

**ВЕСТНИК  
САРАТОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

**2014**

**№ 3 (76)**

Научно-технический журнал

Издается с 2003 г.

**Выходит один раз в квартал**

Сентябрь 2014 года

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

**Главный редактор  
Заместитель главного редактора  
Ответственный секретарь**

д.и.н., профессор И.Р. Плеве  
д.т.н., профессор А.А. Сытник  
д.ф.-м.н., профессор В.В. Астахов

**Редакционный совет:** д.т.н. В.И. Волчихин, д.т.н. В.А. Голенков, д.и.н. В.А. Динес, д.х.н. В. Зеленский (Польша), д.т.н. В.А. Игнатъев, д.т.н. В.В. Калашников, д.т.н. И.А. Новаков, д.и.н. И.Р. Плеве (председатель), д.т.н. А.Ф. Резчиков, д. социол. н. С.Б. Суоров, д.т.н. А.А. Сытник (заместитель председателя), д.ф.-м.н. Я. Аврейцевич (Польша), д.э.н. У. Арнольд (Германия), д.ф.-м.н. Э. 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. В.А. Крысько, д.ф.-м.н. В.В. Астахов, д.х.н. А.В. Гороховский, д.т.н. В.Н. Лясников, д.ф.-м.н. Л.А. Мельников, д.т.н. Р.З. Аминов, д.т.н. Ю.Г. Иващенко, д.т.н. А.С. Денисов, д.т.н. А.А. Сытник, д.т.н. А.А. Большаков, д.филос.н. Д.В. Михель, д.биол.н. Е.И. Тихомирова, д.э.н. А.Н. Плотников, д.и.н. Г.В. Лобачева

Редактор Л.А. Скворцова  
Компьютерная верстка Н.В. Лукашовой  
Перевод на английский язык А.Х. Аскаровой

Адрес редакции:  
Саратов, 410054, ул. Политехническая, 77  
Телефон: (845 2) 99-87-39  
E-mail: vestnik@sstu.ru  
<http://dni.sstu.ru/vestnik.nsf>  
Факс: (845 2) 52-53-02

Подписано в печать 25.09.14  
Формат 60×84 1/8 Бум. офсет.  
Усл. печ. л. 63,5 Уч.-изд. л. 17,4  
Тираж 500 экз. Заказ 215  
Отпечатано в Издательстве СГТУ,  
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77

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

**Подписной индекс 18378**  
(каталог «Газеты. Журналы» на 1-е полугодие 2015 г.)



Scientific Journal

Since 2003

Once in a quarter

September 2014

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

**Editor-in-chief**  
**Editor-in-chief assistant**  
**Executive secretary**

Professor I.R. Pleve  
Professor A.A. Sytnik  
Professor V.V. Astakhov

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

**Editorial board:** Prof. V.A. Krysko, Prof. V.V. Astakhov, Prof. A.V. Gorokhovski, Prof. V.N. Lyasnikov, Prof. L.A. Melnikov, Prof. R.Z. Aminov, Prof. Y.G. Ivashchenko, Prof. A.S. Denisov, Prof. A.A. Sytnik, Prof. A.A. Bolshakov, Prof. D.V. Mikhel, Prof. Y.I. Tikhomirova, Prof. A.N. Plotnikov, Prof. G.V. Lobacheva

Editor L.A. Skvortsova  
Computer-based page-proof N.V. Lukashova  
Rendering A.H. Askarova

Editorial office: 77, Politechnicheskaya Street  
Saratov, 410054  
Russia  
Telephone: +8452/99-87-39  
E-mail: vestnik@sstu.ru  
<http://dni.sstu.ru/vestnik.nsf>  
Fax: +8452/52-53-02

Signed for publishing: 25.09.14  
Format 60×84 1/8 Paper offset.  
Apr. tp. l. 26,5 Acc.-pbl. 17,4  
Edition 500 psc. Order 215  
Printed in publishing house of SSTU,  
77, Politechnicheskaya St., Saratov, 410054,  
Russia

## СОДЕРЖАНИЕ

**МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА**

- Губенков А.Н., Фёдорова О.С.** Математическое моделирование глобальных процессов: разрешение парадокса альbedo земли и глобального потепления..... 7
- Крысько В.А., Салтыкова О.А., Вецель С.С.** Хаотическая динамика конструктивно и геометрически нелинейной системы, состоящей из замкнутой цилиндрической оболочки и внешне подкреплённой балки..... 15

**ФИЗИКА, РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**

- Байбурин В.Б., Кузнецов В.А.** Оптимизация параметров фоторезисторов на основе CDSE с учетом неоднородной генерации носителей..... 23
- Байбурин В.Б., Розов А.С.** Параметрический резонанс и генерация в плоском магнетроне ..... 28
- Байбурин В.Б., Розов А.С.** Усиление высокочастотного поля в скрещенных полях при параметрическом изменении магнитного поля ..... 31
- Кузнецов С.П.** Параметрический генератор грубого хаоса: схемотехническая реализация и моделирование в программной среде Multisim ..... 34

**ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

- Колесников А.В.** Влияние флокулянтов на электровосстановление цинка из сульфатных растворов..... 47
- Финаенов А.И., Тимофеева Н.В., Кузнецова Н.Ю., Финаенова Э.В., Забудьков С.Л.** Влияние режима анодной обработки и концентрации серной кислоты на свойства интеркалированных соединений графита..... 52

**МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ**

- Королев А.В., Королев А.А., Яковишин А.С.** Повышение качества деталей машин путем совершенствования геометрических параметров рабочих поверхностей..... 60
- Королев А.В., Нейгебауэр К.С.** Механизм шариковой раскатки колец шарикоподшипников ..... 63
- Кротинов Н.Б.** Поверхностное пластическое упрочнение лопаток газотурбинных двигателей ..... 68
- Круцило В.Г., Ситкина Л.П.** Упрочнение образцов из титановых сплавов смесью шариков и микрошариков с подогревом..... 71

**ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

- Медведева О.Н., Иванов А.И.** Развитие распределительных систем газоснабжения..... 75
- Попов И.Н., Рыхлов С.Ю.** Обоснование мощности генерирующей установки автономного источника по структуре электрической нагрузки потребителя..... 80

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ**

- Васильев Д.А., Шабельникова А.Ю., Иващенко В.А.** Алгоритм принятия решений по ремонту энергооборудования промышленных предприятий..... 84
- Кушников В.А., Кулакова Е.М., Кушников О.В.** Совершенствование математического обеспечения системы управления компрессорным хозяйством машиностроительного предприятия..... 89
- Чуркин Г.М.** Использование комбинаторно-логических методов структурного синтеза при выборе концепции технического обеспечения автоматизированных систем ..... 97
- Шабельникова А.Ю., Васильев Д.А., Иващенко В.А.** Оптимизация графика планово-предупредительного ремонта энергооборудования промышленных предприятий ..... 104

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

- Чайковский Д.С., Гулевич Н.А.** Анализ современных средств профилирования параллельных программ..... 109

**СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА**

- Енгоян А.Р., Азатян К.Р.** Архитектурно-градостроительные проблемы жилой застройки центра Еревана в настоящем ..... 114
- Корнева Е.В.** Градостроительные факторы обоснования реконструкции исторических комплексов ..... 119
- Корчагина А.Б., Федорова О.В.** Влияние архитектурных направлений стран Западной Европы и российских столиц на архитектуру Саратова рубежа XIX-XX веков: использование родственных мотивов в металлическом архитектурном декоре ..... 125
- Купчикова Н.В.** Оценка гармонического воздействия на свайные фундаменты с совместными поверхностными и концевыми уширениями ..... 129
- Никишин В.Е.** Учет в разрабатываемой технологии строительства асфальтобетонных покрытий способов их приготовления, укладки и эксплуатации при использовании дисперсных вяжущих ..... 134

**ТРАНСПОРТ**

- Самусова Т.В., Витвицкий Е.Е.** Совершенствование методики планирования перевозок грузов автомобилем на маятниковых и кольцевых маршрутах ..... 137
- Дьяков И.Ф.** Энергия – основа учета показателей автотранспортных средств..... 140

**СОЦИОЛОГИЯ И КУЛЬТУРОЛОГИЯ**

- Аблизин В.А.** Накануне 1 сентября 1939 года. Формула войны и мира..... 146
- Ананьев С.В.** Украинский аспект польского восстания 1863 года: забытые уроки прошлого ..... 150

<b>Варинова М.М., Гуськов Е.А.</b> Характер императорского культа при Веспасиане.....	154
<b>Воздвиженская А.В.</b> Родовидовые отношения в категории «родственники» .....	158
<b>Гвоздев М.Г., Суряпин С.Ю.</b> Из генералов в губернаторы: некоторые особенности формирования имперской административной элиты .....	162
<b>Данилин Е.М., Давыдова Н.В., Семенова С.А.</b> Реализация права осужденных на образование .....	167
<b>Калугина Т.А.</b> Информатизация в сфере чтения: взгляд молодежи (на примере молодых людей г. Саратова).....	171
<b>Карпов Ю.В.</b> Настоящее и будущее застройки Саратова с точки зрения горожан.....	174
<b>Лейни Р.Н.</b> Литературная и масс-медийная образность в контексте постмодернизма.....	181
<b>Матвеева В.В., Шамьенова Г.Р.</b> Проблема мониторинга воспитательной работы со студентами в техническом вузе в контексте формирования инновационного общества .....	186
<b>Пашаева М.Р.</b> Социологическая характеристика руководителей учреждений культуры и искусства .....	195
<b>Печенкина С.О.</b> Факторы, формирующие композиторскую индивидуальность (на примере творчества В.-А. Моцарта).....	198
<b>Шеляхина Н.В.</b> Реализация установок толерантности в языковой политике на постсоветском пространстве (на примере Армении) .....	203
<b>Шергалиева М.Т.</b> Этническая идентичность как вид социальной идентичности .....	207



## CONTENTS

### **MATHEMATICS AND MECHANICS**

- Gubenkov A.N., Fedorova O.S.** Mathematical modeling of global processes:  
resolving the earth albedo paradox and global warming ..... 7
- Krysko V.A., Saltykova O.A., Vetsel S.S.** Chaotic dynamics of a structurally and geometrically nonlinear system  
consisting of a closed cylindrical shell and outwardly supported beams ..... 15

### **PHYSICS, RADIOTECHNICS AND ELECTRONICS**

- Baiburin V.B., Kuznetsov V.A.** Optimization of the CDSE-based photoresistors parameters  
with inhomogeneous carrier generation..... 23
- Baiburin V.B., Rozov A.S.** Parametric resonance and generation in the planar magnetron ..... 29
- Baiburin V.B., Rozov A.S.** Amplification of the high-frequency field in crossed fields under parametric variations  
in the magnetic field..... 31
- Kuznetsov S.P.** A parametric oscillator of robust chaos: a circuit implementation  
and simulation using the Multisim program..... 34

### **CHEMISTRY AND CHEMICAL TECHNOLOGIES**

- Kolesnikov A.V.** Influence of flocculants on the electroreduction of zinc sulfate solutions ..... 47
- Finaenov A.I., Timofeeva N.V., Kuznetsova N.Yu., Finaenova E.V., Zabud'kov S.L.** Anodic treatment  
and sulfuric acid concentration effect for the properties of intercalated graphite compounds ..... 53

### **ENGINEERING AND MACHINE-BUILDING**

- Korolev A.V., Korolev A.A., Yakovishyn A.S.** Quality improvement of machine parts  
using geometric parameters to the working surfaces ..... 60
- Korolev A.V., Neugebauer K.S.** A mechanism for ball rolling of ring bearings ..... 63
- Krotinov N.B.** Strengthening surface plastic blades in gas turbine engines ..... 68
- Krucilo V.G., Sitkina L.P.** Strengthening machine parts by mixture balls and heated microbeads ..... 71

### **POWER ENGINEERING AND ELECTRICAL ENGINEERING**

- Medvedeva O.N., Ivanov A.I.** Development of gas supply distributive systems ..... 75
- Popov I.N., Ryhlov S.Yu.** Assessing the capacity of independent generating units by the structure  
of consumer electric demand ..... 80

### **AUTOMATION AND CONTROL**

- Vasilev D.A., Shabelnikova A.U., Ivaschenko V.A.** An algorithm for decision-making on the repair  
of power equipment at industrial enterprises..... 84
- Kushnikov V.A., Kulakov E.M., Kushnikov O.V.** Improvement of mathematical software for the management  
of compressor facilities at engineering companies..... 90
- Churkin G.M.** A combinatorial-and-logical method to the structural synthesis applied to define maintenance  
support concepts for automated systems ..... 97
- Shabelnikova A.Yu., Vasilev D.A., Ivaschenko V.A.** Optimization of preventative power equipment maintenance  
at industrial enterprises..... 104

### **INFORMATION TECHNOLOGIES**

- Chaikovsky D.S., Gulevich N.A.** Analysis of modern profiling means of parallel programs..... 109

### **CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE**

- Yengoyan A.R., Azatyan K.R.** Architectural and urban problems of residential development  
in yerevan centre at present ..... 114
- Korneva E.V.** Urban factors in the reconstruction of historical complexes ..... 119
- Korchagina A.B., Fedorova O.V.** Architectural trends of Western European and Russian capitals  
in the architecture of Saratov at the turn of XIX-XX century: using similar ideas in metal-made décor..... 126
- Kupchikova N.V.** Evaluating harmonic influence on the pile foundation with a joint surface and end broadening..... 129
- Nikishin V.E.** Fabrication, laying and exploitation techniques in asphalt concrete covering  
using dispersal cementing components ..... 134

### **TRANSPORT**

- Samusova T.V., Vitvitsky E.E.** Improving the methods of transport planning across the shuttle routes and roundabouts..... 137
- Dyakov I.F.** Energy as the basis for accounting motor vehicle indicators ..... 140

### **PHILOSOPHY, SOCIOLOGY AND CULTUROLOGY**

- Ablizin V.A.** On the eve of 1 September, 1939. A formula of war and peace ..... 146
- Ananyev S.V.** Ukrainian aspect in the polish uprising in 1863: forgotten lesson of the past..... 150
- Varinova M.M., Gus'kov E.A.** The character of imperial cult in the reign of Vespasian ..... 154
- Vozdvizhenskaya A.V.** Genus-species relations in the category «Relatives» ..... 158
- Gvozdev M.G., Suryapin S.Y.** From generals to governor-generals: peculiarities  
of imperial administrative elite..... 162

<b>Danilin E.M., Davydova N.V., Semenova S.A.</b> Realization of the right of prisoners to education .....	167
<b>Kalugina T.A.</b> Incorporating information technologies in reading based on the survey of Saratov youth .....	172
<b>Karpov Yu.V.</b> The present and future development of Saratov .....	174
<b>Leyni R.N.</b> Literary and mass-media imagery in the context of postmodernism.....	181
<b>Matveeva V.V., Shamyenova G.R.</b> The problem of monitoring educational work with students in a technical university in the context of the formation of an innovative society .....	187
<b>Pashaeva M.R.</b> Sociological characteristics of the managerial staff in arts and culture institutions .....	195
<b>Pechenkina S.O.</b> The factors shaping individuality of a composer (Mozart's works as an example) .....	198
<b>Shelyakhina N.V.</b> Tolerance attitudes in the language policy in the former soviet republics (the example of Armenia).....	203
<b>Schergalieva M.T.</b> Ethnic identity as a type of social identity .....	207

# МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

УДК 51-7

А.Н. Губенков, О.С. Фёдорова

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ: РАЗРЕШЕНИЕ ПАРАДОКСА АЛЬБЕДО ЗЕМЛИ И ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

*Математическая модель глобального потепления с увеличивающимся альбедо Земли построена на основе «мягкого» математического моделирования с учётом причинно-следственных связей реальных глобальных процессов. Предложенная модель разрешает парадокс альбедо Земли и глобального потепления и даёт прогнозы, хорошо согласующиеся с последними данными.*

Моделирование, математическое моделирование, «мягкие» математические модели, модели реальных объектов и процессов, альбедо Земли, глобальное потепление, глобальные процессы

A.N. Gubenkov, O.S. Fedorova

## MATHEMATICAL MODELING OF GLOBAL PROCESSES: RESOLVING THE EARTH ALBEDO PARADOX AND GLOBAL WARMING

*A mathematical model of global warming with increasing Earth albedo is developed on the basis of «soft» mathematical modeling which considers the cause-effect relations in real-world global processes. The given model resolves the Earth albedo paradox and global warming, and provides predictions which are well-consistent with the latest data.*

Modeling, mathematical modeling, «soft» mathematical models, real objects and processes models, Earth's albedo, global warming, global processes

### Введение

#### Парадокс альбедо Земли и глобального потепления

Ещё Леонардо да Винчи говорил, что свет, который делает тёмную часть видимой Луны заметной для наблюдателя, падает с Земли. В начале XX века французский астроном Данджон произвёл первые количественные наблюдения земного свечения. Но этот метод был забыт и не использовался почти 50 лет, пока профессор Стивен Е. Кунин (Stiven E. Koonin) не описал его современный потенциал в своей статье 1991 года. Кунин предположил, что изучение отраженного от Земли света в течение длительного периода времени даёт возможность заметить изменения климата Земли. Если на планете становится теплее, например из-за парникового эффекта, то это снижает количество снега и льда, соответственно уменьшает «сияние» планеты, т.е. альбедо Земли (А.З.). В 1994 году был начат международный эксперимент по исследованию и измерению альбедо Земли.

**Альбедо** – характеристика отражательной способности поверхности: процентное отношение потока излучения, рассеянного поверхностью по всем направлениям, к падающему на неё потоку. Понятием альбедо широко пользуются при исследованиях планет и их спутников. Отдача солнечной радиации Землёй складывается из отражения от земной поверхности, рассеяния прямой радиации атмосферой в мировое пространство (обратного рассеяния) и отражения от верхней поверхности облаков. А.З. в видимой части спектра (визуальное) – около 40%. Для интегрального потока солнечной радиации интегральное (энергетическое) А.З. около 35%. В отсутствие облаков визуальное А.З. было бы около 15%.

В нынешнюю эпоху глобального потепления больше половины поверхности Земли покрыто облаками, а именно они оказывают существенное влияние на альбедо Земли. Структура облачного покрова определяется количеством тепла, достигшего поверхности Земли, а также поглощенного самой атмосферой. Облака одновременно и охлаждают Землю (в особенности низкие плотные облака), и способствуют её нагреву, действуя как своеобразное «одеяло» (в основном высотные тонкие облака). Наблюдаемый учёными на протяжении последних пяти лет рост альбедо Земли плохо согласуется и просто противоречит тенденции повышения температуры на поверхности Земли и мирового океана, поскольку рост доли солнечной радиации, отражаемой обратно в космическое пространство, должен приводить к соответствующему уменьшению той её доли, которая достигает Земли и способствует разогреву планеты.

По мнению некоторых исследователей, таких как Филипп Р. Гуд (Philip R. Goode), профессор физики Технологического института штата Нью-Джерси, и директор солнечной обсерватории Big Bear в Калифорнии (США), и его коллег, парадокс – одновременный рост глобального потепления и рост альбедо Земли – может быть связан с ростом облачности в сочетании с необычными изменениями строения самой облачности. В своей работе «Возможность одновременного роста альбедо Земли и температуры поверхности планеты» (Can the Earth's Albedo and Surface Temperatures Increase Together?), опубликованной в еженедельном издании американского геофизического союза EOS в январе 2006 г., доктор Гуд отмечает: «Последние результаты анализа облачного покрова, полученные в рамках проекта International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP), подтверждают выявленный в отражающей способности Земли тренд. Данные свидетельствуют о том, что с 2000 года по настоящее время облачный покров изменился таким образом, что Земля будет продолжать нагреваться, несмотря на сокращение количества доходящей до нее солнечной радиации. Наблюдаемая значительная и необычная изменчивость облачного покрова в сочетании с вызванным ею ростом альбедо представляют собой фундаментальное препятствие не только прогнозированию климата Земли, но и самой возможности адекватно представлять происходящие в нём процессы» [1-8].

Данные наблюдений за облачным покровом Земли в рамках программы ISCCP на протяжении последних 20 лет обескураживают учёных. Опасения метеорологов подтверждают свежие данные метеонаблюдений из Арктики, которые свидетельствуют о том, что планета нагревается даже сильнее, чем считалось ранее. В период между 1998 и 2010 гг. температура на Северном полюсе возросла на 0,11 градуса, что на 0,04 градуса больше, чем предполагалось. А в целом десять самых тёплых лет пришлись на последние годы.

### **Основные факторы и причинно-следственные связи глобального потепления**

Приведенное выше является достаточным основанием для изучения вопроса: какие ещё факторы в настоящее время являются главными признаками изменения климата и сильно ли они изменяются?

1. Проблема парниковых газов, прежде всего углекислого, носит фундаментальный характер, т.к. в существующих глобальных климатических моделях содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере непосредственно влияет на изменение климата Земли. Количественные оценки циклов углерода, в том числе в масштабах всей нашей планеты, систематически анализировались научным сообществом с конца 1960-х годов после публикации первых результатов работ, выполненных под эгидой Римского клуба [9-12].

Политическую актуальность и международное звучание проблема углерода приобрела после подписания Киотского протокола. Установленные им для различных государств квоты по выбросу  $\text{CO}_2$  в атмосферу вызвали противоречивые суждения и неоднозначную реакцию как среди широкой общественности, так и у правительств различных государств. Например, администрация Дж. Буша дезавуировала подпись США под этим договором [13].

2. В последнее десятилетие включился новый и теперь уже доминирующий фактор – антропогенное усиление парникового эффекта [6]. Сейчас в Сенате США обсуждается специальный закон о предотвращении антропогенного изменения климата, на чем настаивает Барак Обама.

3. Климат Земли зависит как от космических, так и от планетарных факторов [5, 14-20]: увеличение альбедо Земли; смещение температурных зон в литосфере Земли; перестройка течений в Северной Атлантике; повышение температуры мирового океана; таяние ледников; снижение растворимости  $\text{CO}_2$  в океанической воде; рост средней температуры поверхности Земли; рост концентрации паров  $\text{H}_2\text{O}$  в атмосфере; увлажнение климата; техногенный выброс аэрозолей в стратосферу; техногенные выбросы  $\text{CO}_2$ ; увеличение площади тропических морей; повышение продуктивности биоценозов тропических морей; разложения донных отложений метабидрантов; увеличение площади болот; повышение продуктивности биоценозов болот; ускорение химической реакции разложения карбонатов.

Все вышеприведенные факторы взаимодействуют и связаны друг с другом. Например, отметим, что парниковый эффект в основном вызван водяным паром ( $H_2O$ ). Но его сегодняшнее усиление обусловлено антропогенными выбросами углекислого газа ( $CO_2$ ) и других парниковых газов (ПГ).

Одна из схем взаимодействия:  $CO_2$  увеличивает температуру, а температура увеличивает содержание  $CO_2$ . Образуется положительная обратная связь, которая может привести к лавинообразному росту парникового эффекта. Также при повышении температуры и постоянной относительной влажности будет расти абсолютная влажность, т.е. содержание водяного пара. Однако, помимо потепления климата, водяной пар, сконденсированный в облаках, повышает отражательную способность Земли, т.е. альбедо Земли [1].

Кривые температуры и концентрации углекислого газа и метана в атмосфере очень похожи друг на друга. Поэтому баланс  $CO_2$  (углерода) является основным стержнем любой климатической модели [19]. Основной рост  $CO_2$  пришёл на последние 30 лет (примерно на 100%). В 2007 г. в США  $CO_2$  был признан загрязняющим веществом [21]. Отметим, что основным хранилищем  $CO_2$  на земле являются болота. Глобальные выбросы других ПГ в результате деятельности человека увеличились за это же время примерно в 2 раза.

Отметим, что без парникового эффекта средняя температура приземного слоя атмосферы Земли была бы  $-19^\circ C$ . Сейчас средняя температура на Земле за счёт парникового эффекта уже  $14,5^\circ C$ . Вклады парниковых газов в общий парниковый эффект составляют: водяного пара  $-20,6^\circ C$ , углекислого газа  $-7,2^\circ C$ , озона  $-2,4^\circ C$ , закиси азота  $-1,4^\circ C$ , метана  $-0,8^\circ C$ .

Кроме атмосферы, очень важна и роль океана. Он завершает круговорот углерода ( $CO_2$ ) «атмосфера – растительность – уголь – сжигание –  $CO_2$  в атмосфере – океан –  $CaCO_3$  в морских организмах – дно океана» [20]. Сейчас океан поглощает 30% антропогенного  $CO_2$ , 50% антропогенного  $CO_2$  накапливается в атмосфере и 20% его же в биосфере. А как поведёт себя океан, если концентрация  $CO_2$  в атмосфере вырастет в 2 раза? Это важнейший вопрос для климата в XXI веке.

Обратим внимание на тот факт, что количество водяного пара в нижнем слое стратосферы увеличилось на 10% за последнее десятилетие! Вот отсюда и идёт резкая перестройка характера распределения облачности по ярусам. Раньше различие между высотной и низкой облачностью стабильно поддерживалось на уровне 7-8%, Однако за последние 5 лет этот параметр практически удвоился, достигнув значения 13%. До этого данный параметр в течение длительного времени испытывал лишь незначительные колебания. Очевидно, что увеличение на 5% высотных серебристых облаков, хорошо отражающих солнечную энергию и в то же время играющих роль «одеяла», и является основным вкладом в увеличение за этот же период альбедо Земли тоже на 5% [2].

Ещё один фактор, влияющий на альбедо, непосредственно связан с человеческой деятельностью – это выбросы сажи, которые уже сейчас оказывают влияние на поглощение солнечной энергии атмосферой и поверхностью Земли. Некоторые современные исследования показывают, что сажа – второй наиболее значимый фактор современного потепления климата после парникового эффекта от углекислого газа, её вклад в потепление может достигать 15-30%. Частицы сажи, находясь в нижних слоях атмосферы и выпадая на поверхность Земли, способствуют их разогреву, а вот находясь в верхних слоях атмосферы, они фактически преграждают путь части солнечной радиации. Знаменитые расчёты «ядерной зимы» как раз и основаны на предположении, что в результате военного столкновения большие массы сажевых частиц попадут в верхние слои атмосферы.

В противоположность саже сульфатные аэрозоли увеличивают альбедо Земли, рассеивая и отражая падающее солнечное излучение (в то же время они поглощают и инфракрасное излучение, но их антипарниковый эффект более выражен, чем парниковый). Основные источники поступления этих аэрозолей – вулканическая деятельность и промышленность. Ещё одним значимым источником сульфатных аэрозолей, как показывают современные исследования, является планктон. Он выделяет в атмосферу диметилсульфид – соединение серы, которое в ходе дальнейших химических реакций в атмосфере приводит как раз к образованию сульфатных аэрозолей [5]. Аэрозоли увеличивают отражающую способность облаков и перестраивают их структуру. Капельки становятся мельче, и они дольше находятся в атмосфере.

Отдельным и важным источником метана являются метангидранты на дне океана и в вечной мерзлоте. Новые оценки роли вечной мерзлоты указывают на потенциал, способный значительно усилить атмосферные концентрации метана в случае их освобождения. Площадь вечной мерзлоты снизится к 2100 году от 1 млн до 10 млн  $km^2$  по различным оценкам. Это включает дополнительные обратные связи, вызванные распадом вечной мерзлоты, в том числе эмиссию метана и почвенного или болотного углерода. Все они влияют на дальнейшее усиление потепления. Некоторые утверждают, что антропогенное потепление повышает вероятность катастрофического высвобождения этих ПГ. Также утверждают, что при разогреве Арктики площадь открытой поверхности торфяников (болот) будет сильно расти, тем самым усиливая общий объём выбросов ПГ. Предполагается, что это произойдёт в XXI веке [3].

Существенное влияние на климат Земли оказывают такие факторы как литосфера Земли и биоценозы океана, суши и болот. Например, значительное понижение литосферных плит на севере Канады два года назад привело к тому, что холодные воды из под Арктического ледового щита хлынули навстречу Гольфстриму и развернули глобальное течение обратно в районе Северной Англии. Это привело к тому, что резко изменился зимний климат всей Западной Европы.

Биоценоз – это исторически сложившаяся совокупность животных, растений, грибов и микроорганизмов, населяющих относительно однородное жизненное пространство. Биоценоз – это динамическая, способная к саморегулированию система, компоненты которой (продукты, консументы, редуценты) взаимосвязаны.

Очевидно, что для анализа взаимодействия всех этих факторов, парадоксов и результатов нужны новые математические модели, описывающие глобальные процессы [5, 6, 23, 24]. Целью данной работы является построение такой новой математической модели глобального потепления, которая разрешит наблюдаемый парадокс альbedo Земли и глобального потепления и даст прогнозы, хорошо согласующиеся с последними экспериментально установленными фактами.

### «Мягкое» математическое моделирование глобальных процессов

Построение этой новой модели проводится на основе «мягкого» математического моделирования реальных процессов [22-25], учитывающего основные причинно-следственные связи глобального потепления [26].

В любой текстовой задаче можно выделить объекты (факторы) и отношения между ними. Изобразим объекты (факторы) в виде точек, а отображения (причинно-следственные связи) – в виде дуг, направленных от одной точки к другой, т.е. построим орграф по текстовой задаче. На дугах ставят знаки «+» или «-», показывающие воздействие, увеличивающее или уменьшающее другой фактор, а также коэффициенты, характеризующие интенсивность плюс-минус факторов на основе экспертных оценок. При чётко последовательном воздействии отображений их можно перемножать (рис. 1), при параллельном – складывать. Ориентированный граф (орграф) графически содержит ту же самую информацию, что и система дифференциальных уравнений (ДУ), расположенная рядом (здесь  $t$  – время, а  $\frac{dx_i}{dt}$  – скорость изменения фактора,  $i = 1,2,3,4$ ).

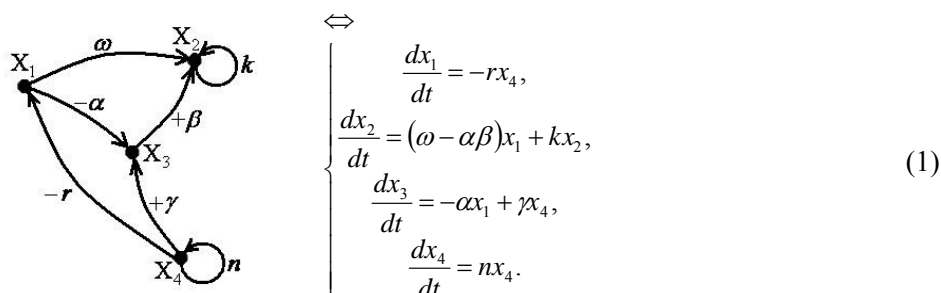


Рис. 1. Граф факторов и отображений и эквивалентная ему система ДУ, т.е. «мягкая» математическая модель

Отметим, что современные компьютерные технологии позволяют даже автоматизировать эту техническую сторону «мягкого» математического моделирования. При этом модель легко совершенствовать, добавляя новые факторы и новые отношения. Самое важное в модели – правильный учёт причинно-следственных связей системы. Умение строить «мягкие» математические модели различных процессов, исследовать их и давать интерпретацию полученным результатам может являться одним из приоритетных инновационных направлений при изучении глобальных процессов и построении дальнейших прогнозов на будущее.

