мировой практике: UNIDO (United Nations Industrial Development Organization – организация ООН по проблемам промышленного развития) и электронная версия этой методики – COMFAR; Всемирного банка реконструкции и развития; Европейского банка реконструкции и развития; фирмы «Goldman, Sachs & Co», фирмы «Ernst & Young».

В настоящее время используются отечественные разработки по определению эффективности инвестиций («Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования», утвержденные Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом по РФ по строительству, Государственным комитетом промышленности РФ; методики Инвестиционно-финансовой группы, Российской финансовой корпорации, фирмы «Альт» и другие). Все эти методические разработки касаются инвестиций в реальный сектор экономики.

Учитывая экономическую природу человеческого капитала, необходимо отметить, что общий подход к оценке эффективности инвестиций в человеческий капитал (социальных инвестиций) методологически однотипен оценке эффективности инвестиций в другие активы, в том числе и в основные производственные фонды. Однако при проведении оценки эффективности инвестиций в человеческий капитал возникают определенные затруднения, связанные с:

- определением видов затрат, классифицируемых как инвестиции в человеческий капитал;
- определением результатов инвестирования;

– фактом отсроченности эффекта вложений (лага между моментом вложений и получения отдачи);

– дифференциацией отдачи вложений в зависимости от различных факторов – региона, социальных характеристик получателей инвестиций.

В научной литературе известны исследования по определению эффективности инвестиций в человеческий капитал (инвестиций, например, в образование) Г. Беккера, П.М. Шестакова, С.Г. Струмилина, И.А. Крутия, Ю.В. Новикова, А.И. Добрынина, С.А. Дятлова, Е.Д. Цыреновой, Р.И. Капелюшниковой и других.

Сущность категории эффективности состоит в том, что она выражает в первую очередь экономические отношения, следовательно, и интересы участников инвестиционного процесса по поводу складывающегося в этом процессе соотношения между результатами и затратами.

Сопоставление затрат и результатов позволяет определять эффективность (обоснованность решений) не только в частном предпринимательстве, связанном с производством продукции, но и в общественном секторе. В любом случае необходимо точное и полное определение:

- 1) объема и структуры затрат;
- 2) круга последствий, результатов, к которым приводят затраты;
- 3) экономических измерителей, позволяющих оценить различные виды затрат и результатов;
- 4) отдачу (эффект), то есть разницу между результатами и затратами.

Эти задачи могут быть решены по-разному, в зависимости от того, чьи интересы представляют инвестиционные решения. В предпринимательском секторе исходят из частных интересов инвесторов, в общественном – из общих интересов граждан (налогоплательщиков) [5, с. 261].

Для фирмы, действующей в интересах своих владельцев, затраты по инвестированию – это затраты на материалы, сырье, комплектующие, а также затраты труда, необходимые для производства продукции. Отдачей затрат выступает прибыль, которую получает фирма после реализации продукции.

Когда же речь идет о социальных инвестициях, дело обстоит сложнее. Издержки и выгоды должны быть оценены на различных уровнях:

- всей макроэкономической системы (народного хозяйства);
- отдельных предприятий социальной и производственной сфер;
- отдельной микроэкономической системы – семьи;
- отдельного индивида.

Другими словами, они должны быть оценены как у инвестора, других участников инвестиционного процесса, так и у получателя социальных инвестиций.

Понятие эффективности современной экономической наукой трактуется как «относительный эффект, результативность процесса, операции, проекта, определяемые как отношение эффекта, результата к затратам, расходам, обусловившим, обеспечившим его получение» [6, с.471].

Результаты отражают задачи, которые должны быть решены для достижения главной цели. Они непосредственно связаны с целями, которые преследует инвестор. Инвестирование может иметь как экономические, так и иные виды результатов, например, социальные, экологические. Экономические результаты, как правило, имеют стоимостную оценку (получение дохода, прибыли, сокращение потерь). Другие виды результатов очень трудно оценить в стоимостном выражении. Однако при оценке результатов их необходимо учитывать.

Эффективность позволяет определить, какой ценой достигается поставленная при инвестировании цель. Ее определяют как соотношение результатов и затрат или как соотношение эффекта и единовременных затрат. В динамических моделях ее представляют как раз-

ность результатов и затрат, приведенных в сопоставимый вид в соответствии с приемлемой для инвестора нормой дохода.

Особенностью проектов социального инвестирования является то обстоятельство, что все они имеют общественную значимость. Социальные инвестиции, как отмечалось выше, направляются в конечном итоге на формирование и развитие человеческого капитала на различных уровнях (макро-, мезо-, микроэкономическом), являются важнейшим фактором экономического роста и повышения уровня и качества жизни населения.

Поэтому процесс оценки эффективности проектов социального инвестирования включает, на наш взгляд, оценку общественной эффективности, коммерческой эффективности предприятий-инвесторов (при внешнем социальном инвестировании предприятий), а также эффективность других участников проекта – посредников (предприятий и организаций социальной сферы – производителей социальных услуг, коммерческих банков, региональных и местных бюджетов) и получателей инвестиций – семей.

Оценка общественной эффективности проекта социального инвестирования позволит проверить обоснованность выделения государственных ресурсов (из федерального, регионального и местного бюджетов) на его реализацию с точки зрения общества. Необходимость такой оценки вытекает из макроэкономической концепции ограничения ресурсов. Оценка общественной эффективности важна для общественно значимых, крупномасштабных проектов, требующих затрат государственных ресурсов, оказывающих влияние на экономику в целом, к которым относится и проект социального инвестирования в семейный человеческий капитал. При определении общественной эффективности должны быть учтены внешние эффекты – экономические и социальные последствия реализации проекта во внешней среде. При оценке общественной эффективности используются так называемые экономические или теневые цены, отражающие общественную значимость услуг или ресурсов. Определение таких цен затруднено, при их установлении из рыночных цен исключают все искажения, вносимые рыночной средой (налоги, субсидии, пошлины), поскольку они представляют собой трансфертные платежи и добавляют неучтенные в рыночных ценах внешние эффекты.

При оценке коммерческой эффективности инвестиционного проекта используются показатели, характеризующие доходы и затраты предприятия-проектоустроителя (предприятия, осуществляющего внешнее социальное инвестирование). При определении коммерческой эффективности используются рыночные цены, учитывается, что налоги, сборы и отчисления, которые платит предприятие, увеличивают его затраты на осуществление проекта. Учитывается также, что предприятия, осуществляющие внешнее социальное инвестирование, осуществляют вложения за счет прибыли, остающейся в распоряжении предприятия.

Социальное инвестирование, как правило, осуществляется также с помощью других субъектов-посредников, поэтому должна быть определена эффективность для каждого участника проекта. Она определяется соотношением его собственного капитала, вложенного в проект, и капитала, полученного им за счет реализации проекта и остающегося в его распоряжении после компенсации собственных издержек и расчета с другими участниками проекта.

Процесс оценки эффективности проекта социального инвестирования в семейный человеческий капитал проходит, как и в традиционной схеме, в два этапа. На первом этапе рассчитываются показатели эффективности проекта в целом. Определяется общественная эффективность, то есть рассчитываются социально-экономические последствия осуществления проекта для общества. Если инвестирование производится из федерального, регионального или местного бюджетов, то на первом этапе рассчитывается бюджетная эффективность, отражающая влияние реализации проекта на доходы и расходы соответствующего бюджета (федерального, регионального или местного). При удовлетворительных значениях эффективности рассматриваются варианты поддержки данного проекта со стороны других инвесторов (например, промышленных предприятий). Если инвестирование производится предприятиями, осуществляющими внешнее социальное инвестирование, то рас-

считывается коммерческая эффективность данного инвестирования для предприятия. При удовлетворительном значении эффективности рассматриваются варианты поддержки данного проекта со стороны других инвесторов и рассчитывается коммерческая эффективность с учетом поддержки.

На втором этапе определяется эффективность участия в проекте других субъектов. Разрабатывается организационно-экономический механизм финансирования данного проекта, определяется состав участников и оценивается эффективность проекта для каждого участника.

Полезные результаты социального инвестирования на различных уровнях представлены в таблице.

#### Полезные результаты социального инвестирования

Субъекты рынка социального инвестирования	Полезные результаты	
	социальные	экономические
Инвесторы		
Государство	Повышение качества жизни населения. Снижение социальной напряженности в обществе	Повышение материального положения населения. Экономический рост. Повышение национального совокупного человеческого капитала
Предприятия	Повышение статуса компании. Улучшение отношений с органами власти и деловыми партнерами	Увеличение объемов продаж и прибыли. Рост экономических и финансовых показателей. Выход предприятия на новые рынки. Рост курса акций предприятия
Пользователи объектов инвестиционной деятельности		
Семья	Повышение социального статуса семьи. Снижение напряженности в семейных отношениях	Рост размеров семейного дохода. Рост дохода на каждого члена семьи. Увеличение объема, видов и повышение качества потребляемых социальных услуг Снижение затрат на потребление социальных услуг. Экономическая самостоятельность семьи. Увеличение семейного человеческого капитала

Применительно к социальным инвестициям экономическая эффективность отражает только один вид показателей эффективности. Другую часть отражают показатели социальной эффективности социальных инвестиций. Поэтому при оценке эффективности социального инвестирования необходимо определение показателей как экономической, так и социальной эффективности. В связи с этим по виду (группам) показателей эффективность социального инвестирования можно подразделить на:

– экономическую, которая основывается на минимизации затрат по разработке социальных инвестиций и их осуществлению. К группе показателей экономической эффективности относятся: разность между прибылью и издержками, период окупаемости инвестиций, чистая текущая (приведенная) стоимость, соотношение прибыли и издержек, ежегодный чистый доход, внутренняя норма отдачи;



– социальную, которая основывается на улучшении социальных показателей. К группе показателей социальной эффективности социального инвестирования относятся показатели социального эффекта, социальной эффективности, социально-экономической эффективности [7].

Показатели социального эффекта характеризует степень удовлетворенности населением качеством жизни. Они определяются экономическими или статистическими, социологическими показателями: изменением соотношения бюджетов домохозяйств от потребления к сбережению, ростом количества детей в семьях, повышением образовательного уровня населения, удовлетворенностью социальным статусом или финансовым положением. Основным показателем в этой группе является степень удовлетворенности повышением качества жизни в результате социального инвестирования.

Показатели социальной эффективности определяют повышение уровня жизни населения. Эти показатели дают представление о качественной стороне достигнутых социальных целей, ради которых осуществляется социальное инвестирование: производство и потребление дополнительных социальных услуг, изменение индекса потребительских цен, увеличение занятости, увеличение рождаемости, снижение смертности.

Социально-экономическая эффективность дает представление об экономической эффективности инвестиционных вложений в социальную сферу с учетом достигнутого социального эффекта. Показатели социально-экономической эффективности определяются с помощью показателей увеличения физического объема социальных услуг, уменьшения стоимостной оценки социальной услуги, снижения текущих затрат предприятий-производителей социальных услуг, снижения выплат по безработице.

Таким образом, особенностью оценки эффективности проектов социального инвестирования является то, что практически все они имеют общественную значимость. Процесс оценки эффективности данных проектов должен включать, на наш взгляд, оценку общественной эффективности, коммерческой эффективности (при внешнем социальном инвестировании предприятий), эффективности других участников проекта, а также получателей инвестиций – семей.

Показатели эффективности социальных инвестиций можно классифицировать по различным признакам: по месту получения эффективности (у инвесторов и пользователей объектов инвестирования), по способу определения, по значимости, по виду.

При расчете эффективности социального инвестирования важным и особенно проблематичным является определение результатов инвестирования. Как представляется, результаты инвестирования можно подразделить на экономические и социальные относительно различных субъектов рынка социальных инвестиций (государства в целом, предприятий-инвесторов, семей – получателей инвестиций).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ример М.И. Экономическая оценка инвестиций / М.И. Ример, А.Д. Касатов, Н.Н. Матиенко; под ред. М. Римера. СПб.: Питер, 2006. 480 с.
2. Липсиц И.В. Экономический анализ реальных инвестиций: учебник / И.В. Липсиц, В.В. Коссов. М.: Экномистъ, 2003. 347 с.
3. Корчагин Ю.А. Инвестиционная стратегия / Ю.А. Корчагин. Ростов н/Д: Феникс, 2006. 316 с.
4. Подшиваленко Г.П. Инвестиции: учеб. пособие / Г.П. Подшиваленко, Н.И. Лахметкина, М.В. Макарова. М.: КНОРУС, 2004. 208 с.
5. Якобсон Л.И. Экономика общественного сектора: основы теории государственных финансов / Л.И. Якобсон. М.: Аспект Пресс, 1996. 319 с.
6. Райзберг Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. М.: ИНФРА-М, 2002. 480 с.

7. Лавров В. Что такое «социальные инвестиции»? / В. Лавров, Н. Кричевский. <http://www.apn.ru/publications/comments1776.htm>.

**Пчелинцева Ирина Николаевна –**

кандидат экономических наук,  
докторант кафедры «Экономика и управление в машиностроении»  
Саратовского государственного технического университета

**Чебуркаева Ольга Сергеевна –**

аспирант кафедры «Экономика и управление в машиностроении»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.09.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 65

**А.А. Фирсова**

**ВНЕБЮДЖЕТНЫЕ ФОНДЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ  
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИИ**

*Рассматриваются сущность и цели функционирования внебюджетных фондов для создания условий, обеспечивающих сохранение и развитие научно-технического потенциала российской науки, описывается схема их формирования, приводятся их классификация и характеристика деятельности. Проведен анализ деятельности действующей системы внебюджетных фондов, оказывающих поддержку инновационным проектам на различных этапах инновационного цикла.*

**A.A. Firsova**

**OFF-BUDGET FUNDS FOR INNOVATION ACTIVITY FINANCING IN RUSSIA**

*The aims, tasks, classification and main directions of activities of the off-budget funds for innovation activity financing were describe in this article. There are general analyses and characteristics of the current system of off-budget funds, which supporting to innovation project on the different step of innovation process.*

Анализ направлений и результатов функционирования внебюджетных фондов, создаваемых для финансирования инновационной деятельности, является актуальной задачей в современной ситуации в связи с постоянным дефицитом бюджета страны и необходимостью целенаправленного решения проблем развития инновационной деятельности, финансируемой за счет этих фондов.

Внебюджетные фонды – это форма использования финансовых ресурсов, привлекаемых государством для финансирования не включаемых в бюджет некоторых общественных потребностей и комплексно расходующихся на основе оперативной самостоятельности строго в соответствии с целевыми назначениями фондов. Это одна из форм перераспределения и использования национального дохода государства на определенные социальные и экономические цели.

Появление и функционирование внебюджетных фондов исторически связано с двумя обстоятельствами: во-первых, с наличием у государства целевых расходов, подлежащих обязательному и полному обеспечению (в т.ч. за счет специальных финансовых источников), а во-вторых, с необходимостью обеспечения большей (чем у бюджета) оперативной самостоятельности внебюджетных фондов, не так жестко регламентируемых законодательными органами страны и в меньшей степени, чем бюджет, контролируемых со стороны парламента. Эта относительная самостоятельность – одна из важных причин сохранения внебюджетных фондов в странах с развитой рыночной экономикой: она позволяет, с одной стороны, противостоять конъюнктурным колебаниям даже в условиях нестабильной экономики, а с другой – участвовать в финансировании необходимых государству мероприятий. Главная причина создания внебюджетных фондов – необходимость выделения чрезвычайно важных для общества расходов и обеспечение их самостоятельными источниками дохода.

В финансовой системе бывшего СССР внебюджетных фондов как самостоятельного звена государственных финансов не существовало. И только переход к рыночным реформам и дефицит госбюджета для финансирования некоторых расходов привели к появлению принципиально нового по сравнению с прежней структурой финансовых отношений звена финансовой системы – внебюджетных фондов.

Как институты рыночной инфраструктуры внебюджетные фонды создавались в соответствии с Законом РСФСР от 10 октября 1991 г. «Об основах бюджетного устройства и бюджетного процесса в РСФСР» в экономике России в 1991-1993 годах вследствие дефицита бюджетных ресурсов для финансирования целевых направлений деятельности разнообразных структур и возможности оперативного реагирования внебюджетных фондов на экономическую конъюнктуру.

Внебюджетные фонды, являясь составной частью финансовой системы РФ, обладают рядом особенностей:

- запланированы органами власти и управления и имеют строгую целевую направленность;
- денежные средства фондов используются для финансирования государственных расходов, не включенных в бюджет;
- формируются в основном за счет отчислений юридических и физических лиц;
- денежные ресурсы фонда находятся в государственной собственности, они не входят в состав бюджетов, а также других фондов, и не подлежат изъятию на какие-либо цели, прямо не предусмотренные законом;
- расходование средств из фондов осуществляется по распоряжению Правительства или специально уполномоченного на то органа (Правление фонда).

Юридически государственные внебюджетные фонды создаются на базе соответствующих законодательных актов высших органов власти, в которых регламентируется их деятельность, указываются источники формирования, определяются порядок и направленность использования денежных средств.

Внебюджетные фонды создаются двумя путями. Один путь – это выделение из бюджета и финансирование определенных расходов, имеющих особо важное значение, другой – формирование внебюджетного фонда с собственными источниками доходов для использования в определенных целях.

Решение об образовании внебюджетных фондов принимает Федеральное собрание РФ, а также государственные представительные органы субъектов Федерации и местного самоуправления.

Внебюджетные фонды находятся в собственности государства, но являются автономными. Внебюджетные фонды имеют строго целевое назначение. Обычно в названии фонда указана цель расходования средств.

Согласно Бюджетному кодексу РФ, федеральные внебюджетные фонды управляются органами государственной власти, не входят в состав федерального бюджета, находятся в федеральной собственности, их средства не подлежат изъятию.

Начиная с 1992 года, в РФ создано и действует большое количество внебюджетных фондов. С 1996 года часть внебюджетных фондов, преимущественно экономических целевых, доходы которых формировались за счет отдельных платежей юридических лиц, были консолидированы в составе бюджета с сохранением целевой направленности расходования средств. Для учета доходов и расходов этих фондов в Центральном Банке РФ и Главном управлении федерального казначейства Минфина РФ были открыты специальные бюджетные счета, руководство которыми возложено на государственные органы, уполномоченные управлять средствами этих фондов.

По своему назначению внебюджетные фонды довольно разнообразны, они могут создаваться под конкретные цели и программы и функционировать как на федеральном и региональном, так и муниципальном уровнях. Внебюджетные фонды можно объединить в три группы. Первая включает внебюджетные фонды социального страхования, имеющие общегосударственное значение. Вторая группа охватывает внебюджетные фонды межотраслевого и отраслевого (ведомственного) назначения. В третью входят различные внебюджетные фонды территориального назначения.

Классификация внебюджетных фондов осуществляется по разным признакам.

В зависимости от уровня управления и правового положения внебюджетные фонды подразделяются на государственные (федеральные) – находятся в распоряжении центральной власти, региональные – в распоряжении субъектов федерации, и местные – в распоряжении органов местного самоуправления.

По функциональному назначению внебюджетные фонды подразделяются на целевые социальные и экономические.

К государственным целевым социальным внебюджетным фондам относятся: Пенсионный фонд Российской Федерации; Фонд социального страхования Российской Федерации – оба фонда в 1991 г. были отделены от бюджетной системы, Федеральный фонд и территориальные фонды обязательного медицинского страхования, созданные в 1993 г.

Функционирование социальных внебюджетных фондов обуславливается тем, что для решения важных социальных проблем всегда существует потребность в значительных объемах финансовых ресурсов и целесообразность их концентрации на государственном уровне. Внебюджетные фонды призваны обеспечить мобилизацию и строго целевое расходование средств на гарантированную социальную поддержку населения.

Общим принципом создания и функционирования социальных государственных внебюджетных фондов является реализация конституционных прав граждан на гарантированное государством социальное обеспечение по возрасту; социальное обеспечение по болезни, инвалидности, в случае потери кормильца, рождения и воспитания детей и в других случаях, предусмотренных законодательством РФ о социальном обеспечении; социальное обеспечение в случае безработицы; по охране здоровья и получению бесплатной медицинской помощи.

Социальные внебюджетные фонды в РФ формируются на основе обязательных отчислений предприятий, организаций и населения по установленным ставкам единого социального налога.

К государственным целевым экономическим внебюджетным фондам относят: территориальные дорожные фонды и другие (консолидированные в составе федерального бюджета), а также внебюджетные фонды финансирования научных исследований и экспериментальных разработок и др.

Для оказания поддержки предприятиям, осуществляющим инновации, государство и сформировало систему инновационных внебюджетных фондов НИОКР.

Экономические инновационные внебюджетные фонды государства и частных лиц представляют собой совокупность финансовых ресурсов, находящихся в распоряжении центральных, региональных государственных органов власти и в ведении частных и общественных организаций, имеющих строго целевое назначение – стимулирование и финансирование научных исследований, опытно-конструкторских разработок, внедрения, распространения и освоения нововведений. К инновационным внебюджетным фондам относятся различные автономные и присоединенные внебюджетные фонды, специальные сметы и счета.

Инновационные фонды – один из методов перераспределения национального дохода в пользу осуществления внебюджетного финансирования инноваций и инвестиций, связанных с ними. Инновационные внебюджетные фонды решают две основные важные задачи: обеспечение дополнительными, помимо бюджетных, средствами приоритетных направлений инновационно-инвестиционной деятельности и расширение инжиниринговых, информационно-консалтинговых услуг в отношении НИО, управления и финансирования, бизнес-планирования инноваций и инвестиций среди предпринимателей, особенно среди ученых и инженеров. Эти средства, обобществленные инновационными фондами, используются для процесса расширенного воспроизводства на новой научно-технической базе, т.е. пополнения кругооборота капитала в целях увеличения прибыли государственного и частного секторов за счет инновационной деятельности, а часть – на благотворительные цели поддержки научных исследований как источника нововведений, не преследующие присвоение прибыли и обеспечение коммерческой деятельности [3].

К доходам инновационных внебюджетных фондов относятся:

- специальные целевые налоги и сборы, установленные для соответствующего фонда;
- отчисления от прибыли предприятий, учреждений, организаций;
- средства бюджета;
- прибыль от коммерческой деятельности, осуществляемой фондом как юридическим лицом;
- займы, полученные фондом у Центрального Банка РФ или коммерческих банков.

Инновационные внебюджетные фонды в финансовой системе России созданы в соответствии с Указом Президента РФ «О неотложных мерах по сохранению научно-технического потенциала РФ» в связи с необходимостью выделения чрезвычайно важных для общества инновационных расходов и обеспечению их самостоятельными источниками дохода.

Решение об образовании инновационных внебюджетных фондов принимает Федеральное Собрание РФ, а также государственные представительные органы субъектов Федерации и местного самоуправления. Инновационные фонды должны поддерживать специальными финансовыми ресурсами важнейшие отрасли и сферы народного хозяйства (например, фонды НИОКР).

Схема формирования экономических внебюджетных фондов НИОКР состоит в следующем. В соответствии с Постановлением Правительства от 12 апреля 1994 г. № 315 «О порядке образования и использования отраслевых и межотраслевых внебюджетных фондов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ» федеральным министерствам и иным органам власти, а также корпорациям, концернам и ассоциациям, осуществляющим координацию деятельности по разработке, финансированию и реализации комплексных и целевых научно-исследовательских программ, а также научно-исследовательских работ (услуг), разрешено формировать внебюджетные фонды.

Указанные фонды формируются за счет ежеквартальных добровольных отчислений предприятий и организаций независимо от форм собственности в размере 1,5% от себестоимости реализуемой продукции, а суммы отчислений включаются предприятиями в себестоимость продукции и предназначаются для координации деятельности по разработке, финансированию и реализации комплексных и целевых научно-технических программ.

Указанные внебюджетные фонды не наделяются правами юридических лиц и действуют от имени федеральных министерств, иных федеральных органов исполнительной власти и объединений, в которых они образованы.

Для осуществления операций, связанных с поступлением и расходованием средств этих внебюджетных фондов, получателям (министерствам, иным федеральным органам власти, организациям, корпорациям) открываются в банках депозитные счета – в этом случае полученные доходы в виде процентов облагаются налогом на прибыль по установленной ставке, а оставшаяся часть направляется на увеличение средств соответствующих фондов.

Запрещается направлять средства внебюджетных фондов на проведение коммерческих операций.

Выделение средств из внебюджетных фондов осуществляется на договорной основе.

Положение о внебюджетном фонде утверждается федеральным министерством, иным федеральным органом исполнительной власти или объединением, в котором образуется внебюджетный фонд.