### Построение «мягкой» модели глобального потепления с увеличивающимся альbedo Земли

Построим орграф, представляющий собой совокупность различных факторов, влияющих на рост средней температуры поверхности Земли (рис. 2). По построенному графу составим систему дифференциальных уравнений (2):

$$\begin{aligned} \frac{dY_0(t)}{dt} &= \alpha_1 Y_1(t) + \alpha_2 Y_2(t) - \alpha_3 Y_3(t) - \alpha_4 Y_4(t) - \alpha_5 Y_5(t) - \alpha_6 Y_6(t), \\ \frac{dY_1(t)}{dt} &= \alpha_7 Y_7(t) + \alpha_8 Y_8(t) + \alpha_9 Y_9(t) + \alpha_{10} Y_{10}(t) - \alpha_{11} Y_{11}(t) - \alpha_{12} Y_{12}(t), \quad \frac{dY_2(t)}{dt} = \alpha_{13} Y_0(t), \\ \frac{dY_3(t)}{dt} &= -\alpha_{14} Y_4(t) + \alpha_{15} Y_2(t) + \alpha_{16} Y_7(t), \quad \frac{dY_4(t)}{dt} = \alpha_{16} Y_0(t) - \alpha_{17} Y_{13}(t), \quad \frac{dY_5(t)}{dt} = \alpha_{18} Y_0(t), \end{aligned}$$

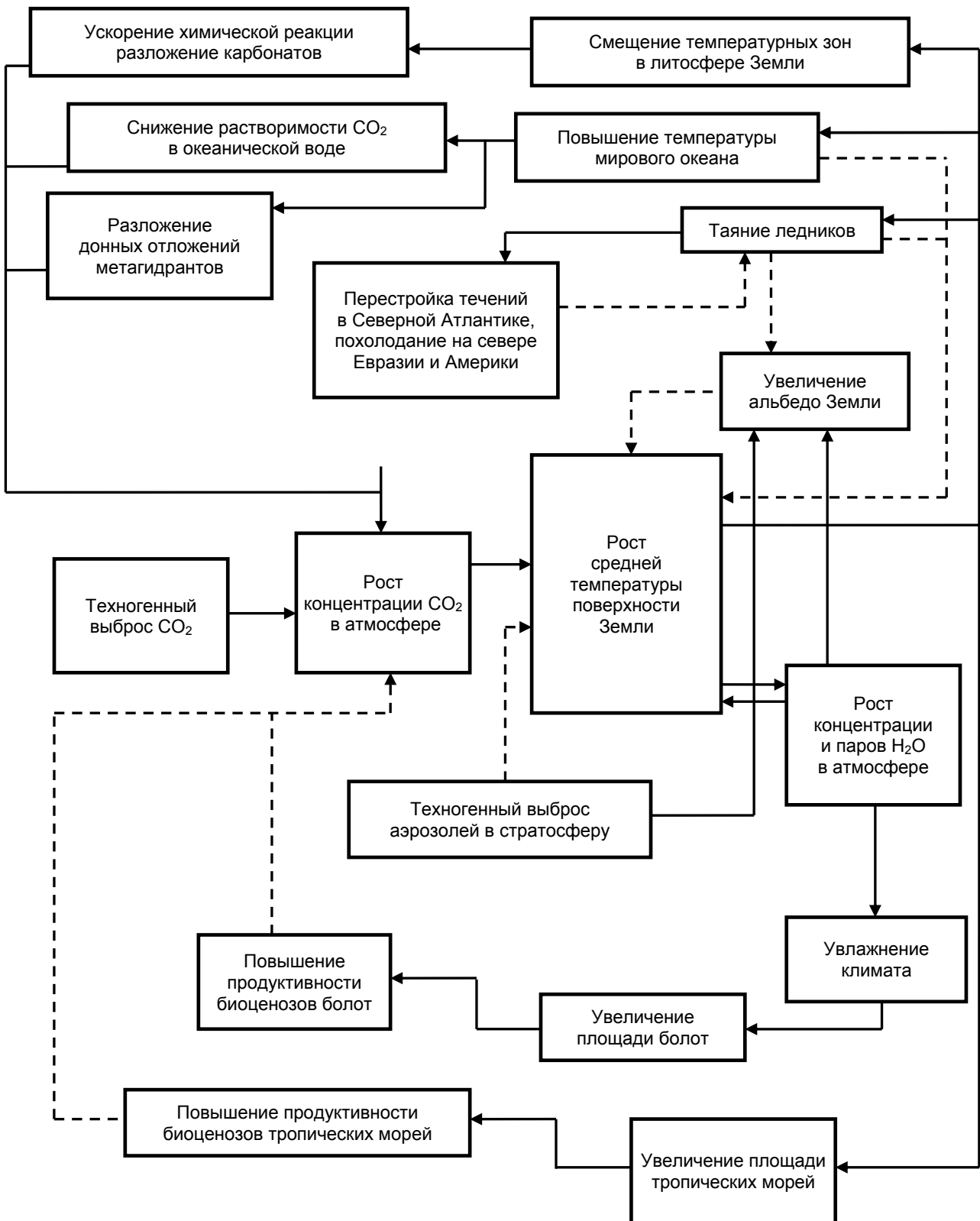


Рис. 2. Структурно-функциональная схема для создания математической модели глобального потепления

—————> – положительное влияние;    - - - - -> – отрицательное влияние

$$\frac{dY_8(t)}{dt} = \alpha_{19}Y_5(t), \quad \frac{dY_9(t)}{dt} = \alpha_{20}Y_5(t), \quad \frac{dY_{10}(t)}{dt} = \alpha_{21}Y_{14}(t), \quad \frac{dY_{11}(t)}{dt} = \alpha_{22}Y_{15}(t), \quad \frac{dY_{12}(t)}{dt} = \alpha_{23}Y_{16}(t),$$

$$\frac{dY_{13}(t)}{dt} = \alpha_{24}Y_4(t), \quad \frac{dY_{14}(t)}{dt} = \alpha_{25}Y_0(t), \quad \frac{dY_{15}(t)}{dt} = \alpha_{26}Y_{17}(t), \quad \frac{dY_{16}(t)}{dt} = \alpha_{27}Y_0(t), \quad \frac{dY_{17}(t)}{dt} = \alpha_{28}Y_2,$$

где:  $Y_0(t)$  – рост средней температуры поверхности Земли;  $Y_1(t)$  – рост концентрации  $\text{CO}_2$  в атмосфере;  $Y_2(t)$  – рост концентрации паров  $\text{H}_2\text{O}$  в атмосфере;  $Y_3(t)$  – увеличение альbedo Земли;  $Y_4(t)$  – таяние ледников;  $Y_5(t)$  – повышение температуры мирового океана;  $Y_6(t)$  – техногенный выброс аэрозолей в атмосферу;  $Y_7(t)$  – техногенный выброс  $\text{CO}_2$ ;  $Y_8(t)$  – разложение донных отложений метагидрантов;  $Y_9(t)$  – снижение растворимости  $\text{CO}_2$  в океанической воде;  $Y_{10}(t)$  – ускорение химической реакции разложения карбонатов;  $Y_{11}(t)$  – повышение продуктивности биоценозов болот;  $Y_{12}(t)$  – повышение продуктивности биоценозов тропических морей;  $Y_{13}(t)$  – перестройка течений в Северной Америке, похолодание на севере Евразии;  $Y_{14}(t)$  – смещение температурных зон в литосфере Земли;  $Y_{15}(t)$  – увеличение площади болот;  $Y_{16}(t)$  – увеличение площади тропических морей;  $Y_{17}(t)$  – увлажнение климата.

В результате решения данной системы были выбраны следующие значения коэффициентов.

	Физический смысл параметра	Значение
$\alpha_0$	Коэффициент влияния техногенного выброса аэрозолей на альbedo Земли	0,21
$\alpha_1$	Коэффициент влияния роста концентрации $\text{CO}_2$ в атмосфере на рост средней температуры Земли	0,997
$\alpha_2$	Коэффициент влияния роста концентрации $\text{H}_2\text{O}$ на рост средней температуры Земли	0,4301
$\alpha_3$	Коэффициент влияния увеличения альbedo Земли на рост средней температуры Земли	0,352
$\alpha_4$	Коэффициент влияния таяния ледников на рост средней температуры Земли	0,113
$\alpha_5$	Коэффициент влияния повышения температуры мирового океана на рост средней температуры Земли	0,207
$\alpha_6$	Коэффициент влияния техногенного выброса аэрозолей в атмосферу на рост средней температуры Земли	0,391
$\alpha_7$	Коэффициент влияния техногенного выброса $\text{CO}_2$ на рост концентрации $\text{CO}_2$ в атмосфере	0,982
$\alpha_8$	Коэффициент влияния разложения донных отложений метагидрантов на рост концентрации $\text{CO}_2$ в атмосфере	0,141
$\alpha_9$	Коэффициент влияния снижения растворимости $\text{CO}_2$ на рост концентрации $\text{CO}_2$ в атмосфере	0,201
$\alpha_{10}$	Коэффициент влияния ускорения химической реакции разложения карбонатов на рост концентрации $\text{CO}_2$ в атмосфере	0,229
$\alpha_{11}$	Коэффициент влияния повышения продуктивности биоценозов болот на рост концентрации $\text{CO}_2$ в атмосфере	0,097
$\alpha_{12}$	Коэффициент влияния повышения продуктивности биоценозов тропических морей на рост концентрации $\text{CO}_2$ в атмосфере	0,106
$\alpha_{13}$	Коэффициент влияния роста средней температуры поверхности Земли на рост концентрации паров $\text{H}_2\text{O}$	0,766
$\alpha_{14}$	Коэффициент влияния таяния ледников на уменьшение альbedo Земли	0,913
$\alpha_{15}$	Коэффициент влияния роста концентрации паров $\text{H}_2\text{O}$ на увеличение альbedo Земли	0,42
$\alpha_{16}$	Коэффициент влияния роста средней температуры поверхности Земли на таяние ледников	0,628
$\alpha_{17}$	Коэффициент влияния перестройки течений в Северной Атлантике и похолодания на севере Евразии и Америки на таяние ледников	0,384
$\alpha_{18}$	Коэффициент влияния роста средней температуры поверхности Земли на повышение температуры мирового океана	0,501
$\alpha_{19}$	Коэффициент влияния повышения температуры мирового океана на разложение донных отложений метагидрантов	0,439
$\alpha_{20}$	Коэффициент влияния повышения температуры мирового океана на снижение растворимости $\text{CO}_2$ в океанической воде	0,71
$\alpha_{21}$	Коэффициент влияния смещения температурных зон в литосфере Земли на ускорение химической реакции разложения карбонатов	0,672
$\alpha_{22}$	Коэффициент влияния увеличения площади болот на повышение продуктивности биоценозов болот	0,884
$\alpha_{23}$	Коэффициент влияния увеличения площади тропических морей на повышение продуктивности биоценозов тропических морей	0,811
$\alpha_{24}$	Коэффициент влияния таяния ледников на перестройку течений в Северной Атлантике и похолодание на севере Евразии	0,872
$\alpha_{25}$	Коэффициент влияния роста средней температуры поверхности Земли на смещение температурных зон в литосфере Земли	0,784



	Физический смысл параметра	Значение
$\alpha_{26}$	Коэффициент влияния увлажнения климата на увеличение площади болот	0,492
$\alpha_{27}$	Коэффициент влияния роста средней температуры поверхности Земли на увеличение площади тропических морей	0,324
$\alpha_{28}$	Коэффициент влияния роста концентрации паров $H_2O$ на увлажнение климата	0,11

### Анализ поведения построенной математической модели

В результате решения системы дифференциальных уравнений в программе MathCAD были получены графики динамики основных факторов. Так, модель показывает плавный рост средней температуры поверхности Земли на 5-6 градусов в период с 2000 по 2100 гг., что приведёт к существенным изменениям климата Земли. Последствием такого повышения температуры станет рост количества погодных аномалий, увеличение количества осадков, облаков; исчезновение многих видов животных и растений. Также при этом существенно поднимется уровень мирового океана из-за таяния ледников, что приведёт к затоплению огромных территорий и уничтожению многих крупных городов, находящихся на берегу океана (например, затопление Голландии, расположенной ниже уровня моря). Есть опасения, что при таянии ледников могут прорваться в атмосферу залежи метана, нанеся огромный удар по экологии Земли, и это только усилит глобальное потепление, ускорив его в десятки раз.

Альbedo Земли вырастет на 1,15% за этот же период времени. Отсюда видно, что в построенной модели парадокс альbedo Земли и глобального потепления разрешён, т.к. наблюдается одновременный рост глобального потепления на 5-6<sup>0</sup>С и рост альbedo Земли на 1,15 % за XXI век. Отметим, что факторы, которые непосредственно увеличивают альbedo Земли (водяной пар и аэрозоли), в этой модели играют двоякую роль: они влияют и на увеличение парникового эффекта. Как отмечалось выше, пары воды также являются одним из основных парниковых газов, и рост паров  $H_2O$ , который, по нашим расчётам, будет продолжаться, прямо влияет на рост глобального потепления.

При продолжении текущих темпов выбросов  $CO_2$  в атмосферу будет неуклонно расти концентрация  $CO_2$  в атмосфере. Поэтому необходимо ограничивать и уменьшать количество выбросов парниковых антропогенных газов, иначе рост углекислого газа может необратимо оказать пагубное влияние на всю экосистему планеты, усиливая парниковый эффект.

### Выводы, которые можно сделать на основе проведённого моделирования

Моделирование глобальных процессов на основе «мягкого» математического моделирования с учётом причинно-следственных связей позволяет строить топологические модели. Это практически важно, так как позволяет при необходимости легко и просто трансформировать модель, добавляя новые причинно-следственные связи. Например, можно вводить в модель и обратные связи, учитывая возможности управления глобальным процессом. Это и помогло построить математическую модель, разрешающую парадокс альbedo Земли и глобального потепления.

Обратная связь является основой саморегулирования как в простых, так и в сложных системах. Регулирование на основе обратной связи используется живыми организмами как метод приспособления к условиям существования. Например, в живом организме повышение температуры тела ведёт к расширению кожных капилляров, что способствует повышению теплоотдачи. Такая же отрицательная обратная связь введена в предложенной модели.

Выяснение законов обратной связи в организме Земли и их математическое описание позволяют понять суть механизмов глобальных процессов. Земля – живая. И увеличение альbedo Земли показывает, что у Земли имеются ещё возможности саморегуляризации. Главное – не пройти точку невозврата.

### Заключение

Глобальное потепление есть уже твёрдо установленный факт, с которым нельзя не считаться. Взаимосвязь климата и процессов, протекающих внутри экосистем, остаётся ещё крайне малоизученной. Однако для получения надёжных количественных и качественных прогнозов нужны дополнительные данные и новые модели. В частности, полезными могут оказаться и длительные наблюдения, не нарушающие структуру экосистем. Для этого и проводят измерения так называемого «пепельного света» – свечения стороны Луны отражённым от Земли светом. Сегодня учёные обнаружили, что, измеряя изменение и величину «земного свечения», можно изучать и прогнозировать изменения климата планеты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Can the Earth's albedo and surface temperatures increase together? / E. Palle, P.R. Goode, P. Montanes-Rodriguez, S.E. Koonin // EOS. 2006. Vol. 87. No. 4. 24 January,
2. Обсуждение проблемы учёными из Института космических исследований им. Годдарда (США) [Сайт] <http://www.realclimate.org> [дата обращения: 16.01.13]
3. Изменение климата на сайте Всемирной метеорологической организации. [Сайт] <http://www.wmo.ch> [дата обращения: 13.01.13]
4. IPCC (Межправительственная группа экспертов по изменению климата) Fourth Assessment Report. Working Group 1. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. [Сайт] <http://www.ipcc.ch> [дата обращения: 10.12.12]
5. Обсуждение роли различных факторов в изменении климата учёными из Института космических исследований им. Годдарда (США) [Сайт] <http://www.realclimate.org> [дата обращения: 10.12.12]
6. Обращение 255 членов Американской академии наук. Climate Change and the Integrity of Science. May 7, 2010. [Сайт] <http://dotearth.blogs.nytimes.com/2010/05/06/scientists-lash-at-mccarthy-like-threats> [дата обращения: 10.12.12]
7. Оценочный доклад об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Росгидромет 2008 г. [Сайт] <http://climate.2008.igce.ru> [дата обращения: 15.01.13]
8. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2011 год. Москва. 2012 г. Росгидромет. [Сайт] <http://www.meteor.ru> [дата обращения: 5.01.13]
9. Ильин И.В. Моделирование нелинейной динамики глобальных процессов / под ред. И.В. Ильина, Д.И. Трубецкова. М.: Изд-во МГУ, 2010. 412 с.
10. Гор А. Неудобная правда. Глобальное потепление. Как остановить планетарную катастрофу / А. Гор. М.: Амфора, 2007. 328 с.
11. Форрестер Дж.У. Мировая динамика / Дж. У. Форрестер. М.: АСТ, 2003. 384 с.
12. Медоуз Д. Пределы роста. Тридцать лет спустя / Д. Медоуз, Й. Рандерс, Д. Медоуз. М.: ИКЦ «Академкнига», 2007/ 342 с.
13. Кокорин А.О. Изменение климата: 100 вопросов и ответов / А.О. Кокорин. М.: WWF России, 2010. 120 с.
14. Интернет-энциклопедия «Википедия». [Сайт] [http://www.wikipedia.ru/wiki/Глобальное потепление](http://www.wikipedia.ru/wiki/Глобальное_потепление) [дата обращения: 13.01.13]
15. Карнаухов А.В. Роль биосферы в формировании климата Земли. Парниковая катастрофа. [Сайт] <http://www.pereplet.ru/parnik/text.html> [дата обращения: 5.01.13].
16. Володин Е.М. Отклик совместной модели общей циркуляции атмосферы и океана на увеличение содержания углекислого газа / Е.М. Володин, Н.А. Дианский // Известия РАН, Физика атмосферы и океана. Т. 39. 2003. С. 193-210.
17. Дымников В.П. Основы математической теории климата / В.П. Дымников, А.Н. Филатов М.: ВИНТИ, 1994. 252 с.
18. Авдин В.В. Математическое моделирование экосистем / В.В. Авдин. Ч. 1. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. 40 с.
19. Круговорот углерода. A Special Report of the IPCC. 2000. Cambridge Univ. Press. [Сайт] <http://www.cambridge.org> [дата обращения: 10.12.12]
20. Воздействие роста CO<sub>2</sub> на океан: Secretariat of the Convention on Biological Diversity. Scientific Synthesis of the Impact of Ocean Acidification on Marine Biodiversity. Montreal, 2009. [Сайт] <http://www.unep-wcmc.org>. [дата обращения: 10.12.12]
21. Доклад ЕРА (Агентство по защите окружающей среды США), поясняющий роль CO<sub>2</sub> как вещества со статусом загрязняющего согласно закону США. 2009 г. [Сайт] <http://nepis.epa.gov/EPA/html/DLwait.htm?url=/Aoboe/PDF/P10043j1.PDF> [ дата обращения: 10.12.12]
22. Арнольд В.И. «Жёсткие» и «мягкие» математические модели / В.И. Арнольд. М.: МЦНМО, 2000. 32 с.
23. Арнольд В.И. Экспериментальное наблюдение математических фактов / В.И. Арнольд. М.: Физматлит, 2007. 60 с.
24. Губенков А.Н. Инновационное «мягкое» математическое моделирование реальных явлений / А.Н. Губенков // Инновационные процессы в высшей школе: материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. Краснодар, 2010. 70 с.

25. Губенков А.Н. «Мягкое» математическое моделирование реальных объектов и процессов / А.Н. Губенков, О.С. Фёдорова // Вестник СГТУ. 2012. № 1 (63) Вып. 1. С. 7-14.
26. Карнаухов А.В. Причинно-следственное моделирование как общий метод описания и исследования явлений в сложных иерархически организованных системах / А.В. Карнаухов. [Сайт] [http://www.poteplenie.ru/doc/biophysics\\_2006\\_2\\_rus.pdf](http://www.poteplenie.ru/doc/biophysics_2006_2_rus.pdf) [дата обращения: 5.01.13].
27. Винер Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. М.: Сов. радио, 1968. 326 с.
28. Самарский А.А. Математическое моделирование / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. М.: Физматлит, 2005. 320 с.

**Губенков Александр Николаевич** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Прикладная математика и системный анализ» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Aleksandr N. Gubenkov** – Ph.D., Associate Professor Department of Applied Mathematics and Systems Analysis, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Фёдорова Ольга Сергеевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Прикладная математика и системный анализ» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Olga S. Fedorova** – Ph.D., Associate Professor Department of Applied Mathematics and Systems Analysis, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 17.08.2014, принята к опубликованию 25.09.2014*

УДК 539.3

**В.А. Крысько, О.А. Салтыкова, С.С. Вецель**

### **ХАОТИЧЕСКАЯ ДИНАМИКА КОНСТРУКТИВНО И ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ, СОСТОЯЩЕЙ ИЗ ЗАМКНУТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ И ВНЕШНЕ ПОДКРЕПЛЕННОЙ БАЛКИ**

*Изучается нелинейная динамика замкнутой цилиндрической оболочки, снаружи подкреплённой единичной балкой с зазором, на ребро действует поперечная знакопеременная нагрузка. Задача методом конечных элементов сводится к задаче Коши. Исследуется контактное взаимодействие балки и оболочки с позиций нелинейной динамики.*

Цилиндрическая оболочка, контактное взаимодействие, балка

**V.A. Krysko, O.A. Saltykova, S.S. Vetsel**

### **CHAOTIC DYNAMICS OF A STRUCTURALLY AND GEOMETRICALLY NONLINEAR SYSTEM CONSISTING OF A CLOSED CYLINDRICAL SHELL AND OUTWARDLY SUPPORTED BEAMS**

*The paper studies nonlinear dynamics of a closed cylindrical shell externally supported by a single beam with the edge clearance acted by the transverse alternating load. The problem is solved by means of the finite element method. The authors explore the contact interaction of the beam and shell positions of nonlinear dynamics.*

Cylindrical shell, the contact interaction, beam

В современном мире все более широкое применение находят многослойные балочные структуры, пластины и оболочки, соединённые между собой. Ведущую роль они занимают в авиационной и ракетно-космической технике, судо- и автомобилестроении, энергетическом и химическом машиностроении, жилищном и промышленном строительстве. В конструкциях ответственного назначения данные элементы подвергаются различным внешним нагрузкам. Использование существенно различных статических и кинематических гипотез привело в результате к значительному разнообразию расчётных схем и систем уравнений, а также стала интенсивно решаться проблема изучения сложных колебаний распределённых структур с учётом различных нелинейностей. Этому направлению посвящено большое количество публикаций [1-10].

В [11] рассмотрен подход к решению контактных задач нелинейной теории оболочек, базирующийся на исключении из числа неизвестных функций контактного давления  $q_k$  с помощью винклеровой связи. Вынужденные колебания слоистой цилиндрической оболочки, подкрепленной пустотелым цилиндром и соединенной упругими точечными связями (пружинами) со слоистой балкой, под действием гармонической нагрузки изучаются в [12]. В [13] рассмотрена задача об одностороннем контакте неоднородной упругой пластины с тонким упругим слоем. В [14] изучена эквивалентная динамическая жесткость балки Тимошенко, лежащей на упруговязком основании и взаимодействующей с равномерно движущимся по ней точечным объектом. Изгиб двухслойной балки-полоски в условиях плоского напряженного состояния с одинаковыми изотропными линейно упругими слоями при нежестком контакте между ними изучается в [15]. Статья [16] посвящена экспериментальному исследованию прогибов нагруженных пластин, дискретно соединенных с круговой цилиндрической оболочкой по линиям образующих. Большое внимание в современных исследованиях уделяется задачам об ударе; так, в [17] рассмотрена задача об ударе материальной точки (тела) по цилиндрической оболочке и упругих симметричных колебаниях относительно плоскости, проходящей

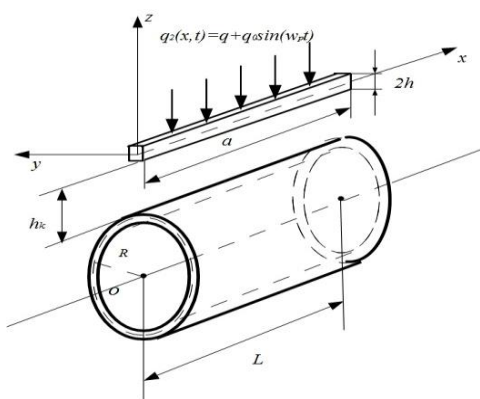


Рис. 1

через ось оболочки. Методом бихарактеристик численно решена в трехмерной постановке задача о локальном поперечном ударе по цилиндрической оболочке с одним закрепленным концом [18]. Компьютерное моделирование цилиндрической оболочки при условии бокового удара осуществляется в [19].

В данной статье рассматривается задача о контактном взаимодействии и колебаниях соединенных через краевые условия замкнутой цилиндрической оболочки и балки (рис. 1), расположенной с внешней стороны оболочки. Рассмотренная в данной работе задача новая и ее решения в известной Российской и зарубежной литературе не найдено.

Решение задач осуществляется с помощью методов нелинейной динамики и качественной теории дифференциальных уравнений: строятся сигналы, фазовые портреты, сечения Пуанкаре, Фурье-спектры, применяются вейвлет-преобразования и анализ знаков показателей Ляпунова.

Используются различные вейвлеты, среди которых наиболее информативным оказался вейвлет Морле. С помощью вейвлет-преобразования, возможно исследовать изменение частотных характеристик сигнала во времени, т.к. характер сигнала во времени (рис. 1) может существенно меняться и его анализ с помощью быстрого преобразования Фурье может привести к принципиально ошибочным результатам. Тем самым, вейвлет-анализ является тем «микроскопом», который позволяет анализировать динамическую систему в каждый момент времени, а не интегрально.

Исходными дифференциальными уравнениями приняты уравнения В.В. Новожилова [20, § 47] для двумерной деформации бесконечно длинной полосы. Эти формулы получены из уравнения для пластины в предположении, что перемещение  $v = 0$ . Как выражается В.В. Новожилов [20, с. 176], это предположение фактически формулирует задачу об изгибе балки:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{yy} = \varepsilon_{xy} &= 0, \\ \varepsilon_{xx} &= \hat{\varepsilon}_{xx} + z\chi_{xx} + z^2\gamma_{xx}, \end{aligned} \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} \hat{\varepsilon}_{xx} &= \frac{\partial \hat{u}}{\partial x} + \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial \hat{u}}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \hat{w}}{\partial x} \right)^2 \right], \\ \chi_{xx} &= \left( 1 + \frac{\partial \hat{u}}{\partial x} \right) \frac{\partial \theta}{\partial x} + \frac{\partial \hat{w}}{\partial x} \frac{\partial \chi}{\partial x}, \\ \gamma_{xx} &= \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{\partial \theta}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \chi}{\partial x} \right)^2 \right], \\ \theta &= -\frac{\partial \hat{w}}{\partial x}, \quad \chi = \frac{\partial \hat{u}}{\partial x}. \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь  $\hat{u}, \hat{w}$  есть перемещение срединной линии балки. Материал балки считается упругим и подчиняется закону Гука. Исходные уравнения движения балки получаем их вариационного принципа Гамильтона-Остроградского.

Исходные уравнения для оболочки, так же как и для балки получаем из теории В.В.Новожилова [20, § 48], которые учитывают квадраты первых производных от перемещения срединной поверхности оболочки  $\hat{u}, \hat{v}, \hat{w}$ .

Ввиду громадности этих выражений, мы их здесь не приводим. Уравнения движения оболочки мы получаем в перемещениях относительно  $u, v, w$  из вариационного принципа Гамильтона-Остроградского.

Граничные условия:

а) для балки:

$$\text{при } x = 0 : u = 0;$$

$$\text{при } x = a : u = 0, w = 0.$$

б) для оболочки:

$$\text{при } x = 0 : u = 0, v = 0, w = 0;$$

$$\text{при } x = L : u = 0, w = 0.$$

(3)

Начальные условия:

а) для балки:

$$u(0, x) = 0, \dot{u}(0, x) = 0, w(0, x, z) = 0, \dot{w}(0, x, z) = 0.$$

б) для оболочки:

$$u(0, x, y, z) = v(0, x, y, z) = w(0, x, y, z) = 0, \dot{u}(0, x, y, z) = \dot{v}(0, x, y, z) = \dot{w}(0, x, y, z) = 0.$$

(4)

Уравнения в частных производных для балки и оболочки сводятся к задаче Коши методом конечных элементов по пространственным переменным.

Конечноэлементная модель содержит около 25 тысяч узлов – оболочка и 16 тысяч элементов – балка.

В расчете использован трехмерный объемный 8-узловой конечный элемент типа solid (рис. 2) с равномерным распределением напряжений по объему, схематично представленный на рис. 2.

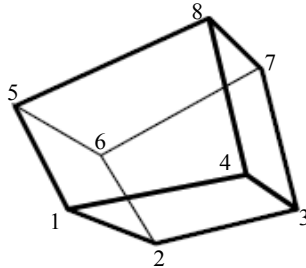


Рис. 2

Расчет выполнен с использованием типа подавления искажений формы элементов по форме жесткости по форме Фланеган-Белычко с точным интегрированием по объему для объемных элементов.

В качестве примера рассматривается знакопеременная поперечная распределенная нагрузка, действующая на балку. Материал оболочки и балки – сталь 12Х18Н10Т со следующими физико-механическими свойствами:

–  $E$  – модуль Юнга  $20900 \text{ кгс/мм}^2$ ;

–  $\mu$  – коэффициент Пуассона  $0,3$ ;

–  $\rho$  – плотность  $8 \cdot 10^{-10} \text{ кгс} \cdot \text{с}^2 / \text{мм}^4$ .

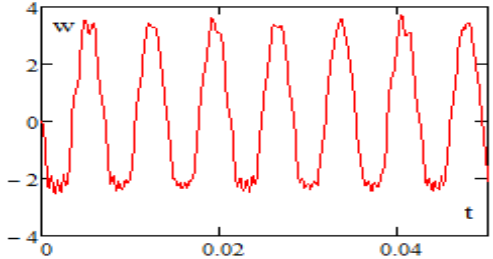
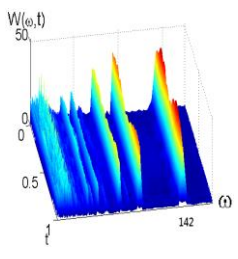
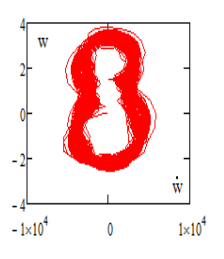
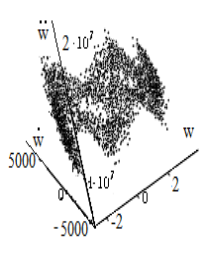
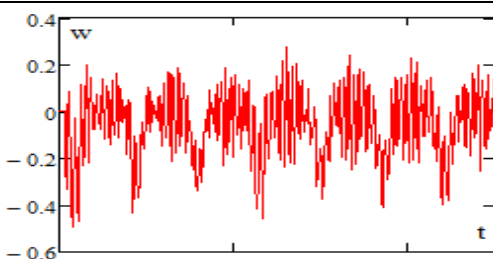
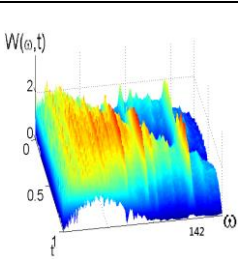
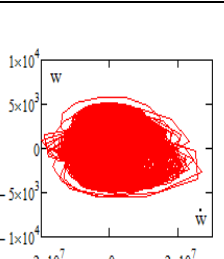
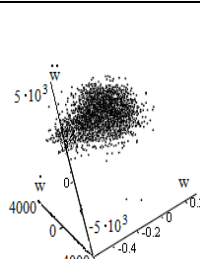
Длина оболочки составляет  $L = 200$  мм, радиус оболочки  $R = 100$  мм, толщина  $h = 2$  мм. Расчетная модель шарнирно закреплена по торцам. Расстояние между балкой и оболочкой  $h_k$  составляет 2 мм. По толщине балка разбита тремя конечными элементами, а по длине – 50-ю. В данном расчете рассматривается упругая постановка задачи с учетом геометрической нелинейности. Задача Коши решалась методом явного интегрирования (методом Эйлера).

Расчеты проводились для возбуждающей нагрузки  $q_2 = 0.6 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $q_2 = 1 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $q_2 = 3 \text{ кгс/мм}^2$  на частоте  $\Omega_p = 142$  Гц.

В табл. 1 приведены сигналы, 3D вейвлеты Морле для балки и оболочки, фазовые портреты на плоскости и в пространстве для  $q_2 = 0.6 \text{ кгс/мм}^2$ .

Таблица 1

Анализ сигналов для балки и оболочки при  $q_2 = 0.6 \text{ кгс/мм}^2$

Балка			
Сигнал $w(t)$	3D вейвлет Морле	Фазовый портрет на плоскости $w(\dot{w})$ и в пространстве $w, \dot{w}, \ddot{w}$	
			
Оболочка			
			

Анализ результатов позволяет сделать вывод, что колебания оболочки имеют хаотическую составляющую, а колебания балки имеют четкий характер. 3D вейвлет для оболочки характеризуется большим количеством частот, интенсивность и количество которых меняется во времени, а для балки четко определена частота вынуждающих колебаний, и ряд кратных ей частот. Интенсивность частот оболочки на всем интервале  $\omega$  не высокая. В отличие от балки, низкие и высокие частоты колебаний оболочки имеют одинаковую интенсивность. Со временем значительных изменений частотных характеристик для балки на 3D вейвлетах Морле не отмечается, но для оболочки необходимо отметить рост мощности частоты возбуждающих колебаний, и локализацию двух кратных частот, выраженных на 3D вейвлете для балки. Далее рассмотрим пространственное состояние системы в тот же момент времени.

В табл. 2 приведена конечноэлементная модель системы при ударе балки по верхней, внешней поверхности замкнутой цилиндрической оболочки. Градиентная шкала величины прогибов показывает направление и величину прогибов балки и оболочки. Максимальные прогибы поверхности оболочки приходятся на место соприкосновения с балкой и диаметрально противоположную часть оболочки в центре по длине. В окрестностях соприкосновения, с обеих сторон от места контакта, происходит выпучивание оболочки, максимальное в центре и на диаметрально противоположной поверхности. Условие непроникновения выполняется полностью, что можно видеть на графике сигнала для балки и оболочки.

Далее исследуем состояние системы при  $q_2 = 3 \text{ кгс/мм}^2$ .

При увеличении нагрузки наблюдаем увеличение прогибов, как для балки, так и для оболочки. Вейвлет спектры показывают одинаковые частоты для всей системы, в отличие от вейвлет спектров при величине нагрузки  $q_2 = 0.6 \text{ кгс/мм}^2$  (табл. 1). Мощность колебаний балки на порядок выше, чем у оболочки.

Таблица 2

Формы колебаний оболочки и балки в 100-кратно увеличенном масштабе при  $t = 0.002c$ ,  $q_2 = 0.6 \text{ кгс/мм}^2$

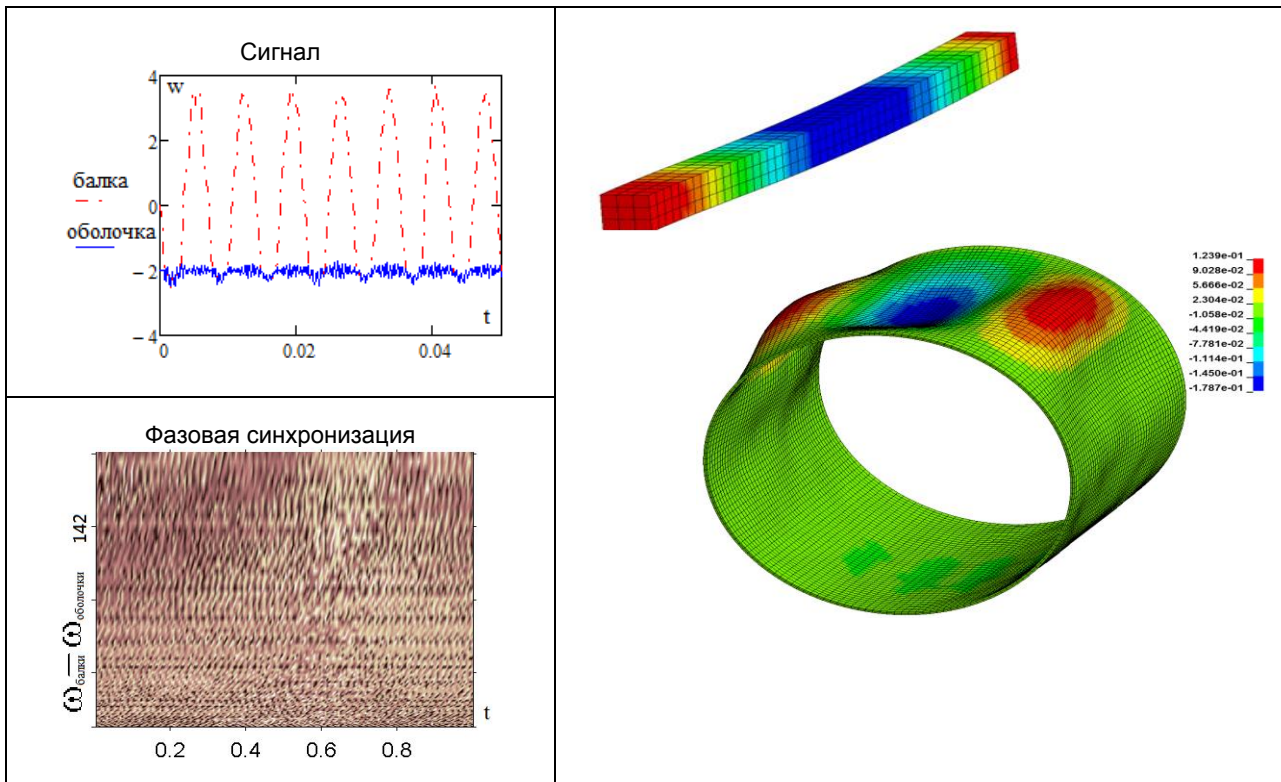
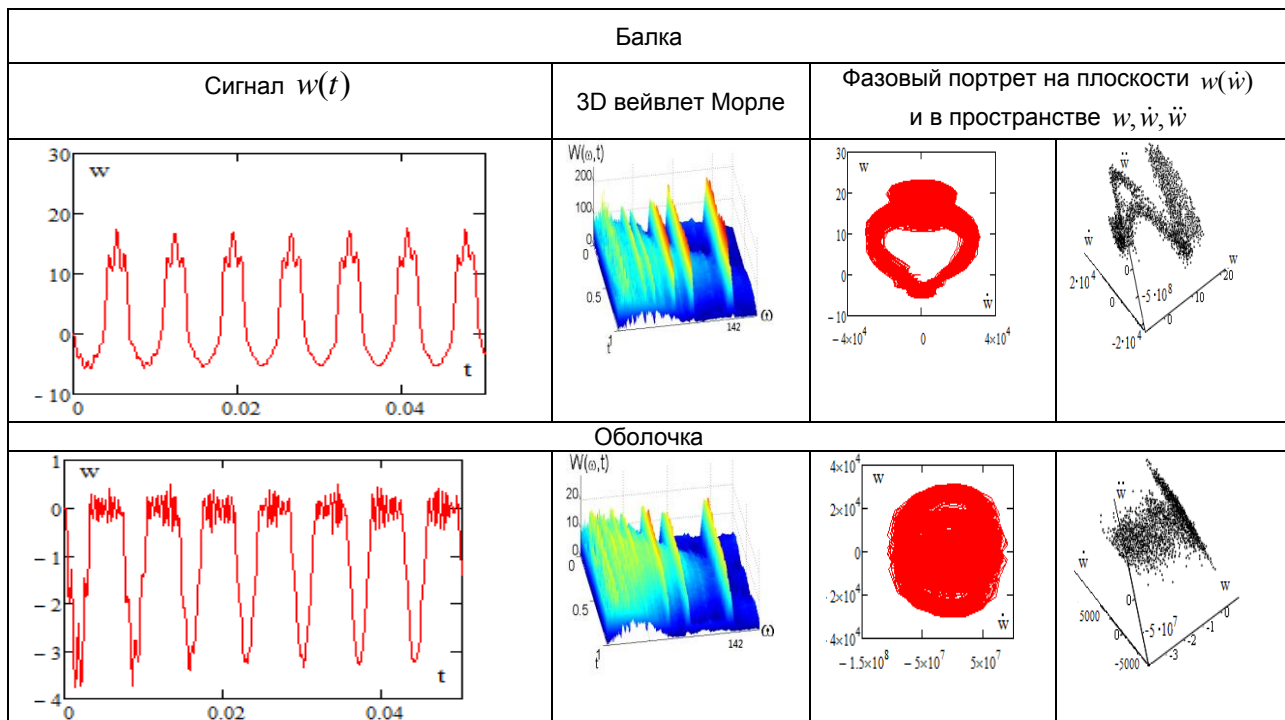


Таблица 3

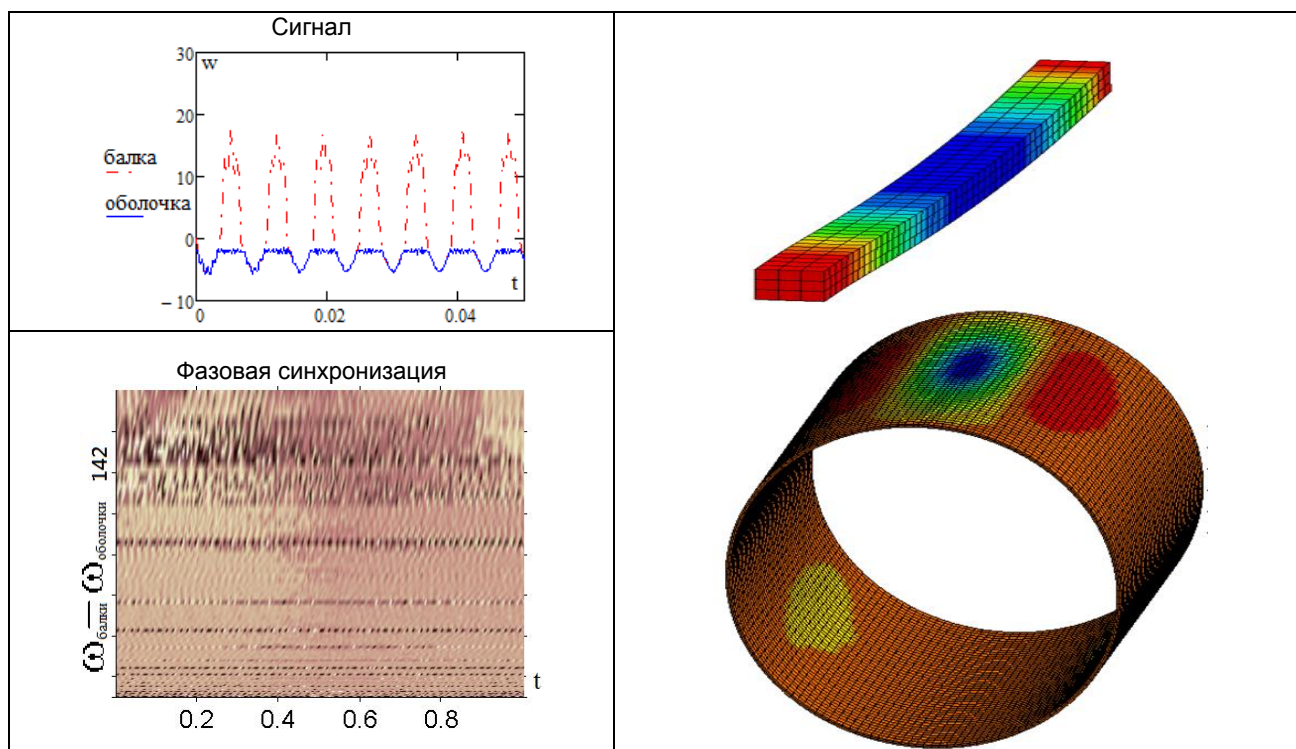
Анализ сигналов для балки и оболочки при  $q_2 = 3 \text{ кгс/мм}^2$



В табл. 4 показано состояние системы «балка – оболочка» в пространстве в момент времени  $t = 0.002c$ . В этот момент времени происходит касание балки и оболочки.



Формы колебаний оболочки и балки в 100-кратно увеличенном масштабе при  $t = 0.002c$  при  $q_2 = 3 \text{ кгс/мм}^2$

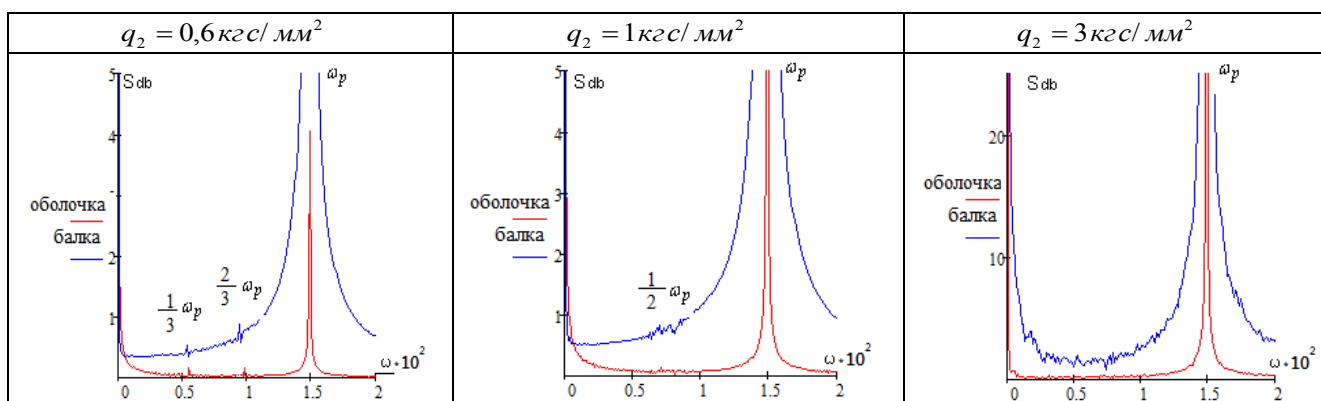


С увеличением нагрузки происходит синхронизация колебательного процесса системы. Это хорошо видно на 2D вейвлетах Морле, отражающих фазовую синхронизацию (табл. 2, 4). При нагрузке  $q_2 = 0.6 \text{ кгс/мм}^2$  (табл. 2) темные зоны (синхронизация колебательного процесса) на вейвлетах не имеют четкой структуры, тогда как при  $q_2 = 3 \text{ кгс/мм}^2$  наблюдаем синхронизацию колебательного процесса на частоте вынуждающих колебаний и на двух частотах, являющихся кратными частоте вынуждающих колебаний.

Ниже приведем спектры мощности Фурье для балки и оболочки при  $q_2 = 0,6; 1; 3 \text{ кгс/мм}^2$ .

Таблица 5

Спектр мощности Фурье



При  $q_2 = 0,6 \text{ кгс/мм}^2$  происходит утроение периода колебаний. Колебания балки и оболочки происходят от одних и тех же частот, кратных частоте вынуждающих колебаний. Для  $q_2 = 1 \text{ кгс/мм}^2$ , на спектрах мощности Фурье выявлена бифуркация Хопфа, как для балки, так и для оболочки. Хаотическая составляющая характерна для  $q_2 = 3 \text{ кгс/мм}^2$ . Для всех рассмотренных нагрузок происходит синхронизация колебательного процесса системы.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ МОЛ-А-2014 № 14-01-31335*



## ЛИТЕРАТУРА

1. Awrejcewicz J. Nonclassic Thermoelastic Problem in Nonlinear Dynamics of Shells / J. Awrejcewicz, V. A. Krysko. Springer – Verlag, Berlin, New York, London, Paris, Tokyo, 2003. 430 p.
2. Awrejcewicz J. Nonlinear Dynamics of Continuous Elastic Systems / J. Awrejcewicz, V.A. Krysko, A.F. Vakakis. Springer – Verlag, Berlin, New York, London, Paris, Tokyo, 2004. 356 p.
3. Awrejcewicz J. CRC Series: Modern Mechanics and Mathematics. Introduction to asymptotic methods / J. Awrejcewicz, V.A. Krysko. Chapman&Hall/SRC London, New York, 2006. 251 p.
4. Awrejcewicz J. Chaos in Structural Mechanics / Jan Awrejcewicz, Vadim A. Krysko. Springer, 2008. 424 p.
5. Chaotic nonlinear dynamics of cantilever beams under the action of signs-variables loads / A.V. Krysko, M.I. Koch, T.V. Yakovleva, U. Nackenhorst, V.A. Krysko // PAMM, Special Issue: 82<sup>nd</sup> Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (GAMM), Graz, 2011. Vol. 11. Issue 1. P. 327-328.
6. Сложные нелинейные колебания диссипативных многослойных пластинчато-балочных структур / И.В. Папкина, М.И. Коч, Т.В. Яковлева, В.А. Крысько // Математическое моделирование и краевые задачи МЗЗ: тр. 8-й Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Ч. 1: Математические модели механики, прочности и надежности элементов конструкций. Самара: СамГТУ, 2011. С. 151-154.
7. Математические модели нелинейной динамики распределенных консервативных и диссипативных балочно-пластинчато-оболочечных структур / А.В. Крысько, Т.В. Яковлева, И.В. Папкина, Е.Ю. Крылова, В.А. Крысько // XV International Conference Dynamical System Modelling and Stability Investigation: Abstracts of Conference Reports. Kiev, Ukraine, May 25-27, 2011. P. 287.
8. Chaotic synchronization of vibrations of a coupled mechanical system consisting of a plate and beams / J. Awrejcewicz, A.V. Krysko, T.V. Yakovleva, D.S. Zelenchuk, V.A. Krysko // Latin American Journal of Solids and Structures. 2013. 10. P. 161-172.
9. Салтыкова О.А. Нелинейная динамика двухслойных замкнутых цилиндрических оболочек / О.А. Салтыкова, Э.С. Кузнецова, В.А. Крысько // Современное состояние естественных и технических наук: материалы XV Междунар. науч.-практ. конф. 16.06.2014. М., 2014.
10. Яковлева Т.В. Контактное взаимодействие пластины и локально расположенной балки / Т.В. Яковлева, О.А. Салтыкова, В.А. Крысько // Актуальные вопросы науки: материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. 25.04.2014. М., 2014.
11. Кантор Б.Я. Метод решения контактных задач нелинейной теории оболочек / Б.Я. Кантор, Т.Л. Богатыренко // Докл. АН УССР. Сер. А. 1986. № 1. С. 18-21.
12. Андрияшин В.А. Вынужденные колебания слоистой цилиндрической оболочки, соединенной точечными упругими связями со слоистой балкой / В.А. Андрияшин, А.Я. Недбай // Механика композиционных материалов и конструкций. 2003. Т. 9. № 1. С. 33-41.
13. Стекина Т.А. Вариационная задача об одностороннем контакте упругой пластины с балкой / Т.А. Стекина // Вестник Новосибирского государственного университета. Сер. Математика, механика, информатика. 2009. Т. 9. № 1. С. 45-56.
14. Веричев С.Н. Динамическая жесткость балки в движущемся контакте / С.Н. Веричев, А.В. Метрикин // Прикладная механика и техническая физика. 2000. Т. 41. № 6 (244). С. 170-177.
15. Морозов Н.Ф. Изгиб двухслойной балки с нежестким контактом между слоями / Н.Ф. Морозов, П.Е. Товстик // Прикладная математика и механика. 2011. Т. 75. № 1. С. 112-121.
16. Антуфьев Б.А. Экспериментальное исследование деформации пластин, дискретно соединенных с цилиндрической оболочкой / Б.А. Антуфьев, А.Б. Смян // Изв. вузов. Авиационная техника. 2012. № 4. С. 8-10.
17. Дубинин В.В. Комплексная задача об ударе материальной точки (тела) по цилиндрической оболочке / В.В. Дубинин // Наука и инновации. 2012. № 7 (7). С. 20.
18. Каримбаев Т.Д. Волны напряжений в цилиндрической оболочке при локальном поперечном ударе / Т.Д. Каримбаев, Ш.М. Мамашев // Деформация и разрушение материалов. 2014. № 3. С. 12-16.
19. Computer Simulation of Cylindrical Shell Penetrated by Rigid Projectile / Xue Hui Yu, Zhi Jun Han, Zuo Yi Kang, Guo Yun Lu, Zhi Fang Liu // Applied Mechanics and Materials. January 2012. P. 152-154.
20. Новожилов В.В. Основы нелинейной теории упругости / В.В. Новожилов. М.-Л.: Гос-техтеориздат (ОГИЗ), 1948.

**Крысько Вадим Анатольевич** –  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Математика  
и моделирование» Саратовского  
государственного технического университета  
имени Гагарина Ю.А.

**Салтыкова Ольга Александровна** –  
кандидат физико-математических наук, доцент  
кафедры «Математика и моделирование»  
Саратовского государственного технического  
университета имени Гагарина Ю.А.

**Вецель Сергей Сергеевич** –  
аспирант Саратовского государственного  
технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Vadim A. Krysko** –  
Dr. Sc., Professor,  
Head: Department of Mathematics and Modeling,  
Yuri Gagarin Technical University of Saratov

**Olga A. Saltykova** –  
Ph.D., Associate professor,  
Yuri Gagarin Technical University of Saratov

**Sergei S. Vetsel** –  
Postgraduate,  
Yuri Gagarin Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 02.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

## ФИЗИКА, РАДИОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 621.383.4

**В.Б. Байбурин, В.А. Кузнецов**

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ФОТОРЕЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ CDSE С УЧЕТОМ НЕОДНОРОДНОЙ ГЕНЕРАЦИИ НОСИТЕЛЕЙ

*Показано влияние механизмов рассеяния носителей на спектральную характеристику фототока в режиме продольной фотопроводимости в фоторезисторах на основе CdSe с учетом неоднородной генерации носителей, проявляющееся в изменении крутизны наклона «коротковолновой» части спектральной характеристики фототока и появлении осцилляций с частотой излучаемых фононов.*

Механизмы рассеяния носителей, фононный спектр, продольная фотопроводимость, кинетическое уравнение Больцмана

**V.B. Baiburin, V.A. Kuznetsov**

### OPTIMIZATION OF THE CDSE-BASED PHOTORESISTORS PARAMETERS WITH INHOMOGENEOUS CARRIER GENERATION

*The paper shows effect of the carrier scattering mechanisms on spectral characteristics of the photocurrent in the longitudinal photoconductivity mode in CdSe-based photoresistors. The mechanisms consider the non-uniform carrier generation which manifests itself in the slope changes relating the «shortwave» part of spectral characteristics in the photocurrent, and appearance of oscillations with the frequency of emitted phonons.*

Carrier scattering mechanisms, phonon spectrum, longitudinal photoconductivity, Boltzmann transport equation

Полупроводниковые соединения  $A^{II}B^{VI}$  в силу больших функциональных возможностей являются одними из перспективных материалов для фото- и оптоэлектроники [1]. Однако при исследовании таких соединений недостаточно внимания уделено такому собственному параметру фоторезисторов как избирательная способность.

Сильное электрон-фононное взаимодействие делает полупроводниковые соединения  $A^{II}B^{VI}$  незаменимыми в акустоэлектронике. В этом плане исследованию фононных спектров  $A^{II}B^{VI}$  посвящено большое число теоретических и экспериментальных работ [2-5]. Однако практически не изучена проблема анализа спектра фотопроводимости (на примере CdSe), модулированного фононным спектром.

Типичными представителями класса  $A^{II}B^{VI}$  являются CdS, CdSe, CdTe, для которых теория фотоэлектрических явлений основывается на диффузионных уравнениях [6]. Однако этот метод не дает возможности учесть неоднородную генерацию носителей и провести анализ спектра фотопроводимости (на примере CdSe), модулированного фононным спектром. В этой связи необходимо использовать кинетическое уравнение Больцмана, которое решается в стандартном приближении времени релаксации. Это приближение позволяет учесть неоднородную генерацию носителей. Последнее обуславливает рекомбинационные процессы, определяющие время жизни носителей, различные механизмы рассеяния, которые, в свою очередь, учитываются заданием функциональной зависимости энергии от времени [7]. В [8] рассматривается применение кинетического уравнения для описания поведения электронов и фононов в проводящих кристаллах с вычислением кинетических коэффициентов и потоков заряда и тепла. Однако нет рассмотрения применения кинетического уравнения для

описания фотопроводимости и обобщения для зависимости различных механизмов рассеяния от энергии. Так как в выбранном в качестве модельного соединения CdSe эффективная масса электрона  $m_n$  много меньше, чем эффективная масса дырки  $m_p$ , при генерации пары (электрон-дырка) энергии частиц обратно пропорциональны массам и можно считать, что энергия электрона равна

$$\varepsilon_0 = h\nu - \varepsilon_g - z\Delta\varepsilon, \quad (1)$$

где  $h$  – постоянная Планка,  $\nu$  – частота света,  $\varepsilon_g$  – ширина запрещенной зоны,  $z$  – целая часть числа  $(h\nu - \varepsilon_g) / \Delta\varepsilon$ ,  $\Delta\varepsilon$  – энергия фонона.

Генерационный член, ответственный за приход электронов, определяется соотношением, включающим дельта-функцию от энергии [9]:

$$I_0 = I_1 e^{-\alpha x} \delta(\varepsilon - \varepsilon_0), \quad (2)$$

где  $I_1 = \frac{m_n^{3/2}}{4\pi \cdot (2\varepsilon_0)^{3/2}} \alpha I$ ,  $\alpha$  – коэффициент поглощения,  $I$  – интенсивность потока фотонов,  $\delta(\varepsilon - \varepsilon_0)$  – дельта функция от энергии.

Рассматривается полубесконечный одномерный образец, на который падает монохроматический свет и рекомбинация отсутствует на верхней грани. В глубине образца рекомбинация осуществляется через центры класса 2 по модели Бьюба-Роуза [10]. Направление электрического поля  $E$  совпадает с направлением распространения светового потока, т.е. реализуется случай продольной фотопроводимости. Рассматривая данный фотопроводник как квазимонополярный полупроводник  $n$ -типа, необходимо учесть условие стационарности в виде

$$\text{div} j = 0. \quad (3)$$

Время релаксации по импульсу  $\tau$  определяется с учетом механизмов рассеяния следующим способом [11]:

$$\tau = \tau_0 \left( \frac{\varepsilon}{kT} \right)^q, \quad (4)$$

где  $\varepsilon$  – энергия электрона, получаемая от взаимодействия с фотоном,  $\tau_0$  – коэффициент пропорциональности, который не зависит от температуры,  $q$  – показатель степени, зависящий от механизма рассеяния ( $q = -1/2$  – соответствует рассеянию на акустическом деформационном потенциале,  $q = 3/2$  – на ионизированных примесях),  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – температура.

Поскольку генерационный член определен в энергетическом виде, кинетическое уравнение Больцмана для электронов с учетом сделанных предположений запишется следующим образом:

$$V \left( \frac{df}{dr} \right) - \frac{eE}{m} \left( \frac{df}{dV} \right) = -I_{cm} + I_0 - R, \quad (5)$$

где  $e$ ,  $m$  – заряд и эффективная масса электрона,  $V$  – скорость электрона,  $I_{cm} = Wf$  – интеграл упругих столкновений,  $f$  – функция распределения электронов по скоростям,  $W$  – оператор рассеяния,  $R = \left( \frac{\partial f}{\partial t} \right)_r$  – рекомбинационный член,  $I_0$  – генерационный член, определяемый формулой (2).

Функцию распределения можно представить в виде

$$f = f_0(\varepsilon, x) + f_1(\varepsilon, x). \quad (6)$$

Тогда из уравнения (5) получим систему для равновесной и неравновесной функции распределения ( $f_0$  и  $f_1$ ) в приближении времени релаксации:

$$\frac{2}{3} \frac{\varepsilon}{m_n} \tau \left( e \frac{d}{dx} E_1 \frac{df_0}{d\varepsilon} - \frac{d^2 f_0}{dx^2} \right) = I_0 - R, \quad (7)$$

$$f_1 = \left( -V \frac{df_0}{dr} + \frac{e}{m_n} \cdot \frac{df_0}{dV} \cdot E \right) \tau. \quad (8)$$

В случае слабого сигнала представим равновесную функцию  $f_0$  в виде суммы двух слагаемых, когда первый член зависит только от энергии а второй – это малая добавка, которая содержит ещё и зависимость от координат:

$$f_0(\varepsilon, x) = f_{00}(\varepsilon) + f_{01}(\varepsilon, x), \quad (9)$$

$$\text{где } f_{01}(\varepsilon, x) \ll f_{00}(\varepsilon) \quad (10)$$

Используя модель рекомбинации Бьюба-Роуза и представление функции  $f_0(\varepsilon, x)$ , проведем линейризацию уравнения (7). Рекомбинационный член в используемой модели равен:  $W_r(M - m) \approx 1/t_n$ , где  $W_r$  – вероятность рекомбинации,  $M$  – общее число ловушек,  $m$  – число занятых электронами ловушек в равновесии,  $t_n$  – время жизни электронов.

$$\frac{2}{3} \frac{\varepsilon}{m_n} \tau \left( e \frac{dE_1}{dx} \frac{df_{00}}{d\varepsilon} - \frac{d^2 f_{01}}{dx^2} \right) = I_0 - \frac{f_{01}}{t_n}. \quad (11)$$

Решение дифференциального уравнения будем искать в виде убывающей функции:

$$f_{01} = C(\varepsilon, x) \cdot e^{-\frac{x}{\lambda}}, \quad (12)$$

где  $C(\varepsilon, x)$  находится методом вариации постоянной.

Выберем следующее граничное условие:

$$f_1(\varepsilon, x)|_{x=0} = 0. \quad (13)$$

Исходя из этого условия и того, что  $E(0) = 0$ , найдем постоянную интегрирования:

$$C(\varepsilon) = -\frac{\alpha\lambda}{1 - (\alpha\lambda)^2} t_n I_1 \delta(\varepsilon - \varepsilon_0), \quad (14)$$

$$\text{где } \lambda^2 = \frac{2}{3} \frac{\varepsilon t_n}{m_n} \tau_0 \left( \frac{\varepsilon}{kT} \right)^q.$$

Тогда функция  $f_{01}$  принимает вид

$$f_{01} = I_1 t_n \delta(\varepsilon - \varepsilon_0) \frac{e^{-\alpha\lambda} - \alpha\lambda e^{-\frac{x}{\lambda}}}{1 - (\alpha\lambda)^2} - e^{-\frac{x}{\lambda}} e \frac{df_{00}}{d\varepsilon} \int_0^x dx_1 e^{\frac{2x_1}{\lambda}} \cdot \int_{x_1}^{\infty} e^{-\frac{x_2}{\lambda}} \cdot \frac{dE_1}{dx_2} dx_2 \quad (15)$$

После интегрирования выражение (15) примет вид, содержащий гамма-функцию:

$$f_{01} = I_1 \cdot t_n \delta(\varepsilon - \varepsilon_0) \cdot \frac{e^{-\alpha\lambda} - \alpha\lambda e^{-\frac{x}{\lambda}}}{1 - (\alpha\lambda)^2} - \frac{e}{2} \frac{df_{00}}{d\varepsilon} \lambda^2 \cdot E_1^1(0) \cdot \Gamma(2) \operatorname{sh} \frac{x}{\lambda}. \quad (16)$$

В одномерном случае будем считать, что для равновесной функции распределения имеет место формула

$$f_{00} = n_0 \left( \frac{m_n}{2\pi kT} \right)^{3/2} \cdot e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}, \quad (17)$$

где  $n_0$  – равновесная концентрация электронов.

Подставляя значения функций  $f_{00}$  и  $f_{01}$  в формулу для  $f_1$ , можно получить выражение для плотности тока электронов в  $x$ -направлении:

$$j = \frac{8\pi e}{3m_n^2} \int_0^{\infty} f_1(\varepsilon, x) \varepsilon d\varepsilon. \quad (18)$$

Решая совместно уравнения (3) и (18), можно рассчитать поведение спектральной характеристики фототока (СХФ) с учетом механизмов рассеяния, интенсивности потока и других факторов. В приближении слабого сигнала, когда  $n \ll n_0$ ,  $E_1 \ll E_0$ , рассмотрим уравнение (3). Запишем плотность тока в виде

$$j = e\mu(n_0 + n_1)(E_0 + E_1), \quad (19)$$

где  $E_0$  и  $E_1(x)$  – равновесная и переменная составляющие электрического поля,  $\mu$  – подвижность электронов.