Средства внебюджетных фондов направляются на финансирование НИОКР по созданию новых видов наукоемкой продукции, сырья и материалов; разработке новых и совершенствованию применяемых технологий, мероприятий по повышению технического уровня продукции; работ по стандартизации, сертификации и лицензированию продукции, а также в области охраны труда и техники безопасности; разработке нормативных и конструктивных материалов и др.

Ответственность за целевое использование средств внебюджетных фондов возлагается на руководителей федеральных министерств, иных федеральных органов исполнительной власти, в которых образованы внебюджетные фонды.

Информация о финансовом состоянии внебюджетного фонда не составляет коммерческую тайну.

При реорганизации коммерческих организаций средства их внебюджетных фондов передаются в установленном порядке во внебюджетные фонды их правопреемников.

В Российской Федерации в качестве инновационных фондов действуют Российский фонд фундаментальных исследований, Российский гуманитарный научный фонд, Федеральный фонд поддержки малого предпринимательства, Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, Российский фонд технологического развития, Государственный фонд конверсии, Федеральный фонд производственных инноваций, Федеральный фонд развития электронной техники, внебюджетные фонды НИОКР межотраслевого и отраслевого (ведомственного) назначения, которые создаются на федеральном уровне для финансирования затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР).

Характеристика их деятельности такова. В начале 1994 г. насчитывалось 30 межотраслевых и отраслевых внебюджетных фондов, в том числе 1 межотраслевой – Российский фонд технологического развития. Число внебюджетных фондов возросло с 57 в конце 1994 года до 71 в 1996 г., объем аккумулируемых ими средств увеличился с 12 млрд. руб. в 1994 г. до 500 млрд. руб. в 1995 г. В 1998 г. из 84 отраслевых и межотраслевых внебюджетных фондов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ 22 образованы в федеральных органах исполнительной власти, 54 в ассоциациях и объединениях, 8 – в крупных концернах и корпорациях. В 2003 году действовало 52 внебюджетных фонда НИОКР [1].

Создание внебюджетных федеральных фондов для содействия завершению рентабельных научных проектов, включая патентование за рубежом и сертификацию мирового уровня, что необходимо для выхода отечественных инновационных фирм на зарубежный рынок, осуществляется для преодоления недостатков существующей системы финансирования инновационных проектов и для ускорения продвижения на рынок наиболее перспективных разработок.

К настоящему времени система бюджетных и внебюджетных фондов, оказывающих поддержку инновационным проектам на различных этапах инновационного цикла, в основном сложилась. В нее входят РФФИ – Российский фонд фундаментальных исследований; РФТР – Российский фонд технологического развития; ФФРМФПНТС – Федеральный фонд развития малых форм предпринимательства в научно-технической сфере.

Российский фонд фундаментальных исследований РФФИ создан Указом Президента РФ от 27 апреля 1992 г. № 426 «О неотложных мерах по сохранению научно-технического потенциала РФ».

Фонд формируется за счет отчисления в него 3% ассигнований, предусматриваемых на финансирование науки по республиканскому бюджету. Основной целью его деятельности является «поддержка инициативных научных проектов», что как раз и должно способствовать решению задачи обновления инновационного потенциала. Он является основным источником финансирования фундаментальных исследований на безвозвратной основе. Однако средства, выделяемые Фондом творческим коллективам на проведение исследований по конкретным темам, как правило, крайне малы. Это происходит из-за стремления как можно шире охватить обширную тематику исследовательских центров, вузов, НИИ, академических институтов. В результате конечные ресурсы Фонда распределяются на множество тематических направлений, не обеспечивая необходимого для практики уровня научных результатов [6].

Российский фонд технологического развития (РФТР) направляет средства на финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию новых видов наукоемкой продукции, сырья и материалов, разработки новых и совершенствование применяемых технологий. В отличие от РФФИ, осуществляющего финансирование проектов на безвозвратной основе из бюджетных источников, РФТР предоставляет возвратные беспроцентные кредиты на срок до 3 лет величиной порядка 100-200 тыс. долл. США. При этом в первый год идет только освоение средств, в следующие два заемщик должен вернуть предоставленный кредит. Определенные требования предъявляются к финансовому состоянию заемщиков. Среди слабых сторон деятельности РФТР предприниматели отмечают чрезмерную его бюрократизированность, нечеткость критериев отбора проектов, обязательность обеспеченности кредита, ограниченность статей расходов при финансировании [4].

РФТР является единственным в России неотраслевым инвестором стадии НИОКР. Помимо него существуют также отраслевые внебюджетные фонды, которые формируются за счет добровольных отчислений предприятиями и организациями части прибыли в размере 1,5% от себестоимости реализуемой продукции, проходят регистрацию в Министерстве образования и науки РФ и обязаны ежеквартально перечислять 25% поступающих к ним средств в РФТР. Их совокупный потенциал как минимум в 3 раза превышает ресурсы РФТР, но такие фонды имеют дело, в основном, с проектами предприятий, принадлежащих данному ведомству. Стороннему разработчику получить кредит крайне трудно. Не существует повсеместно принятой практики открытого объявления приоритетных направлений исследований, проведения тендеров на поддержку проектов среди претендентов.

Среди проектов малых предприятий, поддержанных РФТР, новая система гасителей колебаний вагонов (МП при Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша), производство бесфреоновых холодильников (МП при заводе «Станкоконструкция»), новые станки для обработки камня (МП при Московском энергетическом институте), производство стеновых панелей из гипса (поддержан также Правительством г. Москвы) и др. В региональном разрезе поддержанные проекты распределяются следующим образом: Москва (более 50%), а также Санкт-Петербург, Новосибирск, Дзержинск, Подмосковье, Красноярск, Тамбов [8].

Все эти фонды, включая РФТР, и являются основными субъектами, оказывающими поддержку предприятиям. Средства внебюджетных фондов разрешается направлять исключительно на финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию новых видов наукоемкой продукции, сырья и материалов, разработке новых и со-

вершенствованию применяемых технологий, мероприятий по повышению технического уровня продукции, работ по стандартизации, сертификации и лицензированию продукции и др. Для реализации крупных проектов средства всех фондов разрешается консолидировать на договорной основе. В действительности этого не происходит: РФТР работает самостоятельно и практически не взаимодействует с ведомственными внебюджетными фондами.

Основными субъектами, оказывающими государственную поддержку инновационной деятельности малых предприятий, являются Федеральный фонд поддержки малого предпринимательства (ФФМП) и Федеральный фонд развития малых форм предпринимательства в научно-технической сфере (ФФРМФПНТС). При этом, если первый из названных фондов ориентирован, главным образом, на поддержку малого бизнеса вообще, доля поддержки им инновационных проектов составляет не более 10%, то второй создан для поддержки и работает исключительно с инновационным малым предпринимательством.

По многочисленным отзывам предпринимателей, ФФРМФПНТС – это наиболее открытый к сотрудничеству фонд, пользующийся в среде предпринимателей заслуженным признанием. Отмечаются его мобильность, активность, гибкость и последовательность в реализации своей стратегии.

Фонд формируется за счет бюджетных средств (1% от средств, выделяемых бюджетом на науку) и средств, поступающих по выданным ранее кредитам. Принципиальным положением стратегии Фонда является поддержка только тех проектов, которые имеют гарантированный (обоснованный) сбыт продукции. Средства на проведение исследований не выделяются – только на расширение рынка. Предпочтение отдается проектам, уже заявившим себя на рынке, занявшим определенную нишу и потому ориентированным на расширение рынка, увеличение объемов продаж, создание дилерской сети и т.д.

Кроме поддержки конкретных инновационных проектов Фонд реализует программы формирования региональной инфраструктуры, поскольку лишь 50% ресурсов Фонда расходуется на поддержку московских (включая область) проектов, а еще 50% – на поддержку проектов в регионах на долевых с местной администрацией принципах. Проводится также обучение предпринимателей, в том числе и за границей, финансируется участие малых предприятий в выставках [8].

Таким образом, сформированная система фондов законодательно позволяет аккумулировать ресурсы и обеспечивает финансирование различных этапов научных разработок.

Однако существуют значительные недостатки в их деятельности:

- негибкие условия предоставления поддержки проектам (небольшой срок, ограничения по видам затрат и пр.);
- дискретность системы поддержки;
- отсутствие долгосрочной государственной стратегии НИОКР, ориентированной на дальнейшее использование научных разработок в различных секторах экономики [9].

Существуют и негосударственные внебюджетные источники финансирования инновационной деятельности. В последнее время наметилась устойчивая тенденция формирования различных типов венчурных компаний и фондов за счет привлечения финансовых ресурсов из различных источников, включая бюджетные, зарубежные гранты и прочие внебюджетные источники.

Однако большинство внебюджетных форм финансирования науки и инноваций по-прежнему базируется на государственных средствах и поэтому зависит от складывающейся экономической и политической ситуации, приоритетов расходования средств государственного бюджета.

Подводя итоги, необходимо отметить, что Правительство РФ в настоящее время совместно с заинтересованными федеральными органами исполнительной власти ведет разработку целого ряда законопроектов, в т.ч. «О фондах поддержки науки и инноваций», с целью стимулирования инновационной деятельности и внедрения в производство наукоемких тех-



нологий», по которым будет строиться система финансирования инновационной деятельности России в ближайшие годы. Это должно содействовать формированию взаимосвязанной структуры внебюджетного финансирования научных исследований и инноваций в виде соответствующих фондов и способствовать выживанию и коммерциализации науки, активизации инновационных процессов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гладких И.В. Профессиональная научно-техническая информация при реализации инновационного цикла / И.В. Гладких, А.В. Пухова // Управление наукой в странах ЕС. М.: Наука, 1999. Т. 3. С. 56-61.
2. Закон РФ № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» от 23 августа 1996 г. // Парламентская газета. 3 сентября 1996 г.
3. Ермасов С.В. Направления развития инновационного предпринимательства в транзитивной экономике / С.В. Ермасов. Саратов: Издат. центр СГСЭУ, 1999. 316 с.
4. Инновационные процессы в малом предпринимательстве. Публикации Ресурсного центра малого предпринимательства. 1999. № 11. С. 7-10.
5. Коробейников О.П. Роль инноваций в процессе формирования стратегии предприятия / О.П. Коробейников, А.А. Трифилова, И.А. Коршунов // Менеджмент в России и за рубежом. 2000. № 3. С. 21-27.
6. Коновалов В.М. Инновационная сага / В.М. Коновалов. Материалы сайта <http://www.innocentre.ru>
7. Основы инновационно-технологического менеджмента. Материалы сайта <http://college.biysk.secna.ru>
8. Основные положения и элементы государственной политики в области поддержки инноваций. Материалы сайта <http://www.rcsme.ru>
9. Любимова О.В. Государственное регулирование инновационной деятельности в России / О.В. Любимова. Материалы сайта <http://lib.socio.msu.ru>

#### **Фирсова Анна Александровна –**

кандидат экономических наук,  
доцент кафедры «Предпринимательство и проектный менеджмент»  
Института бизнеса и делового администрирования  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 19.09.06, принята к опубликованию 21.11.06*

## СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОСТИ

---

УДК 316.46

**Н.А. Бексаева**

### СОЦИАЛЬНАЯ ЭКСКЛЮЗИЯ ГЕРОНТОЛОГИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

*Анализируется ситуация тотального ослабления социальной интеграции представителей третьего возраста, причины и последствия социальной эксклюзии геронтологической группы, факторы рисков.*

**N.A. Beksaeva**

### SOCIAL EXCLUSION OF GERONTOLOGICAL GROUP

*The author analyzes the situation of total weakening in social integration of third age representatives, causes and consequences of social exclusion of gerontological group, and risk factors.*

Жизненные маршруты не являются лишь бесконечно многообразным набором вариантов действия в каждый момент индивидуальной биографии, а всегда носят конкретно-исторический характер. Каждая жизненная стратегия в значительной степени детерминирована исторической ситуацией. Сегодня вхождение в поздний возраст порождает ситуацию, когда кризис трансформационных процессов в российском обществе дополняется многочисленными геронтологическими рисками. Специфицирующими признаками геронтологических рисков являются социальная дезадаптация, резкое нарастание изменений, когда происходит разлад с самим собой. Далее наступает период стабилизации, приспособления к изменениям, формирования новых стратегий поведения. Положение пожилого человека в российском обществе определяется комплексом факторов и обстоятельств, реализующихся на различных уровнях и в разных сферах, однако ключевым является фактор неразвитости инфраструктуры общества, отсутствие научно обоснованных перспектив ее целенаправленного совершенствования.

Общей закономерностью России последних десятилетий стало тотальное ослабление социальной интеграции. Неопределенность оснований, по которым структурируется социальное пространство, ведет к размыванию правил взаимодействия с различными социальными группами, что чревато возникновением идентичностных конфликтов, в которых основанием враждебности или настороженности является определение других как «чужих». Такая ситуация ценностно-мировоззренческой неопределенности, усиленная переживанием людей

ми потери своего статуса и тяжелым экономическим положением, создает предпосылки возникновения глубоких межпоколенческих конфликтов. Так как власть во многом утратила монополию на приписывание статусов различным социальным группам, представления о социальной структуре общества стали сегодня гораздо более разнообразными и многополюсными. Специалистами отмечается рост значимости первичных связей, что естественно для периода кризисов [2, с.83]. Поэтому при изучении моделей самореализации пожилых людей в обществе особенно значимой представляется роль внутрисемейных отношений, так как они после выхода на пенсию оказываются наиболее значимыми для человека, особенно если диапазон социальных связей сужается до членов семьи. Часто смысл продолжения жизни видится представителями третьего возраста в воспитании внуков, а в старческом возрасте порой имеется известная зависимость от помощи родственников. Тенденция распада традиционных многопоколенных структур на молодые нуклеарные семьи и базовое «опустевшее гнездо» нивелирует некогда значимые внутрисемейные роли пожилых людей [5, с.35]. Как следствие, возрастающее одиночество представителей третьего возраста еще более отдаляет их от общества, увеличивает межпоколенческую дистанцию, в то время как, по мнению все большего количества исследователей, человеческий потенциал пожилых в нашей стране (исключая состояние здоровья) сопоставим с развитыми странами [3, с.54].

Сегодня для вступающих в поздний возраст характерны социальная дезадаптация, кризис самоидентичности, и лишь по прошествии некоторого времени наступает период стабилизации, социально-психологического «перестраивания», формирование новых стратегий поведения. Мы намеренно не указываем здесь четкие хронологические границы, так как эти процессы во многом индивидуальны, и едва ли могут быть определены конвенционально, вследствие чего определение их продолжительности не представляется возможным. В это время необходимо вооружить человека новыми способами действия, изменить его социальные стереотипы.

Определяя сегодняшнее положение пожилых людей, мы вынуждены говорить о ситуации социальной эксклюзии – эффекте накопления во времени результатов воздействия факторов риска, когда человек не в силах справиться с ситуацией, в результате чего его ресурсы для осуществления радикальных преобразований оказываются ограниченными. Помимо общих, трансформационных рисков, выделяются геронтологические риски, связанные с объективными трудностями геронтологической группы, с ее социальными ресурсами. Очевидно, что в объяснительных моделях перехода к пенсионному статусу необходимо учитывать субъективную компоненту, что позволяет, опираясь на феноменологические подходы, гораздо полнее и детальнее объяснить пенсионные и предпенсионные кризисы, и, следовательно, спланировать более эффективные превентивные мероприятия.

В нашем анализе ситуации мы опираемся на результаты опроса, проведенного исследовательской группой социологического центра «РОСС-XXI ВЕК», охватившего население Саратовской, Нижегородской, Свердловской, Оренбургской, Волгоградской областей, а также г. Самары. В ходе исследования было опрошено 2820 человек, из них в возрасте 16-30 лет – 28,3%; 31-50 лет – 25,4%; 51-59 лет – 23,6%; старше 60 лет – 22,8%. 33,7% респондентов – мужчины (в разных возрастных группах показатель колеблется в пределах 27,3-39,5%); 66,3% – женщины; женаты или замужем 52,6%, в браке не состоят 47,4% опрошенных. Неполное среднее образование имеют 10,2%, среднее и среднее специальное 23 и 28,9% соответственно, высшее или незаконченное высшее 31 и 8,6%.

Свое материальное положение оценили как «выше среднего» 3,4% респондентов, вариант «среднее» выбрали 62,3%, посчитали себя бедными 33,5%; отнесли себя к группе, находящейся ниже уровня бедности, 3,4%. Это характерно, в первую очередь, для лиц старше 50 лет – в среднем для двух выделенных нами групп показатель по последнему пункту составил 9,4%, то есть практически этот вариант указал каждый десятый, что демонстрирует крайне бедственное положение представителей старших возрастов даже при характерных для них невысоких запросах и ожиданиях. Это свидетельствует о затянувшейся или неудав-

шейся ресоциализации этих групп в условиях новых социоэкономических реалий, вероятном восприятии их другими возрастными группами как аутсайдеров. Показательно, что наиболее значимыми общественными проблемами пожилые люди считают слабость государственной власти (этот вариант указали 54,8%, при средних 42,3%) и недостаток у последней «нравственности и праведности» (58,1%, среднее значение 38,6%), что понимается нами как патерналистские ожидания пенсионеров, ориентированных в решении своих проблем в первую очередь именно на помощь государства.

Восприятие жизни как исполнение предназначения человека, служение людям в рассматриваемой возрастной группе несколько выше среднего (38,7% при средних 32,5%; данный показатель устойчиво растет с возрастом), в то время как понимание ее как «источник удовольствий и наслаждений» значительно ниже, чем в других возрастных группах (3,2% при средних 12,1%).

По мнению представителей третьего возраста, определять поведение человека в обществе должны в первую очередь такие качества, как любовь к ближнему (74,2% при средних 70,7%), социальные нормы (71% при средних 64,9%), совесть (67,7% при средних 60,3%), принципы веры и религии (64,5% при средних 53,7%), долг гражданина и патриота (58,1% при средних 43%), а также мнение окружающих (29% при средних 21,1%). Такие качества, как власть, личный интерес или личная свобода, назывались пожилыми людьми реже, чем в среднем, в прочих же пунктах расхождения были минимальными либо отсутствовали. Одним из наиболее ценимых пожилыми людьми человеческих качеств является доброта (71% при средних 50%).

Определяя, чем окружающие реально руководствуются в повседневной жизни, пожилые люди на первые места поставили материальный (84,2% при средних 79%) и личный интерес (73,7% при средних 64,3%), причем варианты «нормы морали» и «нормы культуры» не были выбраны ни одним из респондентов рассматриваемой возрастной группы, в то время как в среднем они все же набрали 7,6 и 4,7% соответственно. Таким образом, для исследуемой группы характерна в целом негативная оценка изменений в моделях поведения окружающих, что допускает объяснение неудачной ресоциализации пожилых как в первую очередь нежелание соответствовать новым стандартам, воспринимаемым как «порочные». Для пожилых людей характерна большая ориентация на коллектив; подавляющее большинство отметило, что «каждый должен в первую очередь исполнить свой долг перед обществом» (80,7% при средних 60,1%). По всей видимости, именно в результате присущего пожилым людям коллективизма уровень взаимопонимания с другими в повседневной жизни у них выше средних показателей.

Жизнь ухудшается у 27,6% пенсионеров (при средних 23,9%), улучшения отмечают лишь 17,2% пожилых (при средних 21,4%). Несмотря на тяжелое положение, удовлетворенность жизнью у пожилых людей лишь немногим ниже других возрастных групп. Посчитали себя счастливыми 22,6% респондентов (при средних 27,7%), выбрали вариант «скорее да, чем нет» 45,2% (при средних 50%); наконец, неудовлетворенными оказались 29% (при средних 21,6%). Счастью пожилых людей мешают главным образом материальные проблемы (57,7% при средних 53,3%) и неудовлетворенность достигнутым (26,9% при средних 22,7%), причем по этим вопросам расхождения среди различных возрастных групп незначительны. Вариант «живу не по душе, а по судьбе» назывался пожилыми несколько реже, чем в других группах (15,4% при средних 22,4%). В значительно большей степени, чем в других группах, у пожилых реализованы их духовные потребности (72,4% при средних 59,6%); вместе с тем налицо недостаток необходимой пожилым людям информации (44,8% при средних 56,1%). Подавляющее большинство пожилых считает, что им скорее удалось найти место в сегодняшней жизни (70% при средних 60,3%). При этом процент считающих, что это им совсем не удалось, несколько выше среднего (6,7% против 6,4% при максимальных показателях снова у лиц предпенсионного возраста – 15,6%). В решении своих жизненных проблем в большей степени, чем остальные, пенсионеры надеются на помощь общества и государства

(6,9% у пожилых и 9,1% в предпенсионной группе при средних 2,4%), религиозных общин (41,4% при средних 19,1%) и родственников (55,2% при средних 54,7%). Несколько меньше средних показателей надежда на собственные силы (41,4% при средних 44,1%) и помощь друзей и знакомых (17,2% при средних 23,7%) [4, с.63].

К старости несколько падает ценность любви (71% при среднем 84,4%), но при этом представление о счастье связано главным образом с детьми и их успехами (83,3% при средних 59,8%), что подтверждает предположение о доминирующей идентификации именно с семьей, а не, например, с лицами того же возраста. С возрастом становится ниже ценность друзей (51,6% при средних 64,6%), зато возрастает значение таких ценностей, как здоровье (93,6% при средних 87,2%), «потребности души» (48,4% при средних 38,3%), «полезность людям» (71% при средних 57,2%), благо Отечества (48,4% при средних 31,3%), уважение людей, авторитет (54,8% при средних 42,4%), самоуважение, совесть (67,7% при средних 61%), призвание, следование долгу (61,3% при средних 24,7%). Понимание долголетия как ценности устойчиво растет с возрастом, и достигает у пожилых частоты 51,6% при почти вдвое меньших средних показателях (26%). 56,7% пожилых надеются дожить до глубокой старости (при средних 47,2%); среди представителей третьего возраста самый низкий уровень не задумывающихся об этих проблемах (26,7% при средних 39,6%).

В сравнении с представителями других возрастных групп, в повседневной жизни пожилые люди оказываются менее жизнерадостными и оптимистичными (45,2% при средних 57,3%), и несколько менее эмоциональными (29% при средних 33,9%) и смелыми в суждениях и поступках (19,4% при средних 23,9%), но в большей степени, чем остальные, стараются быть справедливыми (64,5% при средних 54,4%), честными и искренними (74,2% при средних 68,2%). Гораздо более склонны пожилые к самоотречению в любви к ближнему (41,9% при средних 19,7%), умеют проявить терпение и волю в трудностях (87,1% при средних 61,5%), проявить самодисциплину и самоконтроль (71% при средних 54%). Любопытно, что как характерный для себя вариант «высокие притязания» выбрало 6,5% пожилых, что даже несколько выше среднего (5,4%, при этом у молодежи лишь 4,3%); по всей видимости, в это понятие представители различных возрастных групп вкладывают различный смысл, что подтверждает предположение о невысоких жизненных ожиданиях рассматриваемой группы.

По мнению пожилого человека, наиболее характерными его качествами являются уступчивость (77,3% при средних 64,7%, что может объясняться, с одной стороны, большей взвешенностью и осторожностью решений и действий, а с другой – растерянностью и неуверенностью – иными словами, неудачной постперестроечной ресоциализацией), консерватизм (27,3% при средних 27,4%, оказавшихся ничуть не менее консервативными), авторитарность (22,7% при средних 11,1%; столь заметная разница может быть объяснена как воспитанием, так и предполагаемым у себя самими пожилыми большим опытом и знанием жизни), добросердечие (19% при средних 21,5%), доверчивость (16% при средних 29,5%), уверенность (13,6% при средних 34,7%). Последние три показателя с возрастом устойчиво падают, что можно определить в дополнение к объяснениям, приведенным выше, как разочарование в политических и социально-экономических изменениях в стране).

Обобщая вышеизложенное, прежде всего, следует отметить тяжелое экономическое положение пожилых людей, даже учитывая их невысокие запросы. Как следствие, вопросы самореализации, проведения досуга отходят на второй план. Типичны патерналистские ожидания пенсионеров, и, как следствие, высокий уровень недовольства действиями властей, чувство ущемленности в правах, апелляции к восстановлению социальной справедливости. Все это создает ситуацию борьбы за выживание, способствуя активизации личностного потенциала разве что в формах демонстраций и других подобных типах акций политического протеста. Характерна в целом негативная оценка изменений в иерархии личных ценностей окружающих, что позволяет объяснить неудачную ресоциализацию пожилых как в первую очередь нежелание соответствовать новым стандартам. Типично восприятие жизни как служения людям, понимание

труда как внутренней потребности, ориентация на коллективизм, некоторая «жертвенность» – даже представления о счастье связываются уже главным образом с детьми, а не с событиями собственной жизни. Такие категории, как личный интерес или личная свобода, оказываются здесь менее значимыми, чем для других возрастных групп, что, как нам кажется, является не столько возрастной особенностью, сколько обусловлено конкретно-исторической ситуацией [1, с.199]. Анализ ценностных установок пожилых людей демонстрирует их значительную устойчивость, даже учитывая значительную гетерогенность этой возрастной группы, что позволяет предположить и постоянство жизненных стратегий в пенсионном возрасте.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Темаев Т.В. Социальный портрет группы третьего возраста / Т.В. Темаев, Н.А. Бексаева, И.В. Трифонова // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2006. № 2. С. 198-202.
2. Климова С.Г. Критерии определения групп «мы» и «они» / С.Г. Климова // Социологические исследования. 2002. № 6. С. 81-87.
3. Писарев А.В. Образ пожилых в современной России / А.В. Писарев // Социологические исследования. 2004. № 4. С. 51-63.
4. Саралиева З.М. Пожилой человек в центральной России / З.М. Саралиева, С.С. Балабанов // Социологические исследования. 1999. № 12. С. 63-74.
5. Смолькин А.А. Динамика межпоколенческих взаимодействий в семье: исторический аспект / А.А. Смолькин // Семья. Проблемы. Перспективы. Саратов: Научная книга, 2004. С. 34-37.

**Бексаева Нина Александровна** –  
преподаватель кафедры «Иностранные языки»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 11.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 316.334.2

**М.А. Ворона**

#### **СТУДЕНЧЕСКАЯ ЗАНЯТОСТЬ СКВОЗЬ ПРИЗМУ КЛЮЧЕВЫХ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАДИГМ**

*Анализируется вторичная занятость студентов в современном социуме с позиции основных социологических теорий. Автор ссылается как на классиков социологии, так и на работы современных исследователей.*

**M.A. Vorona**

#### **STUDENTS' EMPLOYMENT IN THE LIGHT OF KEY SOCIOLOGICAL PARADIGMS**

*The article analyzes the part-time students' employment in contemporary society through the viewpoints of basic sociological theories. The author refers both to the classics of sociology and the works of modern researches.*

В условиях социально-экономической трансформации современного российского общества выпускники высших учебных заведений нередко оказываются невостребованными на рынке труда. Высокий уровень образования сам по себе сегодня не является предпосылкой для успешной самореализации молодых людей. В ситуации повышенной конкуренции на современном рынке труда наибольшего успеха добивается выпускник, имеющий опыт профессиональной деятельности. Поэтому студенты изменяют модель достижения жизненных целей путем сокращения усилий, затрачиваемых на получение диплома, в пользу получения профессионального опыта в сфере вторичной занятости.

Теоретико-методологические вопросы изучения вторичной занятости, форм её проявления и специфики приложения дополнительных трудовых усилий являются в настоящий момент предметом пристального изучения как отечественных, так и зарубежных авторов. Рассмотрим обозначенную проблему в перспективах различных парадигм.

**Функционализм.** Образование – социальный институт, выполняющий функции подготовки и включения индивида в различные сферы жизнедеятельности общества, приобщения его к культуре данного общества.

Социальный институт образования способствует формированию образовательных общностей, связанных включенностью в образовательные процессы и ценностным отношением к образованию и их воспроизводству. Посредством образования происходит гомогенизация общества через организованную социализацию индивидов – привитие сходных социальных характеристик во имя целостности общества. Но одновременно осуществляется и социальная селекция – индивиды «разводятся» по потокам, предопределяющим их будущий статус.

По мере того, как в обществе все большее количество достижимых статусов обусловлено образованием, все более зримой становится и такая функция образования, как активизация социальных перемещений. Образование во всем мире закономерно становится главным каналом социальных перемещений, как правило, восходящих, ведущих индивидов к более сложным видам труда, большим доходам и престижу.

Не вызывает сомнений и неразрывная связь института образования с институтами рынка труда, а именно: законодательство о труде и трудовых соглашениях; минимальная заработная плата; система страхования по безработице; государственные программы по обеспечению занятости населения. Важнейшей функцией институтов рынка труда является удовлетворение полного спектра потребностей индивида и общества. Согласно теории А. Маслоу, «человеческие потребности располагаются в виде иерархии. Иными словами, появлению одной потребности обычно предшествует удовлетворение другой, более насущной» [6, с.305]. Иерархическая природа потребностей или целей означает, что «доминантная цель монополизирует сознание и определенным образом стимулирует и организует различные способности организма, потребные для ее достижения» [6, с.337-338]. Ориентация на высшие ступени этой иерархии в современном обществе диктует необходимость интегрирования на рынке труда с помощью социально одобряемого средства достижения целей – получения образования.

Здесь следует отметить, что на сегодняшний день одним из фокусов общественного внимания и социального напряжения является группа проблем, которая связана с платностью образования. В общественном сознании сохраняется как господствующее представление о том, что должным и правильным является то положение дел, которое существовало в советское время: любое обучение было бесплатным для учащегося, и соответственно доступность или недоступность его была связана только со способностью учащегося выдержать соответствующие экзамены. Этому положению противопоставляется нынешняя ситуация, характеризующаяся тем, что «за все надо платить». Современные молодые люди не так сильно при-

выкли к государственному патернализму. Среди них высока доля тех, кто считает возможным заработать себе на обучение [3, с.61]. На первый план выходит материальный фактор, возникает проблема вторичной занятости студентов, что приводит к дисфункции системы образования.

Ценность высшего образования получает по преимуществу декларативный характер, девальвируется. «Высшее образование» сегодня не тождественно «получению специальности» – высокой квалификации в избранной профессиональной сфере. Явные функции образования – получение знаний, навыков, гуманизация и т.д. подавляются латентной, скрытой функцией – получение самого диплома, «корочки». Вузский диплом рассматривается прежде всего как формальное, но в большинстве случаев необходимое, даже обязательное условие для получения «хорошей работы», обеспечивающей «приличный» заработок и стабильное положение в обществе [2, с.42].

Сложившаяся ситуация является иллюстрацией «теории фильтра» К. Эрроу, согласно которой образование трактуется как средство отбора, устройство, сортирующее учащихся по производственным качествам в сфере труда и занятости. Здесь на первый план выходит факт получения определенного «диплома» (креденциализм). Не отрицая позитивной причинно-следственной связи между уровнем образования отдельного работника и его заработками, «теория фильтра» дает этому иное объяснение. Нанимая рабочего, предприниматель ничего не знает о его производительности и способностях. Характеристики нанимаемых (пол, возраст, раса, уровень образования) служат лишь сигналами для нанимателя. Образование в данном случае служит сигналом для предпринимателя о качестве нанимаемой рабочей силы. Отсюда другое название «теории фильтра» – «теория сигнала». Ценностью являются не накопленные знания, которые подешевели и быстро устаревают, а наличие у человека «побед в образовательных испытаниях». Диплом престижного учебного заведения ценен не потому, что там «дают хорошие знания», но потому, что человек показал свою способность сделать нечто, выделяющее его среди сверстников, прошел ряд «фильтров» [8, с.48].

**Марксизм и неомарксизм.** В рамках теории человеческого капитала К. Маркса капитал исследовался прежде всего как социальная форма производительных сил. Поскольку побудительные мотивы, экономические интересы и потребности действуют прежде всего на уровне отдельных людей, общие представления марксистов относительно экономической организации поведения людей включают также представления о приоритете экономических мотивов – экономических интересов и первичных материальных потребностей для организации их деятельности и для научного объяснения характерных особенностей этой деятельности. По Марксу, первичные материальные, экономические потребности способны стать ключом к объяснению многих характерных особенностей экономического поведения людей. Несомненно, что когда эти первичные потребности не удовлетворены или удовлетворены недостаточно, именно они наиболее сильно стимулируют экономическую деятельность. Недостаток средств существования побуждает людей к более интенсивному труду, перемене деятельности, вторичной занятости, нередко стимулирует открытия, изобретения, усовершенствование труда и производства. Но можно ли считать эти первичные экономические потребности действительной причиной и источником социально-экономического развития, способным объяснить важнейшие закономерности этого развития? Не случайно ключевой составной частью определения понятия «рабочая сила» у Маркса и у теоретиков человеческого капитала является один и тот же компонент – человеческие способности. Поэтому наиболее распространенной выступает стратегия вторичной занятости как вынужденная форма реализации запасов человеческого капитала, чаще всего представленного запасом профессионально-квалификационных и образовательных ресурсов [5, с.805].

Проецируя теорию Маркса на проблему «работающий студент», следует отметить, что ситуация экономического неравенства на молодежном сегменте рынка труда вынуждает



студента вступать в сферу вторичной занятости с целью улучшения собственного материального положения. Студенты работают, чтобы учиться, а учатся, чтобы работать...

В этой связи следует обратиться к теории Р. Мертон, согласно которой повышение образования является единственным легитимным путем достижения высокого статуса в системе разделения труда и распределения власти. Р. Мертон, говоря о функции образования в интеграции личности в социальные порядки, замечает, что университет не столько дает образование, сколько производит образованные страты и представляет собой «брачный рынок» для их воспроизводства. В этом отношении неравенство является производным от системы образования [7, с.34].

Обладая относительной автономией от других социальных институтов, образовательные системы современных обществ конституируют индивидуальные биографии, модели успеха, стандарты, нормы и девиации, формы символического обмена, престижность потребления, трансмиссию культурных образцов и социальные статусы. Изменения, происходящие в ценностных трудовых ориентациях российской молодежи, во многом связаны с ухудшением материального благополучия народа и резким на этом фоне обогащением отдельных групп населения. Поэтому сегодня одним из мотивов студенческой занятости становится желание потреблять дорогие, модные товары и услуги.

Стремясь к престижному потреблению, молодежь сменяет эпизодическую работу во внеучебное время систематической работой вне зависимости от профиля учебы и расписания занятий. Оказываясь на рынке труда, студенты сталкиваются с ситуацией, в которой многие работодатели предпочитают набирать людей с высшим образованием, причем выпускников престижных вузов, и предъявляют больше требований к личностным качествам и практическому опыту работы в бизнесе, практически не обращая внимание на специальность, полученную в вузе. Рост требований работодателей к практическому опыту выпускников наталкивается на уменьшение возможностей для студентов получить этот опыт. На фоне столь острой конкуренции на молодежном сегменте рынка труда возникает явление эксплуатации студентов.

Для составления полной картины явления следует ответить на вопрос: «Почему же работодатель берет на работу студента?». Преимущества студента, как работника, очевидны. Обладая большим потенциалом и будучи ориентированными на развитие, рост, карьеру, современные студенты готовы выполнять не престижную, физически тяжелую, разовую работу, готовы начать работу с нуля и трудиться в режиме ненормированного рабочего дня. Студенты, как правило, соглашаются на более низкую оплату, которую им можно установить под предлогом их промежуточного статуса («...Ты же пока еще учишься!»). По сути своей студент – это «чистый лист», и его часто легче научить профессии и особенностям работы в данной фирме, чем переучивать готового специалиста.

**Интерпретативный подход.** Структура целей и мотивов работающих студентов сегодня такова. На первом месте (с большим отрывом от других целей) – необходимость заработать себе на жизнь и на получение образования. На втором – забота о послевузовском трудоустройстве, желание поработать, чтобы получить опыт в определенной области с намерением и дальше там работать, чтобы было, что написать в «резюме» и тем самым повысить свои шансы на получение желаемой работы, познакомиться за время учебы в вузе с несколькими видами работ и выбрать подходящую. Далее следуют стремление не отстать от друзей; желание чем-то занять свое время и голову; недогруженность в процессе учебы; стремление заняться чем-то новым; потребность полнее ощутить связь приложенных усилий с результатом, что далеко не всегда удается в вузе [1, с.25].

Таким образом, важнейшим мотивом остается получение дополнительных материальных благ. В этой связи стоит упомянуть теорию денег Г.Зиммеля, давшего глубинный анализ института денег как рациональной основы большинства человеческих действий. Согласно его теории, выбор жизненного пути человеком сугубо индивидуален. Традиции, групповые

интересы и даже полученное образование не сковывают личность в ее жизненном выборе. Гораздо большее влияние здесь оказывает важнейшая социальная стихия: деньги – «вечный двигатель социальной машины, позволяющий разворачивать ее в разных направлениях». Обращение денег подобно обращению знаний, информации [4, с.311].

Но на микроуровне неизбежен и конфликт. При первичном выходе на рынок труда у молодежи преобладают идеалистические представления о будущей профессии, трудовой и профессиональной карьере. При встрече с рыночной ситуацией социальные ожидания не оправдываются и приводят к возникновению сложных социально-психических состояний (разочарование, тревога, депрессия), влияющих на коммуникативную сферу и сопровождаемое ощущением безысходности, комплексом вины в условиях невозможности трудоустройства. В конечном счете, столкновение с трудовой реальностью провоцирует переориентацию, либо деградацию базовой системы ценностей, что, безусловно, негативно влияет на социально-психологическое развитие молодых людей и часто приводит к исчезновению взгляда на труд как средство личной самореализации, а сам процесс нормальной социализации оказывается нарушенным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гречиков В.И. Феномен работающего студента / В.И. Гречиков // Социс. 2002. № 3. С. 25-27.
2. Гудков Л. Образование в России: привлекательность, доступность, функции / Л. Гудков, Б. Дубин, А. Леонова // Вестник общественного мнения. 2004. № 1 (69). С. 35-55.
3. Доступность высшего образования в России / отв. ред. С.В. Шишкин. М.: Независимый институт социальной политики, 2004. 500 с.
4. Зиммель Г. Философия денег (фрагмент) / Г. Зиммель // Теория общества: сб.; под общ. ред. А.Ф. Филиппова. М.: КАНОН-Пресс-Ц, 1999. С. 309-383.
5. Маркс К. Капитал / К. Маркс, Ф. Энгельс. Соч. 2-е изд. Т. 46. М., 1960. 956 с.
6. Маслоу А. Мотивация и личность / А. Маслоу. СПб.: Питер, 2003. 427 с.
7. Мертон Р.К. Социальная структура и аномия / Р.К. Мертон // Социс. 1992. № 2. С. 29-35.
8. Arrow K. Higher education as a filter / K. Arrow // Journal of Public Economics. 1973. Vol. 2. № 3. P. 43-52.

**Ворона Мария Александровна** –  
аспирант кафедры «Социальная антропология и социальная работа»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 11.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 316.346.32-053.9

**М.Э. Елютина, Ю.А. Кац**

#### **МЕХАНИЗМЫ СОЦИАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ТРЕТЬЕГО ВОЗРАСТА**

*Статья посвящена интерпретации социокультурных кодов в возрастном плане. Анализируются изменения в идентификационном пространстве идентичности представителей геронтологической группы, раскрываются механизмы конструирования новых идентификационных структур.*

**M.E. Elutina, Y.A. Katz**

### **THE MECHANISMS OF SOCIAL IDENTIFICATION OF THIRD AGE REPRESENTATIVES**

*The article is devoted to the interpretation of socio-cultural codes in aged field. The changes in an identification area of identity for gerontological group are analyzed; the mechanisms of construction of new identifying structures are revealed.*

Постоянно действующий фактор постарения населения, к сожалению, не учитывается в должной мере в социальной политике, слабо подвержен организационно-политическим коррективам, которые, как правило, запаздывают. Сегодня уже нельзя ограничиваться только выяснением возможных негативных социальных последствий тенденции постарения населения. Необходимо применять срочные меры к тому, чтобы выправить уже обозначившиеся перекосы такого развития.

Каждое поколение располагает определенными механизмами кодирования и декодирования системы непреложных истин и эстетических, моральных, политических и религиозных ценностей. Причем глубокие преобразования в России привели к тому, что многообразие социокультурных кодов стало более выпуклым. Интерпретация их в возрастном плане демонстрирует столкновение принципиально различных кодов и, может быть, даже их несовместимость. Так, для пожилых людей типичным остается критическое отношение к накопительству, уважение коллективистских традиций, понимание успеха и престижа, связанное с личным трудом, со степенью полезности коллективу, осознается необходимость образования. Старшее поколение продолжает придерживаться обычаев гостеприимства, считает необходимым выполнять обязанности перед родственниками, ориентируется на нормативную модель риска как тенденцию к самопожертвованию, повышающему этический статус личности и отвергает способ рационального, утилитарного решения проблем.

В условиях социального нигилизма представители третьего возраста выступают как символ утопического социального идеала, опыт которых архаичен, устарел и представляет собой хлам истории. Однако противоречия и разрывы между младшими и старшими возрастными группами выступают как пустоты, сигнализирующие о том, что теория не может заступить на место опыта.

Драматической по своему характеру является внутренняя противоречивость восприятия старшим поколением происходящих изменений: с одной стороны, усложнившийся и расширенный репертуар возможностей, с другой стороны – пролонгированное влияние на конкретные статусные пассажи ранее усвоенных ценностей и ориентаций. Перед пожилыми людьми стоит дилемма: дистанцироваться от большинства основополагающих элементов собственного социокультурного кода и стать во многом иными, приспосабливаясь к требованиям социально-экономической ситуации, к авторитарным и туземным идеологемам, отказаться от индивидуальности во имя мимикрии, приспособления к социальной реальности, или же каким-то образом отмежеваться от нее, упорно отстаивая собственное, в ряде случаев резко сузившееся, жизненное пространство. Вступление в пожилой возраст порождает ситуацию, когда кризис трансформационных процессов в российском обществе дополняют ге-

ронтологические риски (социальная изоляция, бедность, вдовство, плохое самочувствие, болезни, нарастание степени зависимости, отсутствие собственного жилья, семейного уюта), между которыми существует многосторонняя интерференция. Неравенство в возрастной перспективе проявляется через практики исключения в отношении пожилых людей, затрагивающие различные сферы социальной жизни.

Во-первых, пожилые люди относятся к социально уязвимым группам, основным источником дохода является государственная пенсия, социальное страхование, пособия, дотации, субсидии, практики выживания, характеризующиеся постоянным режимом экономии. На социальный статус определяющее влияние оказывают: положение на предыдущих местах работы, уровни дохода, обстоятельства и темпоральные особенности ухода на пенсию.

Во-вторых, пенсионный возраст – синоним окончания профессиональной карьеры: солидный возраст – аргумент для отказа при приеме на работу; пенсионерам доступна в основном малоквалифицированная, низкооплачиваемая работа. Занятость пожилых людей рассматривается только как средство увеличения текущих доходов из-за маленькой пенсии, а не как реабилитационный механизм, предотвращающий социальное исключение.

В-третьих, имеют место различные формы проявления жестокого обращения с пожилыми людьми: физическое действие, сексуальное насилие, экономическая зависимость, психологическое унижение посредством угроз, шантажа, изоляции, эксплуатации, дискриминации. В последние годы все большую опасность представляет собой насилие в семье, ставшее наиболее распространенной формой агрессии в современной России (30-40% тяжких насильственных преступлений совершаются именно в семье). Однако, в силу высокой степени латентности преступлений данного рода, статистика далека от реальности.

В-четвертых, лица пенсионного возраста депривированы в отношении престижного потребления, образовательного пространства, нередко отсутствуют средства на лечение, качественный отдых.

К типичному конфликту между индивидом и надындивидуальным бытием, вызываемому современным нивелированием деньгами нравственных ценностей, добавляется аномия при профессиональной отставке пожилого человека. В индивидуальном сознании это улавливается как потеря будущего. Речь идет о том, что П. Бергер и Т. Лукман обозначают как альтернативу, требующую по-новому расставить акценты реальности и демонтировать предшествующую номическую структуру, реинтерпретировать ее. Но подобный тип реинтерпретаций в существенной степени опирается на поддержание подобных реинтерпретаций микросоциальным окружением, значимыми другими. В этом отношении принципиальное значение имеют те общности, которые поддерживают либо старые представления, либо вводимые новые элементы реинтерпретаций. Заметим, что жизнь в условиях малоэффективной экономики, бытие, в большинстве случаев социально ничем не гарантированное, не способствует каким-либо радикальным психологическим трансформациям. Разочарование в возможности самоопределения в рамках существующих процессов питает тенденцию к самоизоляции, способствует формированию собственного аутентичного жизненного проекта. Нарастание болезненного ощущения «человека за бортом», осознание «потери места», жизни на «краю» общества порождает естественное стремление снять эту ситуацию отчуждения через операцию собственного позиционирования в социальной реальности, определения социальной принадлежности, представляющей ту социокультурную нишу, которая обеспечивала бы удовлетворение потребности человека в духовной защищенности. Пожилой человек не волен больше оправдывать свой жизненный проект и признание идентичности своего «Я» простой отсылкой к традициям. Он попадает в ситуацию, где должен строить идентичность в перспективе предвосхищения социальных событий.

В поисках замещения утраченных форм идентичности старый человек обращается прежде всего к таким относительно устойчивым социокультурным образованиям, как национальное самосознание и религия, но также в определенных ситуациях стремится создать новые идентификационные структуры. В частности, к таковым можно отнести символическую

зрительскую идентификацию. Предпочтение пожилыми людьми традиционалистского кино, по преимуществу жанрового, с характерным для него бережным отношением к традиции контакта, общения, к формам и способам коллективного творчества связано с доступностью репрезентируемых жизненных миров, общительностью зрителя с участниками фильмов как средства преодоления тотального одиночества. Визуальная наррация, экранное проживание судеб героев становится значимым в познавательном, художественном, развлекательном отношениях. Более плотная, экранно кристаллизованная видимая среда дает возможность пожилому человеку пережить наличную или искомую идентичность – с собою как индивидуальным воплощением человеческой природы, с определенным типом повседневной стратегии межличностных коммуникаций.

В наше время, когда происходит нарушение традиционного уклада, потребность самоопределения в системе социальных связей актуализируется. Индивид вынужден не только адаптироваться к изменениям экономической жизни, но искать и находить свое место в других сферах жизнедеятельности. В кризисных условиях люди скорее осознают, с кем они себя не идентифицируют (негативная идентичность), но труднее обретают чувство позитивной социальной групповой солидарности, самоопределения в зыбком социальном пространстве, которое необходимо для принятия ответственных решений. Диффузность идентичности осознается как чувство нестабильности, ощущение несогласованности разнообразных внутренних и внешних требований, подрывает доверие к жизни и обществу. Идентичность мы понимаем не как преджизненную заданность, а как состояние поиска, выбора устройства и обитания в приемлемых средах жизни. Идентичность выступает как принятый человеком смысл его позиции в социальном пространстве и как возможность дальнейшего осуществления себя как действенного субъекта. Идентичность одновременно фиксирует и стабильность и подвижность, и общее и ряд возможных вариаций внутри него.

Тема взаимозависимости индивидов в обществе отражена в работах Э. Дюркгейма, Р. Мертона. В них отмечается интересный психологический парадокс, когда «человек чувствует себя более защищенным и свободным в жесткой закрытой системе с малым выбором занятий и ограниченными возможностями социального продвижения, чем в условиях неопределенности, в подвижной открытой системе с универсальными нормами, формально равными для всех. Здесь истоки будущего массового «бегства от свободы» [1, с.18]. Бегство от свободы воплощается в разных формах: авторитаризме, рационализации, деструктивности, конформности, в форме позитивной свободы (Э. Фромм). Именно позитивная свобода, интегрирующая человека в микро- и макросреду, не лишая его при этом автономии, квалифицирует сформированность жизненного плана на основе альтернативных моделей поведения.

Проблема механизмов встроенности индивида в социальный контекст рассматривается Э. Эриксоном, Л. Кольбергом, которые фиксировали внимание на таком показателе субъективного роста, как идентичность, определяемая ими и как субъективное чувство, и как объективно наблюдаемое качество личной самоидентичности и непрерывности (постоянства), соединенное с определенной верой в тождественность и непрерывность некоторой картины мира, разделяемой с другими людьми. П. Бергер и Т. Лукман также обращают внимание на двусторонний характер процесса формирования идентичности. По их мнению, идентификация со стороны других (объективно предписанная идентичность) находится в диалектической связи с самоидентификацией (субъективно установленной идентичностью) [2, с.215].