Избыточную концентрацию определяем по формуле

$$n_1 = \int_0^{\infty} f_{01} d^3V. \quad (20)$$

С учетом формулы (19) уравнение (3) принимает вид

$$n_0 \frac{dE_1}{dx} = -E_0 \frac{dn_1}{dx}. \quad (21)$$

Так как в нашем случае реализуется условие  $\alpha\lambda \gg 1$ , используем его для упрощений. Подставим соотношение (15) в формулу (19), а затем полученное выражение подставим в формулу (20) и найдем выражение для  $E_1^1(0)$ :

$$E_1^1(x) = \frac{eE_0}{n_0} E_1^1(0) \cdot \int_0^{\infty} \frac{df_{00}}{d\varepsilon} \cdot \lambda d^2V. \quad (22)$$

Вспользуемся граничным условием:

$$E_1^1(0) = 0. \quad (23)$$

С учетом условия (23) выражение для плотности тока при значении  $x=x_0$ , соответствующее толщине образца, примет вид

$$j_{x=x_0} = e \left[ (e^{-\alpha x_0} - e^{-\frac{x_0}{\lambda}}) I - \frac{4n_0 e E_1(x_0) \tau_0}{6\sqrt{\pi} m_n} \cdot \Gamma(q + \frac{1}{2}) \right]. \quad (24)$$

Значение  $E_1(x_0)$  найдем из уравнения (21), проинтегрировав его в пределах от 0 до  $x_0$ :

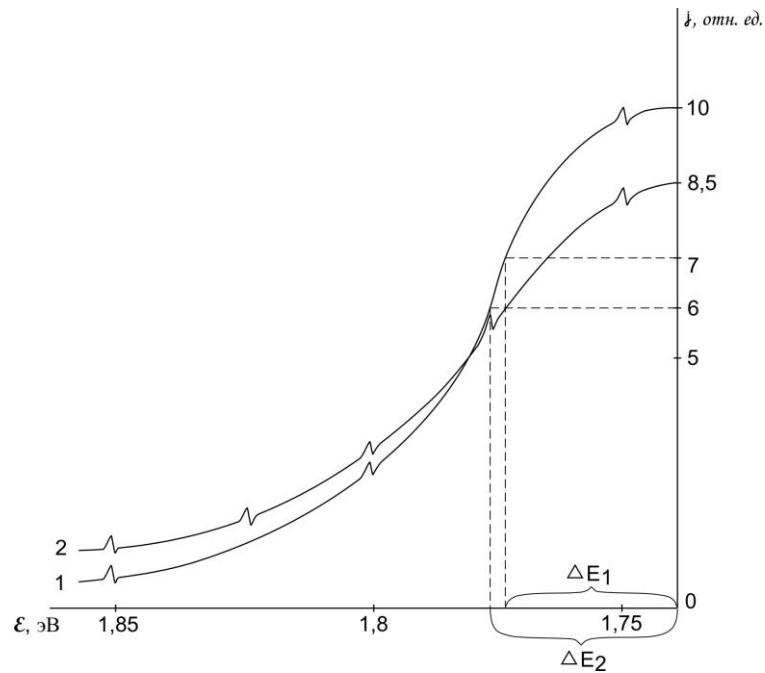
$$E_1(x_0) = \frac{E_0}{n_0} [n_1(0) - n_1(x_0)]. \quad (25)$$

Используя формулы (16), (20) и (25), получим

$$E_1(x_0) = \frac{E_0 \alpha I t_n}{6n_0(1 + \alpha\lambda)} \left( 1 - \frac{e^{-\alpha x_0} - \alpha\lambda e^{-\frac{x_0}{\lambda}}}{1 - \alpha\lambda} \right) \quad (26)$$

Численный расчет был проведен при следующих практически реализуемых значениях параметров:  $x_0 = 10^{-5}$  м,  $m_n = 0,13m_e$ ,  $T = 300K$ ,  $I = 5 \cdot 10^{19}$  1/м<sup>2</sup> с,  $n_0 = 10^{15}$  1/м<sup>3</sup>,  $\tau = 10^{-13} - 10^{-14}$  с,  $t_n = 10^{-3} - 10^{-6}$  с,  $E_g = 1,74 \cdot 10^{-19}$  эВ,  $\alpha = 10^4 - 10^5$  1/м.

Значения энергии фононов взяты из [12]. Оценка времени релаксации по импульсу ( $\tau$ ) проведена с учетом значения подвижности электронов в CdSe  $\mu = 720$  см<sup>2</sup>/Vs [12], эффективной массы электрона  $m_n = 0,13 m_e$  [13] по формуле  $\mu = e\tau/m$ . Темновое время релаксации по импульсу  $\tau \approx 5 \cdot 10^{-14}$  с. Так как при освещении подвижность возрастает, то и время релаксации также растет. Время жизни электронов и значения коэффициента поглощения и  $E_g$  взяты из [13]. Формула для расчета фототока (24) и соотношение (26) позволяют рассчитать СХФ с учетом поведения коэффициента поглощения, интенсивности светового потока, времени релаксации и времени жизни, различных механизмов рассеяния, равновесной концентрации носителей и внешнего электрического поля. СХФ обладала максимумом (рисунок) вблизи соответствующего значения  $E_g = 1,74$  эВ.



«Коротковолновая» часть спектральной характеристики фототока продольной структуры на основе CdSe, рассчитанная с учетом механизмов рассеяния: 1 – на акустическом деформационном потенциале, 2 – на ионизованных примесях. По оси X отложена энергия в эВ. На графике пиками показаны проявления фоновго спектра

Расчеты показали (рисунок), что относительное значение СХФ было максимальным при определенном механизме рассеяния. Однако по этому критерию трудно экспериментально определить механизм рассеяния носителей, поэтому по аналогии с теорией колебательных систем, где введено понятие добротности для характеристики резонансной кривой, можно ввести понятие «добротность СХФ» следующим образом:

$$Q = \frac{Ag}{2\Delta\varepsilon_i}, \tag{27}$$

где  $E_g$  – значение энергии, соответствующее ширине запрещенной зоны в эВ,  $\Delta E_i$  – интервал энергий равный разности между значением  $E_g$  и значением  $E_i$ , соответствующим проекции точки пересечения координаты плотности тока  $0,7 j_{\max}$  СХФ и самой СХФ на ось x, по которой отложена энергия квантов. На рис. 1 эти интервалы обозначены через  $\Delta E_1$  и  $\Delta E_2$ .

С учетом конкретных значений для расчетных кривых 1, 2, имеем  $Q_1=27,2$ ,  $Q_2= 24,8$ . Зная величину таких параметров как Q, можно количественно характеризовать размытость «коротковолновой» части СХФ, определяемой относительно края собственного поглощения, и проводить оценку доминирующего механизма рассеяния носителей. Кроме того, продолжая аналогию с теорией колебаний, можно заключить, что если колебательный контур имеет высокую добротность, то он может эффективно использоваться для приема радиосигнала, а в нашем случае фотоприемник с большей добротностью СХФ ( $Q=27,2$ ) обладает лучшей избирательной способностью.

Следует отметить, что в «коротковолновой» части спектра, определенной относительно края собственного поглощения (см. рисунок), особенно заметно влияние механизмов рассеяния, проявляющееся в наличие фоновго спектра. Происходит наложение небольших пиков, ответственных за взаимодействие фотоэлектронов с фононами, на ход самой спектральной характеристики и изменение крутизны СХФ. Именно в этой части спектральной характеристики по значению  $\Delta\varepsilon$  между пиками на СХФ можно судить о механизме рассеяния носителей. Подобный эффект экспериментально наблюдался в [14].

Таким образом, рассмотренная модель продольной фотопроводимости полупроводников класса  $A^{II}B^{VI}$  позволяет определить влияние механизмов рассеяния носителей и фоновго спектра на СХФ для продольной фотопроводимости в полупроводниковых соединениях типа CdSe, проявляющееся в изменении крутизны наклона «коротковолновой» части спектральной характеристики фототока и появлении осцилляций с частотой излучаемых фононов. Введением примесей определенного типа можно управлять механизмами рассеивания и, таким образом, оптимизировать такие параметры как «добротность СХФ» и избирательная способность в CdSe.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов М.Ю. Двухспектральные фотоприемные устройства на основе HgCdTe / М.Ю. Михайлов // Сб. трудов XXII Междунар. конф. по фотоэлектронике и приборам ночного видения. М.: Изд-во МИФИ, 2012. С. 56-58.
2. Лейбфрид Г. Теория ангармонических эффектов в кристаллах / Г. Лейбфрид, В. Людвиг. М.: Иностран. лит., 1963. 229 с.
3. Кривцов А.М. Метод частиц и его использование в механике / А.М. Кривцов, Н.В. Кривцова // Дальневост. матем. журнал. 2002. Т. 3. № 2. С. 254-276.
4. Валах М.Я. Фононные спектры и оптические свойства полупроводников типа  $A^{II}B^{VI}$ : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук / М.Я. Валах. Киев, 2000. 18 с.
5. Бурлаков В.М. Перестройка фононного спектра соединений на основе  $A^{II}B^{VI}$  / В.М. Бурлаков, А.П. Литвинчук // ФТТ. 1985. Т. 27. Вып. 3. С. 781-784.
6. Ecker G. Zum Leitungsmechanismus von CdS – Sandwichzellen / G. Ecker, J. Fassbender // Z. Physik. 1957. Bd. 140. P. 16-21.
7. Зегря Г.Г. Основы физики полупроводников / Г.Г. Зегря, В.Г. Перель. М.: Физматлит, 2009. 336 с.
8. Биккин Х.Н. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика / Х.Н. Биккин, И.И. Ляпилин. Екатеринбург: Уро РАН, 2009. 500 с.
9. Лягущенко Р.И. Теория фотомагнитного эффекта на горячих электронах / Р.И. Лягущенко, И.Н. Ясиевич // ФТТ. 1964. Т. 9. С. 36-47.
10. Роуз А. Основы теории фотопроводимости / А. Роуз. М.: Мир, 1966. 192 с.
11. Зеегер К. Физика полупроводников / К. Зеегер. М.: Мир, 1977. 616 с.
12. Симашкевич А.В. Гетеропереходы на основе полупроводниковых соединений  $A^2B^6$  / А.В. Симашкевич. Кишинёв: Штинница, 1980. 156 с.
13. Шалимова К.В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. М.: Энергия, 1976. 416 с.
14. Наследов Д.Н. Эффект осцилляции фотомагнитного тока / Д.Н. Наследов, Ю.С. Попов, Ю.С. Сметанникова // ФТТ. 1964. Т. 6. С. 3728-3732.

**Байбурин Вил Бариевич** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность автоматизированных систем» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Vil B. Baiburin** – Ph.D., Professor, Head: Department Information Security of Automated Systems, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Кузнецов Владимир Александрович** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры инженерной физики Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова

**Vladimir A. Kuznetsov** – Ph.D., Associate Professor Department of Engineering Physics, N. Vavilov Saratov State Agrarian University

*Статья поступила в редакцию 17.04.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 537.86.029

**В.Б. Байбурин, А.С. Розов**

**ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ РЕЗОНАНС И ГЕНЕРАЦИЯ В ПЛОСКОМ МАГНЕТРОНЕ**

*Обобщены результаты, полученные в работах по теме генерации высокочастотного сигнала в скрещенных электрических и магнитных полях в плоском случае. Показано поведение электронного облака в перспективном генераторе. Проведены оценки выходных характеристик приборов на основе указанных принципов.*

Параметрический резонанс, генерация, плоский магнетрон



V.B. Baiburin, A.S. Rozov

**PARAMETRIC RESONANCE AND GENERATION IN THE PLANAR MAGNETRON**

*The paper presents a summary of the results obtained in the papers relating generation of a high-frequency signal in crossed electric and magnetic fields in the planar state. The authors showed the electron cloud behavior in the next-gen planar generator. The estimated output characteristics of the devices are based on the above mentioned principles.*

Parametric resonance, generation, planar magnetron

В [1] высказано предположение о возможности генерации в скрещенных полях между коаксиальными цилиндрами в отсутствии электрического поля. В [2, 3] показано, что в условиях переменных электрического и магнитного полей и различных соотношений частот происходит энергообмен заряженных частиц с электрическим полем вследствие изменения радиуса циклотронных орбит.

В данной работе на примере схемы плоского магнетрона найдены условия генерации в отсутствии постоянного электрического поля при параметрическом изменении магнитной индукции. Анализ проводился применительно к схеме на рис. 1.

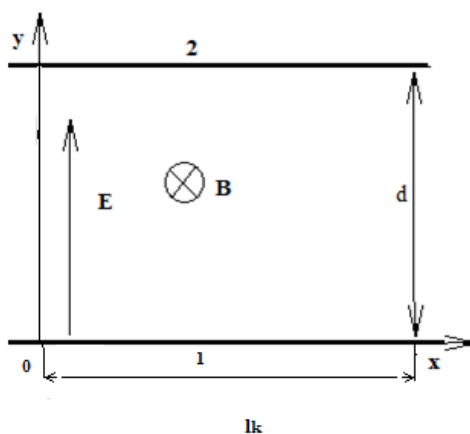


Рис. 1. Схема плоского магнетрона,  $d$  – расстояние между электродами  $E$ ,  $B$  – действующие поля:  $E$  – электрическое поле,  $B$  – магнитная индукция. Цифрами отмечены: 1 – нижний электрод (условно катод), 2 – верхний электрод (условно анод),  $l_k$  – длина катода

При наличии между электродами ВЧ поля с частотой  $\omega_e$  уравнения движения заряда в скрещенных полях в присутствии переменного магнитная индукция с частотой  $\omega_b$  (здесь и далее  $\omega_b = \eta B_0$ ,  $B_0$  – статическая магнитная индукция,  $\eta = \frac{e_0}{m_e}$  – удельный заряд электрона) имеют вид

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= \eta B(t) V_y, \\ \ddot{y} &= \eta E_y(y, t) - \eta B(t) V_x \end{aligned} \quad (1)$$

где электрическое поле имеет вид

$$E_y(t) = \frac{\bar{U}_0}{d} \sin(\omega_E t), \quad (2)$$

где  $\bar{U}_0$  – амплитуда ВЧ потенциала,  $\omega_E$  – частота изменения электрического поля. Магнитная индукция имеет вид

$$B(t) = B_0 + \frac{B_0}{2} \sin(\omega_B t), \quad (3)$$

$B_0$  – статическая составляющая магнитной индукции,  $\omega_B$  – частота изменения переменной компоненты магнитной индукции:

$$\omega_B = \eta B_0. \quad (4)$$

Система уравнений (1) решалась численно методом Рунге-Кутты IV порядка точности [4]. На рис. 2 показаны траектории 50 крупных частиц в резонаторе, при  $\omega_E = \omega_B$ . На рисунке видно, что по мере движения электронов к верхнему электроду циклотронный радиус их траекторий уменьшается, что говорит об отдаче энергии электронов ВЧ полю [3].

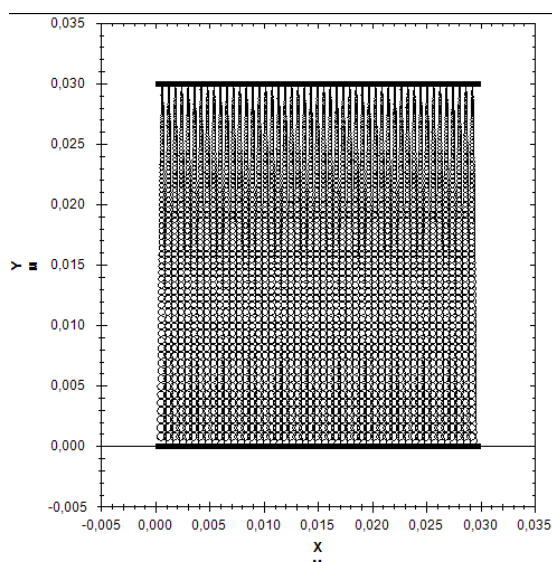


Рис. 2. Траектория в следующих условиях,  $\tilde{U}_0 = 250$  В,  $B_0 = 0,025$  Тл. Соотношение частот:  $\omega_E = \omega_B = \eta B_0$

Рассчитаем наведённый ВЧ потенциал в резонаторе. Вычислим наведённый ток. На рис. 3 показана зависимость наведённого тока от времени, для одного электрона  $I_H^e$  за время пролёта электрона от электрода 1 до электрода 2 рассчитанного по теореме Шокли – Рамо [4].

$$I_H^e = \frac{e}{U_0} E_y V_y, \quad (5)$$

Также на рис. 3 отмечена средняя величина наведённого тока за время пролёта.

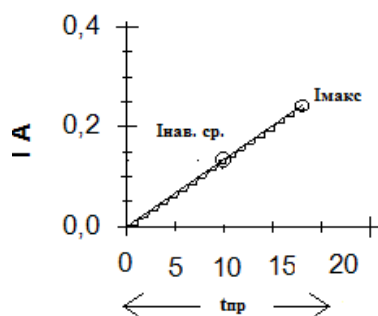


Рис. 3. Изменение наведённого тока для одного электрона при следующих условиях:  $\tilde{U}_0 = 250$  В,  $B = 0.025$  Тл, шкала времени приведена в циклотронных периодах  $T_c$

Для создаваемого всем зарядом  $q$  наведённого тока, находящегося в пространстве резонатора, аналогично можно записать

$$I_H^q = \frac{q}{U_0} E_y V_y \quad (6)$$

Найдём  $q$ :

$$q = \frac{\rho_0 d h_a l_k 2 r_c t_{пр}}{T_c}, \quad (7)$$

здесь  $t_{пр}$  – время пролёта,  $h_a$  – высота анодного блока,  $l_k$  – длина катода,  $T_c = \frac{2\pi}{\eta B_0}$  – циклотронный период,  $r_c = \frac{2\pi}{\eta B_0^2}$  – циклотронный радиус,  $\rho_0 = \varepsilon_0 \eta B_0^2$  – бриллюэновская плотность заряда,  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная.

Наведённый ВЧ потенциал определим по известной формуле:

$$\tilde{U}_H = I_{нав ср}^q R_{св}, \quad (8)$$

$I_{нав ср}^q$  – средний наведённый ток создаваемый всем зарядом  $q$ ,  $R_{св}$  – сопротивление связи.

Для расчёта примем  $d = 30$  мм,  $h_a = 60$  мм  $B_0 = 0,025$  Тл,  $\omega_B = 0,43975 \cdot 10^9$  Гц,  $R_{св} = 40$  Ом.

Средний наведённый ток  $I_{нав ср}^q = \frac{I_{нав макс}^q}{2}$ . Для тока анода можно записать

$$I_a = \frac{q}{t_{пр}}, \quad (9)$$

соответственно для наведённой ВЧ мощности можно записать

$$\tilde{P}_H = \frac{\tilde{U}_H^2}{2R_{св}}. \quad (10)$$

В итоге будем иметь  $\tilde{U}_H = 182,5 \text{ В}$ ,  $I_a = 0,94 \text{ А}$ ,  $\tilde{P}_H = 832 \text{ Вт}$ .

Таким образом, можно сделать вывод, что в плоском резонаторе в отсутствие постоянного электрического поля возможна генерация ВЧ колебаний при параметрическом резонансе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Капица П.Л. Сб. Электроника больших мощностей / П.Л. Капица. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
2. Розов А.С. Энергообмен заряженных частиц в высокочастотном поле в условиях неоднородного магнитного поля / А.С. Розов, В.Б. Байбурин // Perspective innovations in science, education, production and transport '2013 17-26 December 2013.
3. Байбурин В.Б. Численное моделирование ларморовых орбит в высокочастотном поле / В.Б. Байбурин, А.С. Розов // Изв. Волгогр. гос. техн. ун-та. Сер. Электроника и измерительная техника, радиотехника и связь. 2013. Вып. 8. № 23 (126). С. 7-10.
4. Турчак П.А. Численные методы / П.А. Турчак. М.: Физматлит, 2003. 226 с.

**Байбурин Вил Бариевич** –  
доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Информационная  
безопасность автоматизированных систем»  
Саратовского государственного технического  
университета имени Гагарина Ю.А.

**Vil B. Baiburin** –  
Ph.D., Professor,  
Head: Department of Information Security  
of Automated Systems,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Розов Александр Станиславович** –  
аспирант кафедры «Информационная  
безопасность автоматизированных систем»  
Саратовского государственного технического  
университета имени Гагарина Ю.А.

**Alexandr S. Rozov** –  
Postgraduate  
Department of Information Security  
of Automated Systems,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 15.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 537.86.029

**В.Б. Байбурин, А.С. Розов**

#### **УСИЛЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ПОЛЯ В СКРЕЩЕННЫХ ПОЛЯХ ПРИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ИЗМЕНЕНИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

*Показана возможность усиления высокочастотного сигнала в системах со скрещенными электрическими и магнитными полями. Эффект усиления достигнут в условиях переменного магнитного поля.*

Усиление высокочастотного поля, магнитное поле, электрическое поле, скрещенные поля

**V.B. Baiburin, A.S. Rozov**

#### **AMPLIFICATION OF THE HIGH-FREQUENCY FIELD IN CROSSED FIELDS UNDER PARAMETRIC VARIATIONS IN THE MAGNETIC FIELD**

*The authors show the possibility for amplification of a high frequency signal in the systems with crossed electric and magnetic fields. The amplification effect was achieved in the conditions of an alternating magnetic field.*

Amplification of high-frequency field, electric field, magnetic field, crossed fields

В [1] предсказана возможность генерации высокочастотного сигнала в скрещенных электрических и магнитных полях. В [2] показано, что в зависимости от соотношения частоты высокочастотного поля (ВЧ поля) в резонаторе и частоты изменения магнитного поля имеют место либо отдача энергии ВЧ полю, либо стационарный энергообмен. В данной работе показаны условия, которые могут быть применены для параметрического усиления ВЧ поля в резонаторе за счёт переменного магнитного поля.

Анализ проводился применительно к схеме на рис. 1.

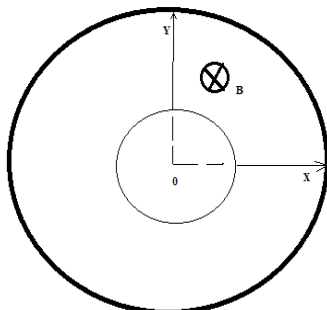


Рис. 1. Схема цилиндрического резонатора с внутренним радиусом R1, внешним радиусом R2 и аксиальным магнитным полем В в декартовой системе координат

При наличии в резонаторе ВЧ поля с частотой  $\omega_E$  уравнения движения заряда в скрещенных полях в присутствии переменного магнитного поля с частотой  $\omega_B$  имеют вид

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= \eta E_x(x, t) + \eta B(t) \dot{y}, \\ \ddot{y} &= \eta E_y(y, t) - \eta B(t) \dot{x}, \end{aligned} \quad (1)$$

где электрическое поле имеет вид

$$E_x(x, t) = xE, E_y(y, t) = yE, \quad (2)$$

$$E = \frac{UR_1}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)\sqrt{x^2+y^2}} \sin(\omega_E t), \quad (3)$$

магнитное поле имеет вид

$$B(t) = B_0 + \frac{B_0}{2} \sin(\omega_B t). \quad (4)$$

Здесь  $\omega_B = \eta B_0$ .

Приведём систему дифференциальных уравнений второго порядка (1) к системе ОДУ:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \eta E_x(x, t) + \eta B(t) V_y, \\ \dot{y} &= \eta E_y(y, t) - \eta B(t) V_x. \\ \dot{x} &= V_x, \\ \dot{y} &= V_y. \end{aligned} \quad (5)$$

Система уравнений движения (5) решалась численно методом Рунге-Кутты IV порядка точности [3]. Рассмотрим случай постоянного магнитного поля:

$$B = B_0 = const. \quad (6)$$

Далее показаны траектории зарядов в резонаторе при соотношениях частот  $\omega_E = \omega_B$ .

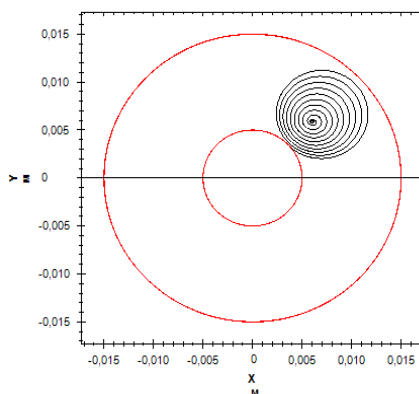


Рис. 2. Траектория частицы при постоянном магнитном поле при следующих условиях:  $U = 10000$  В,  $B_0 = 0.1$  Тл. Соотношение частот:  $\omega_E = \omega_B$ . Чёрной точкой показано начальное положение частицы

Как видно на рис. 2, траектория имеет вид разворачивающейся «архимедовой» спирали с возрастающим циклотронным радиусом, что свидетельствует о поглощении энергии.

На рис. 3 показана траектория соответствующая соотношению частот  $\omega_E = \omega_B/2$ .

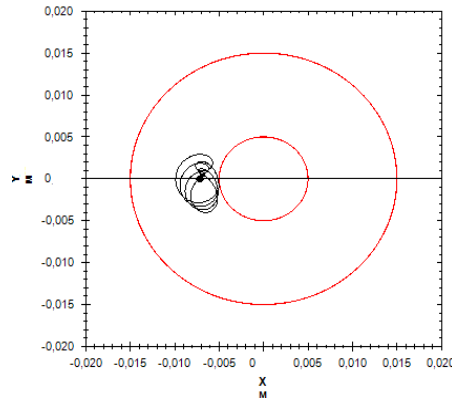


Рис. 3. Траектория частицы при постоянном магнитном поле при следующих условиях:  $U = 10000$  В,  $B_0 = 0.1$  Тл. Соотношение частот:  $\omega_E = \omega_B/2$ . Чёрной точкой показано начальное положение частицы

На рис. 3 видно, что траектория замкнута, т.е. энергообмен частицы с полем постоянен.

Рассмотрим случай переменного магнитного поля (4). Как показали расчеты, проведённые для различных соотношений частот ВЧ и магнитного полей:  $\omega_E = \omega_B$ ,  $\omega_E = \frac{\omega_B}{2}$ ,  $\omega_E = \frac{\omega_B}{4}$ ,  $\omega_E = 2\omega_B$ , эффективная отдача энергии имела место при параметрическом резонансе ( $\omega_E = \omega_B$ ), траектории для этого случая представлены на рис. 4.

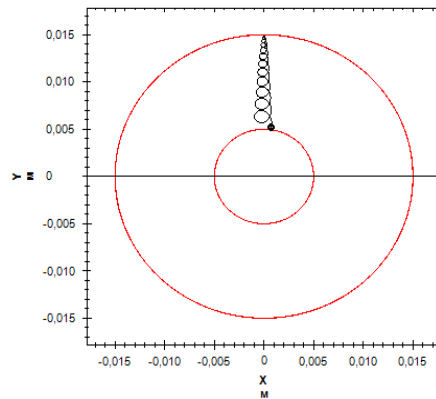


Рис. 4. Траектория частицы при переменном магнитном поле и следующих условиях:  $U = 10000$  В,  $B_0 = 0.1$  Тл. Соотношение частот:  $\omega_E = \omega_B$ . Чёрной точкой показано начальное положение частицы

Как видно на рис. 4, радиус циклотронной орбиты интенсивно уменьшается, что свидетельствует об отдаче энергии заряженной частицы ВЧ полю. Наведённый ток, подсчитанный по теореме Шокли – Рамо [4] для случая  $\omega_E = \omega_B$ , показан ниже:

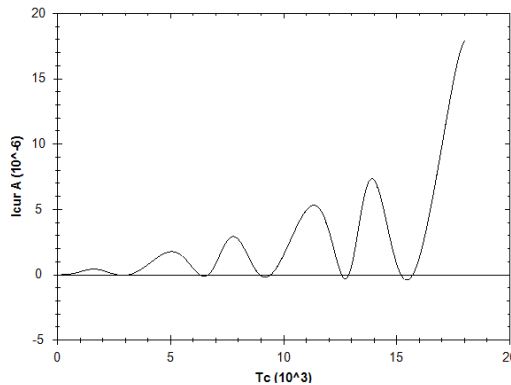


Рис. 5. Наведённый ток при переменном магнитном поле и следующих условиях:  $U = 10000$  В,  $B = 0.1$  Тл,  $\omega_E = \omega_B$ , шкала времени приведена в долях циклотронного периода  $T_c = \left(\frac{2\pi}{\eta B_0}\right) t$

Всплеск величины наведённого тока на рис. 5 относится к конечному участку траектории, где имеется наиболее интенсивное уменьшение циклотронного радиуса.

Как представляется, рассмотренная возможность усиления ВЧ сигнала за счёт параметрического изменения магнитного поля может оказаться полезной в СВЧ-технике.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Капица П.Л. // Электроника больших мощностей: сб. / П.Л. Капица. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
2. Розов А.С. Энергообмен заряженных частиц в высокочастотном поле в условиях неоднородного магнитного поля / А.С. Розов, В.Б. Байбурин // Perspective innovations in science, education, production and transport '2013 17-26 December 2013.
3. Турчак П.А. Численные методы / П.А. Турчак. М.: Физматлит, 2003. 226 с.
4. De Visschere P. // Solid-State Electronics. 1990. V. 33. № 4. P. 455-459.

#### **Байбурин Вил Бариевич –**

доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационная безопасность автоматизированных систем» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

#### **Vil B. Baiburin –**

Ph.D., Professor,  
Head: Department of Information Security of Automated Systems,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

#### **Розов Александр Станиславович –**

аспирант кафедры «Информационная безопасность автоматизированных систем» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

#### **Alexander S. Rozov –**

Postgraduate,  
Department of Information Security of Automated Systems,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 15.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 621.373.7

#### **С.П. Кузнецов**

### **ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР ГРУБОГО ХАОСА: СХЕМОТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MULTISIM**

*Предложена схема параметрического генератора хаотических колебаний с аттрактором типа соленоида Смейла-Вильямса, функционирование которой обеспечивается периодической последовательностью импульсов накачки на двух разных частотах. Проведено моделирование хаотической динамики в программной среде Multisim.*

Хаос, аттрактор, соленоид Смейла-Вильямса, параметрический генератор, варакторный диод

#### **S.P. Kuznetsov**

### **A PARAMETRIC OSCILLATOR OF ROBUST CHAOS: A CIRCUIT IMPLEMENTATION AND SIMULATION USING THE MULTISIM PROGRAM**

*The suggested scheme refers to the parametric generator of chaotic oscillations with the Smale-Williams solenoid attractor. The scheme operates under a periodic sequence of pump pulses at two different frequencies. Simulation of the chaotic dynamics is conducted using the Multisim software product.*

Chaos, attractor, Smale-Williams solenoid, parametric oscillator, varactor diode

## Введение

Параметрические колебания известны в механике, электронике, акустике, нелинейной оптике [1-7]. Один из популярных примеров – раскачивание на качелях, когда человек постепенно увеличивает амплитуду колебаний, изменяя положение тела, что соответствует периодической вариации эффективной длины эквивалентного маятника. В электрическом колебательном контуре амплитуду колебаний можно повышать шаг за шагом, периодически изменяя емкость конденсатора – раздвигать пластины в моменты времени, отвечающие максимальному заряду, и сдвигать до прежнего положения в моменты максимального тока в индуктивности, когда заряд конденсатора близок к нулю.

Представляется, что принцип параметрического возбуждения колебаний перспективен с точки зрения интересной проблемы, заключающейся в конструировании физических устройств с хаотической динамикой, обусловленной так называемыми равномерно гиперболическими аттракторами [8-11]. Эти аттракторы представляют собой притягивающие объекты в фазовом пространстве динамических систем, составленные исключительно из траекторий седлового типа, сочетающие неустойчивость в смысле разбегания соседних траекторий на аттракторе и устойчивость в смысле приближения траекторий к аттрактору. Как абстрактные математические объекты, такие аттракторы – соленоид Смейла – Вильямса, аттрактор Плыкина, DA-аттрактор Смейла были введены в математической теории динамических систем примерно полвека назад, но до последнего времени не рассматривались в контексте естественно-научных и технических приложений. Такая ситуация неприемлема хотя бы потому, что для однородно гиперболических аттракторов математически доказано свойство грубости, или структурной устойчивости, гарантирующее нечувствительность динамики к вариациям функций и параметров в определяющих уравнениях. Как постулируется в теории колебаний, грубость служит принципиальным основанием для выделения значимых для практики и подлежащих первоочередному теоретическому анализу колебательных систем [12]. Для любых возможных практических приложений (коммуникация [13], шумовая локация [14], генерация случайных чисел [15]) естественно отдать предпочтение именно генераторам грубого хаоса.