В период кризиса, сопровождающего трансформационный период в России, происходят существенные изменения в идентификационном пространстве идентичности. Можно утверждать, что происходит рекомбинация идентичности, часть прежних идентичностей размывается, разрушается, идентификационное пространство насыщается новыми содержательными основаниями. Исходя из того, что разрушаются сложившиеся структуры интеракции, старому человеку становится доступен лишь ограниченный круг коллективных принад-

лежностей. Можно предположить, что необходимым становится конструирование геронтологической идентичности как коалиционной социальной идентичности. Это подтверждается социологическими исследованиями. Воспользуемся результатами исследования идентификационных стратегий, проведенного Е.И. Даниловой. Автор отмечает, что в иерархии идентификационных предпочтений в массовом российском сознании зафиксированы стабильная доминанта первичных групп и общностей над вторичными, усиление идентификации с людьми того же поколения, возраста [3, с.124]. Проявляется экстернальность, направленная не в сторону государства как высшего социального гаранта, а к коллективным солидарностям, основанным на групповых, корпоративных интересах, связанных с потребностью достижения индивидуальных целей и играющих компенсаторную роль. Именно они предоставляют возможность совместными усилиями решить проблемы: доходные, статусные, медико-психологические, выступают как адаптационный ресурс в кризисной ситуации. Л.Г. Ионин также подчеркивает возрастание роли аскриптивных характеристик (то есть натуралистических определений личности по полу, возрасту, иным биологическим и природным качествам) в процессе поиска новых идентификаций взамен утерянных [4, с.247]. В качестве объектов геронтологической идентификации выступает ближнее окружение: семья, друзья, близкие; в качестве «своих групп» выступают люди своего возраста, поколения. Заметим, что угроза дестабилизации подрывает желание солидаризироваться в принципе, приводит к «эффекту улитки», что означает уход людей в приватную жизнь, с характерным сужением основного круга социального самоопределения и самореализации.

Геронтологическую идентичность следует рассматривать, как нам представляется, и как форму социальной организации, и как выражение определенного культурного комплекса. В ее основе – коллективное чувство социальной принадлежности, связанное с общностью социокультурного багажа, и высшая форма лояльности, обращенная в прошлое. Это прошедшее оформляется в современное бытование главным образом через культурно-языковые характеристики. Социальные психологи утверждают, что и внутренний психологический мир людей, составляющих «группу интересов», с большой вероятностью также идентичен.

Социальное значение геронтологической идентичности включает в себя, помимо эмоциональных и экспрессивных моментов, рационально-инструментальные ориентиры. Геронтологическая идентичность используется для осуществления взаимных услуг и устремлений, солидарного поведения. Она связана с вопросами удовлетворения социальных потребностей (потребности в благополучии, любви, уважении, самовыражении) и с проблемой обретения зрелой способности переносить страдание и смерть, сопутствующие финальному этапу существования. Социальные организации геронтологической группы служат рупором взглядов, оценок пожилых людей, упорядочивают и выверяют единицы измерения геронтологических проблем, тем самым обеспечивая рост уровня осведомленности других социальных групп, что в свою очередь позволяет снять всякую предубежденность, исправить превратные представления. Они осуществляют переход от интерпретации геронтологических событий к «номинации» – публичному и официальному называнию соответствующих фактов. Номинационные акты П. Бурдьё назвал одним из наиболее важных этапов конструирования социальной реальности: «Способность осуществить в явном виде, опубликовать, сделать публичным, так сказать, объективированным, видимым, должным, т.е. официальным, то, что должно было иметь доступ к объективному или коллективному существованию, но до тех пор оставалось в состоянии индивидуального опыта, затруднения, раздражения, ожидания, беспокорства, представляет собой чудовищную социальную власть – власть образовывать группы, формируя здравый смысл, ясно выраженный консенсус для любой группы» [5, с.21].

Процесс рекрутирования в состав данной социально-демографической группы, определения и сохранения ее границ свидетельствует, что геронтологические группы и их характеристики являются результатом исторических, экономических, политических обстоятельств и ситуативных воздействий. Содержание идентичности является подвижным и изменяю-

щимся понятием не только в историко-временном, но и в диахронном, ситуативном планах, что делает существование геронтологической общности реальностью отношений, а не реальностью набора объективных признаков. Речь идет о ситуационной идентичности, которая, в отличие от трансверсальной, непосредственно связана с актуальной практикой, в процессе которой происходит неосознаваемое отождествление с собственной позицией, с позицией определенной возрастной группы в социальном пространстве [6, с.26-28].

Самым высоким барьером на пути формирования геронтологической идентичности является, вероятно, стереотип самокатегоризации или категоризации другими главным образом на основе фенотипических, визуальных различий, причем, в условиях конструирования негативного образа старости. Физические признаки служат сознательно либо бессознательно квалифицируемыми символами отношения к пожилым людям, принадлежа собственно к сфере социальной детерминированности.

Не последняя роль в этом принадлежит рекламе, которая акцентирует внимание на феноменах, главным образом, молодежной субкультуры и наделяет их знаками престижного, должного, совершенного, вынося старость за скобки объектов социальной жизни, достойных внимания, возбуждая негативное оценочное суждение о старости. Индивид если и считает себя представителем геронтологической группы, то только под воздействием внешних обстоятельств, всячески подчеркивая свое отличие от общих представлений о данной группе и отождествляя специфику этой группы с необходимостью помощи и поддержки. Сейчас можно говорить лишь об отклике на уже имеющиеся предрасположенности по формированию геронтологической идентичности, а не об инициативе.

В российских экономически неблагоприятных условиях, при расколотости социума, его универсальной конфликтности, проявляющейся в постоянном и повсеместном противостоянии власти обществу, государства – народу, институтов – гражданам, системы – человеку, геронтологическая идентичность формируется как объективная необходимость организации ответов на внешние вызовы через солидарность одинаковости, общий контроль за ресурсами и политическими институтами и обеспечения социального комфорта в рамках культурно-гетерогенного сообщества. Общий «зонтик» схемы отстаивания своих интересов повышает коэффициент их социальной значимости, изменяет тональность действий по отношению к представителям третьего возраста, повышает обоснованность геронтологических решений, имеет важные социально-политические проекции. Совместные действия могут быть конвенциональными, символическими, лингвистическими. Они реализуются в становлении таких социальных объектов, как самодеятельные объединения пожилых людей различной направленности, среди которых клубы по интересам, досуговые, спортивно-оздоровительные и миротворческие самодеятельные объединения, группы нетрадиционной религиозности, социальной взаимопомощи. Речь идет и о создании собственных партий и политических движений, защищающих социальные права и интересы пожилых людей, противодействующих их бедности и социальному отторжению, отстаивающих компенсацию негативных последствий проводимых реформ. Эффект возможен только в том случае, когда разные социальные силы и представляющие их интересы политические партии заняты не взаимной борьбой за большой кусок «общественного пирога», а совместным решением сложных проблем, в том числе, обеспечением равенства возможностей для разных возрастных групп и на рынке труда, и в общественной жизни.

Геронтологическая идентичность проявляет себя в позициях, ценностных ориентациях, в мотивациях, в парадигмах поведения, в определенном типе ментальности представителей «третьего возраста». Содержание и своеобразие социально-психологического измерения социальных позиций пожилых людей определяются следующими моментами.

1. Фрустрированность сознания, преобладание пессимистических взглядов на жизненные перспективы.
2. Сравнительно высокий уровень субъективного политического интереса.

3. Низкая оценка возможности рядовых граждан воздействовать на политику и неудовлетворенность жизнью.

4. Политическая неструктурированность.

5. Воздействие на политический выбор пожилых избирателей иррациональных мотивов.

6. Сформированность заниженных стандартов жизни, когда бедность, пребывание в маргинальном слое воспринимается как данность.

7. Профиль дистанцированности от различных этнических, социальных и культурных групп.

8. Высокая приверженность общим и групповым нормам, традициям, предписаниям. С возрастом люди утрачивают радикализм и все в большей степени становятся сторонниками консервативной политики. Консерватизм делает представителей третьего возраста открытыми реформам, но не радикальным переменам. Материальные ценности, потребительство, гедонизм не играют для них существенной роли. Высоко ценятся чувство долга, самопожертвование, признание коллективных интересов.

9. При сохранившемся «футляре» зависимости от социальных услуг наметилось стремление к объединению усилий для отстаивания интересов геронтологической группы, актуализировались способности старшего поколения к социальному функционированию – (участие в различных социальных структурах, организация собственного дела, предпринимательство, включение пожилых людей в новые коммуникационные технологии). Используют компьютер в настоящее время лишь небольшая часть пожилых людей. Есть необходимость создания компьютерных клубов для пожилых людей. Освоение новых электронных технологий – осязаемый резерв и новый ресурс пожилого человека, владеющего им.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Комаров М.С. Аномия / М.С. Комаров // Современная западная социология: словарь. М.: Политиздат, 1990. С. 17-18.

2. Бергер П. Социальное конструирование реальности. Трактат по социологии знания / П. Бергер, Т. Лукман. М.: Медиум, 1995. 323 с.

3. Данилова Е.И. Идентификационные стратегии: Российский выбор / Е.И. Данилова // Социологические исследования. 1995. № 6. С. 120-130.

4. Ионин Л.Г. Социология культуры / Л.Г. Ионин. М.: Издат. корпорация «Логос», 1998. 279 с.

5. Бурдьё П. Социальное пространство и генезис «классов» / П. Бурдьё // Вопросы социологии. Т. 1. М.: Адапт, 1992. С. 17-36.

6. Качанов Ю.Л. Проблемы ситуационной и трансверсальной идентичности как агента социальных отношений / Ю.Л. Качанов // Социальная идентификация личности. М.: Институт социологии РАН, 1993. С. 30-48.

**Елютина Марина Эдуардовна** –

доктор социологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Социология» Саратовского государственного технического университета

**Кац Юлия Владимировна** –

соискатель кафедры «Социология» Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 11.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*



УДК 316.346.32-053.9

**М.Э. Елютина, Т.В. Темаев, В.А. Евдокимов****УСЛОВИЯ ИНСТИТУЦИОНАЛИЗАЦИИ  
СОЦИАЛЬНОГО СТРАХОВАНИЯ В РОССИИ**

*В статье, опираясь на общественные, экономические и правовые критерии, обосновывается институциональная сущность социального страхования в России. Приводится анализ условий институционализации системы социального страхования и социального обеспечения, в соответствии с необходимыми условиями становления и развития социальных институтов.*

**M.E. Elutina, T.V. Temaev, V.A. Evdokimov****THE TERMS OF INSTITUTIONALIZATION  
OF SOCIAL INSURANCE IN RUSSIA**

*The institutional essence of social insurance in Russia, based on public, economical and lawful criteria, are proved in the article. The analysis of terms in the system of social insurance and social welfare is given in accordance with necessary conditions of intensifying and development of social institutions.*

Несогласованность развития институтов социальной сферы в рамках меняющегося общественного устройства отражает неразрывные связи экономической, правовой и социальной жизни общества, на которые указывали авторы доктрины институционализма Т. Веблен, О. Конт, Г. Спенсер, Э. Дюркгейм, Д. Норт. При определении сущностных характеристик институтов они выделяли их свойства и механизмы, призванные обеспечивать: порядок в экономике и государстве [1, с.44], солидарность и согласие в обществе [2]. К важнейшим функциям экономических институтов Д. Норт относит решение проблем кооперации между людьми, а также уменьшение неопределенностей, сопровождающих взаимодействие между ними [3, с.25,43]. Институты, по Т. Веблену – это «привычный образ мышления, который имеет тенденцию продлевать свое существование неопределенно долго» [4, с.202]. Иными словами, к институтам относятся различные правила и стереотипы поведения, часть из которых закреплена в виде правовых норм и общественных учреждений.

В общем, к числу важнейших функций, которые выполняют социальные институты, можно отнести следующие:

- создание возможностей для удовлетворения потребностей членов общества;
- обеспечение социальной интеграции, устойчивости общественной жизни;
- социализацию индивидов.

Таким образом, институционализм рассматривает механизмы и связи субъектов социальных отношений, оценивает их поведение по исполнению формальных и неформальных норм, а также дает оценку эффективности структуры институтов.

К социальным институтам в экономической сфере относят институты собственности и контрактных отношений, заработной платы, социального страхования и социального обеспечения. Их роль заключается в выполнении функций регуляции деятельности субъектов хозяйствования и трудовых отношений, связанных с организацией и управлением процессами жизнедеятельности, материального и социального воспроизводства.

Помимо социальной и экономической сути, институты социального страхования можно отнести и к правовым институтам – в результате включения в правовое поле трудового и социального законодательства они имеют собственную нормативную базу, регламентирующую и определяющую такие критерии как:

- социальные роли и правовой статус субъектов системы социального страхования;
- механизмы страхового обеспечения, с помощью которых реализуются конституционные права граждан на социальное страхование;
- механизмы и органы контроля системы социального страхования, включая судебные органы.

В результате можно констатировать, что использование институционального подхода для исследования системы социального страхования является правомерным потому, что институты социального страхования нельзя модернизировать, не затрагивая целого комплекса фундаментальных социально-экономических, политических и правовых составляющих жизни общества.

Опираясь на идеи О. Конта, подчеркнем, что для возникновения и развития такого структурного элемента общества, как социальный институт, необходимы особые условия, способствующие его появлению [1]. Исходя из этого, мы предпринимаем попытку проанализировать социальное страхование с точки зрения соответствия необходимым условиям институционализации социального института.

1. В обществе должна возникнуть и распространиться некая потребность, которая, будучи осознанной многими членами общества как общесоциальная, или социумная, становится главной предпосылкой становления нового института.

Данная потребность стала ощущаться с 1861 г., когда в результате отмены крепостного права Россия вступила в эпоху капитализма. Возникновение в России капиталистического способа производства привело к появлению ранее неизвестного класса в социальной структуре российского общества – рабочего класса, который в XX в. стал играть существенную роль в жизни всего государства. Но в конце XIX в. он нуждался в заботе и поддержке со стороны государства в силу объективной необходимости в организации государственной системы защиты наемных работников от социального риска утраты заработка. Таким образом, появление социального института социального страхования стало актуальным, а массовая потребность в нем с годами увеличивалась.

2. Должны быть в наличии операциональные средства удовлетворения этой потребности, то есть сложившаяся система необходимых для общества функций, действий, операций, частных целей, реализующих новую потребность.

В докапиталистический период государственное вмешательство в социальную сферу было не велико и носило «местечковый» характер. Так, на основании Указа Петра I от 1712 г. во всех губерниях создавались госпитали для увечных и престарелых, а трудоспособных нищих и бродяг подвергали наказаниям (били кнутами, ссылали на каторгу, принуждали к «казенным работам»). За «профессиональное нищенство» взимался штраф от 5 до 10 рублей [5, с.24]. При Екатерине II сложилась система государственного и общественного призрения, законодательно основанная на следующих принципах:

- суждение и запрещение добровольного нищенства;
- применение репрессивных мер к трудоспособным нищим;
- призрение нетрудоспособных нищих преимущественно в закрытых учреждениях, к которым относились богадельни, странноприимные и сиротские дома, дома для умалишенных и некоторые другие.

В деревнях обязанности по предоставлению пропитания и одежды нетрудоспособным жителям были возложены на помещиков, в городах – на городские управления (магистраты), которые занимались строительством и содержанием госпиталей, богаделен и других заведений общественного призрения. В целом, созданная Екатериной II система государственного

призрения просуществовала до начала XX века, основными социальными формами материального обеспечения престарелых и нетрудоспособных выступали:

- содержание как привилегия, предоставляемая государственным чиновникам и военным при выходе в отставку по возрасту или в связи с увечьем, полученным на войне;
- благотворительность;
- опека и попечительство;
- гражданско-правовое обеспечение в рамках семейных отношений;
- государственное призрение для беднейших слоев населения;
- коллективная взаимопомощь внутри крестьянской общины [6, с.20].

Также, в докапиталистический период и при капитализме в отношении трудоспособных нищих применялись репрессивные меры, которые сочетались с оказанием сословной помощи нетрудоспособным нищим. Многие стороны деятельности по оказанию помощи нуждающимся оставались за пределами законодательного регулирования. Не были четко определены обязанности государственных органов, круг лиц, имеющих право на помощь, размеры помощи и источники ее финансирования.

Что касается пенсионного обеспечения государственных чиновников и военнослужащих, то оно осуществлялось с XVII в. за счет государственной казны на основании Устава о пенсиях и единовременных пособиях от 1827 г., в зависимости от заслуг перед государством или в соответствии с табелем о рангах. В зависимости от служебного положения пенсии бывших государственных чиновников колебались от 300 рублей до 4000 рублей в год. На основании актов правительства пенсиями и пособиями обеспечивались также чины полиции и их семьи [7, с.17].

Таким образом, можно констатировать следующее – система необходимых для общества функций, действий, операций, частных целей, реализующих новую потребность, сложилась, а массовый характер потребности нарастал, требуя ее дальнейшего развития и совершенствования.

3. Для реального функционирования социальный институт должен быть наделен необходимыми ресурсами, которые общество должно стабильно пополнять, среди них – материальные, финансовые, трудовые, организационные.

В докапиталистический период в России функции социального страхования выполняла система общественного призрения, но в результате земской реформы 1864 г. деятельность общественного призрения была передана земским учреждениям, которые организовывались по сословному принципу и на которые были возложены широкие обязанности по выплачиванию:

- единовременных пособий пострадавшим от наводнений и других стихийных бедствий;
- единовременных пособий пострадавшим от неурожаев, пожаров;
- единовременных пособий семьям нижних чинов запаса в случае призыва кормильцев в армию;
- единовременных пособий крестьянам на переселение в другие местности;
- стипендий на обучение детей из бедных семей в средних и высших учебных заведениях.

Кроме того, земства вели активную профилактическую работу по предупреждению бедности. В этих целях они открывали и поддерживали:

- временные помещения для переселенцев;
- бесплатные столовые;
- странноприимные дома;
- бюро и конторы по трудоустройству.

Что касается финансирования, то в 1919 г. было отменено внесение взносов на социальное страхование для всех предприятий и учреждений (исключая частные) и установлен порядок прямого сметного финансирования социального обеспечения [8]. Все, ранее существовавшие, страховые фонды и кассы были объединены в единый Всероссийский фонд социального обеспечения. Но восстановление народного хозяйства после гражданской войны

требовало проведения новой экономической политики. В связи с переходом государственных предприятий на хозяйственный расчет, снова появляются элементы государственного социального страхования рабочих и служащих за счет взносов предприятий, что и было закреплено постановлением СНК РСФСР от 15 ноября 1921 г. [9]. Лишь позже, в 1933 г. социальное страхование было передано в управление профсоюзам и основные расходы по финансированию «повисли» на государственном бюджете, который фактически объединился с бюджетом социального страхования. В результате, система социального страхования утратила страховой характер и приобрела дотационный (госбюджетный).

Таким образом, прослеживается процесс наделения системы социального страхования материальными, финансовыми, трудовыми и организационными ресурсами, что подтверждает соответствие требуемым условиям становления и развития социальных институтов.

4. Для обеспечения самовоспроизводства института необходима и особая культурная среда, то есть должна сформироваться присущая только ему субкультура, включающая особую систему знаков, действий, правил поведения.

О формировании определенных правил, норм и знаковых отличий системы социального страхования свидетельствует целый ряд работ 20-30-х гг. XX в., являющихся практическими по своей направленности. К таковым отнесем «Инструкцию о порядке получения взносов на социальное страхование», вышедшую в 1920 г., которая была призвана упорядочить процесс получения помощи из фондов социального страхования [10]. В «Справочнике застрахованного», составленном И.Баевским, содержалась информация о вопросах организации бесплатной медицинской помощи, о законодательстве по социальному страхованию, что должно было помочь добиться осуществления своих прав в вопросах лечения и материального обеспечения [11]. Прикладная работа И.Баевского «Практика социального страхования в СССР» рассматривает проблемы временной нетрудоспособности, пособия по болезни и увечью, вопросы обеспечения безработных и инвалидов [12].

На формирование массовой культуры, норм и правил поведения в рамках данного института оказали влияние также работы коллектива авторов В. Караваева и И. Фрица – специалистов в вопросах социального страхования начального этапа советской системы. В своей работе они предприняли попытку осветить все практические стороны социального страхования Советской России [13]. В. Караваевым и И. Трефиловым в работе «Назначение и выдача пособий по социальному страхованию. Порядок назначения и выдачи пособий по временной нетрудоспособности, на рождение ребенка и на погребение» предпринята попытка помочь выплатам пунктам фабзавместкомов в их практической работе по назначению и выдаче пособий по временной нетрудоспособности, а также по борьбе за снижение заболеваемости [14]. Работа М. Лирцмана и О. Моргулева «Взносы на социальное страхование» является практическим пособием по взносам на социальное страхование, в котором отражено все действующее на 10 июня 1936 г. законодательство о взносах на социальное страхование [15].

Данные работы свидетельствуют о наличии определенной субкультуры в рамках социального страхования и о необходимости ее формирования в сознании граждан для выработки определенных норм и правил совместного взаимодействия.

Таким образом, обязательное социальное страхование представляет собой часть государственной системы социальной защиты населения, специфика которой заключается в осуществлении страхования работающих граждан от возможного изменения материального и (или) социального положения, в том числе по независящим от них обстоятельствам. Комплексность данной системы позволяет утверждать ее институциональную сущность, что подтверждается специфическими условиями ее исторического развития.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Конт О. Курс положительной философии / О. Конт. СПб.: Экон. типография, 1899. 141 с.
2. Дюркгейм Э. О разделении общественного труда / Э. Дюркгейм. М.: Наука, 1991. 575 с.
3. Норт Д. Институты, институциональные изменения и функционирование экономики / Д. Норт. М.: Начала, 1997. 180 с.
4. Веблен Т. Теория праздного класса / Т. Веблен. М.: Прогресс, 1984. 367 с.
5. Максимов Е. Д. Общественная помощь нуждающимся в историческом развитии ее в России / Е.Д. Максимов // Антология социальной работы: в 5 т. Т. 1. История социальной помощи в России / Сост. М.В. Фирсов. М.: Сварогъ-НВФ СПТ, 1994. 135 с.
6. Мачульская Е.Е. Право социального обеспечения: учеб. пособие / Е.Е. Мачульская, Ж.А. Горбачева. М.: Книжный мир, 2001. 293 с.
7. Пенсионное законодательство в России в XIX веке // Пенсионный курьер, 13 мая 2004. № 50 (1181). С. 17.
8. Собрание Установлений РСФСР. 1919. № 18. Ст. 208.
9. Собрание Установлений РСФСР. 1921. № 76. Ст. 627.
10. Инструкция о порядке получения взносов на социальное страхование. М.: Издание Народного Комиссариата Финансов, 1920. 26 с.
11. Социальное страхование рабочих, служащих инвалидов, безработных и членов их семей: справочник застрахованного / сост.: И.Л. Баевским. М.: Вопросы труда, 1923. 165 с.
12. Баевский И. Практика социального страхования в СССР / И. Баевский. М.: Вопросы труда, 1925. 108 с.
13. Караваев В. Справочник московского страхователя / В. Караваев, И. Фриц. М.: Вопросы труда, 1925. 80 с.
14. Караваев В. Назначение и выдача пособий по социальному страхованию. Порядок назначения и выдачи пособий по временной нетрудоспособности, на рождение ребенка и на погребение / В. Караваев, И. Трефилов. М.: Профиздат, 1934. 110 с.
15. Лирцман М. Взносы на социальное страхование: практ. пособие. 2-е, дополн. изд. / М. Лирцман, О. Моргулев. М.: Профиздат, 1936. 134 с.

**Елютина Марина Эдуардовна –**

доктор социологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Социология»  
Саратовского государственного технического университета

**Темаев Тимур Вадудович –**

кандидат социологических наук, доцент кафедры «Социология»  
Саратовского государственного технического университета

**Евдокимов Виктор Алексеевич –**

аспирант кафедры «Социология»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 20.09.06, принята к опубликованию 21.11.06*

Д.А. Сергеев

**СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС  
В ДИНАМИКЕ ПЕРЕХОДНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ**

*Рассмотрены социальные аспекты безопасности атомных электростанций в переходном периоде современного российского общества.*

D.A. Sergejev

**SOCIAL SAFETY ASPECTS OF NUCLEAR POWER PLANTS  
IN DYNAMICS OF THE TRANSITIVE SOCIAL RELATIONS**

*The social aspects of safety of nuclear power plants in the transitive period of a modern Russian community are considered in the clause.*

Проблема безопасности атомных электростанций всегда была актуальной. Особую значимость и актуальность приобретают социальные аспекты безопасности атомных электростанций в периоды социальных изменений, или переходных социальных отношений. В ходе перестройки восьмидесятых годов только что ушедшего двадцатого столетия КПСС утратила политическую монополию, а затем полностью потеряла государственную власть в стране. Политическая неопределенность в высшем уровне руководства страной сопровождалась ростом напряженности в обществе, жестокими социальными потрясениями, природными, техногенными и гуманитарными катастрофами. Одна из первых и наиболее масштабных трагедий того периода произошла на Чернобыльской АЭС. Затем гибель «Адмирала Нахимова», взрыв на магистральном газопроводе с жертвами, землетрясение в Спитаке – это далеко не полный перечень трагических событий того времени. Кризис стремительно распространялся по территории всей страны, пронизывал все слои населения, захватывал все структуры общественного устройства, вызывая серьезные гуманитарные последствия. На макро-социальном уровне это происходило на фоне снятия напряжения идеологического противостояния двух сверхдержав, что также вело к новой динамике социальных, политических, экономических и других отношений, как во всем мире, так и внутри самой России.

Для успешного решения любой, в том числе и социальной, задачи необходимо учитывать условия, в которых ее нужно решать. Во многом такие условия, особенно в периоды масштабных социальных изменений, определяет их динамика. Динамику социальных отношений в целом можно охарактеризовать свойствами, которыми она начинает обладать на тех или иных этапах исторического развития. Кроме того, изменения в динамике социальных отношений в свою очередь зависят от изменений в самом характере данной динамики. Изменения в динамике социальных отношений порождаются количественными и качественными процессами изменений, которые происходят внутри и вне социальных слоев с относительными пропозициональными сдвигами их относительно друг друга, возникновением новых и дополнительных напряжений между социальными слоями. Динамика социальных изменений тесно связана с изменением характера зависимостей, существующих внутри межстратификационных и межгрупповых связей, и вытекающего из них характера возникающих новых свобод соответствующих акторов.

Двадцатый век характеризовался появлением и интенсивным развитием атомной энергетики. На определенном этапе в освоении атома наша страна заняла в мире вместе со своими бывшими союзниками по антигитлеровской коалиции лидирующие позиции. Наряду

с этим двадцатый век для России был особенно насыщен большими социальными изменениями. Переходные процессы в характере общественных отношений сопровождались и отрицательными воздействиями на человека. Значительные проблемы для народа России нес, в том числе, и Октябрьский переворот. Р. Арон, например, так охарактеризовал динамику развития таких проблем: «Из двух задач большевистского движения – развития производительных сил и построения социализма – первая, бесспорно, главенствовала начиная с 1928 г... Советами пожертвовали в пользу электрификации, затем крестьянами – в пользу индустриализации и, наконец, массовым потреблением – в пользу тяжелой промышленности... Однако прометеевский идеал не приводил к отказу от идеала гуманистического, но отдалял идеал либеральный» [1, с.69].

В рамках «промеевского» идеала в дальнейшем стало возможным возникновение и развитие в нашей стране атомной промышленности и энергетики, хотя уже на начальной стадии развития атомной энергетики внутри этого «промеевского» идеала у ее сторонников были влиятельные оппоненты. Например, в конце пятидесятых годов прошлого столетия, как отмечает Г.У. Медведев, известный специалист-атомщик, сторонники традиционной энергетики подготовили и почти провели в жизнь решение ЦК КПСС и СМ СССР о приостановке строительства Нововоронежской АЭС и сооружении вместо нее обычной ТЭС. Главным аргументом была неэкономичность АЭС в те времена. Только И.В. Курчатов сумел добиться созыва нового совещания руководящих работников и в острой дискуссии добился подтверждения прежних решений о строительстве АЭС [2, с.21]. На вопрос одного из секретарей ЦК ЦПСС: «А что мы будем иметь?» Курчатов ответил: «Ничего! Лет тридцать это будет дорогостоящий эксперимент» [3, с.25]. Здесь отчетливо высвечивается социальная проблема. Возникновение которой можно отнести к результату предпочтения одного идеала другому. Такие факты можно классифицировать как относительные социальные сдвиги слоев общественной жизни в стратификации общественных идеалов и символов. В данном случае преимущественное развитие получила та отрасль, или страта общественной жизни, которая была наиболее связана с тем идеалом, которому было отдано предпочтение. Можно ожидать, что другая страта, или сфера общественной жизни, в результате этого не получит достаточного развития. Как следствие – социальное напряжение и социальные проблемы, возникновение, количество и качество которых будет связано с мерой относительного смещения слоев социальной стратификации. Среди других проблем возникает, например, такая как отрегулировать отношения между группами людей, занятых в прибыльной отрасли, и группами людей, занятых в пока еще развивающихся и не прибыльных отраслях экономики. Данная проблема трансформируется в экономическую и финансовую сферу, связанную с очевидным вопросом: откуда должны браться средства, чтобы люди могли получать справедливое вознаграждение за затраченный труд. При возникновении новой проблемы и при ее успешном решении в результате должна получиться новая динамика социальных отношений, которая сможет перевести систему в новое, определенным образом отличное от прежнего и, желательно, устойчивое, защищенное от всех видов опасностей состояние. Начальными условиями для динамики вышеуказанных социальных отношений являлись законы существовавшей тогда политической системы. По этим же законам происходили и стратификация слоев социальных отношений, их соединение, стабилизация и притирание.

В результате целенаправленной деятельности человека социализации и, как следствие, стратификации подвергается вся среда, в которой живет человек. Под воздействием оказывается и природа, в которую человек активно вмешивается, и культура, которую он сам создает. При этом природа и культура оказываются и источниками его бытия, и его составляющими. Природа как составляющая бытия человека является естественной средой его обитания. Здесь возникает проблема отношения человека и общества к природе. На международном уровне эта проблема отчетливо стала находить свое выражение уже в конце шестидесятых и в начале семидесятых годов прошлого столетия. М.К. Толба, бывший замести-

тель Генерального секретаря ООН и занимавший в то время пост председателя программы ООН по окружающей среде, отмечал: «Среда обитания – не только внешний фактор для человека. Человек всегда был и остается неотъемлемой ее частью, оказывая на нее как благотворное, так и разрушительное воздействие. При этом определяющее значение всегда имели те или иные взаимоотношения между людьми, которые возникали в ходе исторического развития. Не только совместная деятельность людей, но и их взаимные антагонизмы и соперничество оказывали глубокое воздействие на качество природной среды и ее способность удовлетворять потребности человека» [4, с.57]. Таким образом, на первое место, с точки зрения обеспечения безопасности жизни человека, выдвигаются социальные аспекты экологии как сферы социальной культуры и составной части механизма ее организации.

Наиважнейшим социальным аспектом собственной безопасности человека является его культура как искусственная среда его обитания. Здесь в процессе ее созидания возникают как проблема социальной организации человека, так и проблема его духовной жизни. Чтобы жить, человек должен творить среду обитания. Для этого нужна энергия, которую человек и должен производить. Атомная энергетика – важное звено, как экономики, так и социальной жизни в России. Для обеспечения технической стороны работы атомных станций, кроме всего прочего, необходимо иметь хорошо развитую атомную индустрию. К ней относятся все производственные этапы и звенья ядерного топливного цикла. Ядерный топливный цикл (ЯТЦ) включает в себя добычу урановой руды, извлечение из нее урана; многооперационные процессы переработки уранового сырья в готовое ядерное топливо; эффективное использование его при глубоком выгорании в ядерных реакторах; транспортирование и химическую регенерацию отработанного топлива; очистку его от радиоактивных отходов и примесей; их безопасное вечное захоронение, а также возможный возврат регенерированного урана и накопленного в отработавшем топливе плутония в топливосодержащую систему ядерной энергетики. Как отмечает Б. А. Куркин, этот цикл крайне сложен, дорог, исключительно энергоемок и неэкономичен [5, с.373].

Двадцатый век часто называли «веком атома». В конце двадцатого столетия, особенно после чернойбыльской трагедии, возникли общественные организации и движения, которые стали бороться с этим «атомом». В ходе так называемой перестройки и в постперестроечное время «прометеевский» идеал в нашей стране был значительно подорван. Возникли новые переходные процессы в социальной среде, одним из результатов которых стала деиндустриализация многих сфер нашей экономики. Производственный сектор в экономике стал стремительно сокращаться. В стратах общества произошли очередные относительные перемещения и смещения со знаком «минус». В соответствии с этим произошли деформации устоявшихся социальных связей, которые раньше участвовали в обеспечении жизнедеятельности человека. Многие из них оборвались, что отразилось на общей демографической ситуации в стране. Ухудшение демографической ситуации в России – это очередные социальные проблемы и очередное усиление социальной напряженности. Возникновение одних социальных проблем ведет к порождению других. На определенном этапе может возникнуть хаос.

Известная динамика происходила и в общественном сознании. Для определенных социальных групп ее можно различить, например, по изменению некоторых стереотипов в мышлении. Если в доперестроечное время люди часто говорили, что все можно стерпеть ради сохранения мира, лишь бы не было войны, то в конце «перестройки» можно было услышать, например, что все можно стерпеть, лишь бы не было революции, второй революции и очередных революционеров Россия не выдержит. Данное опасение не было лишено некоторых оснований. Дело в том, что общества современные и индустриальные – это еще и общества с повышенным риском. Большие мощности, высокие скорости, усложненное техническое оборудование, крупные города, скопления людей и концентрации производства требуют и определенной дисциплины и высокого уровня внутренней организации человека.



Общий социальный кризис, кризис в экономике, производстве, в транспорте не могли полностью обойти и атомную индустрию, не породив и в ней, кроме общих, и своих специфических, целый комплекс социальных проблем. Среди прочего развитие атомной энергетики требует от страны в первую очередь и высокого уровня развития технологии во всех ведущих отраслях промышленности, в том числе и в транспорте. Остро стала осознаваться и кадровая проблема. Кадровая проблема связана с системой образования, воспитания, социологией культуры и духовной жизнью человека. Человек, в идеальном случае, должен быть готов к определенным неблагоприятным изменениям в среде своего обитания и быть максимально защищенным от них.

Кратко подводя итог, необходимо отметить, что социальные изменения происходят в обществе в тех или иных видах постоянно. В определенных случаях, в зависимости от характера их динамики, они могут отрицательно влиять на человека, а в некоторых случаях полностью разрушать его социальную защищенность, то есть сами по себе могут становиться источниками социальной опасности. Мера этой опасности может иметь определенную зависимость от пропозициональных сдвигов социальных страт относительно друг друга. Зависимость эта пропорциональна степени отрицательной деформации межстратификационных социальных связей, обеспечивающих жизнедеятельность человека. Виды социальной опасности, возможность их возникновения или невозникновения могут зависеть как от характера новых социальных отношений, так и от характера динамики переходных социальных отношений. Под переходным социальным отношением мы имеем в виду такое социальное отношение, которое меняет хотя бы одно из своих значений  $Z = \Psi$  на значение  $Z \neq \Psi$ . Тогда квантор существования социальной опасности  $\Theta$  для того или иного переходного социального отношения  $\Xi$  можно представить через функцию импликации следующим выражением:

$$\exists \Xi \rightarrow \Theta .$$

Атомная энергетика – важное звено, как экономики, так и социальной жизни в России. При этом для смягчения отрицательного влияния на человека тех или иных социальных изменений либо при попытке исключить совсем какие-либо опасности, необходимо учитывать то, что социальные напряжения могут здесь возникать, как в результате внутренних стратификационных сдвигов, так и в результате деформации межстратификационных пропозициональных социальных связей на всех социальных уровнях, от межличностного до макросоциального.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арон Р. Эссе о свободах / Р. Арон. М.: Праксис, 2005. 208 с.
2. Медведев Г.У. Чернобыльская хроника / Г.У. Медведев. М.: Современник, 1989. 240 с.
3. Сивинцев Ю.И. В. Курчатова и ядерная энергетика / Ю.И. Сивинцев. М.: Атомиздат, 1980. 120 с.
4. Толба М.К. Программа ООН по окружающей среде: основные направления и особенности / М.К. Толба // Социальные аспекты экологических проблем / под общ. ред. П.Н. Федосеева и Г.Т. Тимофеева. М.: Наука, 1981. С. 56-69.
5. Куркин Б.А. Смерть на временном хранении / Б.А. Куркин // Экономическая альтернатива / под ред. М.Я. Лемешева. М.: Прогресс, 1990. С. 373-389.

**Сергеев Дмитрий Андреевич** –  
аспирант кафедры «Менеджмент туристического бизнеса»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 18.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*

**А.А. Смолькин**

## **СОЦИАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОТНОШЕНИЯ К СТАРОСТИ**

*Старость является социально предписываемым проектом, под которым понимается набор конвенциональных установлений, определяющий допустимые действия других по отношению к данной возрастной группе и регламентирующий поведение членов последней. В качестве механизмов конструирования отношения к старости выделяются влияние академического дискурса, нравственно-нормативный регулятор, содержание и динамика межпоколенческих отношений, пуэрилистическое сознание.*

**A.A. Smolkin**

## **SOCIAL PLANNING OF THE ATTITUDE TOWARD THE OLD AGE**

*Old age is a socially prescribed project by which we understand the set of conventional establishments determining the actions of others with respect to this age group and regulating the behavior of the members of this group. Speaking about the mechanisms of forming attitude toward the old age, we can point out the influence of the academic discourse, regulator of the ethic norm, content and the dynamics of the relations between generations and purilistic consciousness.*

Старость является социальным феноменом – только социальные отношения с устойчивыми элементами взаимопомощи делают старость возможной, так как вне таковых пожилой человек, будучи в известной степени несамостоятельным, не может существовать [См.: 20, с.253-256]. О том, что проблемы адаптации пожилых людей носят социальный характер, а не обусловлены исключительно возрастными особенностями, свидетельствует сравнение характера повседневных проблем пенсионеров и бывших военнослужащих – среди последних наибольший социальный дискомфорт испытывают уволенные в 30-40-летнем возрасте. Основными причинами такой ситуации являются невнимание и равнодушие со стороны должностных лиц, ощущение ненужности, уязвимости, беспокойства в настоящем и неуверенности в будущем, иногда почти отчаяние [Подробнее см.: 19] – комплекс проблем, характерный и для пожилых людей. Старость выступает как социально предписываемый проект, под которым мы понимаем набор установлений (правил, законов, принципов, норм, ценностей), как определяющий допустимые действия других по отношению к данной возрастной группе, так и регламентирующий поведение членов последней. Определяющие установки социального проекта старости находят свое воплощение в стереотипах.

Возникновение стереотипов справедливо считать закономерным результатом усложнения структуры повседневного знания в развитых обществах (особенно в урбанистических культурах, для которых характерно совместное проживание на относительно небольшой территории значительного числа незнакомых друг с другом людей), позволяющего в наиболее «экономичной» форме создавать представления об окружающих группах «других». Это подтверждают и эмпирические исследования – наиболее характерно выделение из окружающих

групп «своих» и «чужих» для жителей столиц и мегаполисов, где люди реже чувствуют себя «такими же, как все»; и наоборот, наибольшие трудности с определением «другого» испытывают жители сел и малых городов [11, с.15-17].

Человек нуждается в стереотипах как в упрощенных моделях действительности, которые психологически облегчают взаимодействие с окружающим миром, являясь одновременно и защитным механизмом, поднимающим собственную самооценку. Нейтральное в эмоциональном плане стереотипизирование обычно оказывается безвредным; такая ситуация складывается, когда объект стереотипизирования не затрагивает интересы конструирующего этот стереотип. Являясь разновидностью предубеждения, такие стереотипы имеют ярко выраженный негативный оттенок, обычно необоснованны и сформированы не через непосредственный опыт.

Сам процесс создания стереотипов может происходить и в том случае, если участники этого не осознают. Стереотипное мышление вообще характерно для человека – элементарный анализ практически любого события приводит к определенным обобщениям, с помощью которых классифицируется приобретенный опыт. Особо следует отметить устойчивость стереотипов, так как ставшая привычной модель восприятия обладает свойством самообъяснения [4, с.21].

Негативные стереотипы о социально бессильных группах могут приводить к их стигматизации, вытеснению на периферию общественной жизни. Результатом стигматизации обычно становится частичное или полное отторжение индивида от общества, что может привести к феномену социальной смерти [Подробнее см.: 15]. Этому способствует так называемый «эффект Пигмалиона» – пророчества, сделанные авторитетом, либо разделяемые большинством, имеют свойство сбываться, так как изначально гипотетические обстоятельства воспринимаются всеми как реальные, становясь реальными по своим последствиям. Если наложенная стигма принимается самим индивидом, то она может стать фактором самореализующегося пророчества.

Как отмечают О.В. Краснова и А.Г. Лидерс, первые исследования стереотипов о пожилых людях начались только в 1950-е годы, при этом не все исследователи признавали существование негативных стереотипов; многими отмечалась их сложная структура, наличие элементов позитивного восприятия. Наиболее типичными негативными стереотипами являются представления о пожилых людях как одиноких, имеющих слабое здоровье, финансовые проблемы, являющихся обузой для других, склонных к депрессиям и слабоумию [Подробнее см.: 13, с.84-87].

Отношение к старости чувствительно к социокультурному контексту, его необходимо рассматривать как нечто изменяемое и подвижное; если в прежние эпохи старость понималась как нетрудоспособность, то сегодня существует законодательно введенный формализованный возрастной порог, после которого человек выходит на пенсию, как правило, независимо от реального уровня работоспособности [18, с.62]. Законодательное определение возрастной границы нетрудоспособности может служить стигматизирующим фактором для повседневных практик отношения к старости. Подобные механизмы описаны в западной социологии в рамках «теории рационального ожидания», исходя из которой, сама пенсионная система является фактором, который устанавливает границы старости и отношение к ней [1, с.286-287].

Медицинский дискурс, сосредоточенный на описании характерных для старости отклонений и болезней и не учитывающий позитивных сторон позднего возраста, привел к закреплению в общественном сознании ассоциативных рядов, построенных по принципу «старость – слабость, болезнь, беспомощность» [См., например: 7, с.191; 23, с.96]. Негативное влияние академического дискурса на повседневное отношение к пожилым людям во многом обусловлено медикалистскими интерпретациями старости как процесса угасания, доживания, так как геронтология возникла и долгое время развивалась в рамках медицины. Негативные взгляды на ста-

рость основываются в основном на физиологической составляющей процессов старения, «положительные» же подчеркивают равноценность старости в сравнении с остальными возрастными этапами, отрицая финалистские взгляды на процесс развития, апеллируя к таким достоинствам старости, как практическая мудрость, богатство житейского опыта, усложнение духовной жизни [3, s.145]. С увеличением продолжительности жизни, значительным расширением горизонтов геронтологических, социологических, психологических знаний пришло понимание старости не просто как физического умирания, а качественно нового самобытного периода жизни значительной длительности, со все более глубоким развертыванием и формированием жизненных смыслов [8, с.26, 61]. Сегодня считается, что старость обладает самодостаточным смыслом, что это возраст, ориентированный на путь, а не на цель, подчеркивается исключительная индивидуальность процессов старения [2, s.111].

Тем не менее, в повседневном восприятии влияние медикалистских взглядов на старость в настоящий момент следует считать доминирующим. Имеет место стремление к нормативному, объективистскому определению содержания старости. Основой в данном случае являются представления о некоторых нормах, пределах или идеалах развития личности.

Стереотип старости, сформировавшийся в обществе, в первую очередь обусловлен реальным положением пожилых людей в нем. Социальный статус человека зависит от целого ряда факторов, как практического (например, экономическое положение, социальная значимость и уникальность выполняемых объектом функций, при этом такая роль во многих случаях должна быть легитимированной), так и морально-этического характера (например, образ жизни, предыдущие заслуги, положение в социальной иерархии в целом). Следует отметить и аскриптивные параметры – обусловленность индивидуального статуса человека социальными характеристиками, присущими ему от рождения. Степень устойчивости стереотипов старости зависит от уровня реифицированности социовозрастных ролей в общественном сознании, готовности увидеть в другом полноправного члена общества, возможности сокращения межпоколенческой дистанции, наконец, способности самих пожилых людей опровергать дискриминирующие установки, не смиряясь с предписываемыми им социально-пассивными ролями.

Поскольку сложная структура социальной реальности не является объективной в строгом смысле этого слова и усваивается только в процессе социализации, человек воспринимает социальные роли как должное только потому, что социальная действительность создана для определенных целей и, как следствие, кажется самоочевидной. В повседневной жизни человека занимают лишь некоторые объекты, находящиеся в соотношении с другими, ранее воспринятыми, образующими поле не подвергающегося сомнению опыта [24, с.130]. Если объект не обладает антропоориентированной функцией или утрачивает ее, человек сталкивается с проблемой идентификации предмета в терминах его внутренней природы, независимо от собственных интересов и целей, что, например, приводит к распространению финалистских взглядов на старость, отказу ей в ценностном содержании.

Типизация обществом субъекта в качестве исполнителя функции конструирует стереотип допустимых вариантов его поведения как санкционирующего, так и ограничивающего характера [6, с.124]. Одним из маркеров такой типизации является социальный возраст, связанный с ожиданиями и требованиями общества по отношению к социальной роли и статусу индивида в данном возрастном периоде. Очень часто он привязывается к календарному возрасту, так как законодательные и общественные инициативы ориентированы на среднеожидаемый вариант [17, с.62-63]. Здесь следует отметить, что в современных обществах пожилым людям можно навязать статус с большей легкостью, чем другим возрастным группам.

Некоторые социальные статусы не имеют функции, например, почетное наименование, что подразумевает самооценку статуса, обычно без значимых возможностей. На наш взгляд, такие статусы наиболее типичны для пожилых людей; в качестве причин их возникновения можно назвать как «кумулятивный» (объективация заработанного в течение трудо-

вой и общественной жизни символического капитала, уважения за предыдущие заслуги), так и «традиционный» (существующее во многих культурах отношение к старости как к экстраординарному явлению, с приписыванием ему каких-либо уникальных функций, например, умение общаться с духами предков, или даже предположение о наличии у пожилых людей значимых способностей, без конкретизации – «много знает» и т.п.) факторы. Как отмечал Г. Спенсер, большая часть почетных или вежливых обращений в европейской культуре (*Signor, Sire, Seigneur* и т.п.) первоначально означали «старший, старейший», то же значение имеет восточное слово «шейх», так как идеи старости и могущества в предыдущие эпохи мыслились как взаимосвязанные [22, с.948-949].

Чем удаленнее объект, тем более обобщенным и типизированным оказывается представление о нем, и именно принадлежность к разным поколениям является основной причиной возникновения стереотипов старости в современном обществе. В ходе проведенного московскими социологами опроса 60% респондентов выделили те или иные группы чужих, чаще определяя их как «не своих», причем в этой группе преобладают молодые люди (18-35 лет – 27%), и жители больших городов – 31% [10, с.84, 92; 11, с.17], то есть группы, наиболее удаленные от «других». По утверждению А. Шюца, увеличение анонимности ведет за собой уменьшение полноты содержания [24, с.133-134].

По всей видимости, проблема негативного восприятия старости представителями других поколений состоит не столько в негативных проявлениях физической старости, сколько в противопоставлении «мы – они» по признаку несходства в образе мыслей, ценностях, идеалах. Развитие цивилизации в XX веке увеличивает межпоколенческие разрывы такого рода, делая их все менее преодолимыми. Если в прежние эпохи центральной составляющей межпоколенческого взаимодействия выступали межпоколенческая преемственность в культурных и морально-этических нормах, образцах поведения, жизненных проектах, восприятие и отношение к «сегодняшней» старости как модели собственного преклонного возраста, то сегодня типы межпоколенческого взаимодействия носят иной, более конфликтный характер.

Следует выделить и лингвистическую составляющую, фиксирующую обращение к языковым структурам, с помощью которых возможно социологическое описание отношения к старости, конструирование ее значений. Существенным компонентом стереотипов является именно лингвистическая составляющая, точнее, ключевое для социального конструирования свойство языка – символическое обозначение объектов и действий; долингвистические способы мышления подобные формы знания создавать не в состоянии. Социальная реальность явлений, которые ни разу не проговаривались, оказывается очень зыбкой [6, с.60-79], из чего следует, что устойчивость и содержание стереотипов в определенной степени зависят от их лингвистической воплощенности; так, в русском языке для описания пожилых людей характерны уменьшительные («старичок») или пренебрежительные формы («старушонка», «старикашка»), позитивных вариантов описания старости практически не встречается. Термины «бабушка», «дедушка» и т.п. обозначают в первую очередь родственные связи; возрастная компонента здесь вторична. Вместе с этим старость устойчиво ассоциируется с мудростью, знаниями: например, в немецком языке слова «*weise*» (мудрый) и «*weiss*» (седой) явно родственны. В разговорной речи русское слово «старик» по отношению к представителю молодого поколения обычно содержит скрытую апелляцию к некоторому жизненному опыту, которым якобы обладает адресат («старик, ну ты же все понимаешь...» и т.п.).