Рассмотрим геометрическое построение разновидности аттрактора Смейла-Вильямса, существенной для дальнейшего изложения. Для наглядности обратимся пока к системе с трехмерным пространством состояний и с дискретным временем. Пусть один шаг эволюции состоит в том, что область в виде тора претерпевает трехкратное растяжение вдоль и сжатие поперек, складывается тройной петлей и оказывается расположенной внутри исходного тора (рис. 1а). Чтобы она там поместилась, поперечное сжатие должно быть сильнее, чем в три раза. На каждом шаге преобразования полный объем объекта уменьшается (система диссипативная), а число витков утраивается. В пределе бесконечного числа шагов количество витков стремится к бесконечности, и возникает образование, называемое *соленоидом*, который в поперечном направлении имеет структуру типа канторова множества (рис. 1б).

Наиболее существенный момент заключается в том, что отображение для отсчитываемой вдоль витков соленоида угловой координаты порождает хаотическую динамику изображающих точек. В нашем примере это трехкратно растягивающее отображение окружности  $\varphi_{n+1} = -3\varphi_n + \text{const}$  (константа определяется выбором начала отсчета переменной  $\varphi$ ), диаграмма итераций которого показана на рис. 1в. Характерное свойство хаоса – неустойчивость по отношению к возмущению начальных условий. В данном случае малое возмущение переменной  $\varphi$  за один шаг увеличивается втрое, чему соответствует положительный показатель Ляпунова  $\ln 3 = 1.0986\dots$

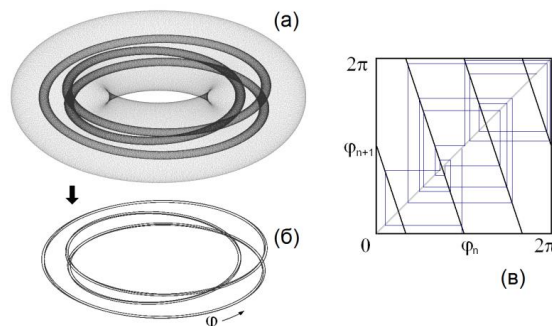


Рис. 1. Преобразование области в форме тора за один шаг эволюции в дискретном времени (а) и предельный объект – аттрактор в виде соленоида (б) в пределе большого числа шагов отображения утроения угловой координаты, хаотическое поведение которого иллюстрируется диаграммой (в)

Приведенный пример – характерный образец конструкций, предлагаемых математиками, которые апеллируют в своей работе к геометрическим, топологическим, алгебраическим отображениям. Очевидно, физик для построения моделей со структурно устойчивым хаосом должен привлекать свой инструментарий – осцилляторы, нелинейные элементы, цепи обратной связи.

Общий принцип конструирования физических систем с гиперболическими аттракторами, предложенный и продемонстрированный в [16-21], состоит в манипуляции фазами колебаний при передаче возбуждения между попеременно активными парциальными осцилляторами с тем, чтобы отображение для фаз характеризовалось хаотической динамикой.

Параметрический генератор хаоса на этом принципе, описанный в [22], содержит две одинаковые подсистемы, каждая из которых представлена схемой двухконтурного параметрического генератора. При этом частоты осцилляторов, образующих каждую подсистему, различаются вдвое, и осциллятор частоты  $\omega$  одной подсистемы связан через квадратичный нелинейный элемент с осциллятором частоты  $2\omega$  другой подсистемы. Накачка подсистем на частоте  $3\omega$  осуществляется попеременно. В [23] предложена другая схема, использующая единственный двухконтурный генератор с модулированной накачкой, дополненный цепью запаздывающей обратной связи с квадратичным нелинейным элементом. Еще одна схема [24] базируется на двухконтурном генераторе, где частоты контуров отличаются вдвое, а возбуждение производится импульсами накачки на тройной частоте и сопровождается модуляцией добротности одного и другого контура с периодом, равным периоду следования импульсов накачки. Во всех этих системах аттрактор Смейла – Вильямса реализуется благодаря тому, что обеспечивается преобразование угловой переменной – фазы заполнения выдаваемых системой дугов колебаний посредством двукратно растягивающего отображения окружности.

Все упомянутые схемы характеризуются фиксированным соотношением частот осцилляторов и накачки 1:2:3 и, очевидно, не в полной мере используют возможности манипуляции частотами и фазами, открываемые принципом параметрического возбуждения. Добавим, что если говорить о создании генераторов гиперболического хаоса на уровне радиотехнических устройств, то задача нуждается в конкретной проработке. Надо иметь в виду, что основной нелинейный элемент, применяемый при построении электронных параметрических генераторов – варикап, или варакторный диод, обладает характеристикой зависимости емкости от напряжения, не сводящейся к простой квадратичной или кубической функции, и требует заданного подходящим образом напряжения смещения.

В настоящей статье предлагается параметрический генератор гиперболического хаоса с аттрактором типа соленоида Смейла – Вильямса, в котором соотношение частот осцилляторов можно задать с большой степенью произвола, накачка осуществляется последовательностью импульсов на двух частотах, определяемых как сумма и разность частот осцилляторов, а модуляция добротности вообще не используется. Принцип действия будет сначала проиллюстрирован для модельной системы уравнений, а затем реализован в радиотехнической схеме на варакторных диодах, функционирование которой продемонстрировано посредством моделирования динамики в программной среде Multisim.

Отметим, что примеры схем с равномерно гиперболическими аттракторами Смейла – Вильямса, Плыкина и DA-аттрактором уже публиковались [25-28], но эти примеры, во-первых, не относились к классу параметрических генераторов, а, во-вторых, требовали более сложной элементной базы (операционные усилители, мультипликаторы и др.).

### 1. Модельные уравнения и принцип действия системы

Начнем с вводных пояснений относительно активной и пассивной параметрической связи пары осцилляторов.

Рассмотрим два осциллятора с частотами  $\omega_1$  и  $\omega_2$  (пока без диссипации) и введем между ними пропорциональную коэффициенту  $\epsilon$  реактивную связь, изменяющуюся во времени колебательным образом, что соответствует накачке на частоте  $\Omega$ :

$$\ddot{x}_1 + \omega_1^2 x_1 = \epsilon x_2 \sin \Omega t, \quad \ddot{x}_2 + \omega_2^2 x_2 = \epsilon x_1 \sin \Omega t. \quad (1)$$

Если частота  $\Omega$  взята равной сумме частот парциальных осцилляторов, то реализуется параметрическая неустойчивость – одновременное нарастание колебаний обеих подсистем, при этом энергия черпается из источника накачки. Если же принять величину  $\Omega$  равной разности частот осцилляторов, то имеет место пассивное параметрическое взаимодействие, проявляющееся в биениях – попеременной раскачке то одного, то другого осциллятора, передающих энергию друг другу.

Для приближенного аналитического описания этих эффектов удобен метод медленно меняющихся амплитуд. Вместо координат и скоростей, задающих состояния осцилляторов, введем комплексные величины  $a_k(t)$ , полагая



$$x_k = a_k(t)e^{i\omega_k t} + a_k^*(t)e^{-i\omega_k t}, \quad \dot{x}_k = i\omega_k a_k(t)e^{i\omega_k t} - i\omega_k a_k^*(t)e^{-i\omega_k t}, \quad (2)$$

где  $k=1, 2$ . Как очевидно из (2), они должны подчиняться соотношениям

$$\dot{a}_k(t)e^{i\omega_k t} + \dot{a}_k^*(t)e^{-i\omega_k t} = 0. \quad (3)$$

Перепишем уравнения (1) в новых переменных  $a_{1,2}$ , сделав подстановку (2), и произведем с помощью (3) исключение сопряженных производных  $\dot{a}_{1,2}^*$ . Далее выполним усреднение на периоде быстрых колебаний, на протяжении которого комплексные амплитуды  $a_{1,2}$  можно приближенно считать постоянными величинами.

В случае  $\Omega = \omega_2 - \omega_1$  в результате имеем

$$\dot{a}_1 = \frac{1}{4}\varepsilon\omega_1^{-1}a_2, \quad \dot{a}_2 = -\frac{1}{4}\varepsilon\omega_2^{-1}a_1, \quad (4)$$

что приводит к колебательным решениям вида  $a_1 \sim \sin[\frac{1}{4}\varepsilon(\omega_1\omega_2)^{-1/2}t]$ ,  $a_2 \sim \cos[\frac{1}{4}\varepsilon(\omega_1\omega_2)^{-1/2}t]$  и отвечает биениям с частотой  $\frac{1}{4}\varepsilon(\omega_1\omega_2)^{-1/2}$ .

С другой стороны, если взять  $\Omega = \omega_2 + \omega_1$ , то уравнения принимают вид

$$\dot{a}_1 = -\frac{1}{4}\varepsilon\omega_1^{-1}a_2^*, \quad \dot{a}_2 = -\frac{1}{4}\varepsilon\omega_2^{-1}a_1^*, \quad (5)$$

откуда  $\ddot{a}_{1,2} = \frac{1}{16}\varepsilon^2(\omega_1\omega_2)^{-1}a_{1,2}$ , так что получаем экспоненциально нарастающее решение  $a_{1,2} \sim \exp[\frac{1}{4}\varepsilon(\omega_1\omega_2)^{-1/2}t]$ . Чтобы иметь физически оправданную модель с ограничением амплитуды колебаний, требуется дополнить исходные уравнения членами, отвечающими за нелинейную диссипацию или нелинейное смещение частоты колебаний.

Обратимся теперь к системе трех осцилляторов с собственными частотами  $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ . Пусть частоты первого и третьего осцилляторов связаны условием  $\omega_3 = 3\omega_1$ , а частота второго осциллятора существенно больше, причем первый и третий осцилляторы взаимодействуют через бездиссипативный элемент с кубической нелинейностью. Накачка производится последовательно подаваемыми импульсами, так что функционирование системы заключается в повторении трех стадий протяженности  $T_1, T_2$  и  $T_3$ , с периодом  $T = T_1 + T_2 + T_3$ . Чтобы в системе мог реализоваться аттрактор, будем полагать, что присутствует диссипация.

Модельные уравнения запишем в виде<sup>1</sup>

$$\begin{aligned} \ddot{x}_1 + \omega_1^2 x_1 &= -\alpha_1 \dot{x}_1 + 3\varepsilon_{13} x_1^2 x_3 + \varepsilon_{12} x_2 f(t) \sin(\omega_1 + \omega_2)t, \\ \ddot{x}_2 + \omega_2^2 x_2 &= -\alpha_2 \dot{x}_2 - \beta \dot{x}_2^3 + \varepsilon_{12} x_1 f(t) \sin(\omega_1 + \omega_2)t + \varepsilon_{23} x_3 g(t) \sin(\omega_2 - 3\omega_1)t, \\ \ddot{x}_3 + \omega_3^2 x_3 &= -\alpha_3 \dot{x}_3 + \varepsilon_{13} x_1^3 + \varepsilon_{23} x_2 g(t) \sin(\omega_2 - 3\omega_1)t, \end{aligned} \quad (6)$$

где

$$f(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < T_1, \\ 0, & T_1 \leq t < T, \end{cases} \quad g(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < T - T_3, \\ 1, & T - T_3 \leq t < T, \end{cases} \quad f(t+T) = f(t), \quad g(t+T) = g(t).$$

Для упрощения математического описания задачи будем считать, что времена продолжительности стадий составляют целое число периодов колебаний сигналов накачки, в частности,  $(\omega_1 + \omega_2)T_1/2\pi$  и  $(\omega_2 - 3\omega_1)T_3/2\pi$  целые числа, так что уравнения (6) характеризуются периодическими во времени коэффициентами. Для этой неавтономной системы можно привлечь описание динамики в терминах дискретного времени, посредством отображения Пуанкаре, рассматривая состояния в моменты времени, следующие друг за другом с интервалом  $T$ . Отображение Пуанкаре определено как преобразование шестимерного вектора состояния  $\mathbf{x} = \{x, \dot{x}, y, \dot{y}, z, \dot{z}\}$  за период модуляции накачки:  $\mathbf{x}_{n+1} = \mathbf{T}(\mathbf{x}_n)$ . Практически отображение Пуанкаре осуществляется компьютерной программой, выполняющей численное решение уравнений (6) на периоде  $T$ .

<sup>1</sup>Модель предназначена только для демонстрации принципа функционирования предлагаемой схемы и возможности получить хаотическую динамику, ассоциирующуюся с аттрактором Смейла – Вильямса, но не ставит целью достижение количественного соответствия с радиотехническим устройством, обсуждаемым в разделе 3. Говорить о качественном соответствии, тем не менее, методически правомерно в силу структурной устойчивости феномена (гиперболического аттрактора), который мы намерены рассмотреть.

На первой стадии функционирования системы в течение времени  $T_1$  накачка на частоте  $\Omega_1 = \omega_1 + \omega_2$ , интенсивность которой задана коэффициентом  $\varepsilon_{12}$ , обеспечивает параметрическое возбуждение первого и второго осцилляторов. При этом колебания характеризуются некоторой фазовой постоянной  $\varphi$ , определяемой условиями в начале стадии:  $x_1 \sim \sin(\omega_1 t + \varphi)$ ,  $x_2 \sim \sin(\omega_2 t - \varphi)$ . Ограничение амплитуды колебаний достигается благодаря тому, что во втором осцилляторе присутствует нелинейная диссипация, характеризуемая параметром  $\beta$ .

На второй стадии протяженности  $T_2$ , накачка выключена, и происходит затухание колебаний вследствие диссипации (параметры  $\alpha_{1,2}$ ). Благодаря связи через кубическую нелинейность, определяемую параметром  $\varepsilon_{13}$ , и резонансу частот 1:3 между первым и третьим осциллятором, третий осциллятор, который характеризуется относительно малым параметром затухания  $\alpha_3$ , претерпевает раскачку до некоторой амплитуды с фазой, отвечающей фазе третьей гармоники первого осциллятора:  $x_3 \sim \sin(3\omega_1 t + 3\varphi + \text{const}) = \sin(\omega_3 t + 3\varphi + \text{const})$ .

На третьей стадии накачка обеспечивается изменением во времени параметра связи второго и третьего осцилляторов и производится на частоте  $\Omega_2 = \omega_2 - \omega_3$  с амплитудой  $\varepsilon_{23}$ . При подобранной надлежащим образом продолжительности этой стадии  $T_3$  за счет механизма биений осуществляется практически полная передача энергии от третьего осциллятора ко второму, который в итоге наследует фазу от третьего осциллятора:  $x_2 \sim \sin(\omega_2 t + 3\varphi + \text{const})$ . Таким образом, к началу следующей стадии параметрического возбуждения, когда опять включается накачка на частоте  $\Omega_1$ , новое значение фазовой постоянной дается утроенной исходной величиной с обратным знаком:  $\varphi_{\text{new}} = -3\varphi + \text{const}$ . Далее весь процесс повторяется.

Благодаря наличию угловой переменной  $\varphi$ , претерпевающей действие троекратно растягивающего отображения окружности, и сжатия фазового объема из-за диссипации по другим направлениям, реализуется ситуация, отвечающая аттрактору Смейла – Вильямса типа обсуждавшегося во введении (рис. 1).

К уравнениям (6) можно применить метод медленных амплитуд, используя соотношения (2), (3), в которых индекс  $k$  принимает значения от 1 до 3. По аналогии с преобразованиями в начале раздела, можно вывести уравнения для комплексных амплитуд, которые ниже выписаны отдельно для каждой стадии.

Стадия I,  $nT \leq t < nT + T_1$ :

$$\begin{aligned} \dot{a}_1 + \frac{1}{2}\alpha_1 a_1 + \frac{3}{2}i\varepsilon_{13}\omega_1^{-1} a_1^{*2} a_3 &= -\frac{1}{4}\varepsilon_{12}\omega_1^{-1} a_2^*, \\ \dot{a}_2 + \frac{1}{2}\alpha_2 a_2 + \frac{3}{2}\omega_2^2 \beta a_2 a_2^{*2} &= -\frac{1}{4}\varepsilon_{12}\omega_2^{-1} a_1^*, \\ \dot{a}_3 + \frac{1}{2}\alpha_3 a_3 + \frac{1}{2}i\varepsilon_{13}\omega_3^{-1} a_1^3 &= 0. \end{aligned} \quad (7a)$$

Стадия II,  $nT + T_1 \leq t < nT + T_2$ :

$$\begin{aligned} \dot{a}_1 + \frac{1}{2}\alpha_1 a_1 + \frac{3}{2}i\varepsilon_{13}\omega_1^{-1} a_1^{*2} a_3 &= 0, \\ \dot{a}_2 + \frac{1}{2}\alpha_2 a_2 + \frac{3}{2}\omega_2^2 \beta a_2 a_2^{*2} &= 0, \\ \dot{a}_3 + \frac{1}{2}\alpha_3 a_3 + \frac{1}{2}i\varepsilon_{13}\omega_3^{-1} a_1^3 &= 0. \end{aligned} \quad (7б)$$

Стадия III,  $nT + T_2 \leq t < (n+1)T$ :

$$\begin{aligned} \dot{a}_1 + \frac{1}{2}\alpha_1 a_1 + \frac{3}{2}i\varepsilon_{13}\omega_1^{-1} a_1^{*2} a_3 &= 0, \\ \dot{a}_2 + \frac{1}{2}\alpha_2 a_2 + \frac{3}{2}\omega_2^2 \beta a_2 a_2^{*2} &= -\frac{1}{4}\varepsilon_{23}\omega_2^{-1} a_3, \\ \dot{a}_3 + \frac{1}{2}\alpha_3 a_3 + \frac{1}{2}i\varepsilon_{13}\omega_3^{-1} a_1^3 &= \frac{1}{4}\varepsilon_{23}\omega_3^{-1} a_2. \end{aligned} \quad (7в)$$

Для этих уравнений также можно использовать описание динамики в терминах отображения Пуанкаре, определяющего изменение состояния за период модуляции накачки  $\mathbf{x}_{n+1} = \mathbf{T}(\mathbf{x}_n)$ , где шестимерный вектор состояния определяется набором действительных и мнимых частей комплексных величин  $a_k$ :  $\mathbf{x} = \{\text{Re } a_1, \text{Im } a_1, \text{Re } a_2, \text{Im } a_2, \text{Re } a_3, \text{Im } a_3\}$ . Упомянутое выше условие целочисленной продолжительности каждой стадии в единицах периода быстрых колебаний в рамках подхода, основанного на методе медленных амплитуд, не принципиально, и его можно игнорировать.

## 2. Результаты численного моделирования и обоснование отсутствия аттрактора типа Смейла – Вильямса

Численные расчеты показывают, что трехкратно растягивающее отображение окружности для угловой переменной за период модуляции накачки  $T$  в представленной системе действительно имеет место.

На рис. 2 приводится типичный вид временных зависимостей для переменных  $x, y, z$ , полученных при численном решении уравнений (6) конечно-разностным методом для набора параметров  $\omega_1=2\pi, \omega_2=10\pi, \omega_3=6\pi, T=50, T_1=20, T_3=3, \beta=0.008, \varepsilon_{12}=48, \varepsilon_{23}=100, \varepsilon_{13}=1, \alpha_1=0.4, \alpha_2=1, \alpha_3=0$ . Хаос проявляется в вариации фаз колебаний на последовательных стадиях активности.

На рис. 3а показана диаграмма для угловой переменной, выступающая как главное свидетельство наличия аттрактора Смейла – Вильямса у отображения, описывающего изменение состояния системы за период  $T$ . В процессе численного решения дифференциальных уравнений в моменты времени  $t_n = nT + T/2$  согласно формуле  $\varphi_n = \arg(x(nT + T/2) - i\omega_1^{-1}\dot{x}(nT + T/2))$  определялись мгновенные фазы первого осциллятора. На диаграмме они представлены графически в координатах  $(\varphi_n, \varphi_{n+1})$ . Как можно видеть, точки определенно располагаются вдоль ветвей, образующих график трехкратно растягивающего отображения окружности. Принципиальное значение имеет топологическая природа преобразования фазы: один полный обход окружности для прообраза  $\varphi_n$  (т.е. изменение на величину  $2\pi$ ) соответствует трехкратному обходу для образа  $\varphi_{n+1}$  в обратном направлении. На этом основании можно заключить, что действие отображения Пуанкаре, определенного как преобразование вектора  $\mathbf{x}$  в шестимерном пространстве за период модуляции накачки, сопровождается растяжением по угловой переменной (фазе) и сжатием по остальным пяти направлениям. (Наличие растяжения и сжатия подтверждается приведенным ниже анализом спектра показателей Ляпунова.) Поэтому в шестимерном пространстве можно определить область  $D$ , содержащую аттрактор, как прямое произведение одномерной окружности и пятимерного шара. Однократная итерация отображения Пуанкаре применительно к точкам этой области порождает объект  $\mathbf{T}(D)$  в виде замкнутой «трубки», растянутой в длину, сжатой по ширине и вложенной в виде тройной петли в исходную тороидальную область, причем направление обхода инвертируется в сравнении с исходным направлением. Это соответствует конструкции соленоида Смейла – Вильямса, описанной во введении, с той разницей, что он «живет» не в трехмерном, а в шестимерном фазовом пространстве отображения  $\mathbf{T}$ . Портрет аттрактора в стробоскопическом сечении в проекции на плоскость показан на рис. 3б.

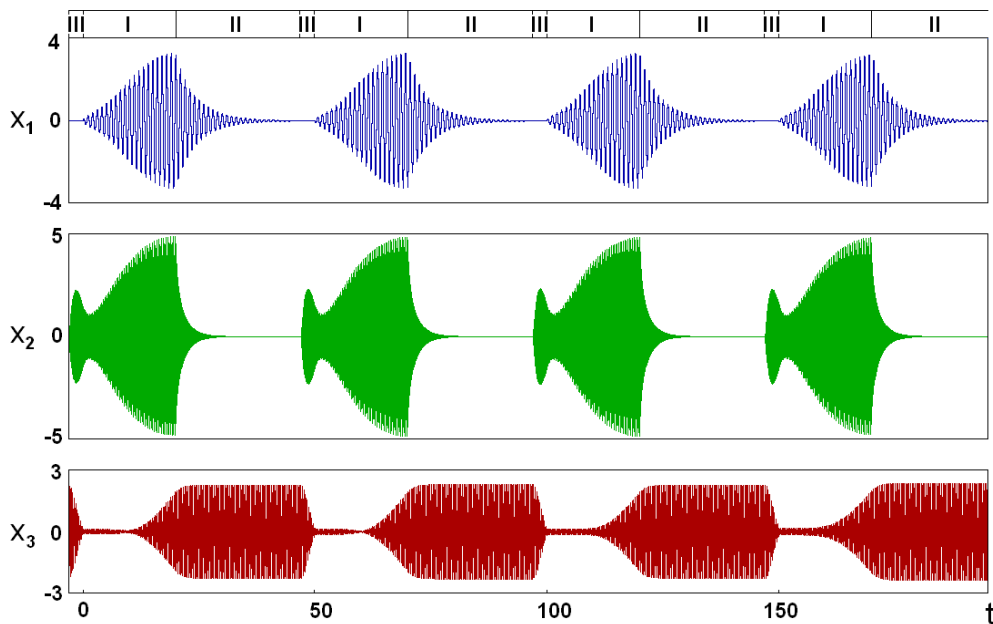


Рис. 2. Зависимости динамических переменных от времени, полученные в установившемся режиме функционирования системы при численном решении уравнений (6) конечно-разностным методом. Значения параметров  $\omega_1=2\pi, \omega_2=10\pi, \omega_3=6\pi, T=50, T_1=20, T_3=3, \beta=0.008, \varepsilon_{12}=48, \varepsilon_{23}=100, \varepsilon_{13}=1, \alpha_1=0.4, \alpha_2=1, \alpha_3=0$ . В верхней части рисунка представлена линейка, где римскими цифрами обозначены стадии функционирования системы

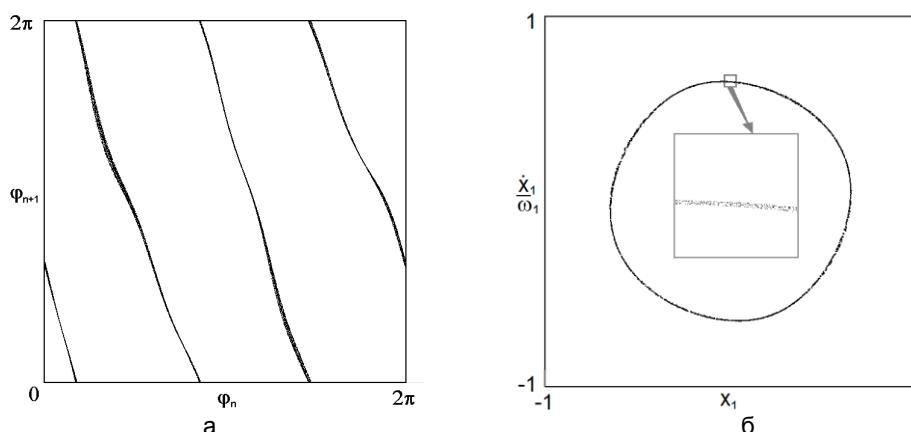


Рис. 3. Итерационная диаграмма фаз колебаний первого осциллятора (а) и портрет аттрактора в сечении Пуанкаре (б) по результатам численного решения уравнений (6) при указанных в тексте значениях параметров. Вставка на панели (б) иллюстрирует в увеличенном виде тонкую поперечную структуру волокон аттрактора

Аналогичные результаты получаются при использовании уравнений для медленных амплитуд. На рис. 4 показана диаграмма для фаз, определяемых как аргумент комплексной амплитуды  $a_1$  в моменты времени  $t_n = nT + T/2$ , а также портрет аттрактора в стробоскопическом сечении. Незначительные количественные отклонения в сравнении с рис. 3, очевидно, обусловлены приближенным характером описания в терминах медленных амплитуд.

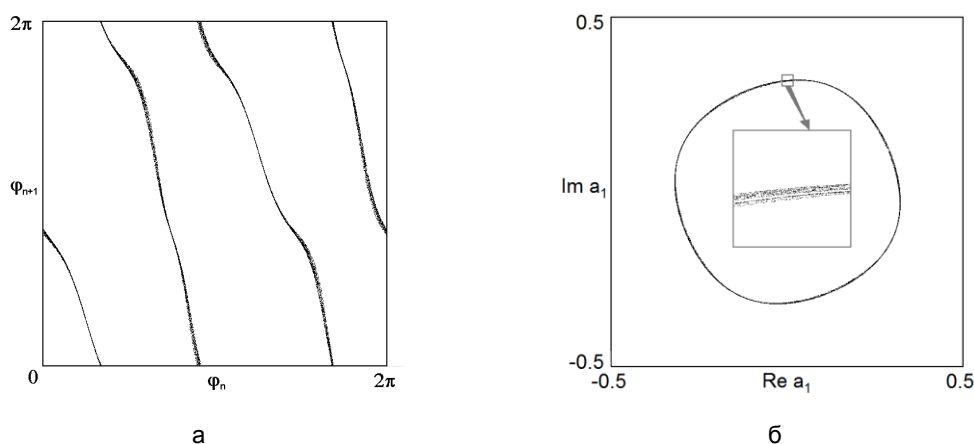


Рис. 4. Итерационная диаграмма фаз колебаний первого осциллятора (а) и портрет аттрактора в сечении Пуанкаре (б) по результатам численного решения уравнений для комплексных амплитуд (7) при указанных в тексте значениях параметров. Вставка на панели (б) иллюстрирует в увеличенном виде тонкую поперечную структуру волокон аттрактора

Чтобы найти спектр показателей Ляпунова, следуя хорошо известной методике [29], проводим численное решение уравнений (6) или (7) совместно с набором из шести комплектов уравнений в вариациях

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}} &= \mathbf{F}(\mathbf{x}, t), \\ \dot{\tilde{\mathbf{x}}}_k &= \mathbf{F}'(\mathbf{x}, t)\tilde{\mathbf{x}}_k, \quad k = 1, 2, \dots, 6. \end{aligned} \tag{8}$$

Здесь векторная функция  $\mathbf{F}(\mathbf{x}, t)$  задается компонентами, фигурирующими в правых частях уравнений (6) или (7), а  $\mathbf{F}'(\mathbf{x}, t)$  – ее матричная производная, т.е. матрица размера  $6 \times 6$ , элементы которой представляют собой частные производные компонент  $\mathbf{F}$  по компонентам вектора  $\mathbf{x}$ . Тильдой обозначен вектор возмущения, отслеживаемый в процессе решения вдоль опорной траектории. Процедура дополняется нормализацией и ортогонализацией шести векторов возмущения на каждом периоде модуляции накачки  $T$ . Показатели Ляпунова получаются как средние скорости роста или убывания накапливающихся сумм логарифмов норм для векторов возмущения перед нормализацией и естественным образом получаются расположенными в порядке убывания. Согласно результатам вычислений, показатели Ляпунова для аттрактора отображения Пуанкаре при указанных параметрах составляют для исходных уравнений (6)

$$\Lambda_1 \approx 1.093, \Lambda_2 \approx -1.338, \Lambda_3 \approx -5.64, \Lambda_4 \approx -7.78, \Lambda_5 \approx -30.6, \Lambda_6 \approx -32.3, \quad (9)$$

а для уравнений в медленных амплитудах (7)

$$\Lambda_1 \approx 1.095, \Lambda_2 \approx -1.432, \Lambda_3 \approx -5.29, \Lambda_4 \approx -7.59, \Lambda_5 \approx -32.8, \Lambda_6 \approx -34.9, \quad (10)$$

Наличие положительного показателя  $\Lambda_1$  указывает на хаотическую природу динамики. Его величина близка к константе  $\ln 3 = 1.0986\dots$ , что хорошо согласуется с приближенным описанием эволюции фазовой переменной троекратно растягивающим отображением окружности. Остальные показатели отрицательные и отвечают за приближение фазовых траекторий к аттрактору.

Интересно выполнить прямую численную проверку свойства гиперболичности аттрактора хотя бы применительно к системе уравнений для медленных амплитуд (7), что требует существенно меньших вычислительных ресурсов.

Идея тестирования на основе «критерия углов» была предложена в [30, 31], а в наиболее простой удобной для проведения вычислений форме методика представлена в [32]. При наличии одного неустойчивого направления (один положительный показатель Ляпунова) она состоит в следующем.

Начнем с вычисления опорной орбиты  $\mathbf{x}(t)$  на аттракторе, проводя решение уравнения  $\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{F}(\mathbf{x}, t)$  за достаточно большой временной интервал. Затем берем линеаризованное уравнение для вектора возмущения  $\tilde{\mathbf{x}} = \mathbf{F}'(\mathbf{x}(t), t)\tilde{\mathbf{x}}$  и интегрируем его вдоль найденной траектории  $\mathbf{x}(t)$  с нормировкой вектора  $\tilde{\mathbf{x}}$  на каждом шаге отображения Пуанкаре  $n$  на единицу, чтобы исключить расходимость. В результате получаем набор единичных векторов  $\{\mathbf{x}_n\}$ . Далее в соответствии с идеей [32] проводим интегрирование в обратном времени вдоль той же самой опорной траектории линейного уравнения

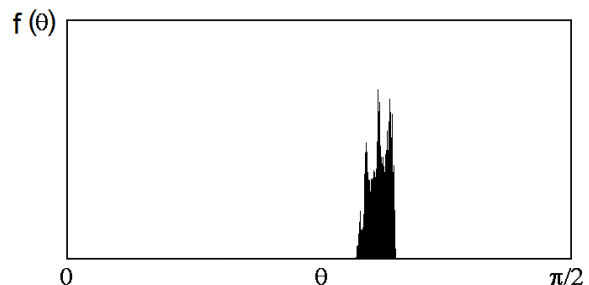
$$\dot{\mathbf{u}} = -[\mathbf{F}'(\mathbf{x}(t), t)]^T \mathbf{u}, \quad (11)$$

где верхний индекс T означает матричное сопряжение. Это дает набор векторов  $\{\mathbf{u}_n\}$ , определяющих ортогональное дополнение к устойчивому подпространству векторов возмущения. Их также удобно нормировать на единицу. Теперь для оценки угла  $\alpha$  между одномерным неустойчивым подпространством и пятимерным в нашем случае устойчивым подпространством при  $n$ -м прохождении сечения Пуанкаре вычисляем угол  $\beta_n \in [0, \pi/2]$  между векторами  $\tilde{\mathbf{x}}_n$  и  $\mathbf{u}_n$ :  $\cos \beta_n = |\mathbf{u}_n(t) \cdot \tilde{\mathbf{x}}_n(t)|$ , и полагаем  $\theta_n = \pi/2 - \beta_n$ .