Некоторые лингвистические данные указывают на элементы возрастной иерархии в стратификации традиционных обществ – например, в эламо-аккадском наречии термин «*mvri*» («дети детей») мог употребляться в значении «рабы» [25, с.263, 375, 391]. В языках многих традиционных обществ – от древнеегипетского [12, с.83] до наречий племен Индонезии [14, с.286-287] – слова «старший» и «главный» явно родственны; термином «отец» могли обратиться к начальнику или учителю. В древней Месопотамии само аккадское слово «старость» имеет множество коннотативных значений – от уважительных, свидетельствующих о

высоком ранге как в прямом («староста, градоначальник, старшина», «доверенное лицо, представитель, уполномоченный», «свидетель»), так и в переносном смысле («подлинник, оригинал», «первый, первородный, начальный, лучший, первосортный»), до негативных, описывающих непривлекательные стороны старости – «ветшать, разваливаться», и даже «превратиться в нищего» [16, с.34, 36, 82, 108, 172, 179, 195]. Таким образом, здесь имеет место поляризация отношения к старости, либо превозносящая возможности пожилого человека, либо вытесняющая его на периферию социальной жизни, что связано, по всей видимости, с экстраординарностью старости – в общественном сознании она непременно наделяется какими-либо особенными (положительными или отрицательными) качествами. К близким выводам мы пришли и в результате анализа фольклорных материалов [21, с.230-234]. Здесь следует особенно подчеркнуть значимость художественных образов и репрезентируемых в фольклорных текстах моделей поведения для формирования отношения к старости.

В современном обществе специфика социального проекта старости обусловлена пуррилистическим («юношеским») типом сознания, утилитаристскими подходами к телесности. Одной из ключевых черт современной культуры стала визуальная суггестивность, обусловленная возрастанием динамизма повседневной жизни, когда поступающая информация должна быть усвоена максимально быстро, а также уменьшающимся количеством индивидуально-личностного общения/восприятия, замещающимся дистанцированно-фрагментарным – от случайных наблюдений на улице до телевизионного видеоряда. Важную роль в конструировании стереотипов старости играет реклама, акцентируя внимание главным образом на феноменах молодежной субкультуры, наделяя их статусом престижности, совершенства. Представители геронтологической группы ассоциируются главным образом с необходимостью помощи и поддержки – старики рекламируют лекарства или средства домашнего хозяйства, в результате чего складывается образ пожилого человека как бесплатного работника по дому, регулярно испытывающего проблемы со здоровьем [9, с.65; 5, с.179-180]. Успешность же все чаще связывается с молодостью – от образов поп-исполнителей и киноактеров до имиджа политических лидеров и бизнесменов.

В подобной системе ценностей самоопределение на основе визуальных характеристик создает кризисную ситуацию, когда пожилые люди вынуждены лишь пассивно иллюстрировать приписываемые им черты. Возникает образ «исчерпанного человека, не могущего стать другим», все способности и достижения которого непременно дополняются общей оценочной характеристикой: «бесперспективный» [Подробнее см.: 8, с.73-80]. В результате старость представляется мумифицированной в социальном смысле, широкое распространение находят эйджистские практики. Старики воспринимаются как угасающие, а не меняющие образ жизни.

Формирование новой трудовой этики с упором на рациональность обусловило ситуацию, когда социальные интересы личности сузились до круга собственных проблем, что приводит к утрате моральной составляющей в содержании социальных связей; как следствие, наблюдается нарушение меры внимания к старости. Имеет место инструментализация старости, когда ценятся не внутренние свойства этого периода жизни, а то, что с его помощью можно приобрести – статус, связи, наследство [9, с.67].

Характерен поверхностный тип рефлексии общества на проблемы позднего возраста: в лучшем случае замечаются лишь экономические проблемы старости, в то время как комплекс проблем самоидентичности, организации досуга, межпоколенческих взаимоотношений остается вне сферы внимания как общества, так и государства. Парадокс сегодняшнего стереотипа пожилого человека заключается в том, что его считают достаточно старым, чтобы прекратить активную трудовую и социальную деятельность, но в то же время достаточно молодым, чтобы все свои проблемы решать самостоятельно, без помощи общества [17, с.63]. Следует отметить и такую черту культуры постмодерна, как стремление к отмене социального контроля со стороны традиций, носителями которых, как правило, являются именно пожилые люди.

Социальный проект старости, воплощающийся в стереотипах, следует понимать как неизбежную для сложных обществ, особую «экономичную» систему повседневных знаний и ожиданий о некоторых объектах внутри социальной системы, с которыми носитель такого знания, как правило, не имеет тесных регулярных контактов. В качестве механизмов конструирования социального проекта старости могут быть выделены следующие регуляторы:

1. Влияние академического дискурса, в рамках медицинских подходов описывающего изменения в позднем возрасте как процесс угасания, доживания, без обозначения позитивных сторон старости.

2. Нравственно-нормативный регулятор, подразумевающий связь отношения к объекту с социальной значимостью выполняемых им функций (культурных, социальных, политических).

3. Маркер межпоколенческих отношений, центральной составляющей которого является межпоколенческая преемственность в культурных и морально-этических нормах, образцах поведения, жизненных проектах, восприятие и отношение к сегодняшней старости как модели собственного преклонного возраста.

4. Языковой формат, подразумевающий отсутствие или неразвитость положительно маркирующих старость языковых форм, и, напротив, существование негативных смысловых оттенков у терминов, связанных со старением.

5. Влияние художественного дискурса; образы старости, конструируемые через искусство, во многом определяют повседневное восприятие представителей третьего возраста, устанавливают границы социальных ожиданий их поведения.

6. Пуэрилистическое сознание, фокусирующее смену возрастных приоритетов в общественном сознании в пользу юности; в рамках современных подходов всякие изменения и прогрессистские начинания, «новое» как категория вообще, рассматриваются как положительные, в противовес «старому».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Guillemard A.-M. Beschäftigung, soziale Sicherungssysteme und Lebenszyklus Ergebnisse der Vorruhestandsregelungen im internationalen Vergleich / A.-M. Guillemard // Altern braucht Zukunft: Anthropologie, Perspektiven, Orientierungen / hrsg. von Birgit Hoppe und Christoph Wulf. Hamburg: Europäische Verlagsanstalt, 1996. S. 286-318.

2. Hübner J. Menschenwürde am Ende des Lebens / J. Hübner // Alter und Gesellschaft / Marburger Forum Philippinum. Hrsg. von Peter Borscheid. Stuttgart: Hirzel; Stuttgart: Wiss. Verl.-Ges., 1995. S. 109-121.

3. Mattenklott G. Poetik der Lebensalter / G. Mattenklott // Altern braucht Zukunft: Anthropologie, Perspektiven, Orientierung / hrsg. von Brigit Hoppe und Christoph Wulf. Hamburg: Europäische Verlagsanstalt, 1996. S. 141-156.

4. Бауман З. Мыслить социологически / З. Бауман; пер. с англ. М.: Аспект Пресс, 1996. 255 с.

5. Бексаева Н.А. Геронтологическая идентичность как механизм социальной интеграции / Н.А. Бексаева // Интеграционные процессы в современном обществе (по материалам Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. М.Э. Елютиной. Саратов: Аквариус, 2003. С. 177-180.

6. Бергер П. Социальное конструирование реальности. Трактат по социологии знания / П. Бергер, Т. Лукман; пер. с англ. М.: Медиум, 1995. 323 с.

7. Давыдовский И.В. Геронтология / И.В. Давыдовский. М.: Медицина, 1966. 300 с.

8. Елютина М.Э. Социальная геронтология / М.Э. Елютина, Э.Е. Чеканова. Саратов: СГТУ, 2001. 168 с.

9. Елютина М.Э. Социокультурное конструирование образа старости / М.Э. Елютина // Поколенческая организация современного российского общества (социаль-

ные проблемы поколений): темат. сб. науч. статей / под ред. Г.В. Дыльнова и Н.В. Шахматовой. Саратов: Надежда, 2002. Вып. 1. С. 60-67.

10. Климова С.Г. Критерии определения групп «мы» и «они» / С.Г. Климова // Социс. 2002. № 6. С. 83-95.

11. Климова С.Г. Стереотипы повседневности в определении «своих» и «чужих» / С.Г. Климова // Социс. 2000. № 12. С. 13-22.

12. Коростовцев М.А. Египетский язык / М.А. Коростовцев. М.: Изд-во вост. лит., 1961. 103 с.

13. Краснова О.В. Социальная психология старения / О.В. Краснова, А.Г. Лидерс. М.: Издат. центр «Академия», 2002. 223 с.

14. Кулланда С.В. Праязыковые этимоны и историко-социологические реконструкции / С.В. Кулланда // Ранние формы социальной стратификации. М.: Наука, 1993. С. 275-294.

15. Левченко И.Е. Феномен социальной смерти / И.Е. Левченко // Социс. 2001. № 6. С. 22-31.

16. Липин Л.А. Аккадский (вавилонно-ассирийский) язык. Вып. II. Словарь / Л.А. Липин. Л.: Изд-во ЛГУ, 1957. 216 с.

17. Медведева Г.П. Введение в социальную геронтологию / Г.П. Медведева. М.: Москов. психолого-социальный ин-т; Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2000. 96 с.

18. Молевич Е.Ф. К анализу сущности и формы социальной старости / Е.Ф. Молевич // Социс. 2001. № 4. С. 61-64.

19. Образцов И.В. Социальные проблемы бывших кадровых военнослужащих / И.В. Образцов, С.С. Соловьев // Социс. 1998. № 4. С. 70-81.

20. Смолькин А.А. Исторические формы отношения к старости / А.А. Смолькин // Отечественные записки. 2005. № 3 (24). С. 253-264.

21. Смолькин А.А. Отношение к старости в русской культуре (по фольклорным материалам) / А.А. Смолькин // Поколенческая организация современного российского общества (специфика современных межпоколенческих отношений): коллект. моногр. / под ред. Г.В. Дыльнова и Н.В. Шахматовой. Саратов: Научная книга, 2003. 296 с.

22. Спенсер Г. Опыты научные, политические и философские / Г. Спенсер; пер. с англ. Минск: Современный литератор, 1999. 1408 с.

23. Фролькис В.В. Синдром старения / В.В. Фролькис // Наука и жизнь. 1991. № 8. С. 92-96.

24. Шюц А. Структура повседневного мышления / А. Шюц // Социс. 1988. № 2. С. 129-137.

25. Юсифов Ю.Б. Элам. Социально-экономическая история / Ю.Б. Юсифов. М.: Наука, 1968. 407 с.

**Смолькин Антон Александрович –**

кандидат социологических наук, доцент кафедры «Социология»

Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 18.10.06, принята к опубликованию 21.11.06*



---

---

## ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

---

---

УДК 130.2:519.718

**В.В. Бородич**

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПОСТАНОВЛЕНИЙ ЦК ВКП(Б)  
ПО ИСКУССТВУ И МУЗЫКАЛЬНАЯ ЖИЗНЬ РОССИИ В 1946-1953 ГГ.  
(на материалах Нижнего Поволжья)**

*Впервые в истории музыки с новых социально-экономических позиций рассматриваются известные идеологические постановления ЦК ВКП(б) 1946 и 1948 гг. по искусству. Привлечение новых документов и статистических данных, ранее не используемых исследователями, позволили по-новому раскрыть сложные проблемы музыкальной жизни послевоенной России.*

**V.V. Borodich**

**SOCIO-ECONOMIC FACTOR OF RESOLUTIONS OF CENTRAL COMMITTEE  
OF VKP (B) ON ART AND THE MUSICAL LIFE OF RUSSIA IN 1946-1953  
(based on materials of the Lower Volga Region)**

*For the first time in history of music from new social and economic positions known ideological resolutions of Central Committee of VKP(b) 1946 and 1948 on art are considered here. Attraction of new documents and the statistical data which were earlier not used by researchers, have allowed uncovering new to challenges of a musical life of post-war Russia.*

Хронологические рамки исследования охватывают время послевоенного зенита сталинизма (1946-53 гг.), который определял все стороны жизни страны и общества. Выделение этого периода, конечно, условно. Любое явление зарождается задолго до своего апогея и проходит этапы развития. На него оказывают воздействие многие, на первый взгляд, второстепенные факторы, которые при более пристальном рассмотрении могут оцениваться наукой как системообразующие. Этим методологическим положением объясняется использование в статье статистических данных за 1940-55 гг. и применение методики социально-экономического анализа к музыкальной жизни России.

Драматические для отечественного искусства постановления «О журналах «Звезда» и «Ленинград», «О репертуаре драматических театров и мерах по его улучшению», «О кинофильме «Большая жизнь» были рассмотрены на заседании Оргбюро ЦК ВКП(б) 9 августа 1946 г. и позже опубликованы в печати [1]. Указания И. Сталина на этом заседании определили в послевоенной стране не только идеологические, но и социально-экономические зада-

чи в области культуры и музыкального искусства. В целом же позицию руководства страны можно резюмировать сталинской репликой на этом заседании Оргбюро: «Все требуют, чтобы мы улучшили качество продукции: ширпотреба, металла и прочее. Однако следует, чтобы и качество продукции литературной было улучшено, ... на качество хотим нажать» [1, с.568].

Естественно, что духовное развитие во многом обуславливалось стратегией восстановления страны. В определении задач четвёртой пятилетки (1946-50 гг.) проявились *два подхода* в развитии государства. С одной стороны, победа в войне оправдывала применение проверенной *административно-командной системы* управления. В сочетании с пропагандистским накалом она обеспечила трудовой подъём масс. Кроме того, сохранение репрессивной системы позволяло осуществлять жёсткий контроль за исполнением принятых решений.

Но, с другой стороны, для организации постоянного напряжённого труда миллионов людей требовались экономически обоснованные формы и методы работы. Таковыми были проверенные ещё в годы НЭПа и применяемые позже в некоторых отраслях экономики, *хозяйственный расчёт и самофинансирование* [2]. Естественно, этот подход допускал в жизнь общества более широкую инициативу, подразумевал элементы рыночных отношений, ориентировал организации на прибыль и хозяйственную самостоятельность. В конечном итоге, всё это неминуемо развивало творческое мышление масс. Одновременно, выдвижением «ленинградцев» к руководству страной (Н. Вознесенского, А. Кузнецова, Н. Косыгина и др.), Сталин фактически одобрил курс интенсивного развития государства [3]. О том же свидетельствовали закрытые обсуждения высшим руководством в 1946-47 гг. проектов более демократических Конституции СССР и Программы ВКП(б), в которых сохранялся частный сектор в экономике и расширялись права хозяйственной инициативы на местах [4, с. 11-12; 5].

Таблица 1

Динамика численности театров по России за 1940-1955 гг. (на конец года)<sup>1</sup>

Профиль театров	Категории данных	Годы					
		1940	1945	1950	1953	1955	1953 к 1945
Всего театров по России	Абсолютные показатели	465	384 (-81)	304 (-80)	286 (-18)	284 (-2)	(-98)
	В % к предыдущему году	100%	-17,4%	-20,8%	-5,9%	-0,7%	-25,5%
В том числе:							
Оперы и балета	Абсолютные показатели	17	17	13 (-4)	13	14 (+1)	(-4)
	В % к предыдущему году	100%	100%	-23,5%	100%	+7,7%	-23,5%
Музыкальной комедии	Абсолютные показатели	22	27 (+5)	16 (-11)	15 (-1)	14 (-1)	(-12)
	В % к предыдущему году	100%	+22,7%	-40,7%	-6,2%	-6,7%	-44,4%
Драмы и комедии	Абсолютные показатели	325	251 (-74)	199 (-52)	188 (-11)	186 (-2)	(-63)
	В % к предыдущему году	100%	-22,8%	-20,7%	-5,5%	-1,1%	-25,1%
Юного зрителя	Абсолютные показатели	101	89 (-12)	76 (-13)	70 (-6)	70	(-19)
	В % к предыдущему	100%	-11,9%	-14,6%	-7,9%	100%	-21,3%

<sup>1</sup> Данные таблицы составлены и подсчитаны автором по сборнику «Культурное строительство РСФСР». Статистический сборник. М., 1958. С. 8-9, 30-33, 116-119, 128-131, 412-413, 424-427.

	году						
--	------	--	--	--	--	--	--

Двойственный подход к развитию общества и экономики отразился и в руководстве искусством. Сталинское требование удовлетворения возросших культурных запросов масс подразумевало не только повышение качества профессионального исполнения, развитие хозрасчёта, но и продолжение политики сокращения театров и актёров (см. табл. 1).

Как следует из таблицы, процесс сокращения художественно-творческих коллективов начался ещё в годы Великой Отечественной войны. Так, в 1941-45 гг. был закрыт 81 театр. И это было объективным явлением в условиях разрушительной войны. Но в годы восстановительной пятилетки 1946-50 гг. в России было расформировано ещё 80 коллективов, и объём сокращений приблизился к показателям военного времени. В следующей, пятой пятилетке 1951-55 гг. были закрыты ещё 20 театров, причём 90% коллективов перестали существовать в последние годы сталинского руководства искусством 1951-53 гг. В целом же в 1946-53 гг. в России был закрыт каждый четвёртый театр.

На этом фоне интересна динамика изменения числа музыкальных театров. Так, в годы войны не был сокращён ни один театр оперы и балета, а количество театров музыкальной комедии даже увеличилось на 22,7%. Обратный процесс начался с 1946 года. Оперные театры в послевоенные «восстановительные» годы были сокращены почти на четверть (23,5%). Но особенно мрачные данные характеризуют театры музыкальной комедии. В 1946-53 гг. их число было уменьшено на 44,4%, т.е. более чем любой иной вид театров за 1941-55 гг.

Музыкальные театры в Поволжье в исследуемый период мало подверглись сокращениям<sup>1</sup>, но массовые увольнения профессиональных исполнителей были нередким явлением [6, с. 133]. Эти факты объяснялись в сознании людей нехваткой средств на искусство. В конце концов, музы существуют и развиваются в «тёплых помещениях», которые ещё предстояло построить. В разрушенном Сталинграде предстояло ещё восстановить корпуса филармонии и театров (драматического и музыкальной комедии), а в Саратове – выделить здание для областной филармонии, трудоустроить демобилизованных из армии артистов, предоставить им жильё, направить на учёбу [7, л.6]. Но нельзя отрицать и того, что атмосфера сокращения творческих коллективов создавала рычаги жёсткого влияния на деятелей искусства.

Постановления ЦК ВКП(б) 1946 г. являлись для музыкальной общественности России руководством к действию. Уже 2-8 октября 1946 г. прошёл специальный пленум Оргкомитета Союза советских композиторов. «Актуальность» поставленных проблем определялась характером предстоящих преобразований. Правление Союза композиторов нацеливало коллективы на постановку высокохудожественных произведений, профессиональную подготовку исполнителей, воспитательно-просветительную работу со зрителями. Обращалось внимание на необходимость сочинять понятную и популярную музыку. Мыслилось, что в результате возрастут посещаемость театров, филармоний, их доходность и самоокупаемость [8].

Проецируя общероссийскую действительность на Нижневолжский регион, отметим, что руководство Саратовского оперного театра и оркестров при всех драматических театрах региона, Сталинградского и Астраханского театров музыкальной комедии, трёх областных филармоний, Саратовской консерватории и музыкальных училищ Саратова и Астрахани, детских музыкальных школ региона стремились эффективно перестроить свою работу после окончания войны. Мирная жизнь требовала изменения форм и методов организации труда, умелого планирования и эффективного использования имевшихся сил и ресурсов.

Одной из главных послевоенных проблем в творческих коллективах явилась слабая организационная деятельность. Это нередко вело к отмене спектаклей и концертов, полупустым зрительным залам. Так, созданные в 1946 г. хоровая капелла и симфонический оркестр Саратовской областной филармонии, несмотря на сравнительно лёгкий план, не выполнили его из-за бесконечных реорганизаций [9, л.22]. В полупустом зале 6 апреля 1946 г. прошёл

<sup>1</sup> В 1949 г. в Нижневолжском регионе был закрыт Астраханский театр музыкальной комедии.

концерт народной артистки СССР, Лауреата Сталинской премии, солистки Белорусского театра оперы и балета Л. Александровской, так как афиши были расклеены по Саратову за 7 часов до её выступления. В то же время порой со сцен звучали песни цыганских ансамблей, пользовались популярностью труппы лилипутов с собачками и т.п. [7, л.36, 89; 10, л.31].

Недостатки проявлялись и в решении финансовых проблем. Руководство музыкальных учреждений, стремясь любой ценой получить доход, нередко необоснованно завышало билетные цены на представления. Поэтому в апреле 1946 г. Саратовский областной Отдел по делам искусств предупредил директоров театров и филармонии о противозаконности повышения цен на билеты неперемьерных спектаклей и концертов.

Отрицательно влиял на доходность и разросшийся штат чиновников от культуры. В результате 19 августа 1946 г. Комитет по делам искусств при Совете Министров РСФСР издал приказ о сокращении административного аппарата. В Саратовской области директора филармонии, Вольской и Энгельсской музыкальных школ, областного дома народного творчества были предупреждены об уголовной ответственности за нарушение штатного и финансового расписаний. В то же время артисты филармоний региона, загруженные на 20-25% от плана, не получали полностью даже свои мизерные оклады. Поэтому финансы пополнялись и за счёт «левых» концертов, выступлений на стороне. Сокращение раздутых административных штатов и введение денежных тарифов с середины 1946 г. позволило увеличить оклады исполнителей. В зависимости от категории мастерства зарплата варьировалась от 450 до 800 руб. в месяц. Незапланированные выступления были запрещены.

На низкую посещаемость зрителей влияли качество концертных программ, уровень исполнения, нарушение принципа построения концерта: нарастания сил к концу представления. Нередко выступления и спектакли не соответствовали заявленным афишам. Творческие коллективы слабо работали с населением, мало выезжали с концертами в вузы, школы и предприятия, редко выступали мастера искусств. Нарушалась артистами и трудовая дисциплина. Показательным явился приказ Саратовского областного комитета по делам искусств от 18 июля 1946 г. о роспуске хореографической группы ансамбля песни и пляски Саратовской филармонии из-за низкого профессионального уровня исполнения [7].

В то же время, с целью популяризации симфонических произведений, областные филармонии с конца 1946 г. организовывали специальные музыковедческие концерты, которые имели целью воспитание музыкального вкуса у молодёжи и постоянных слушателей [11]. Эти концерты проходили с успехом. Так, саратовские зрители неоднократно просили исполнить такие сложные произведения, как третья симфония Рахманинова.

К объективным причинам неудовлетворительной работы музыкантов следует отнести отсутствие зданий у областных филармоний. Например, репетиции симфонического оркестра Саратовской областной филармонии проходили в концертном зале консерватории в перерывах между занятиями студентов, или в заводских клубах города между танцами. Работники филармонии, обращаясь к городскому руководству, говорили: «Мы задыхаемся, находясь в такой «лавочке» [10, л.39-41].

Перечисленные недостатки вели к необоснованной трате государственных средств. Как видно из табл. 2, превышение расходов над доходами покрывалось за счёт областных бюджетов и даже заранее планировались такие потери [9, л.22]. Так, в официальном отчёте дотационность Саратовской филармонии в 1946 г. была запланирована в 490 тыс. руб., фактически же расходы превысили доходы на 728 тыс. рублей. Государственная дотация в 601900 руб. погасила часть убытков, но не всё [9, л.22; 12, л.127-128]. Аналогичное положение было и в других областях.

Однако следует учитывать разность курса рубля 1946 и 1948 годов. Как отметил на одном из собраний работников искусств директор Саратовского театра оперы и балета им. Чернышевского М. Ганелин: раньше мы получали дотации столько, сколько платили зарпла-

ты – 300 тыс. руб., а сейчас зарплата по нашему театру составляет 3600 тыс. руб., а дотация – 900 тыс. руб. [10, л.54]. Но такие доводы в периодической печати не публиковались.

Таблица 2

Финансовая деятельность Саратовской филармонии за 1945-53 гг. (на конец года)<sup>1</sup>

Годы	Доход		Расход		Дотации	
	План	Факт	План	Факт	План	Факт
1945	3 067000	2 897000	3 217000	3 056000	150000	60000
1946	4 216000	4 467000	4 597000	5 195000	490 000	601900
1947	нет данных	нет данных	нет данных	нет данных	1 119000	1 217000
1948	2 917300	2 985900	4 268300	4 376900	нет данных	нет данных
1949	3 160100	нет данных	4 079100	нет данных	949000	1 023000
1950	2 832000	2 040700	3 835000	3 356300	нет данных	нет данных
1951	2 824800	2 756100	3 821800	3 651800	нет данных	997000
1952	2 251000	2 083500	3 232000	3 062900	981000	952000

В разрушенном Сталинграде дотационность музыкальных коллективов обусловила сокращение численности артистов в профессиональных коллективах. Поэтому в 1947-48 гг. число артистов оперы уменьшилось с 24 до 19 человек, балета – с 50 до 18, хора – с 63 до 13, оркестра – с 35 до 17, а из 19 оркестрантов областной филармонии и музыкальных коллективов города к 1948 г. не осталось ни одного<sup>2</sup>.

Следует отметить, что низкий курс послевоенного рубля и реально возросшие цены за электроэнергию, отопление и аренду помещений фатально предопределяли дотационность музыкальных коллективов. Поэтому власти в первые послевоенные годы критиковали не столько убыточность, сколько сверхплановые потери музыкально-зрелищных учреждений. В то же время Саратовский театр оперы и балета имел своё здание, постоянную труппу и стабильные фонды, совершенствовал репертуар, искал новые формы работы с публикой. Гастроли в Москве и городах страны демонстрировали высокий уровень подготовки коллектива. В 1947 г. театр был даже отмечен Сталинской премией за постановку оперы Римского-Корсакова «Золотой петушок» [13]. Но в 1946-47 гг. такие успехи были исключением.

В конце 1947 г. была проведена денежная реформа, отменена карточная система снабжения. Наступил период экономической целесообразности, организации ориентировались на своевременное удовлетворение возросших запросов населения. В связи с этим в 1947-48 гг. в периодической печати много говорилось о необходимости создания высокохудожественных произведений, предстоящей отмене государственных дотаций и переводе театров на самофинансирование. Но нигде в опубликованных партийно-советских документах, периодической печати, стенограммах собраний актёров, композиторов и исполнителей ни слова не упоминалось о массовом закрытии российских театров. Сокращение дамокловым мечом висело над душами музыкантов, но «народ безмолвствовал». *В борьбе интенсивных методов развития искусства с администрированием чиновников от культуры в 1946-47 гг. решительных изменений не произошло.*

<sup>1</sup> Таблица составлена автором по: ГАСО. Ф. 2864. Оп. 1. Д. 136. Л. 56; Д. 138. Л. 12, 22-22 об; Д. 153. Л. 3 об, 12; Д. 179. Л. 9, 12 об; Д. 205. Л. 4; Д. 208. Л. 7; Д. 289. Л. 11, 64, 66, 67; Д. 289. Л. 63 об; Д. 317. Л. 1-1об.

<sup>2</sup> Подсчитано автором по: Государственный архив Волгоградской области (ГАВО). Ф.6140. Оп. 1. Д. 13. Л. 9; Д. 18. Л. 13.

В этих условиях было принято постановление ЦК ВКП(б) от 10 февраля 1948 г. об опере В. Мурадели «Великая дружба». Этот документ имел ярковыраженный идеологический, искусствоведческий и персонифицированный характер. Партийное руководство жёстко говорило с музыкантами, невзирая на лица, заслуги и звания [1, с.630-634].

Одновременно в периодической печати публиковались материалы о неудовлетворительной хозяйственной деятельности творческих коллективов страны. Так, в марте 1948 г. в газете «Советское искусство» был помещён материал о том, что за 1947 г. российские театры получили от государства дотаций на 290 млн. рублей, но год завершили с дефицитом [14].

Необходимая атмосфера для грозных решений в области искусства была создана. Уже в марте 1948 г. Совет Министров СССР издает приказ № 537 «О сокращении государственной дотации театрам и мерах по улучшению их финансовой деятельности», в котором критиковалась практика финансирования театров не от продажи билетов, а от дотаций из государственного бюджета. Здесь же попрекались и местные органы власти за незаконные выделения дополнительных средств сверх утверждённых ассигнований. Утверждалось, что директора и худруки чрезмерно увеличивали штаты, не интересовались привлечением зрителей, ослабили работу по повышению мастерства актёров, выдвижению способной молодёжи. Многие артисты систематически не участвовали в спектаклях. В приказе говорилось, что театры понизили качество работы и сократили выпуск новых спектаклей. Констатировалось, что иждивенческая практика стала обычным явлением, тормозила развитие музыкального искусства. Зная, что государство покроет все убытки, многие руководители театров встали на путь нарушения хозяйственного расчета и траты государственных средств. В заключительной части приказа говорилось, что планируются широкие преобразования [15, л.17-18].

На основании этого документа в Российской Федерации с 15 марта 1948 г. переводились на полную самоокупаемость 321 российский театр из 386 (или 83%). Остальные переводились на хозрасчёт с 1 января 1949 г. Интересно, что проходившее в это время в Москве совещание руководителей театров даже «попрекнуло» Комитет по делам искусств в слабом переводе театров на самоокупаемость [14].

В соответствующей атмосфере прошёл в апреле 1948 г. I съезд советских композиторов. В ходе дискуссий было рекомендовано разоблачать элитарность и формализм в музыке, создавать яркие и мелодичные, доступные широким массам простые и выразительные произведения о советской действительности, ориентироваться на народность в музыке, мелос и гармонию. Актёры должны были резко увеличить количество исполняемых произведений, коллективам предписывалось без единовременных выходных и отпусков, экономить на реквизитах для спектаклей, давать в прокаты театральные костюмы. Театрально-зрелищные учреждения предупреждались о расформировании, если они не станут рентабельными. На самом деле сокращение театров уже давно стало не только реальностью, но по масштабам закрытий уже приближалось к тяжёлым потерям времён Великой Отечественной войны (см. табл. 1).

Критика театров была бы абсолютно справедливой, если бы не одно «но». **До 1949 г. вся российская экономика была дотационной.** В этих условиях учреждения культуры объективно не могли стать рентабельными! Только после того, как реформированный рубль стал оздоравливать экономику и в основном в 1949 г. был восстановлен довоенный уровень отечественной промышленности [16, с.26-27], появились реальные возможности для улучшения дел и в других сферах жизни. Снижение цен на источники энергии, сырьё и промышленные товары создавали объективные условия для самоокупаемости российской культуры.

После работы I съезда советских композиторов в творческих коллективах прошли соответствующие собрания. Критика ведущих композиторов страны в Постановлении ЦК от 10 февраля 1948 г. (Мурадели, Шостаковича, Хачатуряна, Прокофьева и др.) перечёркивала многолетний труд музыкантов и исполнителей. То, за что ранее хвалили, теперь ставилось в вину. Например, у саратовского композитора М. Михайлова нашли формалистические тенденции в музыке к балету «Кот в сапогах». Молодого саратовского композитора А. Котилко

критиковали за «формалистическую» и «конструктивистскую» сказ-былину «Ферапонтовы шмели», ранее получившую почётную областную премию. Аналогичные решения принимались по всей стране. Органы по делам искусств требовали от руководителей творческих коллективов организационных решений. Вскоре везде прошли сокращения в музыкальных учреждениях. Так, в Большом театре уволили 600 человек, в саратовском театре оперы и балета им. Н.Г. Чернышевского – 87, ТЮЗе рассчитали несколько оркестрантов. При этом директор ТЮЗа утверждал, что «денежная реформа и последние решения о театре – это огромный стимул для улучшения работы театров; это удар по беспечности, иждивенчеству, творческому застою... Сейчас в театрах будет действовать закон здравого *естественного отбора*».

Уволенных артистов переводили на работу в областные филармонии, в городские сады и парки, Дома культуры и народного творчества. Предлагалось формировать из музыкантов хозрасчётные бригады при филармониях и концертных Бюро.

Увольнения дали результат. Начиная со II квартала 1948 г. многие музыкальные учреждения резко увеличили количество спектаклей, музыкальных программ, концертов. Имевшиеся при областных филармониях хозрасчётные коллективы лишались дотаций и полностью переводились на самоокупаемость. Внедряя самофинансирование, артисты стремились не опуститься в погоне за прибылью до коммерческого делячества и торгашества.

Одновременно начинает развиваться институт штатных уполномоченных по распространению билетов на спектакли и концерты, что должно было увеличить наполняемость залов. В мае 1949 г. городские власти Саратова выделили областной филармонии каменное здание по ул. Радищева, 35, площадью 6000 м<sup>2</sup>. После капитального ремонта в 1950 г. музыканты, наконец, получили свой дом, что улучшило условия репетиций и выступлений.

В 1948-49 гг. значительно изменился и репертуар концертных организаций. В программах стала преобладать русская классическая музыка и западно-европейская классика. При этом некоторые руководители делали упор на постановку только произведений П. Чайковского, опасаясь ставить музыкальные произведения иных авторов.

Более объективной была позиция руководства Саратовского театра оперы и балета им. Н.Г. Чернышевского, которое развивало коллектив по трём направлениям: сокращение расходов, улучшение качества постановки спектаклей и творческая работа со зрителями. В этих условиях, как справедливо отмечал директор театра М. Ганелин, не всё новое – это революционное, и не от всякого старого следует отказываться. «Мы поставили «Чапаева» и через два спектакля его пришлось снять, мы поставили «В огне» и через несколько спектаклей сняли. Мы не впадали в крайность,.. решили несколько переделать «Пиковую Даму» и «Князя Игоря», «Цыганского барона» и «Периколу». ... Если появится более или менее приличная опера с человеческой музыкой, то мы не пожалеем сил и, наверняка, одними из первых в Советском Союзе поставим такие спектакли» [10, л.47, 52-54, 73].

Проделанная работа имела положительный результат. Уже в 1950 г. были признаны рентабельными 51 российский театр (т.е. 16,8%), которые принесли стране более 6 млн. реформированных рублей прибыли. Среди них был и Саратовский театр оперы и балета, получивший в этом же году ещё и Сталинскую премию за постановку оперы Г. Жуковского «От всего сердца». Саратовский ТЮЗ получил также Сталинскую премию за спектакль «Алёша Пешков», в успехе которого большую роль сыграла музыка композитора Е. Каменоградского [17, л.6; 18, л.8; 19, л.67]. Явно намечалась положительная творческая перспектива.

К сожалению, с 1949 г. чаша весов уже опять качнулась в сторону репрессий и административно-командной системы управления страной. Начались гонения на театральные критиков-космополитов. В учреждения культуры России поступили инструкции, запрещавшие исполнять произведения ряда композиторов (М. Табачникова, Э. Кальмана, С. Сендеря, С. Каца и др.). 30 сентября 1949 г. «Главному Управлению по контролю за зрелищами и репертуаром» напоминалось правительством о цензурных функциях в определении репертуара

ров [20, л.1-4]. Одновременно начались репрессии против сторонников интенсивного развития страны – руководителей-«ленинградцев». Были расстреляны А. Кузнецов, Н. Вознесенский и др. Всё это позднее отрицательно отзовется и в сфере искусства.

И хотя в 1952 г. И. Сталин в работе «Экономические проблемы социализма» писал о хозрасчёте, но понимал это только как грамотное хозяйствование, но не экономическую независимость и рыночную самостоятельность. Таким образом, сочетание ограниченной творческой инициативы с репрессиями дало временный результат, но не могло способствовать созданию постоянной созидательной атмосферы в обществе. Лишь с развитием рентабельной промышленности возникли реальные условия для выхода творческих коллективов на уровень самофинансирования и экономической независимости. Но это неминуемо вело и к творческой самостоятельности. А она была не нужна, т.к. могла привести к нежелательным последствиям, как в искусстве, так и в идеологии. *С конца сороковых годов колебания от материального стимулирования труда к внеэкономическому принуждению закончились.* Развитие страны продолжилось на прежних административных методах управления.

На фоне этих изменений идеи экономической независимости и творческой самостоятельности в искусстве стали предаваться забвению. В газете «Правда» в течение 1951 г. вновь появились редакционные статьи с программными заголовками: «О требовательности в искусстве», «Неудачная опера», «Выше идейный уровень и художественное мастерство» [21]. В них жёстко критиковались работники музыкальных театров и культуры, в т.ч. и за постановку спектакля «От всего сердца», за который, в частности, Саратовский театр оперы и балета ранее получил Сталинскую премию [18, л.2].

После смерти Сталина руководство страны, не желая иметь финансово независимые коллективы, предпочло контролировать музыкальную жизнь общества не закрытием театров (эта практика прекращается с середины 50-х годов, см. табл. 1). Поощряя на словах развитие музыкального искусства, отменив в 1958 г. Постановление ЦК ВКП(б) о Мурадели, партруководство финансировало убыточность искусства, чем избавляло творческие коллективы от экономических преобразований, культивировало застой в поиске новых форм и методов художественного творчества. Лишь в экономике, спустя годы, последний из «ленинградцев» – Председатель Совета Министров СССР Н. Косыгин попытается опять реализовать идеи хозрасчёта и самофинансирования на сентябрьском (1965 г.) Пленуме ЦК КПСС. Но это тема иного научного исследования.

Подводя итог рассмотренному вопросу, отметим, что период 1946-1953 гг. не являлся монолитным и был подвержен различным тенденциям. 1946-49 годы характеризовались колебаниями между хозрасчётными и принудительно-командными методами руководства страной. С конца 1949 г. и до смерти Сталина возобладали уже явно репрессивные методы руководства. В этих условиях и музыкальная жизнь России развивалась так же неоднозначно. Традиционная оценка этого периода, как господство идеологического тоталитаризма над творчеством музыкантов, безусловно, верна. Но реальная жизнь была многограннее, противоречивее и не укладывалась в прокрустово ложе только идеологических догм. С этих позиций по-иному воспринимается послевоенное творчество российских музыкантов. Современные исследования послевоенного развития музыкальной жизни России должны полнее отражать объективную реальность того периода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Власть и художественная интеллигенция. Документы ЦК РКП(б) – ВКП(б), ВЧК – ОГПУ – НКВД о культурной политике. 1917-1953 гг. М., 1999. 872 с.
2. Собрание Постановлений и распоряжений Правительства Союза Советских Социалистических Республик. 1941. Сборник № 4. Статья 64. С. 111; Ст. 74. С. 116 и др.



3. Закон о пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946-1950 гг. (см. 14 пункт основных задач пятилетнего плана) // Правда. 1946. 21 марта; Укреплять хозрасчёт, снижать себестоимость продукции! // Там же. 27 июля.
4. Пихоя Р.Г. Советский Союз: история власти. 1945-1991 / Р.Г. Пихоя. Новосибирск, 2000. 684 с.
5. Евсеева Е.Н. СССР в 1945-1953 гг.: экономика, власть и общество / Е.Н. Евсеева // Новый исторический вестник. 2002. № 1(6) www.nivestnik.ru
6. Бородич В. Музыкальные связи Саратова и Сталинграда в 1945-1980 гг. / В. Бородич // Проблемы культуры и искусства в мировоззрении современной молодёжи: преемственность и новаторство: межвуз. сб. науч. статей. Вып. 2. Саратов, 2003. С. 132-135.
7. Государственный архив Саратовской области (далее – ГАСО). Ф. 2864. Оп. 1. Д.136.
8. Культура и жизнь. 1946. 30 августа.
9. ГАСО. Ф. 2864. Оп. 1. Д. 138.
10. ГАСО. Ф. 2864. Оп. 1. Д. 175.
11. Школьников М. Письмо из Саратова / М. Школьников // Советская музыка. 1947. № 5. С. 101-102.
12. ГАСО. Ф. 2864. Оп. 1. Д. 151.
13. Лебедев П. Повышать идейно-художественный уровень советского искусства / П. Лебедев // Культура и жизнь. 1947. 10 июня.
14. Советское искусство. 1948. 7, 21, 28 февраля, 6, 20 марта.
15. ГАСО. Ф. 2864. Оп. 1. Д. 170.
16. История социалистической экономики СССР в 7 т. М., 1980. Т. 6. 590 с.
17. ГАСО. Ф. 2864. Оп. 1. Д. 258.
18. ГАСО. Ф. 2864. Оп. 1. Д. 268.
19. ГАСО. Ф. 2864. Оп. 1. Д. 302.
20. ГАСО. Ф. 2864. Оп. 1. Д. 194.
21. Правда. 1951. 2 марта, 19 апреля, 7 июля и др.

**Бородич Виктория Валентиновна** –  
аспирант кафедры «Истории Отечества и культуры»  
Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 14.09.06, принята к опубликованию 21.11.06*

УДК 316.72

**Л.Н. Максимова**

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗУЧЕНИЯ ФЕНОМЕНА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ**

*Рассматривается современная ситуация в сфере профессиональной деятельности. Выделяются системообразующие противоречия профессиональной культуры. Отмечается связь понятия «профессионализм» в организации совместной деятельности с целым рядом категорий, определяющих как процесс организации деятельности, так и результат деятельности, а также критерии ценности затраченного времени и усилий.*

L.N. Maximova

## PROFESSIONAL CULTURE PHENOMENON RESEARCH PROSPECTS

*The article presents different theoretical sociological approaches to the phenomenon of professional culture. Different contradictions are considered in the paper to analyze the diversity of the phenomenon. The aim of the article is to understand the specific nature of professional culture and the character of interaction.*

Профессиональная культура – понятие историческое. Наряду с определением её констант следует сразу оговорить социально-исторический и культурно-исторический контекст, который актуален для нашего исследования. Это так называемый период перехода к рыночной экономике, характеризующийся, в частности, глубокими изменениями в профессиональной сфере. Имеются в виду, например, внутренняя перестройка понятия престижа, статусных позиций, соотносённых с профессией, метаморфозы социокультурной стратификации в этой сфере и многое другое.

Совершенно очевиден вопрос о национальной специфике, российском колорите. Даже на уровне повседневного сознания ясно, что у россиян происходит тотальная перестройка приоритетов и мотиваций деятельности. И связано это отнюдь не только с вопросами оплаты, но и с собственно культурными категориями (цель, смысл, оправданность, идеал и др.). Среди множества различных коллизий в сфере профессиональной деятельности в современной России назовём следующие:

- нелёгкая дилемма между верностью уже полученной в советскую эпоху традиционной профессии и необходимостью выживания в российских реалиях;
- выбор, стоящий перед молодыми людьми, получившими в течение последнего десятилетия профессиональное образование, не дающее выгод в современных условиях;
- столкновение инерционных параметров профессиональной подсистемы общества с требованиями времени;
- традиционное отсутствие прямой зависимости между уровнем образованности и профессионального мастерства, с одной стороны, и уровнем жизни, с другой.

Ни для кого не секрет, что в настоящее время многие выпускники высших учебных заведений, получившие образование по традиционным специальностям, идут работать в магазины, салоны связи, на относительно прибыльные места, далёкие от профиля образования. Иногда они мыслят себя в качестве менеджеров, не догадываясь, что здесь тоже необходима особая подготовка и культура.

В коммерческие структуры ещё в 1990-е годы ушли многие люди старшего поколения, имеющие высшее образование и традиционные специальности. Их ситуация определялась необходимостью стремительной адаптации к постсоветскому культурному пространству с его резкими сломами привычных ценностей и варварскими приметами перехода к рыночным реалиям. «Советское» сознание было для них не исторической или реликтовой категорией, а их жизненным содержанием, неотъемлемой частью личности.

Вместе с тем традиционные профессии сохранили свою привлекательность для значительного числа россиян. Они (россияне) продолжали трудиться в медицине, педагогике, музейном деле, театре и в других традиционных профессиональных сферах, когда положение дел там было бедственным и даже катастрофическим. Продолжают и сейчас, когда правительство объявило о национальных программах и дало надежду на изменение ситуации к лучшему. Некоторые выпускники вузов постсоветской эпохи также не отказываются от работы в сфере своей традиционной профессии. Причины могут быть самые разные. Одни чувствуют, что не способ-

ны к коммерции, другие плывут по течению, третьи выбирают работу по призванию. Мотивация многовариантна, как и в случае выбора стези, перспективной в плане доходности, но абсолютно не соответствующей ни образованию, ни, возможно, склонностям и способностям. Такие культурные феномены, как мотивы выбора сферы трудовой деятельности, необходимо изучать детально, не облегчая себе задачу ссылкой исключительно на критерий доходности.

Попутно скажем, что рыночные отношения – это сфера культуры, которая имеет более короткую историю изучения в нашей стране, нежели сфера профессиональной деятельности. И здесь есть свой разрыв между желаемым и наличным уровнем, быть может, более резкий, чем где бы то ни было. Участники процесса рыночных отношений воспитывались не в вакууме, а в том же культурном пространстве, что и приверженцы традиционных профессий (бюджетники). Изучая проблемы профессиональной культуры в современной России, мы не сможем обойти и проблему культуры рыночных отношений.

Реальная сложность данной ситуации определяется многими факторами. В частности, отсутствие полноценной профессиональной реализации в традиционной сфере деятельности накладывается на встречный процесс: формирование культуры рыночных отношений также связано с большими сложностями. Вполне возможно, что в этих двух встречных процессах есть какие-то общие сегменты взаимозависимости. Некая зона неопределённости, нереализованности, если угодно, вынужденного исполнения чужих социальных ролей, проживания чужих жизней, – всё это нисколько не способствует совершенствованию и просто нормальному развитию профессиональной культуры. В результате возникает весьма опасная тенденция размывания самого понятия и девальвации профессиональной культуры как таковой. Это совершенно противоречит явно обозначенной и официально декларированной тенденции деидеологизации и профессионализации общества. В то же самое время, сознание некоей жизненной ущербности, обделённости, непрестижности, характерное для многих представителей традиционных профессий, также вносит болезненный диссонанс в профессиональную деятельность.

Перед многими профессионалами возникает вопрос: можно ли сохранить свою профессиональную культуру, вступив в рыночные отношения? Можно ли, оставшись в традиционной профессии, зарабатывать деньги благодаря своей предприимчивости? Этот сегмент пересечения двух культурных сфер на деле обширен и сложен в психологическом и в социокультурном плане. Представители традиционных профессий, оставшиеся верными своему первоначальному выбору и полученному образованию, не могут не реагировать на вызовы времени. Процесс их включения в культурное поле формирующегося рынка не менее драматичен, нежели у их бывших коллег, которые сменили сферу деятельности и ушли в коммерцию.

В Европе, практически на всей ее территории, независимо от исторической конфигурации этно-национальных государственных объединений в различные исторические периоды, профессиональная деятельность развивалась как определенным образом социально организованная разновидность жизнедеятельности. Ее появление и развитие связано с развитием городов (в отличие от социальной организации жизнедеятельности при традиционном, сельском укладе жизнедеятельности). Способы организации жизнедеятельности в деревне и в городе были столь различны, что во многие европейские города средневековья крестьяне допускались только в определенное время, отведенное для торговли и отправления ограниченного круга социальных обязанностей. Профессии «крестьянин» не существовало ни в Европе ни в России вплоть до XIX века, крестьянин – это человек вне профессии, «природное существо», соответственно, не было ни способов меры труда, ни критериев эффективности индивидуальной профессиональной деятельности. Именно поэтому в Советской России с такой легкостью прижились «трудодни», «палочки» как мера труда колхозника. Мера, которая не была определена ни относительно ограничений во времени личной жизни, ни относительно индивидуального вклада в результат совместной деятельности. Поэтому и вознаграждение за трудовую деятельность не дифференцировалось, усреднялось.

Профессиональная деятельность в Европе шла одновременно с социальной дифференциацией городского населения как по мере развития традиционных видов деятельности (сапожники, портные, кабатчики), так и по мере возникновения новых профессиональных сфер деятельности. Социальная профессиональная дифференциация в большинстве городов Европы шла на основе цехового принципа организации деятельности. Для социальной дифференциации в городском социуме цеха осредствлялись как посредством выделения специальной территории внутри городского пространства, так и специфической знаковой цеховой символикой – знаменами, помещениями для ритуальных отправлений, конструкцией жилья, совмещенного с зоной профессиональной деятельности, представительством в городском совете, одеждой, жесткими поведенческими ритуалами и практиками. Внутри цеховая организация строилась на принципах разделения по уровню квалификации – ученик, подмастерье, мастер. Сравнительная внешняя профессиональная квалификация определялась по уровню квалификации мастерской в целом, внешний продукт для потребителя был связан только с клеймом мастера, хотя мог быть выполнен и субъектом внутреннего квалификационного уровня «подмастерье». Для посвящения в мастера при таком принципе социальной организации существовало множество социальных ритуалов Европейской культуры. Строго говоря, нынешняя борьба с «самиздатом», исключившим из цены культурного продукта как товара авторское право на произведенную и выведенную в тираж «вещь» – есть продукт многовековой борьбы за ценность авторского права на идею, лежащую в основе создания нового продукта. Современное деление внутри профессии на «автора» – мастера и «профессионала» – подмастерье, исполнителя, «тиражировщика» – четко прописано в законодательстве всех стран, считающихся цивилизованными. За исключением России.