Для достаточно длинной траектории на основе обработки полученных данных можно рассмотреть статистическое распределение углов  $\theta$ . Если оно отделено от нуля, то тест подтверждает гиперболичность. Если же распределение показывает ненулевую вероятность для нулевых углов, то это говорит о нарушении гиперболичности из-за присутствия касаний устойчивых и неустойчивых многообразий принадлежащих аттрактору траекторий.

На рис. 5 показана гистограмма распределения углов между устойчивыми и неустойчивыми подпространствами, полученная численно для упомянутого набора значений параметров системы для уравнений в комплексных амплитудах (7). Как можно видеть, распределение с очевидностью располагается вдали от нулевых значений углов  $\theta$ , т.е. тест подтверждает гиперболичность аттрактора.

Рис. 5. Гистограмма распределения углов пересечения локальных устойчивых и неустойчивых многообразий на аттракторе, полученная обработкой данных численного решения применительно к отображению Пуанкаре системы уравнений для амплитуд (7) по методике, описанной в тексте. Отсутствие углов, близких к нулю, подтверждает гиперболичность аттрактора



### 3. Схема параметрического генератора

Для разработки параметрического генератора хаоса как реального электронного устройства естественно обратиться к удобному и популярному современному средству схемотехнического моделирования – программному продукту Multisim [33, 34]. Его первоначальная версия была выпущена канадской компанией Interactive Image Technologies в 1995 г. под названием Electronics Workbench, а усовершенствованные версии, начиная с 2005 г., разрабатываются компанией National Instruments.

Представленные ниже результаты получены с использованием имеющейся в СФ ИРЭ РАН лицензионной версии продукта NI Multisim 10.1.1.

На рис. 6 показана схема, составленная из трех осцилляторов на основе колебательных контуров, один из которых образован катушкой индуктивности L1 и емкостью C1, а второй и третий, соответственно, элементами L2 и C2, L3 и C3. Потери в первом и втором контуре вносятся резисторами R1 и R2. Как и в модельной системе из предыдущего раздела, функционирование устройства осуществляется как периодическое повторение трех стадий, с модуляцией накачки посредством переключателей J1 и J2, которые управляются прямоугольными импульсами от источников V4 и V6. На первой стадии (продолжительность  $T_1=400$  мкс) открыт только ключ J1, на второй стадии ( $T_2=550$  мкс) оба ключа закрыты, а на третьей стадии ( $T_3=50$  мкс) открыт только ключ J2.

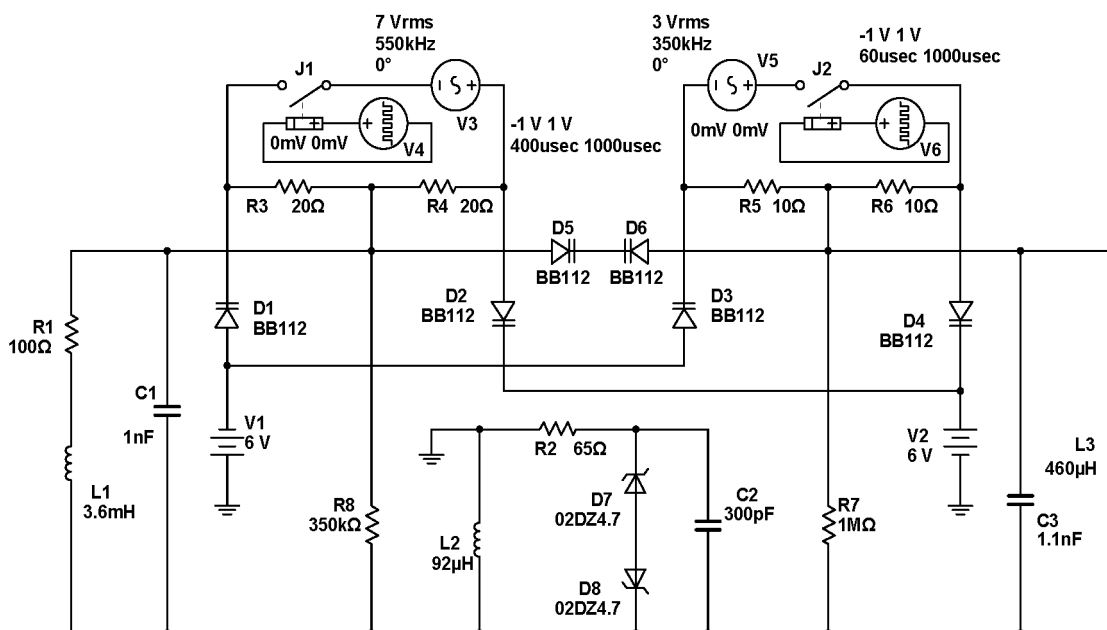


Рис. 6. Схема параметрического генератора хаоса, реализованная в среде Multisim (пояснения в тексте)

Параметрическое возбуждение первого и второго осцилляторов на первой стадии обеспечивается за счет колебаний емкости элемента, составленного из пары варакторных диодов D1 и D2. Они включены с противоположной полярностью в две параллельные ветви с подключением смещения от источников постоянного напряжения V1 и V2 и переменного напряжения накачки с делителя на резисторах R3 и R4 от источника V3. Благодаря такому включению зависимость общей емкости от приложенного к составному элементу напряжения дается симметричной функцией, содержащей только четные члены в разложении в степенной ряд. Аналогичным образом устроен элемент на варакторных диодах D3 и D4, для которых смещение обеспечивается теми же источниками V1 и V2, а переменное напряжение накачки подается с делителя на резисторах R5 и R6 от источника V5, обеспечивающего действие накачки на третьей стадии. Первый и третий осцилляторы связаны посредством элемента с кубической нелинейностью на варакторных диодах D5 и D6, включенных навстречу друг другу. Диоды Зенера (стабилитроны) D7 и D8, включенные в колебательный контур L2, C2, обеспечивают насыщение амплитуды колебаний при параметрической неустойчивости на определенном конечном уровне.

Емкости и индуктивности подобраны так, чтобы частоты колебательных мод, реализуемые в системе при выключенной накачке и ассоциирующиеся с преимущественным возбуждением первого, второго и третьего контуров, составляли  $f_1=50$  кГц,  $f_2=500$  кГц и  $f_3=3f_1=150$  кГц. Соответственно, частота накачки на первой стадии задается равной  $f_1 + f_2=550$  кГц, а на третьей стадии  $f_2 - f_3=350$  кГц.

#### 4. Результаты моделирования хаотической динамики в среде Multisim

На рис. 7 показаны графики реализаций напряжения на конденсаторах C1, C2 и C3, полученные при моделировании в среде Multisim с использованием предусмотренного программным продуктом виртуального осциллографа с подключением к соответствующим узлам схемы. На линейке в верхней части рисунка римскими цифрами обозначены стадии функционирования схемы. На первой стадии можно видеть параметрическое возбуждение первого и второго контуров, колебания которых затем затухают на второй стадии, в то время как колебания в третьем контуре сохраняются, а затем на

третьей стадии посредством биений передаются второму осциллятору, создавая начальные условия для развития параметрической неустойчивости на следующем периоде модуляции накачки.

Чтобы убедиться, что переход к каждой новой стадии параметрического возбуждения сопровождается отображением трехкратного растяжения переменной, характеризующей фазу колебаний, поступим следующим образом. Подключим осциллограф так, чтобы один луч управлялся напряжением на катушке индуктивности L1, а второй – напряжением на резисторе R1. В среде Multisim с помощью приложения Grapher предусмотрена запись в файл данных, получаемых в процессе моделирования, с возможностью дальнейшей цифровой обработки. Шаг выборки по времени надо установить равным периоду модуляции ( $T=1$  мс). Чтобы подобрать моменты выборки, отвечающие присутствию колебаний первого осциллятора, можно использовать параметр задержки источников управляющих импульсов V4 и V6. (В нашем случае они заданы равными 500 и 450 мкс.) Затем записанный файл обрабатывается специально составленной внешней программой. Сначала оба временных ряда – для напряжений на катушке индуктивности  $U_L$  и резисторе и  $U_R$  нормируются так, чтобы сумма квадратов элементов была для них одинакова. Затем для каждой пары величин  $U_L^n, U_R^n$ , относящихся к одному и тому же моменту времени  $t_n=nT+T/2$ , определяется фаза  $\varphi_n = \arg(U_L^n + iU_R^n)$ , приведенная к интервалу от 0 до  $2\pi$ .

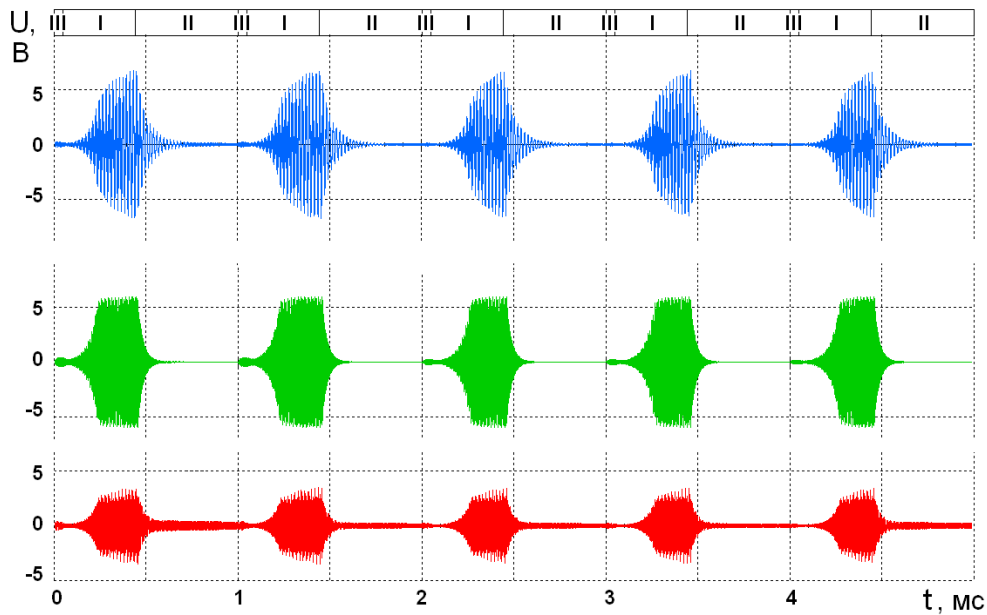


Рис. 7. Реализации напряжения на конденсаторах C1, C2 и C3, скопированные с экрана виртуального осциллографа при моделировании схемы на рис. 2 в среде Multisim

На рис. 8 показан график, на котором представлены обработанные данные в виде зависимости значений  $\varphi_{n+1}$  от величин  $\varphi_n$ . Как можно видеть, график соответствует трехкратно растягивающему отображению окружности, аналогичному диаграмме на рис. 1в. Таким образом, выполнено основное условие, требуемое для присутствия аттрактора типа Смейла – Вильямса.

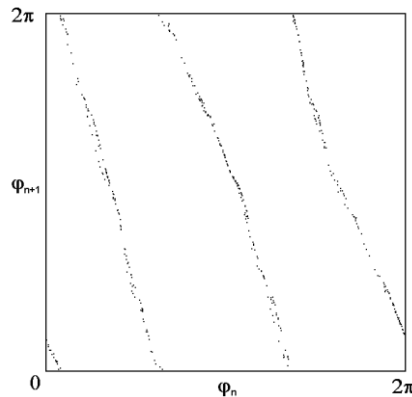


Рис. 8. Итерационная диаграмма для фаз, построенная по данным моделирования схемы, показанной на рис. 2, в среде Multisim

То же подключение осциллографа можно использовать для получения портрета аттрактора в проекции на фазовую плоскость первого осциллятора, переключив его в режим, в котором развертка по времени не производится, а отклонение луча по горизонтали и вертикали управляется входными напряжениями  $U_L$  и  $U_R$ . Полученный таким образом портрет аттрактора показан на рис. 9 а. Для построения аттрактора в стробоскопическом сечении можно воспользоваться записанными в файл данными, использованными при построении диаграммы для фаз, представив их графически в координатах  $U_L$ ,  $U_R$  с помощью внешней программы. Полученная диаграмма показана на рис. 9 б. Здесь можно видеть объект, соответствующий по виду соленоиду Смейла – Вильямса, причем различима характерная для него поперечная структура волокон.

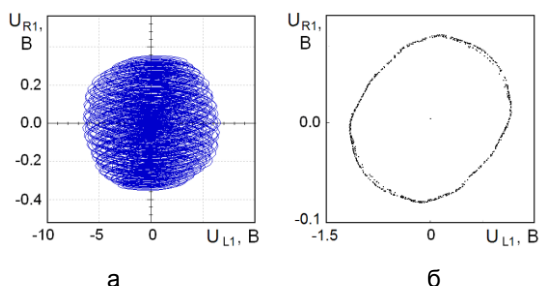


Рис. 9. Портрет аттрактора в проекции из расширенного фазового пространства системы (а) и аттрактор в стробоскопическом сечении (б). По горизонтальной и вертикальной оси отложены, соответственно, напряжение на катушке индуктивности L1 и на резисторе R1

Рис. 10 иллюстрирует спектры сигналов, полученные с помощью имеющегося в среде Multisim анализатора спектра (Stimulate – Instruments – Spectrum Analyzer) и отвечающие напряжениям на конденсаторах C1, C2, C3. Спектры сплошные, как это и должно быть для случайного сигнала, хотя характеризуются довольно сильной изрезанностью. Для сигнала с каждого из трех контуров спектр содержит хорошо выраженный пик в окрестности его собственной частоты, соответственно, 50 кГц для первого, 500 кГц для второго, и 150 кГц для третьего контура. Кроме того, имеются пики в окрестности частот накачки и комбинационных составляющих вследствие наличия в схеме нелинейных элементов.

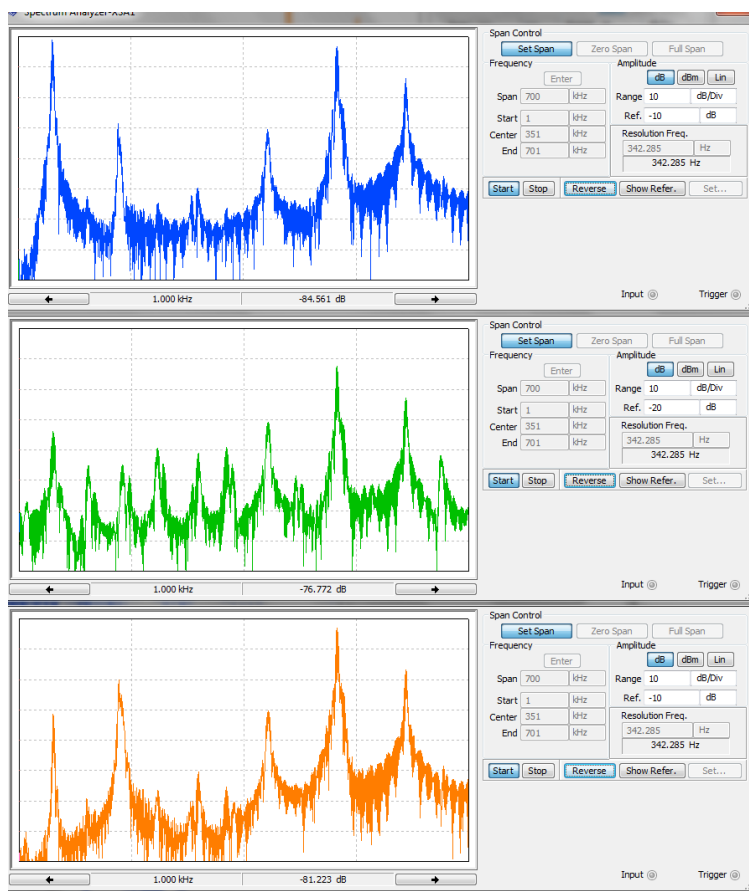


Рис. 10. Спектры колебаний напряжения на конденсаторах C1, C2, C3. Ось частот охватывает интервал от 1 до 700 кГц, по вертикальной оси использован логарифмический масштаб, цена деления 10 дБ



## Заключение

В настоящей работе введен в рассмотрение параметрический генератор хаоса на базе трех связанных осцилляторов, в котором накачка осуществляется периодической последовательностью радиоимпульсов, имеющих частоты заполнения, попеременно равные сумме и разности собственных частот парциальных осцилляторов. Система генерирует колебания в виде цугов колебаний, фаза заполнения которых меняется хаотически. В шестимерном отображении, описывающем динамику за период модуляции накачки, имеет место гиперболический странный аттрактор, представляющий собой вариант соленоида Смейла – Вильямса с утроением угловой координаты, отсчитываемой вдоль витков соленоида, на каждом шаге построения. Соответственно, исходная потоковая система, порождающая данное отображение Пуанкаре, по принятой математической терминологии, будет иметь аттрактор, топологически эквивалентный надстройке над соленоидом Смейла – Вильямса. Представлена реализация системы в виде радиотехнического устройства на варакторных диодах и продемонстрировано ее функционирование в программной среде Multisim.

Главное преимущество систем с гиперболическими аттракторами с практической точки зрения будет состоять в присущей структурной устойчивости или грубости, что означает нечувствительность свойств генерируемого хаоса по отношению к вариациям параметров и характеристик элементов устройства, техническим флуктуациям и т.п. В частности, такие системы могут представлять интерес, как генераторы хаоса для применения в схемах скрытой коммуникации [13, 35, 36]. Выигрышный момент видится в том, что хаос выражается в случайном изменении фазы заполнения последовательности импульсов, благодаря чему передача сигнала в канале связи будет менее чувствительной к помехам, потерям и искажениям, нежели в предложенных до сих пор вариантах.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 12-02-00541.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мандельштам Л.И. Лекции по колебаниям / Л.И. Мандельштам. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 512 с.
2. Крысько В.А. Нелинейная динамика параметрических колебаний двухслойных распределенных систем с учетом зазора между слоями / В.А. Крысько, Е.Ю. Крылова, И.В. Папкина // Вестник СГТУ. 2013. Вып. 1 (69). С. 7-11.
3. Каплан А.Е. Параметрические генераторы и делители частоты / А.Е. Каплан, Ю.А. Кравцов, В.А. Рылов. М.: Сов. радио, 1966. 335 с.
4. Люиселл У. Связанные и параметрические колебания в электронике / У. Люиселл. М.: иностр. лит., 1963. 352 с.
5. Островский Л.А. Параметрический генератор ультразвука / Л.А. Островский, И.А. Папилова, А.М. Сутин // Письма в ЖЭТФ. 1972. Т. 15. Вып. 8. С. 456-458.
6. Ахманов С.А. Параметрические усилители и генераторы света / С.А. Ахманов, Р.В. Хохлов // Успехи физических наук. 1966. Т. 88. № 3. С. 439-460.
7. Кузнецов А.П. Нелинейные колебания / А.П. Кузнецов, С.П. Кузнецов, Н.М. Рыскин. М.: Физматлит, 2005. 292 с.
8. Динамические системы с гиперболическим поведением / Д.В. Аносов, С.Х. Арансон, В.З. Гринес, Р.В. Плыкин, Е.А. Сатаев, А.В. Сафонов, В.В. Солодов, А.Н. Старков, А.М. Степин, С.В. Шлячков // Динамические системы – 9, Итоги науки и техн. Сер. Современ. пробл. матем. Фундам. направления. Т. 66. М.: ВИНТИ, 1991. 247 с.
9. Каток А.Б. Введение в современную теорию динамических систем: пер. с англ. / А.Б. Каток, Б. Хасселблат. М.: Факториал, 1999. 768 с.
10. Shilnikov L. Mathematical problems of nonlinear dynamics: a tutorial / L. Shilnikov // Int. J. of Bif. & Chaos. 1997. Vol. 7. № 9. P. 1353.
11. Анищенко В.С. Нелинейная динамика хаотических и стохастических систем. Фундаментальные основы и избранные проблемы / В.С. Анищенко, В.В. Астахов, Т.Е. Вадивасова. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1999. 368 с.
12. Андронов А.А. Теория колебаний / А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. М.: Наука, 1981. 586 с.
13. Дмитриев А.С. Динамический хаос: новые носители информации для систем связи / А.С. Дмитриев, А.И. Панас. М.: Физматлит, 2002. 252 с.
14. Lukin K.A. Noise radar technology / K.A. Lukin // Telecommunications and Radio-Engineering. 2001. Vol. 16. № 12. P. 8-16.

15. Drutarovsky M. A Robust Chaos-Based True Random Number Generator Embedded in Reconfigurable Switched-Capacitor Hardware / M. Drutarovsky, P. Galajda // *Radioengineering*. 2007. Vol. 16. № 3. P. 120-127.
16. Kuznetsov S.P. Example of a Physical System with a Hyperbolic Attractor of the Smale-Williams Type / S.P. Kuznetsov // *Phys. Rev. Lett.* 2005. Vol. 95. 144101.
17. Kuznetsov S.P. Autonomous coupled oscillators with hyperbolic strange attractors / S.P. Kuznetsov, A. Pikovsky // *Physica D*. 2007. Vol. 232. P. 87-102.
18. Кузнецов С.П. Хаотическая динамика в физической системе со странным аттрактором типа Смейла – Вильямса / С.П. Кузнецов, Е. П. Селезнев // *ЖЭТФ*. 2006. Т. 129. Вып. 2. С. 400-412.
19. Емельянов В.В. Генератор гиперболического хаоса на основе связанных пролетных клистронов / В.В. Емельянов, С.П. Кузнецов, Н.М. Рыскин // *Письма в ЖТФ*. 2009. Т. 35. Вып. 16. С. 71-78.
20. Кузнецов С.П. О возможности реализации странного аттрактора типа Смейла-Вильямса в радиотехническом генераторе с запаздыванием / С.П. Кузнецов, В.И. Пономаренко // *Письма в ЖТФ*. 2008. Т. 34. Вып. 18. С. 1-8.
21. Кузнецов С.П. Динамический хаос и однородно гиперболические аттракторы: от математики к физике / С.П. Кузнецов // *Успехи физических наук*. 2011. Т. 181. № 2. С. 121-149.
22. Кузнецов С.П. О возможности реализации параметрического генератора гиперболического хаоса / С.П. Кузнецов // *ЖЭТФ*. 2008. Т. 133, № 2. С. 438-446.
23. Kuznetsov A.S. Parametric generation of robust chaos with time-delayed feedback and modulated pump source / A.S. Kuznetsov, S.P. Kuznetsov // *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2013. Vol. 18. P. 728-734.
24. Кузнецов А.С. Параметрический генератор гиперболического хаоса на основе двух связанных осцилляторов с нелинейной диссипацией / А.С. Кузнецов, С.П. Кузнецов, И.Р. Сатаев // *ЖТФ*. 2010. Т. 80. Вып. 12. С. 1-9.
25. Кузнецов С.П. Схемы электронных устройств с гиперболическим хаосом и моделирование их динамики в программной среде Multisim / С.П. Кузнецов // *Известия вузов – Прикладная нелинейная динамика*. 2011. Т. 19. № 5. С. 98-115.
26. Kuznetsov S.P. Plykin type attractor in electronic device simulated in Multisim / S.P. Kuznetsov // *CHAOS*. 2011. Vol. 21. 043105.
27. Аржанухина Д.С. Схемы электронных устройств с гиперболическим хаосом на основе связанных осцилляторов Ван дер Поля / Д.С. Аржанухина // *Вестник СГТУ*. 2013. Вып. 3 (72). С. 20-30.
28. Кузнецов С.П. Автономная система – генератор гиперболического хаоса. Схемотехническое моделирование и эксперимент / С.П. Кузнецов, В.И. Пономаренко, Е.П. Селезнев // *Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика*. 2013. Т. 21. № 5. С. 17-30.
29. Кузнецов С.П. Динамический хаос: курс лекций / С.П. Кузнецов. М.: Физматлит, 2001. 296 с.
30. Lai Y.-C. How often are chaotic saddles nonhyperbolic? / Y.-C. Lai, C. Grebogi, J.A. Yorke, I. Kan // *Nonlinearity*. 1993. Vol. 6. P. 779-798.
31. Anishchenko V.S. Studying hyperbolicity in chaotic systems / V.S. Anishchenko, A.S. Kopeikin, J. Kurths, T.E. Vadivasova, G.I. Strelkova // *Physics Letters A*. 2000. Vol. 270. P. 301-307.
32. Kuptsov P.V. Fast numerical test of hyperbolic chaos / P.V. Kuptsov // *Phys. Rev. E*. 2012. Vol. 85. No 1. 015203.
33. Варзарев Ю.Н. Моделирование электронных схем в системе Multisim / Ю.Н. Варзарев, В.В. Иванов, Б.Г. Спиридонов. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. 81 с.
34. Резников Б.Л. Программный комплекс Multisim 10 в учебном процессе: учеб. пособие / Б.Л. Резников. М.: МГТУ ГА, 2010. 84 с.
35. Короновский А.А. О применении хаотической синхронизации для скрытой передачи информации / А.А. Короновский, О.И. Москаленко, А.Е. Храмов // *Успехи физических наук*. 2009. Т. 179. Вып. 12. С. 1281-1310.
36. Yang T. A survey of chaotic secure communication systems / T. Yang // *International Journal of Computational Cognition*. 2004. Vol. 2. № 2. P. 81-130.

**Кузнецов Сергей Петрович** – доктор физико-математических наук, зав. лабораторией Саратовского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, профессор факультета нелинейных процессов Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского

**Sergey P. Kuznetsov** – Dr. Sc., Professor  
Department of Nonlinear Processes,  
Saratov State University  
Head of Laboratory at Saratov branch  
of Kotelnikov Institute of Radio-Engineering  
and Electronics of the Russian Academy of Sciences

*Статья поступила в редакцию 15.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*

## ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 541.138

**А.В. Колесников**

### **ВЛИЯНИЕ ФЛОКУЛЯНТОВ НА ЭЛЕКТРОВОССТАНОВЛЕНИЕ ЦИНКА ИЗ СУЛЬФАТНЫХ РАСТВОРОВ**

*Изучен процесс электровосстановления цинка из сульфатных растворов в присутствии флокулянтов в широкой области потенциалов. Показано, что добавки флокулянтов в области потенциалов, близких к равновесным, тормозят процесс разряда и окисления цинка за счет адсорбции на электроде и увеличения вязкости раствора. При высокой анодной и катодной поляризации скорости растворения цинкового анода и электровосстановления цинка на катоде значительно возрастают, особенно в присутствии флокулянтов с положительным и отрицательным зарядом.*

Флокулянты, электровосстановление, поверхностно активные вещества, потенциалы, ток, цинк, хронопотенциометрия, поляризация, электролит

**A.V. Kolesnikov**

### **INFLUENCE OF FLOCCULANTS ON THE ELECTROREDUCTION OF ZINC SULFATE SOLUTIONS**

*The process of zinc electroreduction from sulfate solutions is studied in the presence of flocculants in a wide area of potentials. It is shown that additions of flocculants in the areas of potentials nearing the equilibrium ratio inhibit the discharge process and zinc oxidation due to electrode adsorption and an increase in the solution viscosity. Under high anodic and cathode polarization, the dissolution speed of zinc anode, and electroreduction of zinc on the cathode increase significantly, particularly in the presence of flocculants having a positive or negative charge.*

Flocculants, electroreduction, surfactants, potential, current, zinc, chronopotentiometry, the polarization, electrolyte

### **Введение**

В технологии цинкового производства используют высокомолекулярные поверхностно-активные вещества – флокулянты для улучшения процессов фильтрации и отстаивания пульпы (смесь твердой и жидкой фазы), образующейся после выщелачивания продуктов обжига цинковых концентратов в растворах отработанного электролита (150-200 г/л  $H_2SO_4$ ). Флокулянты (ПАВ) часто оказывают отрицательное влияние на последующие электрохимические процессы на стадиях цементационной очистки растворов и электролиза [1]. Поэтому выяснение причин их влияния является важной практической задачей, позволяющей найти оптимальные решения при подборе флокулянтов.

Процесс электроосаждения цинка из сульфатных электролитов с добавками ПАВ применительно к гальваническим процессам изучали во многих работах [2-5]. В публикациях [6-9] рассматривается влияние ПАВ, включая флокулянты на процесс электролиза цинка. Так, в [6] отмечается, что флокулянт полиакриламид (ПАА) снижает выход по току и увеличивает расход электроэнергии на электролизе цинка. Снижение выхода по току до 80 % зафиксировано при концентрации ПАА в электролите 20 мг/л.

С позиций адсорбционной теории наиболее эффективно должны воздействовать на катодный процесс те вещества, которые адсорбируются на поверхности катода в подходящей области потенциалов. Замеренные при различной плотности тока катодные потенциалы цинка всегда соответствуют правой ветви электрокапиллярной кривой. В этом случае, как отмечает автор [9], могут адсорбироваться только молекулярные и катионообразующие вещества. Изучение влияния ПАВ действительно показало, что анионоактивные ПАВ не оказывают влияние на процесс осаждения цинка. Наоборот, молекулярные вещества и соединения, диссоциирующие с образованием поверхностно активного катиона, вызывали заметное торможение процесса при очень малых содержаниях их в электролите (до 11 мг/л). Показано, что существует определенный предел повышения концентрации ПАВ, выше которого заметного увеличения торможения не наблюдается [9].

В то же время изучение влияния ПАВ на перенапряжение восстановления водорода и разряд других ионов показывает, что адсорбция анионов должна изменять диффузионный  $\psi_1$ -потенциал в отрицательную сторону и, следовательно, уменьшать перенапряжение, а адсорбция катионоактивных или молекулярных веществ, наоборот, изменяет диффузионный потенциал в положительную сторону и увеличивает перенапряжение, а следовательно, тормозит процесс разряда водорода [7, 10].

Таким образом, механизм блокирующего действия адсорбционных поверхностных слоев, составленных из органических соединений, объясняют по-разному. Некоторые ученые считают, что действие это определяется изменением  $\psi_1$ -потенциала, вызванным зарядами ионов или диполями адсорбирующихся молекул. По М.А. Лошкареву, основное значение имеет заполнение поверхности адсорбированными частицами [7, 11]. Однако к настоящему времени по-прежнему остается серьезным затруднением истолкование действия на электродные процессы высокомолекулярных органических соединений, к ним относятся флокулянты с различной величиной и плотностью заряда.

Целью работы являлось изучение влияния высокомолекулярных поверхностно-активных веществ – флокулянтов на процесс электровосстановления цинка из сульфатных растворов.

### Методика эксперимента

Электровосстановление цинка проводили из сульфатного электролита, содержащего 0,25 моль/л  $ZnSO_4$  и 0,5 моль/л  $Na_2SO_4$ . В качестве добавок использовали растворы флокулянтов с коммерческими названиями магнофлок 333, 351, бесфлок К6645 и К4034. Количество добавки флокулянта составляло во всех опытах 50 мг/л. В табл. 1 приведены некоторые характеристики используемых флокулянтов.

Используемые в гидрометаллургическом цикле флокулянты получают следующими путями [1]: а) полимеризация акриламидного мономера в неионные полимеры с нулевой плотностью заряда; б) сополимеризация акриламидного мономера с акрилатом натрия в анионный полимер с отрицательным зарядом; в) сополимеризация мономеров акриламида и метилхлорида с образованием катионного полимера с положительным зарядом.

Таблица 1

Характеристики высокомолекулярных поверхностно активных флокулянтов

Флокулянт*	Плотность заряда*	Молекулярная масса*	Вязкость 0,13 % водный раствор, 25°С, спз**
Магнофлок 333 (М333) – неионогенный	нейтрален	15-20 млн	1,6
Магнофлок 351 (М351) – неионогенный	нейтрален	8-15 млн	3,5
Бесфлок К6645 (Б6645) – катионный	очень высокая, положительная	средняя	50,6
Бсфлок К4034 (Б4034) – анионный	низкая, отрицательная	средняя	39,9

\* – данные фирм-поставщиков; \*\* – данные автора

Хронопотенциометрические исследования и снятие поляризационных кривых в динамическом режиме проводили на потенциостате-гальваностате IRC-Pro с использованием трехэлектродной ячейки. Рабочий электрод (катод) выполнен из алюминиевой пластинки площадью 0,13 см<sup>2</sup>, вспомогательный (анод) – из цинковой пластинки площадью 0,20 см<sup>2</sup>, электрод сравнения – хлорсеребряный. Электроды перед работой шлифовали, обезжиривали этиловым спиртом, промывали водой. Катод и анод протравливали в растворе азотной кислоты (1 : 2=кислота : вода) в течение 5 с и интенсивно промывали дистиллированной водой.

Перед снятием поляризационных (скорость развертки потенциала 5 мВ/с) и хронопотенциометрических кривых катодную поверхность алюминия покрывали тонким слоем цинка при плотности тока 5 мА/см<sup>2</sup> в течение 10 мин.

Хронопотенциометрические измерения проводили без перемешивания электролита, а снятие поляризационных кривых – при непрерывном перемешивании. Все эксперименты проведены при комнатной температуре (~25°C).

### Обсуждение результатов

Результаты хронопотенциометрических измерений при нулевом внешнем токе показали увеличение общего условного сопротивления электролитической ячейки при введении добавок флокулянтов (табл. 1). Расчет сопротивления (R) проводился по закону Ома ( $R=U(E)/I$ ) по средним данным потенциала ( $E_{cp}$ ) и тока ( $I_{cp}$ ) в течение начальных четырех секунд протекания процесса.

Таблица 2

Результаты расчета общего сопротивления электролитической ячейки по данным хронопотенциометрических измерений

Электролиты	$E_{cp}$ , мВ (по СВЭ)	$I_{cp}$ , мА	R, оМ
Без добавки флокулянта	-964,5	-1,434	672,6
С добавкой М333	-906,8	-1,280	708,4
С добавкой Бес4034	-828,8	-1,156	717,0
С добавкой Бес6645	-859,0	-1,14	753,5

Из приведенных в табл. 1, 2 данных можно увидеть возрастание условного сопротивления электролитической ячейки при введении в электролит добавок флокулянтов, имеющих более высокие показатели вязкости водных растворов. Повышение условного сопротивления приводит к снижению тока, т.е. скорости протекания разряда цинка в присутствии добавок флокулянтов. Показано, что наибольшее торможение процесса наблюдается в присутствии катионного флокулянта с высоким положительным зарядом бесфлок К6645. В меньшей степени на процесс разряда цинка влияет неионогенный флокулянт магнофлок 333.

Снятые при нулевом внешнем токе по хронопотенциометрическим кривым данные (рис. 1) показывают, что в присутствии флокулянтов потенциалы становятся более положительными и мало изменяются со временем. В таком режиме электрохимическая ячейка работает как гальванический элемент. При этом суммарное количество электричества (произведение потенциала на время) снижается в присутствии добавок из-за образования адсорбционных пленок на электродах и увеличения вязкости растворов.

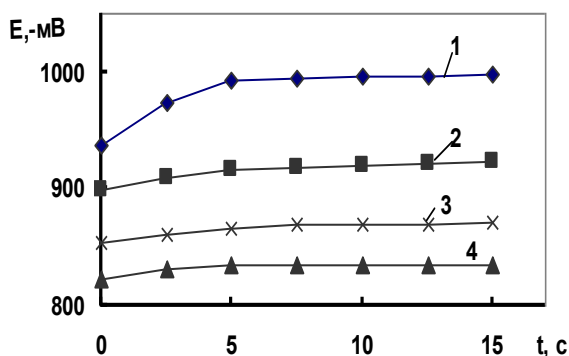


Рис. 1. Изменение потенциала (E, -мВ по СВЭ) при проведении хронопотенциометрических измерений на сульфатном цинковом электролите. 1 – электролит без добавок флокулянта; (2-4) – электролит с добавками: 2 – с М333; 3 – с Б6645; 4 – с Б4034

При снятии поляризационных кривых в области потенциалов от -400 до -1400 мВ (по хлорсеребряному электроду (Cl-Ag)) в противоположность данным хронопотенциометрии (рис. 2) получены величины потенциалов начала катодного процесса, более положительные для раствора без добавок и с флокулянтом М333, чем с добавками флокулянтов Б4034 и Б6645, соответственно, -775; -772 и -836; -861 (по СВЭ) (рис. 2, 3). Наибольший отрицательный потенциал начала катодной поляризации зафиксирован у

электролита с добавкой катионного флокулянта Б6645, что согласуется с теоретическими представлениями о влиянии катионных ПАВ на изменение диффузионного  $\psi_1$ -потенциала в положительную сторону и увеличение тем самым перенапряжения, что ведет к торможению процесса разряда.

В то же время с повышением катодной поляризации ток возрастает с большей скоростью у электролита с добавкой анионного флокулянта Б4034 (рис. 4).

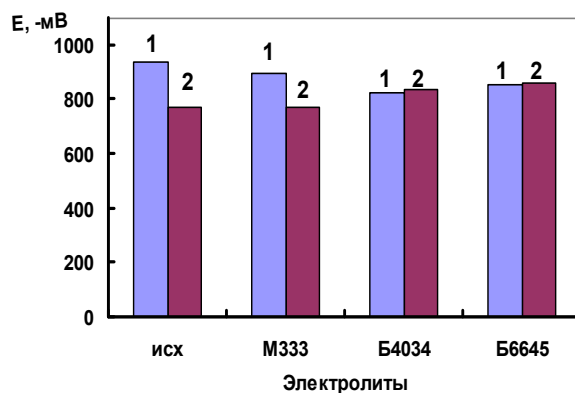


Рис. 2. Величины начальных потенциалов при хронопотенциометрических измерениях (1) и начала катодного процесса при снятии поляризационных кривых (2). Шкала электролиты: исх – раствор без добавок; М333, Б4034, Б6645 – растворы с добавками флокулянтов

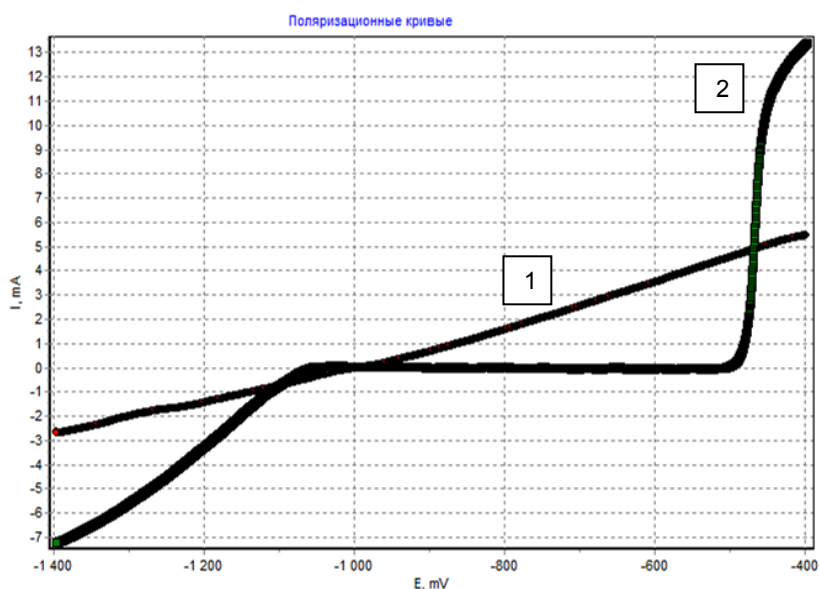


Рис. 3. Зависимость изменения тока ( $I$ , mA) от потенциала ( $E$ , мВ по (Cl-Ag)) при катодной поляризации. 1 – кривая поляризации для электролита без флокулянта, 2 – в присутствии флокулянта Б4034

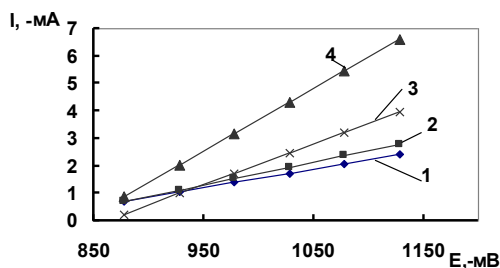


Рис. 4. Зависимость изменения тока ( $I$ ) от потенциала ( $E$  по СВЭ) в области катодной ветви поляризации. 1 – электролит без добавок флокулянта; (2 – 4) – электролит с добавками флокулянта: 2 – с М333; 3 – с Б6645; 4 – с Б4034

При снятии поляризационной кривой у электролита с добавкой флокулянтов как Б4034, так и Б6645 (рис. 3) происходит резкое снижение анодного тока до нуля и в области потенциалов  $\sim -500$  до

-1100 мВ (по Cl-Ag) это стационарное состояние сохраняется, что может быть связано как с блокировкой цинкового анода флокулянтами, так и гидроксидом цинка, образующимся за счет гидролиза солей цинка ( $Zn^{2+} + 2H_2O = Zn(OH)_2 + 2H^+$ ) на поверхности электрода. Такому процессу способствуют начальные высокие скорости анодного растворения цинка и повышенная вязкость раствора в присутствии флокулянтов бесфлок. Также уравниванию анодного и катодного процесса способствует разряжающийся водород в присутствии флокулянтов бесфлок при более положительных потенциалах (табл. 3).

Таблица 3

Величины потенциалов начала разряда водорода ( $E_n$ ) при снятии поляризационных кривых в области потенциалов 0-1200 мВ ( по Cl-Ag) из 0,1 Н раствора  $H_2SO_4$ . Катод-цинк; анод-свинец

Показатель	Электролит без флокулянта	С флокулянтом М333	С флокулянтом Б6645
$E_n$ (ток=0), мВ ( по СВЭ)	-729	-718	-585

В табл. 4 приведены данные величин максимальных плотностей тока в начале при -400 мВ и в конце при -1400 мВ (по Cl-Ag) кривой поляризации, которые показывают самые высокие значения анодного и катодного тока у электролита с добавками флокулянта Б4034.

Таблица 4

Максимальные величины анодных и катодных плотностей токов, полученные из поляризационных кривых, снятых в области потенциалов -400 до -1400 мВ (по Cl-Ag)

Электролиты	Максимальный анодный ток, $mA/cm^2$	Максимальный катодный ток, $mA/cm^2$
Без добавки флокулянта	27,5	20,8
С добавкой флокулянта М333	32,5	23,1
С добавкой флокулянта Б4034	70	53,8
С добавкой флокулянта Б6645	32,5	34,6

Более высокие величины анодных и катодных токов при потенциалах значительно выше равновесных свидетельствуют о том, что в этих условиях указанные флокулянты будут способствовать как развитию коррозионных процессов, так и электровосстановлению цинка за счет образования ионных ассоциатов или мостиковых структур на поверхности электрода, о чем отмечается в [12].

О протекании адсорбционных процессов на границе раздела фаз в области потенциалов близких к равновесной величине можно судить по показателю условной поляризационной емкости ( $C_{пол}$ ) процесса электровосстановления цинка [2]. Расчет проведен по уравнению

$$C_{пол} = \frac{i}{(\partial E / \partial t)}, \quad (1)$$

где  $i$  – плотность тока,  $(\partial E / \partial t)$  – наклон кривых  $E$  от  $t$  в начальный момент поляризации. Данные расчета приведены в табл. 5.

Таблица 5

Условная поляризационная емкость процесса электровосстановления цинка на алюминиевом катоде, предварительно, покрытом цинком, из исследуемых электролитов

Электролиты	$i$ , $mA/cm^2$	$(\partial E / \partial t)$ , мВ/с	$C_{пол}$ , $\mu F/cm^2$
Без добавки флокулянта	-11,03	-21,25	0,52
С добавкой флокулянта М333	-10,5	-23,45	0,45
С добавкой флокулянта Б4034	-8,89	-39,74	0,22
С добавкой флокулянта Б6645	-8,77	-29,6	0,30

Известно, что адсорбция высокомолекулярных ПАВ вызывает уменьшение емкости электрода, связанное с внедрением адсорбированных молекул в промежуток между обкладками двойного слоя, что увеличивает его толщину и уменьшает диэлектрическую проницаемость [10]. Таким образом, полученные нами более низкие величины условной поляризации для электролитов с флокулянтами, чем у электролита без добавок, показывают существование адсорбционного взаимодействия ПАВ с материалом электрода, что отрицательно влияет на кинетику процесса, протекающего в области, близкой к равновесным потенциалам.

### Выводы

1. Изучено влияние поверхностно-активных высокомолекулярных флокулянтов, имеющих различную величину и плотность заряда, на процесс электровосстановления цинка, используя результаты хронопотенциометрических данных и поляризационных кривых.

2. Показано, что торможение процесса разряда цинка в области потенциалов, близких к равновесному, связано с адсорбцией флокулянтов на поверхности электрода и увеличением вязкости электролита. В этих условиях не исключается влияние катионоактивного флокулянта на изменение диффузионного  $\psi_1$ -потенциала в положительную сторону и увеличение тем самым перенапряжения, что ведет к торможению процесса разряда.

3. Более высокие величины анодных и катодных токов при потенциалах значительно выше равновесных у электролитов с добавками флокулянтов свидетельствуют о том, что в этих условиях высокомолекулярные ПАВ будут способствовать как развитию коррозионных процессов, так и электровосстановлению цинка за счет образования ионных ассоциатов или мостиковых структур на поверхности электрода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников А.В. Влияние органических веществ на процессы цементации и электролиза цинка / А.В. Колесников, Л.А. Казанбаев, П.А. Козлов // Цветные металлы. 2006. № 8. С. 24-28.
2. Минин И.В. Кинетика электровосстановления цинка из сульфатного электролита в присутствии добавок ПАВ / И.В. Минин, Н.Д. Соловьева // Вестник СГТУ. 2013. № 1 (69). С. 57-62.
3. Медведев Г.И. Исследование кинетики процесса электроосаждения цинка из серноокислых электролитов в присутствии продуктов конденсации и буферизирующих добавок / Г.И. Медведев, Е.А. Янчева // Электрохимия. 1991. № 10. С. 1231-1235.
4. Медведев Г.И. Электроосаждение блестящих цинковых покрытий из сульфатного электролита / Г.И. Медведев, Н.А. Макрушин, В. Хамуньела // ЖПХ. 2007. Т. 80. № 8. С. 1276-1281.
5. Титова В.Н. Электровосстановление ионов цинка из цинкатных электролитов в присутствии ПАВ / В.Н. Титова, В.А. Казаков, А.А. Явич // Электрохимия. 1996. № 5. С. 562-569.
6. Гидрометаллургия цинка (очистка растворов и электролиз) / Л.А. Казанбаев, П.А. Козлов, В.Л. Кубасов, А.В. Колесников. М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2006. 176 с.
7. Левин А.И. Теоретические основы электрохимии / А.И. Левин. М.: Metallurgizdat, 1963. 433 с.
8. Ротинян А.Л. Теоретическая электрохимия / А.Л. Ротинян, К.И. Тихонов, И.А. Шошина. Л.: Химия, 1981. 422 с.
9. Левин А.И. Электрохимия цветных металлов / А.И. Левин. М.: Metallurgia, 1982. 255 с.
10. Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия / В.В. Скорчеллетти. 4-е изд., испр. и доп. Л.: Химия, 1974. 568 с.
11. Дамаскин Б.Б. Современное состояние теории влияния адсорбированных органических веществ на кинетику электрохимических реакций / Б.Б. Дамаскин, Б.Н. Афанасьев // Электрохимия. 1977. Т. 13. № 8. С. 1099-1117.
12. Исследование процессов разряда и ионизации свинца в присутствии поверхностно-активных веществ с применением системы с заменой раствора без размыкания цепи / Е.А. Осипова, Н.К. Зайцев, Д.М. Федулов, А.Г. Дедов // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 2. Химия. Т. 45. № 6. С. 405-409.

**Колесников Александр Васильевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Аналитическая и физическая химия» Челябинского государственного университета

**Alexandr V. Kolesnikov** – Dr. Sc., Professor  
Department of Analytical and Physical Chemistry,  
Chelyabinsk State University

*Статья поступила в редакцию 22.06.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 541.138:541.452:621.357.2

**А.И. Финаенов, Н.В. Тимофеева, Н.Ю. Кузнецова, Э.В. Финаенова, С.Л. Забудьков**

#### **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА АНОДНОЙ ОБРАБОТКИ И КОНЦЕНТРАЦИИ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ НА СВОЙСТВА ИНТЕРКАЛИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГРАФИТА**

*Представлены результаты анодного интеркалирования дисперсного графита в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> различной концентрации. Показано, что варьированием потенциала, сообщенного количества электричества, а также концентрации электролита возможно синтезировать бисульфат графита и его переоокисленные формы, обес-*



печивающие высокую степень терморасширения в том числе и при пониженных температурах.

Дисперсный графит, анодное интеркалирование, бисульфат графита, терморасширенный графит

**A.I. Finaenov, N.V. Timofeeva, N.Yu. Kuznetsova, E.V. Finaenova, S.L. Zabudkov**

### **ANODIC TREATMENT AND SULFURIC ACID CONCENTRATION EFFECT FOR THE PROPERTIES OF INTERCALATED GRAPHITE COMPOUNDS**

*The paper presents the data relating anode intercalation of particulate graphite in  $H_2SO_4$  of varying concentration. It is shown that graphite bisulfate and its reoxidation forms can be synthesized through variation of electric charge capacity and electrolyte concentration. This can provide high thermal expansion degree at low temperatures.*

Particulate graphite intercalation anode, graphite bisulfate, thermally expanded graphite

Интеркалированные соединения графита (ИСГ) представляют собой графитоподобные структуры, в межслоевые пространства которых внедрены ионы, атомы, молекулы (интеркалат) [1,2]. Промышленно ИСГ с кислотами ( $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ) получают для их последующей переработки в терморасширенный графит (ТРГ) [2, 3]. Процесс получения заключается в химическом окислении дисперсного графита в концентрированных кислотах. Синтезированные таким образом соединения быстрым нагревом (800-10000 °С) переводят в ТРГ с насыпной плотностью до 2-3 г/дм<sup>3</sup>. ТРГ с такими характеристиками используется для получения графитовой фольги (графоил, графлекс) уплотнительных материалов и изделий [4]. Области применения ТРГ в настоящее время стремительно расширяются: адсорбенты; футеровка и покрытия; компоненты композитов; электроды электрохимических систем и др. [5-8]. В связи с этим меняются требования к качественным показателям ИСГ для получения ТРГ. Помимо насыпной плотности ТРГ, возможны требования по увеличению удельной поверхности (адсорбенты), минимальному содержанию примесей (катализаторы, носители катализаторов), повышенной электропроводности (электроды), более низкой температуры вспенивания (композиты). Возможности регулирования свойств ИСГ достигается анодным интеркалированием дисперсного графита в управляемом режиме.

Приведем результаты по влиянию режима анодной обработки графита и концентрации электролита для системы графит – серная кислота. Предварительные эксперименты с использованием пластинок пиролитического графита, закрепленного в платиновом держателе, при малых скоростях развертки потенциала позволяют выявить на хроновольтамперограммах ряд анодных процессов (рис. 1).

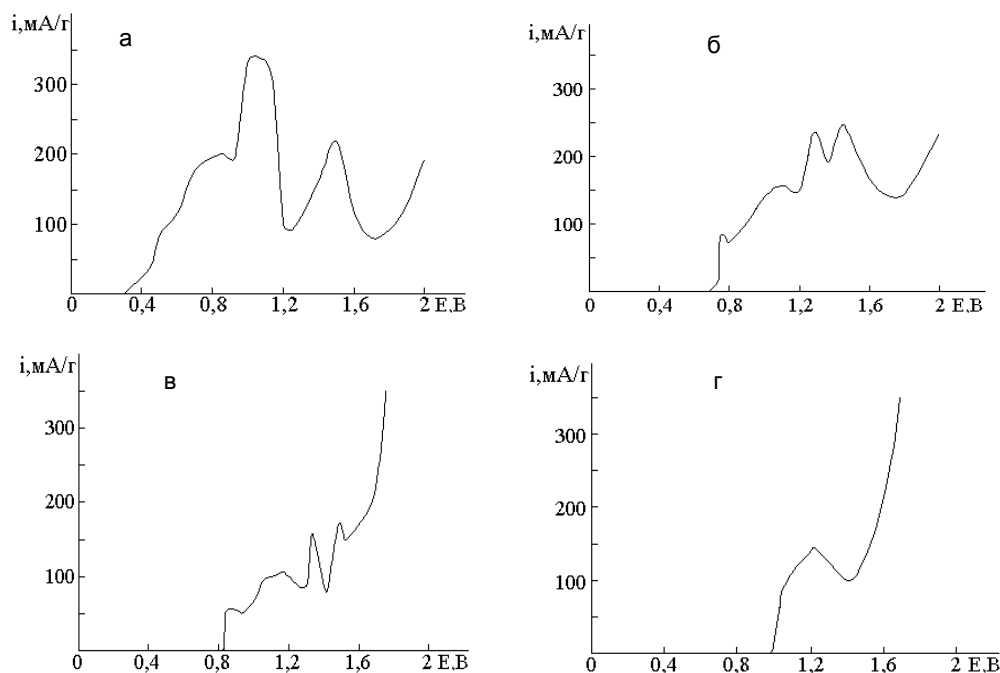
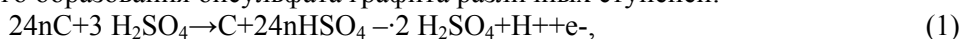


Рис. 1. ПДК для пиролитического графита (УПВ1-ТМО) в серной кислоте различной концентрации: 1 – 94%; 2 – 80%; 3 – 70%; 4 – 60%.  $v_p = 0,4$  мВ/с. Значения  $E_a$  относительно ртутно-сульфатного электрода (РСЭ)

Наиболее четко регистрируются пики тока в концентрированной H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (рис. 1а). Согласно литературным данным [9] и результатам рентгенофазового анализа [10], при потенциалах ≥ 1В (РСЭ) протекает процесс анодного образования бисульфата графита различных ступеней:



где n – номер ступени внедрения ИСГ. Последующий пик (~1,3-1,4 В (РСЭ)) соответствует переокислению бисульфата графита I ступени, которое заключается в депротонировании интеркалата. Подъем тока при E<sub>a</sub> > 1,6 В (рис. 1а) соответствует выделению кислорода. Снижение концентрации сернокислого электролита приводит к сужению области образования бисульфата графита и интенсификации его переокисления (рис. 1б и в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) процессы интеркалирования бисульфата и его переокисления протекают одновременно (рис. 1г). Изменения интервалов потенциалов анодных реакций на графите в зависимости от концентрации H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> представлены на рис. 2, из которых следует, что при более низких концентрациях электролита (<60%) анодное получение терморасширяющихся соединений графита (ТРСГ) не целесообразно. Это связано с возможным выделением кислорода параллельно процессам анодного интеркалирования, возрастанием дефектности графитовой матрицы и повышенными затратами электроэнергии.

Для получения ТРСГ на основе «классического» бисульфата графита достаточно сообщения удельной емкости порядка 90-110 мА·ч/г графита. При этом независимо от режима поляризации (гальваностатика, потенциостатика), не рекомендуется процесс синтеза ТРСГ вести при потенциалах интенсивного выделения кислорода (E<sub>a</sub> > 2,2 В). Выполненный эксперимент показывает, что регулирование свойств анодосинтезируемых интеркалированных соединений возможно варьированием трех параметров: удельной сообщенной емкости, потенциала анодной поляризации и концентрации сернокислого электролита.

Выявленные закономерности сохраняются и при использовании дисперсного графитового анода. Однако при этом на хровольтамперограммах не удастся получить выраженных пиков каждого процесса. Реализовать анодное интеркалирование дисперсного графита возможно при подпрессовке слоя углеродных частиц к неактивному токоотводу анода (платина, нержавеющая сталь). При давлении порядка 0,2 кг/см<sup>2</sup> в графитовом слое толщиной до 20 мм удастся обеспечить электронную проводимость по всему объему насыпного электрода, при этом разность потенциалов на верхней и нижней границах слоя графита не превышает 15-20 мВ [11].

Принципиальная схема электролизера с подпрессованным графитовым анодом, в котором осуществлялся синтез ТРСГ, приведена на рис. 3. Подобная конструкция электролизера позволяла во время синтеза отслеживать изменение толщины слоя графитового электрода.

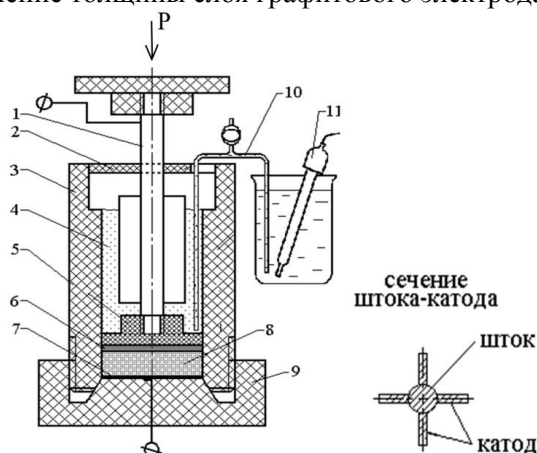


Рис. 3. Электрохимическая ячейка с дисперсным подпрессованным графитовым электродом: 1 – шток поршня - катод; 2 – крышка; 3 – фторопластовый корпус ячейки, 4 – электролит; 5 – перфорированный поршень из фторопласта; 6 – диафрагма (полипропиленовая ткань); 7 – платиновый токоотвод-анод; 8 – насыпной графитовый электрод; 9 – дно электролизера; 10 – электролитический ключ; 11 – электрод сравнения

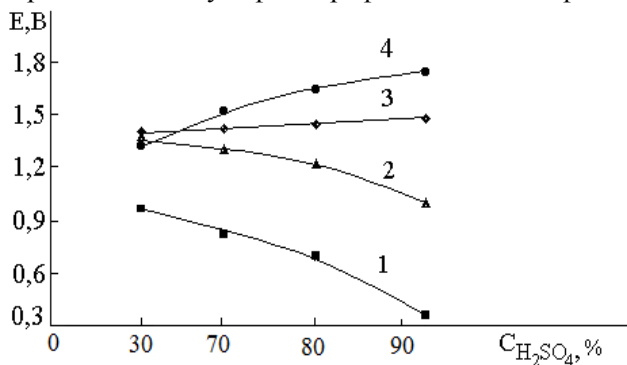


Рис. 2. Зависимость потенциалов начала внедрения (1), образования бисульфата графита I ступени (2), его переокисления (3) и выделения кислорода (4) от концентрации серной кислоты (по данным рис. 1)

Характерные изменения тока и смещение поршня во времени при потенциостатической обработке дисперсного графита в указанном электролизере приведены на рис. 4.

Точками на кривой  $\Delta l$ - $\tau$  обозначены значения времени, при которых осуществлялся отбор проб для проведения РФА (табл. 1). По потенциостатическим кривым можно выделить стадии индукции (I), интеркалирования графита с образованием 2-й степени (II), получения 1-й степени БГ (II-III) и переоксидации синтезированных соединений >III.

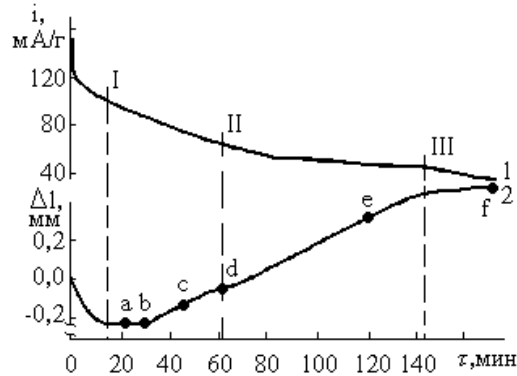


Рис. 4. Изменение плотности тока (1) и смещения поршня (2) во времени при потенциостатическом синтезе бисульфата графита в 94%  $H_2SO_4$  ( $E_a=1,8$  В)

Таблица 1

Результаты РФА и плотность терморасширенного графита для БГ, синтезированного в 94%  $H_2SO_4$  при  $E_a=1,8$  В (РСЭ)

Точки отбора проб на кривой $\Delta l$ - $\tau$ (рис. 4)	Время синтеза, мин	Количество электричества, мА·ч/г	Плотность ТРГ, г/дм <sup>3</sup>	Степень БГ (РФА)
a	24	27,7	9,0	IV
b	33	36,8	5,0	III
c	45	50,2	3,4	II+III
d	62	73,6	2,6	II
e	120	95,3	1,4	I
f	180	117,8	1,8	I+ОГ

Анализ результатов РФА и данных по плотности терморасширенного графита на основе получаемого БГ подтверждают наши предположения (табл. 1). Так, в точке а (рис. 4), то есть в минимуме кривой  $\Delta l$ - $\tau$ , уже фиксируется образование IV степени СВГ. Точка d, совпадающая с линией II (рис. 4), согласно РФА, обнаруживает II степень внедрения (табл. 1). Более продолжительное время синтеза характеризуется образованием и I степени БГ. Процесс переоксидации отмечается увеличением насыпной плотности ТРГ (точка f, табл. 1). Это вызвано увеличением «дефектности» графитовой матрицы при анодном переоксидации БГ и выходом через дефекты газообразных продуктов при термообработке, что закономерно приводит к снижению степени расширения углеродного материала.

Полученные результаты подтверждаются и данными потенциостатического синтеза, проведенного при различных потенциалах анодной обработки ( $E_a$ ) дисперсного графита (табл. 2).

Таблица 2

Влияние режима анодной потенциостатической обработки графита в 94%  $H_2SO_4$  на выход по току ( $V_{тр}$ ) и свойства синтезированных соединений ( $d_{тр}$ )

$E_a$ , В (РСЭ)	1,6		1,8		2,0		2,2	
$t_{син.}$ , ч	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
Q, мА·ч/г	33,5	56,4	35,8	70,0	38,6	88,8	43,4	93,6
$V_{тр}$ , %	82,9	79,8	81,9	77,1	67,4	64,2	62,8	60,9
$d_{тр}$ , г/дм <sup>3</sup> (9000 °С)	5,2	2,8	4,9	2,6	4,2	1,8	4,4	1,9

Как следует из табл. 2, с ростом  $E_a$  увеличивается удельная емкость (Q), снижается выход конечного продукта ( $V_{тр}$ ) и уменьшается насыпная плотность терморасширенного графита ( $d_{тр}$ ). Данные табл. 1, 2 выявляют, что насыпная плотность терморасширения ( $d_{тр}$ ) преимущественно

определяется пропущенным количеством электричества через дисперсный графит. Величина анодной поляризации влияет на распределение  $Q$  на объемные реакции (интеркалирование) и поверхностные процессы (образование  $CO$ ,  $CO_2$  и  $O_2$ ), приводящие к снижению  $V_{трг}$  и степени терморасширения синтезируемых веществ.

Эффект деструкции и увеличения дефектности графитовой матрицы при анодном интеркалировании бисульфат-ионов более наглядно проявляется при увеличении удельного количества электричества (рис. 5).