В России практики профессионализации по мере совершенствования разделения труда складывались на иных принципах. Практически понятия «профессионализм», «квалификация» до XIX века в России не существовали, уровень квалификации определялся через понятия группы «умелец», «мастак», «ловкач», имеющих архетипическое расхождение с понятиями «профессионал» и «мастер». «Я не знаю неудач, потому что я ловкач».

Усилия по достижению конкретного результата не оценивались, четкие цели не дифференцировались, проекта, плана по достижению конкретного результата практически не существовало. Оригинальные архитектурные постройки в России в основном связаны с именами архитекторов либо европейских, либо прошедших обучение в Европе. Практически специалисты – «умельцы» очень редко могли повторить результат своей деятельности, тиражировать его (кроме простейших, канонических). Поэтому в становлении российской профессиональности такую ценность имело понятие «канон», «образец». За «ловкий» результат могло последовать произвольно определенное вознаграждение, а могло и не последовать, практически большинство продуктов труда имело четко выраженный «авторский» почерк, производителю часто приходилось доказывать его соответствие формулировке заказчиком своей потребности.

Делая предварительные выводы, мы можем сказать, что понятие «профессионализм» в организации совместной деятельности связано с целым рядом категорий, определяющих как процесс организации деятельности, так и результат деятельности, а также критерии ценности затраченного времени и усилий.

1. **Наличие цели деятельности** – декларированной и сформулированной в соответствии с определенными практиками социальной коммуникации. Цель при этом мы будем определять как образ желаемого результата, включающий в себя как образ самого результата, так и представления о тех средствах и ресурсах, которые потребуются для его достижения.

1.1. Необходимо учитывать, что **цель деятельности** является самостоятельным **результатом определенного этапа деятельности**. Целеполагание может быть самостоятельным видом профессиональной деятельности. В идеале профессионально сформулированная

цель учитывает не только средства, необходимые для ее реализации, но и источники их получения, затраты на их приобретение, варианты замещения средств и ресурсов.

1.2. **Целеполагание** как часть профессиональной деятельности связано с оперированием символическими элементами, деятельности, когда какая-то часть реальности определяется субъектом деятельности как объект его деятельности. Целеполагание при этом есть деятельность по определению того, что же, собственно, является объектом деятельности, определению существенных характеристик этого объекта, формирование образа изменения состояния объекта после приложения к нему субъектом определенного комплекса средств и ресурсов воздействия.

1.3. По утверждению Г.П.Щедровицкого, индивидуальные цели не транслируются для того, чтобы стать основой совместной деятельности. Они либо воплощаются в индивидуальный проект, включающий в себя трудовые затраты узких профессионалов, достигающих в рамках кооперации определенных результатов, либо генерируются в процессе специального профессионально оснащенного этапа – коллективного целеполагания как основы для формирования коллективного проекта.

В связи со всем, что сказано выше, *актуальным* представляется изучение обширного проблемного поля профессиональной культуры и выявление тенденций, перспектив развития этого феномена в современной России. Эффект концептуализации данного феномена поможет, в частности, выявить отдельные структурные позиции обширного поля профессиональной культуры, что, в свою очередь, прояснит пути решения болезненных социальных проблем. Наиболее адекватным для исследования данного явления нам представляется межпарадигмальный подход, учитывающий рациональные стороны различных парадигм социологической мысли и разные направления в социологии профессий. Мы полагаем, что такие подходы, как, скажем, структурно-функционалистский, критический, герменевтический, отражают отдельные стороны профессиональной подсистемы общества. Самодостаточное смыслопорождение внутри отдельной профессии не отменяет тот факт, что профессия даёт её носителю определённые социальные преимущества и определённую власть, а профессиональная подсистема социально дифференцирована и внутренне конфликтна. Более того, герменевтическое толкование профессиональной культуры не может не отражать внешние реалии, ибо они отражаются в самих профессиональных самоидентификациях. С другой стороны, профессиональная культура несомненно диалогична, как и культура в целом: она и «вопрошает», и «отвечает», вступая в диалог с меняющимися структурно-функциональными особенностями социума, с другими социокультурными подсистемами. Таким образом, для исследователя она одновременно должна быть и субъектом, и объектом. Отсюда и сочетание аналитического объективирования и включённого наблюдения, абстрагирования от конкретных носителей и интерпретации с персоналистским уклоном.

Мы полагаем, что *профессиональная культура представляет собой системное социальное образование, внутренне драматичное по природе, ибо развивается в ходе системных конфликтов противоборствующих социокультурных феноменов. В содержательной плоскости профессиональная культура может быть определена как система смыслов и ценностей, порождаемых и формирующихся в процессе профессиональной подготовки и деятельности, а также в процессе исторического развития профессии*. Определённые фрагменты и уровни этого образования соприродны культуре как таковой (например, наличие подсистем сохранения, трансляции, воспроизводства, креативного уровня и т.д.). Иные сегменты специфичны (например, неразрывная связь с системами труда и вознаграждения). Профессионалы, включены ли они в профессиональную организацию или трудятся индивидуально, принадлежат к профессиональному обществу.

Профессиональная микрокультура складывается из сложного взаимодействия индивидуальных склонностей, интересов, способностей, наконец, особенностей воспитания, образования и ближней культурной среды, с одной стороны, и исторически сложившейся культурной традиции избираемой профессии, с другой. Обе ипостаси данной микрокультуры не могут не зависеть от общего культурного климата эпохи, от фазы развития общественного сознания. Такой важнейший концепт, как выбор профессии, отражает специфику этого взаимодействия.

Профессиональная макрокультура включает в себя систему профессий в её нормативном и реальном социокультурном содержании, политику в области профессий, исторически сложившуюся культурную традицию профессий в её актуальном воплощении, складывающиеся в обществе в данную эпоху представления о престиже, недостатках и преимуществах профессий, о статусных позициях в этой области.

Существуют также специфические культурные подсистемы конкретных профессий, имеющие свою структуру, свои центральные или ядерные конструкты и свою периферию, свои субъектно-объектные особенности, внутреннюю специфику межличностных отношений и т.д. Изучая современную российскую реальность в избранной нами области, стоит учитывать и соотношение различных ипостасей профессиональной культуры.

В обыденном сознании, в том числе сознании профессионалов, профессиональная культура – это оценочная категория и категория достижения. Она якобы может отсутствовать даже у людей, получивших специальную подготовку и, наоборот, присутствовать у талантливых дилетантов. Само по себе такое понимание следует всесторонне изучать в самых разнообразных его вариациях. Существует, например, мнение, согласно которому профессиональная культура включает в себя доведённую до автоматизма профессиональную технологию. Мало кто из респондентов интерпретирует профессиональную культуру в нейтральном ключе, не видя в ней только уровень профессионального мастерства и способностей. Такое расхождение в повседневном и научном понимании также делает избранную нами проблему важной и достойной тщательного исследования.

К системообразующим противоречиям профессиональной культуры, актуальным на современном этапе развития нашей страны, относятся, как мы предполагаем, следующие:

- между идеальной составляющей профессиональной культуры и реальными условиями существования профессии;
- между скрытыми и явными интенциями членов профессионального сообщества;
- между творческим потенциалом профессионала и инерцией профессиональной организации;
- между традиционными представлениями о реализации в сфере профессии и изменившимися в условиях перехода к рынку приоритетами и мотивациями деятельности;
- между профессионалом и объектом его деятельности;
- между способностями, склонностями носителя профессии и его профессиональным выбором;
- между объективными потребностями общества и субъективными целями профессионалов;
- между различными статусными позициями как внутри профессии, так и в профессиональной подсистеме в целом;
- между уровнем профессионального мастерства и статусом носителя профессии;
- между профессионализмом и дилетантизмом (неоднородное и парадоксальное противоречие);
- между нормативным и идеальным целеполаганием и такими конструктами профессиональной культуры, которые отражают способы достижения цели.

В ходе изучения феномена профессиональной культуры, возможно, будут выявлены и другие противоречия, но даже а priori ясно, что каждое из обозначенных противоречий мо-

жет быть конструктивным и неконструктивным, в зависимости от содержательного наполнения и культурной конкретики. Предполагается, что эти антиномии представляют собой подвижную иерархию и вступают в системные отношения, актуализируясь, так или иначе, в конкретном социокультурном контексте.

**Максимова Лариса Николаевна** –

кандидат педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой «Иностранные языки» Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 11.10.06, принята к опубликованию 05.12.06*

УДК 377 (091)

**А.М. Руст**

### **ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОГО ПОДХОДА В СИСТЕМАХ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА**

*Раскрывается необходимость использования эконометрического подхода в системах менеджмента качества, что отражает комплексный подход к исследованиям и системный подход к реализации систем менеджмента качества.*

**A.M. Rust**

### **ECONOMETRIC APPROACH APPLICATION IN QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS**

*The article describes the necessity of econometric approach application in the systems of quality management which introduces a complex research approach and systematic approach in achieving of the system of the quality management.*

На сегодняшний день в качестве одного из эффективных методов мониторинга процессов контроля качества образовательной деятельности в высшей школе можно применить комплексный подход к исследованиям и системный подход к реализации систем менеджмента качества. Если в работе возникают затруднения методического и терминологического плана, то для данной системы менеджмента качества вместо использования понятия «системный подход» по смыслу стоит употреблять словосочетания: формирование требуемых системных свойств: гибкости и адаптивности, слабой зависимости от влияния факторов и параметров различной природы, хорошей наблюдаемости и управляемости, а также других аналогичных свойств. Феноменологический подход наряду с экспериментально-аналитическим практически безупречен при формировании нормативных документов уровня рекомендаций, для создания отраслевых и университетских образовательных норм и стандартов можно применять и другие подходы. Часто встречаются случаи, когда трудно получить ответ на вопросы, соответствующие критерию единства: где, когда и зачем применя-

лись рассматриваемые математические модели, какая модель или критерий являются основными. Как одна из типичных ошибок может быть названо неразличие терминов: мониторинг, диагностика и контроль. Последний имеет два обычно различных смысла: метрологический – регистрация бинарных состояний, управленческий – связанные в одном цикле измерение и управление.

Очень часто при разработке нормативно-методических документов используют методы регрессионного и корреляционного анализа. При этом нет устойчивого владения терминами и понятиями: доля объясненной дисперсии, остаточная дисперсия, значимость корреляции при прямом использовании феноменологического подхода, отличие последнего от комплексного и системного подходов, соотношения между требованиями к адекватности модели и выходными параметрами управления, коэффициенты влияния. Очень важно отметить, что большинство ошибок связано с размерностями в регрессионных уравнениях. Нет представления, что переход к логарифмам в регрессионных уравнениях – это переход к интерпретации модели в относительных величинах. Обычно трудно получить информацию об обосновании границ употребимости модели, например, об ограничениях для объекта обсуждения. С большим трудом удается получить ответ о возможностях управления или идентификации объекта – долях детерминированной, коррелированной и собственно случайной составляющих. Излишней представляется гонка за большими размерностями, например, третьей. Среди научно-педагогических работников заметно психологическое нежелание и неумение интерпретировать полученные модели, использовать известный и личный опыт, дать оценку, насколько малое изменение одного из входных факторов модели приведет к абсолютному или относительному изменению выходного фактора и в каком направлении. Замечна путаница в целях и методических средствах решения задачи.

Паллиативом в данном случае может быть использование эконометрического подхода, под которым понимается целенаправленная реализация определенного набора математико-статистических средств, позволяющих верифицировать модельные соотношения между анализируемыми показателями и оценивать неизвестные значения параметров в этих соотношениях на базе исходных данных. При этом интерес представляют не только выявление объективно существующих (например, педагогических, экономических) законов и связей между показателями, но и подходы к их формализации, включающие в себя методы спецификации соответствующих моделей с учетом проблемы их идентифицируемости и содержательности.

Под математико-статистическим инструментарием эконометрики подразумеваются отдельные разделы математической статистики: классическая и обобщенная модели регрессионного анализа, анализ временных рядов, построение и анализ систем одновременных уравнений с учетом специальных типов моделей регрессии, подходов к решению проблемы спецификации моделей. Главное назначение эконометрического подхода – модельное содержательное описание конкретных количественных взаимосвязей, существующих между анализируемыми показателями. По конечным прикладным целям выделяют прогноз показателей и имитацию различных возможных сценариев развития анализируемой системы менеджмента качества образовательного процесса.

Основой применения эконометрического подхода является проверка условий теоремы Гаусса – Маркова с основными допущениями для модели линейной регрессии. Осуществляется проверка на мультиколлинеарность и гетероскедастичность, проводится анализ матрицы парных корреляций, необходимости введения постоянной, фиктивных и инструментальных переменных, оценка параметрических ограничений существования модели. Формируются целенаправленные решения, направленные на повышение адекватности модели (коэффициента детерминации) – доли объясненной дисперсии. Даются оценки (абсолютные и относительные) влияния изменения возмущающего фактора на выходной параметр качества.



Основная процедура применения эконометрического подхода заключается в следующем. На основе полученного набора данных и предварительного статистического анализа формируется эконометрическая модель, которую с использованием отработанных программных продуктов проверяют на экспериментальных данных, после чего ее тестируют на пригодность. В случае утвердительного ответа проводят тестирование статистических гипотез и дают ответы на вопросы специалистов, в случае отрицательного – переходят к началу цикла. Качество подгонки предварительно оценивают с помощью оценки значимости коэффициента детерминации, в регрессионную модель обычно рекомендуется включать свободный член для компенсации неортогональности вектора остатков. При проверке адекватности проверяют гипотезу совместной значимости всех коэффициентов модели, линейность регрессии и оценку ограничений на параметры.

Использование эконометрического подхода позволяет дисциплинировать способ мышления научного исследователя и разработчика нормативных документов: среда, позиция, актуальность, цель, задачи, средства и ресурсы, разбиение задач на подзадачи и их взаимосвязка, а также дает простор реализации собственного опыта и «ноу-хау».

Систематические и случайные возмущения нарушают стабильность и устойчивость функционирования образовательных процессов и систем. Нестабильность статистических характеристик входных факторов вызывает значимую тенденцию изменения выходных параметров. Соответственно, изменение выходных параметров определяется воздействием возмущающих факторов, имеющих разную природу и разные тенденции изменения в ходе протекания исследуемого процесса.

Задачей исследования является установление функциональных связей между входными возмущающими факторами и выходными параметрами, выбор алгоритмов контроля и управления, оптимальных по выбранному критерию. Методы исследования дискретных статистических систем позволяют в силу циклического характера определить временные интервалы, в которых возмущающие факторы и выходные параметры незначительно изменяются, либо в этих условиях можно оперировать с их средними значениями.

Многофакторная математическая (эконометрическая) модель должна отвечать требованиям слабой зависимости (малой чувствительности) к изменяющимся условиям функционирования; адекватности процессу работы с точностью, достаточной для достижения цели управления или идентификации. Указанные требования не позволяют разработать адекватную аналитическую модель, целесообразным представляется экспериментальный путь, то есть создание эмпирической модели. Выявляется тенденция изменения рабочих параметров образовательного процесса (дрейфа настроек) в ходе технологического цикла. Отклонение измеряется на каждом цикле с обновлением измерений всего набора возмущающих факторов.

Общий вид модели:  $M(X_n / f_{1n}, f_{2n}, \dots, f_{mn})$  – условное ожидание выхода  $X_n$  в зависимости от входов  $f_{in}$ ,  $i = 1, \dots, m$ , описываемое уравнением регрессии. В этом случае возникает задача определения типа уравнения регрессии. На практике применяют ряд вспомогательных приёмов, которые позволяют обосновывать решение о принятии или отвержении гипотезы о выбранном типе уравнения регрессии. Само решение чаще всего принимается на основе субъективных соображений. В зависимости от условий работы определяется возможный вид математической модели.

Часто используют многофакторные модели второго порядка, причём параметры модели считают постоянными (стационарными). Для процессов, в которых применяются алгоритмы подналадки или адаптации, лучше использовать многофакторные модели первого порядка, а также методы идентификации с разделением возмущающих факторов на составляющие.

Новыми вопросами исследования многофакторной модели образования отклонения выходного параметра образовательного процесса являются применение алгоритмов идентификации в условиях априорной неопределённости о параметрах модели, исследование параметров модели на стационарность, математическое моделирование алгоритмов идентификации.

Определение параметров многофакторной математической модели проводится по полученным путём непосредственных измерений данным по отклонениям значений наблюдаемого выходного параметра от известной детерминированной линейно (кусочно-линейно) изменяющейся (систематической) составляющей.

Для рассмотрения связи между факторами, имеющими разную физическую природу, целесообразно использовать выражения в относительных погрешностях, для чего вводятся базовые величины соответствующих факторов  $X_{баз}$ ,  $f_{iбаз}$  и начальные  $X_{нач}$ ,  $f_{нач}$ . В качестве начального значения фактора примем его минимальное значение, а в качестве базового – максимальное (или математического ожидания, номинального значения).

Оценка корреляционной связи между факторами состоит из оценки величин математических ожиданий и дисперсий указанных величин; вычисления коэффициентов парной корреляции; построения матрицы множественной корреляции; определения веса каждого фактора в суммарной погрешности обработки (уравнение множественной регрессии); вычисления множественного корреляционного отношения с построением по ранжиру значимости парной корреляции между входными факторами и выходным параметром. Значимость множественного корреляционного отношения устанавливается по  $t$  критерию, который имеет распределение Стьюдента. Если расчётное значение превосходит табличное значение, соответствующее принятой доверительной вероятности (0,95 или 0,99), то гипотеза о реальной связи между отклонениями выходного параметра и исследуемыми факторами не отвергается экспериментом (для случая нелинейной связи). Показателем эффективности идентификации или управления рабочими параметрами устройства по выбранным возмущающим факторам является оценка величины остаточной дисперсии. При наличии тесной связи между факторами  $f'_{in}$  и  $f'_{jn}$  (при величине нормируемого коэффициента корреляции  $K_{f'_{in}f'_{jn}}$  больше 0,8) один из факторов можно исключить из дальнейшего рассмотрения. Для оценки степени адекватности полученного уравнения регрессии (при принятии решения о линейности) вычисляется нормированный коэффициент множественной корреляции между отклонениями значений наблюдаемого параметра от норматива (абсолютной нормы) и комплексом отобранных возмущающих факторов, причём величина коэффициента множественной корреляции изменяется в пределах  $0 \leq |R_x| \leq 1$ . В случае функциональной связи  $|R_x| = 1$ , в случае её отсутствия  $|R_x| \approx 0$ .

В реальных случаях величина  $R_{X_n}$  определяется по выборочным данным и может колебаться по отношению к истинной величине. Для проверки гипотезы об отсутствии корреляционной связи применяется критерий Стьюдента:  $t_R = t_R = \frac{R_{X_n}}{\sigma_R}$ , где  $\sigma_R$  – среднеквадратическая ошибка коэффициента множественной корреляции:  $\sigma_R = \frac{1 - R_{X_n}^2}{\sqrt{N_{выб} - m - 1}}$ .

Если расчётные значения  $t_R$  превосходят табличные значения, соответствующие принятой доверительной вероятности, то гипотеза о реальной связи между тенденцией изменения выходного параметра и факторами системы не отвергается экспериментом (для случая линейной связи).

На этапе предварительной статистической обработки данных строятся графики каждого фактора, вычисляются математическое ожидание и дисперсия, определяются параметры линейного тренда, корреляционная функция, строится матрица коэффициентов корреляции, показывающая статистическую зависимость между факторами, определяются коэффициенты регрессии, доля случайной составляющей.

Проводится выбор структуры (размерности) модели. Факторы, не имеющие достаточно высокой корреляции с изменениями значений наблюдаемого параметра или имеющие значимую корреляционную связь между собой в модели, не учитываются, причём не учиты-

ваются факторы, измерение которых более затруднительно, либо измерение их вызывает потери времени на мониторинг. При исследовании вариантов управления тенденцией изменения рабочих параметров моделировались с помощью определяемых параметров модели варианты идентификации или управления.

При реализации эконометрического подхода рекомендуется использовать следующую структуру общей модели:

$$Y_n = S \cdot (h_0 + h_1 \cdot x_{1n} + \dots + h_m \cdot x_{mn}) + Q \cdot (h_{D_{1n}^2} \cdot D_{1n}^2 + \dots + h_{D_{1n}^2} \cdot D_{1n}^2) + \\ + P \cdot (h_{D_1^3} \cdot D_{1n}^3 + \dots + h_{D_k^3} \cdot D_{kn}^3),$$

где  $S$ ,  $Q$ ,  $P$  – преобразование абсолютного или относительного вида (обычного или логарифмического вида);  $h_0, \dots, h_n$  – весовые коэффициенты для количественных входных факторов, получаемые методом наименьших квадратов;  $h_{D^2_1}, \dots, h_{D^2_1}$  – весовые коэффициенты для манекенов бинарного вида;  $h_{D^3_1}, \dots, h_{D^3_1}$  – весовые коэффициенты для манекенов светового вида.

Показателем эффективности идентификации параметров по выбранным возмущающим факторам является величина остаточной дисперсии  $\sigma^2_{od / f_{1n}, \dots, f_{mn}}$ .

При наличии тесной связи между факторами  $f'_{in}$  и  $f'_{jn}$  (при величине коэффициента корреляции  $K_{f'_{in}f'_{jn}}$  больше 0,8) один из этих факторов можно исключить из дальнейшего рассмотрения. Вычисляется коэффициент множественной корреляции между отклонениями параметров от норматива и комплексом отобранных возмущающих факторов, формируется матрица коэффициентов корреляции, характеризующая статистическую взаимосвязь отклонений контролируемого параметра с возмущающими факторами и факторов между собой. Анализируя полученные коэффициенты уравнения регрессии, математическое ожидание, дисперсию и корреляционные соотношения, судят о степени влияния возмущающих факторов на значение выходного параметра.

Согласно процедуре применения эконометрического подхода определяются весовые коэффициенты линейной регрессионной модели с включением дамми-переменных (манекенов).

Общая модель в конечном итоге часто имеет следующий структурный вид:

$$Y_n = h_0 + h_1 \cdot x_{1n} + h_{D^2_{1n}} \cdot D_{1n}^2,$$

где  $h_0, \dots, h_n$  – весовые коэффициенты для количественных входных факторов, получаемые методом наименьших квадратов;  $h_{D^2_1}$  – коэффициенты для манекенов бинарного вида. Расчет по методу наименьших квадратов приводит к определению параметров регрессионного уравнения.

Эконометрический подход использовался автором при анализе эффективности производственной практики студентов дорожно-строительных специальностей. С учетом полученных оценок коэффициентов относительного влияния параметров входных факторов модели производственной практики на последующее трудоустройство выпускников факультета разработаны рекомендации и проект стандарта дорожно-мостового предприятия в системе менеджмента качества кадровой работы для ряда дорожно-строительных предприятий.

**Руст Алескер Мамедович –**

преподаватель кафедры «Иностранные языки»

Саратовского государственного технического университета

*Статья поступила в редакцию 30.10.06, принята к опубликованию 05.12.06*

## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ В РЕДАКЦИЮ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК СГТУ»

1. Статья должна быть тщательно отредактирована и представлена в одном экземпляре, распечатанном 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 дискете (1,44 Мбайт) в формате текстового редактора «MS Word 97» или по электронной почте [vestnik@sstu.ru](mailto: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).

Далее авторы, название статьи и аннотация повторяются на английском языке.

Затем идет текст самой статьи и литература.

Статья завершается сведениями об авторах: ф.и.о. (полностью), ученая степень, ученое звание, место работы (полностью), должность, контактные телефоны.

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 рисунков.

Иллюстрации (рисунки, графики) должны быть расположены в тексте статьи и выполнены в одном из графических редакторов (формат tif, psc, 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 MS Word. 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. Рукописи статей представляются в редакцию с рецензией ведущего ученого в данной области, как правило, доктора наук.

10. Редакция оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

11. Статьи, не отвечающие перечисленным требованиям, к рассмотрению не принимаются, рукописи и дискеты авторам не возвращаются. Датой поступления рукописи считается день получения редакцией окончательного текста.

12. Для публикации и своевременной подготовки журнала необходимо заполнить регистрационную карту участника, представляемую на отдельном бумажном носителе и в электронном виде.