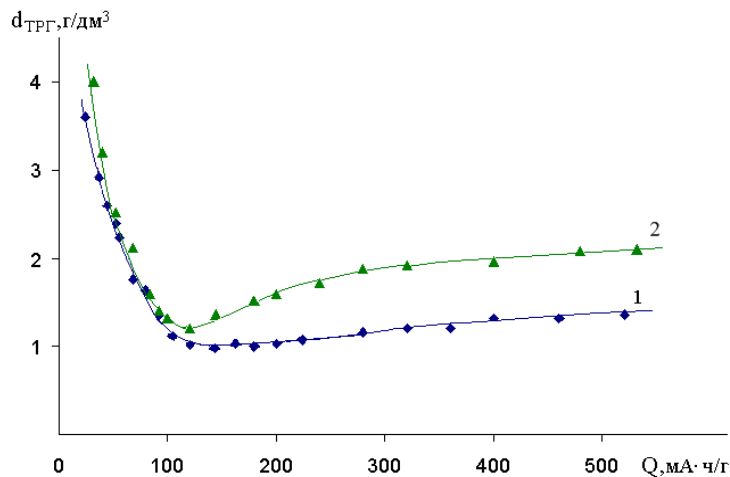


Рис. 5. Зависимость насыпной плотности терморасширенного графита, полученного термообработкой ТРСГ при 900 °С. Соединения синтезированы в 94%  $H_2SO_4$  на основе графита ГТосч при потенциостатической обработке: 1 – 1,6; 2 – 2,2 В

При потенциалах, практически не допускающих выделение кислорода (1,6 В, РСЭ), с увеличением емкости до 100-120 мА·ч/г графита  $d_{трг}$  быстро снижается, в дальнейшем (до 500 мА·ч/г) медленно возрастает (рис. 5, кривая 1). При повышенных потенциалах поляризации графита (2,2 В) начальный участок совпадает с предыдущей кривой, затем регистрируется более быстрое увеличение  $d_{трг}$ , переходящее в площадку при значениях, близки к 2 г/дм<sup>3</sup>. Из данных рис. 5 следует, что совпадающие по значениям  $d_{трг}$  начальные участки кривых получены преимущественно на основе образующегося по реакции (1), при номере ступени  $n=1$  предполагается максимальное содержание интеркалата в БГ. Дальнейшие различия по изменению степени терморасширения синтезированных соединений от удельной емкости (рис. 5) обусловлены возможностью выделения кислорода при повышенном потенциале по реакциям [12]:



Реакции 3, 4, протекающие по активным центрам графитовой матрицы (дефекты, дислокации, краевые атомы), приводят к частичной деструкции и увеличению дефектности графитовых частиц, что в итоге при последующей термообработке снижает степень терморасширения синтезированных соединений и увеличивает насыпную плотность ТРГ (рис. 5).

Особо следует отметить, что БГ способен терморасширяться при температурах выше 6000 °С, в производственных условиях обычно температура составляет 900-11000 °С [4]. Переокисленные же ИСГ терморасширяются уже при 180-2500 °С, обеспечивая низкие значения  $d_{трг}$  (2-5 г/дм<sup>3</sup>) [13]. Подобный эффект по снижению пороговой температуры вспенивания вызван повышенным содержанием кислорода в составе интеркалата переокисленных соединений. Согласно [14], в условиях переокисления кислород способен образовывать ковалентные связи с атомами углерода в сетках, нарушая их планарность и обеспечивая экзотермический эффект на термограммах [15], что в итоге и приводит к пониженной температуре терморасширения.

Как следует из хроновольтаперограмм (рис. 1) и обобщенных данных для различных концентраций  $H_2SO_4$  (рис. 2), процесс образования переокисленных ИСГ ускоряется и протекает с меньшей поляризацией с ростом содержания  $H_2O$  в электролите. Вероятно, это связано с изменением механизма реакций переокисления. В концентрированной  $H_2SO_4$  анодное переокисление обусловлено увеличением распределенного положительного заряда на углеродных сетках и депротонизацией ин-

теркалата [16, 17]. В менее концентрированных сернокислых электролитах создаются условия совнедрения молекул  $H_2O$  в составе сольватолитангов и гидроксил-ионов [18]. Возможные составы переоxygenенного БГ первой ступени на основании обобщения литературных сведений представлены схемой (рис. 6), там же показано с учетом наших экспериментальных данных (рис. 1, 2), что выделение  $O_2$  и анодное окисление графита ( $CO$ ,  $CO_2$ ) интенсифицируются с разбавлением  $H_2SO_4$ .

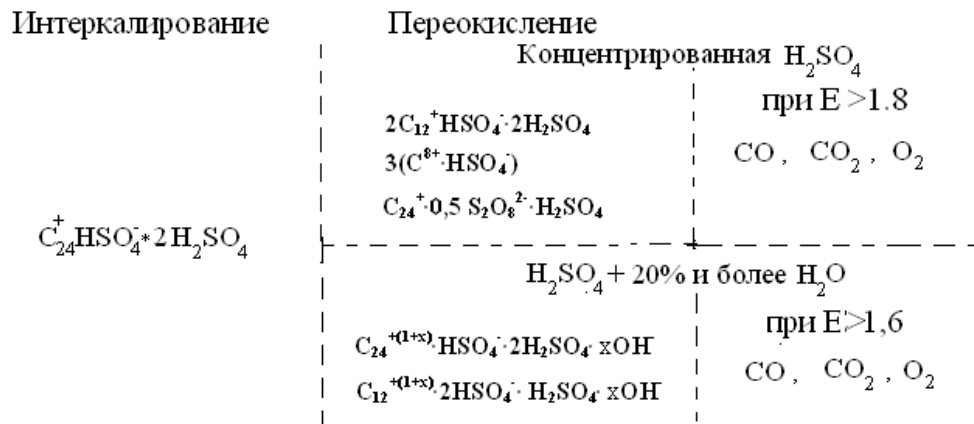


Рис. 6. Предполагаемые соединения анодного интеркалирования графита и их переоxygenения в сернокислых электролитах

Результаты электрохимического синтеза ТРСГ в переоxygenенной форме, то есть с сообщением повышенной удельной емкости ( $Q$ ), способных терморасширяться при пониженной температуре, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Насыпная плотность ТРГ, полученного при 2500 °С на основе анодно-синтезированных соединений при потенциостатической обработке в сернокислых электролитах различной концентрации

С $H_2SO_4$ , %	94				80					60	
	2,0		2,5		2,0		2,5			1,7	
Еа, В(РСЭ)	10	15	4	6	10	15	3	4	5	10	15
τ, ч	324	418	379	500	311	402	348	446	554	276	362
Q, мА·ч/г	16	2,8	2,9	2,4	6,1	2,6	2,2	2,1	2,0	5,2	2,4
dтрг, г/дм <sup>3</sup>											

Потенциалы анодного синтеза выбраны по результатам хроновольтамперометрических измерений (рис. 1), время синтеза выбиралось таким образом, чтобы значение  $Q$  приближалось или превышало  $Q \geq 300$  мА·ч/г графита. Данные табл. 3 показывают при различных  $E_a$  и  $C H_2SO_4$  необходимое количество электричества набирается за различное время. Наименьшее время анодной обработки с накоплением достаточного количества электричества и высокой степенью терморасширения синтезируемых соединений отмечается для электролита с содержанием 80 %  $H_2SO_4$  (табл. 3). При этом повышение потенциала анодной поляризации (2,5 В), допускающее выделение кислорода, свидетельствует о том, что одновременно, помимо процессов интеркалирования, синтез ТРСГ сопровождается увеличением кислородосодержащих функциональных групп ( $C=O$ ;  $C-O-C$ ;  $C-OOH$ ; и др.). Общее количество электричества распределяется в этом случае на объемные процессы (интеркалирование), изменение состава ПФГ (поверхностные реакции) и выделение газообразного кислорода. Лишь последняя реакция сказывается негативно при получении ТРГ, так как увеличивает дефектность графитовых частиц. Кислородсодержащие группы на поверхности ТРСГ, наоборот, способствуют расклиниванию углеродных слоев как в процессе анодного синтеза, так и при их удалении за счет термоудара. Именно возрастание доли совнедренной воды и увеличение концентрации кислородсодержащих ПФГ обеспечивают переоxygenение бисульфата графита и пониженную температуру вспенивания.

Приведенные результаты экспериментальных исследований показывают, что состав и свойства интеркалированных соединений графита зависят от интервала потенциалов анодной обработки. Потенциалы образования бисульфата графита и переоxygenенных соединений, а также выделения кислорода в значительной мере зависят от концентрации сернокислого электролита. Для анодного получения различных ступеней бисульфата графита необходимо использовать концентрированную серную кислоту. Анодный синтез переоxygenенных терморасширяющихся соединений графита требует

применения сернокислых электролитов с увеличенным сообщением удельной емкости. В этом случае синтезированные соединения способны терморасширяться при пониженных температурах, обеспечивая образование ТРГ с низкими насыпными плотностями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Уббелоде А.Р. Графит и его кристаллические соединения / А.Р. Уббелоде, Ф.А. Льюис. М.: Мир, 1965. 256 с.
2. Фиалков А.С. Углерод. Межслоевые соединения и композиты на его основе / А.С. Фиалков. М.: Аспект Пресс, 1997. 718 с.
3. К вопросу об образовании бисульфата графита в системах, содержащих графит, серная кислота и окислитель / И.В. Никольская [и др.] // Журнал общей химии. 1989. Т. 59. № 12. С. 2653-2659.
4. Интеркалированные соединения графита акцепторного типа и новые углеродные материалы на их основе / Н.Е. Сорокина, И.В. Никольская, С.Г. Ионов, В.В. Авдеев // Известия Академии наук. Сер. Химическая. 2005. № 8. С. 1699-1716.
5. Электрохимическое получение терморасширенного графита для электродов ХИТ / А.И. Финаенов, В.В. Краснов, А.И. Трифонов, А.В. Краснов, Д.А. Крамской // Электрохимическая энергетика. 2003. Т. 3. № 3. С. 107-118.
6. Яковлев А.В. Применение терморасширенного графита в процессах водоочистки и водоподготовки / А.В. Яковлев, А.И. Финаенов, Е.В. Яковлева, Э.В. Финаенова // ЖПХ. 2004. Т. 77. № 11. С. 1833-1835.
7. Куренкова М.Ю. Фторуглеродные катоды для литиевых элементов / М.Ю. Куренкова, С.С. Попова, А.И. Финаенов // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2005. Т. 48. № 9. С. 19-22.
8. Финаенов А.И. Области применения и получения терморасширенного графита / А.И. Финаенов, А.И. Трифонов, А.М. Журавлев, А.В. Яковлев // Вестник СГТУ. 2004. № 1 (2). С. 75-85.
9. Фудзи Р. Интеркалированные соединения бисульфата графита / Р. Фудзи // Осака когё гидзюцу сикенсё хококу. 1978. Т. 353. С. 1-66.
10. Апостолов С.П. Электрохимический синтез гидросульфата графита в потенциостатическом режиме / С.П. Апостолов, В.В. Краснов, А.И. Финаенов // Журнал прикладной химии. 1977. Т. 70. Вып. 4. С. 602-607.
11. Апостолов С.П. Разработка основ технологии и оборудования для электрохимического производства бисульфата графита: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 02.00.05 / С.П. Апостолов. Саратов, 1997. 18 с.
12. Тарасевич М. Р. Электрохимия углеродных материалов / М.Р. Тарасевич. М.: Наука, 1984. 253 с.
13. Анодный синтез терморасширяющихся соединений графита в азотной кислоте / С.Л. Забудьков, А.В. Яковлев, А.И. Финаенов, Е.В. Яковлева // Вестник СГТУ. 2003. №1. С. 113-120.
14. Анодное интеркалирование графита для получения прекурсоров графена / А.В. Афонина, А.И. Финаенов, С.Л. Забудьков // Дизайн. Материалы. Технология. 2012. № 5 (25). С. 138-140.
15. Кольченко А. С. Электрохимическое получение терморасширяющихся соединений графита для углеродсодержащих композитов / А.И. Финаенов, А.С. Кольченко, С.Л. Забудьков // Вестник СГТУ. 2011. №2 (53). Вып. 1. С. 40-46.
16. Jiang J. Electrochemical reversibility of graphite oxide / J. Jiang, F. Beck, H. Krohn // J. Indian Chem. Soc. 1989. V. 66. № 4. P. 603-609.
17. Matsuo Y. Structure and thermal properties of poly(ethylene oxide) – intercalated graphite oxide / Y. Matsuo, K. Tahara, Y. Seigie // Carbon. 1977. V. 35. № 1. P. 113-120.
18. Влияние молекул воды на электрохимическое образование структур внедрения графита с кислотами / А.И. Финаенов, А.В. Яковлев, В.В. Краснов, Н.И. Турков // Углерод: материалы Седьмой Междунар. конф. Владимир, 17-19 ноября 2010 г. Владимир: ВГУ, 2010. С. 402-403.

**Финаенов Александр Иванович** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология электрохимических производств» Энгельсского технологического института (филиала) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Aleksandr I. Finaenov** – Dr. Sc., Professor  
Department of Electrochemical Production Technologies,  
Engels Technological Institute  
Part of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Тимофеева Наталья Владимировна** – аспирант кафедры «Технология электрохимических производств» Энгельского технологического института (филиала) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Natalya V. Timofeeva** – Postgraduate  
Department of Electrochemical Production Technologies, Engels Technological Institute  
Part of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Кузнецова Наталия Юрьевна** – студентка 5 курса кафедры «Технология электрохимических производств» Энгельского технологического института (филиала) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Natalia Yu. Kuznetsova** – Undergraduate  
Department of Electrochemical Production Technologies, Engels Technological Institute  
Part of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Финаенова Элина Вадимовна** – кандидат химических наук, доцент кафедры «Товароведение и коммерция» Саратовского института Российского государственного торгово-экономического университета

**Elina V. Finaenova** – Ph. D., Associate Professor  
Department of Commodity Science and Commerce, Saratov Institute of the Russian State University of Trade and Economics

**Забудьков Сергей Леонидович** – кандидат химических наук, доцент кафедры «Технология электрохимических наук» Энгельского технологического института (филиала) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Sergei L. Zabudkov** – Ph. D., Associate Professor  
Department of Electrochemical Production Technologies,  
Engels Technological Institute  
Part of Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 12.04.14, принята к опубликованию 25.09.14*

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.92

**А.В. Королев, А.А. Королев, А.С. Яковишин**

### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПУТЕМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

*От параметров контакта упругих тел поверхностей деталей во многом зависит работоспособность различных механизмов и машин. Характер распределения контактных напряжений, размеры и форма площадки контакта определяют и их опорную способность, и трение на поверхности контакта, и циклическую прочность поверхностей, и их износостойкость. Если обеспечить рациональные параметры контакта, то это повысит надежность, работоспособность, износостойкость и снизит шумность работы деталей машин (подшипниковых опор, зубчатых колес, толкателей, кулачков, направляющих и т.д.).*

Детали машин, геометрические параметры, качество, контактирующие тела

**A.V. Korolev, A.A. Korolev, A.S. Yakovishyn**

### **QUALITY IMPROVEMENT OF MACHINE PARTS USING GEOMETRIC PARAMETERS TO THE WORKING SURFACES**

*Performance characteristics of various machines and mechanisms depend on the parameters relating to the contact surfaces of parts in elastic bodies. Distribution characteristics of the contact stress, size and shape of the contact area help determination of the reference capacity and friction across the contact surface, the ring surface hardness and wear resistance. If you provide the rational parameters of contact, it will increase reliability, performance, and durability, and at the same time reduce noise in the machine parts (bearings, gears, pushrods, cams, guides, etc.).*

Machine parts, the geometrical parameters, the quality, the contacting bodies

Весьма важным направлением в повышении качества контактирующих поверхностей является технологическое обеспечение их рациональной геометрической формы.

Современная теория упругого контакта не позволяет в достаточной мере осуществлять поиск рациональной геометрической формы контактирующих поверхностей в достаточно широком диапазоне условий работы. Экспериментальный поиск в этой области ограничен сложностью применяемой измерительной техники и экспериментального оборудования, а также высокой трудоёмкостью и длительностью исследований. Поэтому в настоящее время отсутствует универсальная методика выбора рациональной геометрической формы контактирующих поверхностей деталей машин и приборов.

Современное развитие машиностроения и приборостроения требует непрерывного совершенствования деталей машин и, как следствие, предъявляет к ним все новые требования. Поэтому предсказать конструктивное развитие деталей, подвергающихся контактному нагружению, можно лишь с учетом главных направлений по которым будет развиваться отрасль.

К такому направлению можно отнести достижение большей мощности и прочности при затрате меньшего количества энергии и наименьшем весе конструкции. Это может быть достигнуто в результате повышения быстроходности, удельных давлений и других параметров машин, следовательно, резко возрастут давление и скорости на рабочих поверхностях деталей, несущие контактные нагрузки. Детали, работающие в данных условиях, должны обладать соответствующими прочностью и износостойкостью, при этом износостойкость контактируемых поверхностей является особо важ-



ным фактором в связи с требованиями сохранения точности и повышения долговечности деталей машин. В ряде случаев ее можно рассматривать как один из аспектов контактной прочности деталей машин и машиностроительных материалов [1].

Если сравнивать кривые функций зазора между контактирующими телами, представленные степенной зависимостью второй и, например, четвертой степени, можно убедиться в том, что они пересекаются между собой (рисунок).

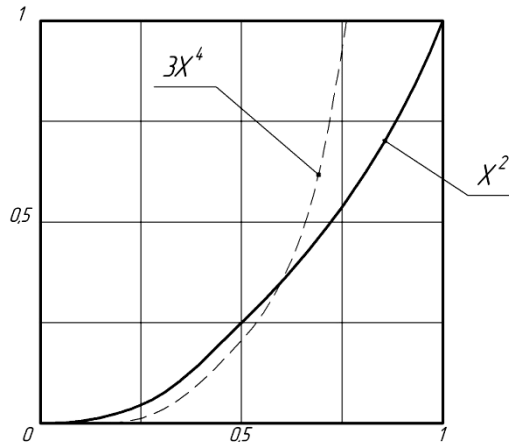


График зазора между контактирующими телами вблизи места (точки) контакта

Вблизи точки контакта тел функция зазора четвертой степени обеспечивает более плотное прилегание тел, чем функция зазора второй степени, а на некотором удалении от начальной точки контакт, величина зазора, описываемая степенной зависимостью четвертой степени, будет больше, чем величина зазора, соответствующая степенной зависимости второй степени. Изучая рисунок, можно прийти к выводу, что при одинаковой внешней нагрузке у этих тел могут быть разные площадки контакта, а следовательно, и разные эпюры напряжений в зоне контакта.

К сожалению, общепринятые методики расчета параметров контакта твердых упругих тел не позволяют найти рациональное решение формы контактирующих поверхностей. Решение контактной задачи изначально было предложено немецким ученым Герцем [2]. В своих выводах Герц показал, что функция зазора между контактирующими телами в начальный момент времени являлась квадратичной функцией:

$$z_1 + z_2 = Ax^2 + By^2, \tag{1}$$

где  $z_1, z_2$  – величина зазора между контактирующими телами;  $x$  и  $y$  – координаты смежных точек контактирующих тел;  $A$  и  $B$  – постоянные коэффициенты.

Выражение для напряжений эллиптической площадки контакта для задачи Герца имеет вид

$$q(x, y) = \frac{3P}{2\pi ab} \times \sqrt{1 - \frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2}}, \tag{2}$$

где  $P$  – прикладываемая сила;  $a, b$  – полуоси эллипса контакта.

Решение данной задачи контакта тел сложной формы разработали А.В. Королев и А.А. Королев [3-6]. В частности, был проведен расчет контакта упругих тел с эллиптической площадкой контакта, у которых функция начального зазора в главных сечениях деталей описывается степенной зависимостью одинаковой степени:

$$z_1 + z_2 = Ax^n + By^m, \tag{3}$$

где  $n, m$  – любое целое число.

Значительное влияние геометрической формы контактирующих поверхностей на работоспособность деталей подтверждается экспериментально.

Задача оптимизации контакта между двумя телами решается в основном в направлении оптимизации форм сопряженных поверхностей.

Не производя подробных расчетов, напишем готовые формулы для расчёта [4-6] контактных напряжений в любой точке площадки контакта:

$$q(x, 0) = \frac{P(n+1)}{2\pi ab} \cdot \frac{m}{n} \cdot \left(\frac{x}{y}\right)^{m-1} \int_{\frac{x}{a}}^1 \frac{dv}{v^m \sqrt{1-v^2}}, \tag{4}$$

где  $v$  – коэффициент Пуансона;  $m, n$  – показатели степени.

Для расчета напряжений в центре площадки контакта проще воспользоваться выражением

$$q(0,0) = \frac{P(n+1)}{2\pi ab \left(n - \frac{n}{m}\right)} = \frac{P}{2\pi ab} \cdot \frac{(n+1)m}{(m-1)n}. \quad (5)$$

Уравнения (4) и (5) получены для первоначального зазора, описываемого выражением (3).

Таким образом, изменяя первоначальный зазор между контактирующими телами, можно регулировать распределение контактных напряжений по площадке контакта. Это особенно важно, например, в машиностроении при изготовлении подшипников, зубчатых колес и т.д. Формируя рациональный профиль поверхности, а вместе с тем и начальный зазор между двумя деталями, можно добиться более равномерного распределения контактных напряжений по площадке контакта и тем самым увеличить долговечность рабочих поверхностей и их грузоподъемность. Наоборот, уменьшая размеры площадки контакта между телами, можно увеличить быстроходность.

В связи с этим наряду с использованием современных методов повышения работоспособности контактирующих поверхностей с особой остротой встает задача развития таких направлений совершенствования геометрической формы рабочих поверхностей, которые одновременно обеспечивали бы благоприятное распределение контактных напряжений и достаточную простоту их изготовления. Попытки совершенствовать геометрическую форму контактирующих поверхностей без решения технологических проблем обеспечения изготовления формы деталей не приводят к успеху.

Наиболее высокую точность формы поверхности сложного профиля можно обеспечить совершенствованием кинематики процесса отделочной обработки. Сегодня направление поиска способов формирования поверхностей сложной формы наиболее перспективно.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России ФЦП. Соглашение № 14.574.21.0015 и Госзадания Минобрнауки России № 9.896.2014/К.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пинегин С.В. Контактная прочность в машинах / С.В. Пинегин. М.: Машиностроение, 1965.
2. Hertz Н. Uber die Berührung fester elastischer Körper / Н. Hertz. Gesammelte Werke. 1. Band, Leipzig, 1895, P. 155-173.
3. Королев А.В. Выбор оптимальной геометрической формы контактирующих поверхностей деталей машин и приборов / А.В. Королев. Саратов: СПИ, 1972.
4. Королев А.А. Математическое моделирование упругих тел сложной формы / А.А. Королев. Саратов: СГТУ, 2001.
5. Королев А.А. Упругий контакт гладких тел сложной формы / А.А. Королев // Изв. РАН. Механика твердого тела. 2002. № 3.
6. Королев А. Упругий контакт гладких сложной формы органов / А.А. Королев // Механика твердого тела. 2003. № 3. Vol. 37. Нью-Йорк.

**Королев Альберт Викторович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Albert V. Korolev** – Dr. Sc., Professor, Head: Department of Engineering Technology, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Королев Андрей Альбертович** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Andrey A. Korolev** – Dr. Sc., Professor, Department of Engineering Technology, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Яковишин Александр Сергеевич** – аспирант кафедры «Технология машиностроения» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Alexandr S. Yakovishyn** – Postgraduate, Department of Engineering Technology, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 12.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 621.774

А.В. Королев, К.С. Нейгебауэр

**МЕХАНИЗМ ШАРИКОВОЙ РАСКАТКИ КОЛЕЦ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ**

*Рассмотрен механизм шариковой раскатки колец шариковых подшипников. Установлены закономерности распределения внешней комбинированной нагрузки между шариками. Предложена математическая модель процесса раскатки, позволяющая установить соотношение между нагрузкой на шарики и действующими факторами, в том числе углом контакта шариков с дорожкой качения и соотношением радиальной и осевой внешних нагрузок.*

Подшипник, шариковая раскатка, деформация колец, дорожка качения

A.V. Korolev, K.S. Neugebauer

**A MECHANISM FOR BALL ROLLING OF RING BEARINGS**

*The article describes a mechanism for ball rolling of rings in ball bearings. The authors define distribution regularities of the external load combination between the balls. The suggested mathematical model for the rolling process allows for the establishment of the relationship between the load over the balls and the operating factors, including the contact angle of the balls with the raceway, and ratio of the radial and axial external loads.*

Bearing, ball reeling, ring deformation, rolling, raceway

Известны многочисленные попытки ряда авторов, таких как R. Stribeck, Д.Н. Решетова, М.П. Белянчикова, Е. Meldau и других, определить распределение нагрузки между телами качения, так как оно оказывает существенное влияние не только на процесс раскатки, но и на грузоподъемность и долговечность подшипников. К сожалению, достаточно точного решения получено не было, и в настоящее время эти нагрузки определяют по эмпирическим коэффициентам. Поэтому исследование механизма распределения внешней нагрузки между шариками является важным для повышения эффективности процесса шариковой раскатки.

Раскатка дорожки качения кольца 2 (рис. 1) шарикового подшипника осуществляется раскатником, состоящим из набора шариков 1 с числом  $z$  и оправки 3, прижимающей шарики к обрабатываемой поверхности под углом контакта  $\beta$ . На оправку действует внешняя нагрузка  $P$ , направленная в центр симметрии расположения шариков под углом  $\alpha$  к оси вращения кольца 1. Требуется определить распределение нагрузки  $P$  между шариками.

Примем следующие допущения:

1. Деформация колец под действием внешней нагрузки пренебрежимо мала по сравнению с локальной деформацией тел и дорожки качения.
2. Осевой и радиальный зазоры между обрабатываемой поверхностью, поверхностью оправки и шариками отсутствуют.
3. Угол контакта тел и дорожки качения в подшипнике постоянный и пренебрежимо мало зависит от деформации тел и дорожки качения

Обозначим нагрузку на шарик, действующую вдоль линии контакта с дорожкой качения, через  $p_i$ , осевую нагрузку, действующую вдоль оси кольца, через  $p_{oi}$ , а радиальную нагрузку  $p_{ri}$ . Рассмотрим распределение этих сил, возникающих от действия внешней нагрузки  $P$  между шариками.

Внешняя нагрузка  $P$ , действующая под углом  $\alpha$  к оси вращения кольца подшипника, раскладывается на две составляющие: осевую  $A$ , равную  $A = P \cdot \cos \alpha$  и радиальную  $R$ , равную  $R = P \cdot \sin \alpha$ . Момент этой силы  $P$  относительно центра симметрии шариков равен нулю, так как сила  $P$  направлена в этот центр. Составляющие внешней нагрузки  $A$  и  $R$  передаются на шарики под углом контакта  $\beta$ .

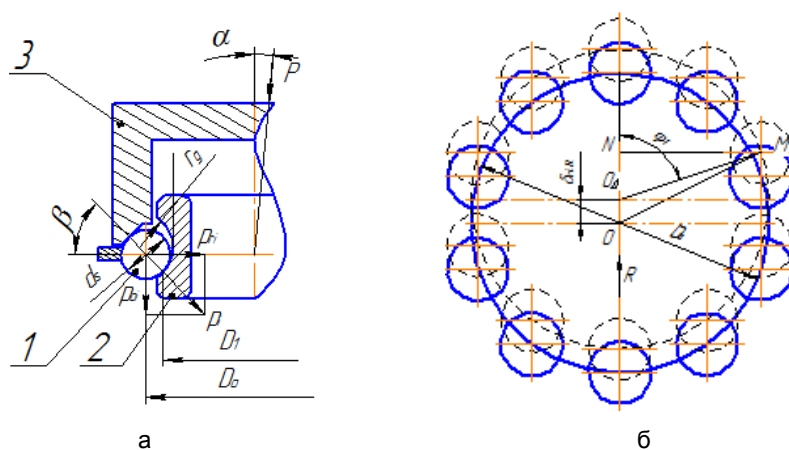


Рис. 1. Схема контакта тел и дорожки качения а – поперечное сечение; б – вид в плане

Внешняя нагрузка, действующая вдоль оси подшипника  $A$ , равномерно распределяется между шариками:

$$p_{iA} = \frac{A}{z \cdot \sin \beta}, \quad p_{riA} = p_{iA} \cdot \cos \beta = \frac{A}{z \cdot \operatorname{tg} \beta}; \quad p_{oiA} = p_{iA} \cdot \sin \beta = \frac{A}{z}, \quad (1)$$

где  $p_{iA}$  – нагрузка, действующая на шарик вдоль линии его контакта с дорожкой качения, вызванная внешней осевой нагрузкой  $A$ ;  $p_{riA}$  – составляющая нагрузки на шарик, возникающая под действием нагрузки  $A$ , в радиальном направлении;  $p_{oiA}$  – составляющая нагрузки на шарик, возникающая под действием нагрузки  $A$  и действующая в осевом направлении.

Под действием нагрузки  $p_{iA}$  между шариками и дорожкой качения возникает упругая деформация, равная [1, 2]:

$$\delta_{iA} = K_g \sqrt[3]{p_{iA}^2}, \quad \delta_{riA} = K_g \sqrt[3]{\frac{A^2}{z^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \beta}} \cdot \cos \beta; \quad \delta_{oiA} = K_g \sqrt[3]{\frac{A^2}{z^2}} \cdot \sin \beta, \quad (2)$$

где  $\delta_{iA}$  – деформация шарика с дорожкой качения кольца под действием осевой нагрузки;  $\delta_{riA}$  – составляющая деформации  $\delta_{iA}$ , действующая в радиальном направлении;  $\delta_{oiA}$  – составляющая деформации  $\delta_{iA}$ , действующая в осевом направлении;  $K_g$  – коэффициент, определяемый в зависимости от размеров тел и дорожки качения и упругих свойств их материалов.

Под действием радиальной внешней нагрузки  $R$  по линии контакта шариков, находящихся в поле действия этой нагрузки, вдоль линии контакта возникает сила, равная (рис. 1б):

$$p_{iR} = p_{oR} \cdot \cos \varphi_i \cdot \cos \beta, \quad \text{при } -\frac{\pi}{2} < \varphi < \frac{\pi}{2}, \quad (3)$$

где  $\varphi_i$  – угол расположения  $i$ -го шарика относительно направления действия радиальной нагрузки (рис. 1б);  $p_{oR}$  – максимальная нагрузка, вызванная действием силы  $R$  на шарик, расположенный под углом  $\varphi=0$ ;  $p_{iR}$  – нагрузка, действующая на  $i$ -й шарик, находящийся под углом  $\varphi_i$ .

Составляющие силы  $p_{iR}$  (3) равны

$$p_{riR} = p_{iR} \cdot \cos \beta; \quad p_{oiR} = p_{iR} \cdot \sin \beta, \quad (4)$$

где  $p_{riR}$  – составляющая нагрузки на  $i$ -й шарик, возникающая под действием нагрузки  $R$  и действующая в радиальном направлении;  $p_{oiR}$  – составляющая нагрузки на  $i$ -й шарик, возникающая под действием нагрузки  $R$  и действующая в осевом направлении.

Под действием нагрузки  $p_{iR}$  между шариками и дорожкой качения возникает упругая деформация, равная

$$\delta_{iR} = K_g \cdot \sqrt[3]{p_{iR}^2}, \quad \delta_{riR} = K_g \sqrt[3]{\frac{p_{riR}^2}{\cos \beta}} \cdot \cos \beta; \quad (5)$$

$$\delta_{oiA} = K_g \sqrt[3]{\frac{p_{riR}}{\cos^2 \beta}} \cdot \sin \beta,$$

где  $\delta_{iR}$  – деформация  $i$ -го шарика с дорожкой качения от действия радиальной нагрузки;  $\delta_{riR}$  – составляющая деформации  $i$ -го шарика и дорожки качения, возникающей под действием нагрузки  $R$  и действующая в радиальном направлении;  $\delta_{oiR}$  – составляющая деформации  $i$ -го шарика и дорожки качения, возникающей под действием нагрузки  $R$  и действующая в осевом направлении подшипника.

Определим зависимость деформации  $\delta_{riR}$   $i$ -го шарика от деформации  $\delta_{roR}$  максимально нагруженного шарика, находящегося под углом  $\varphi$  к направлению действия нагрузки  $R$ . Обозначим точку контакта  $i$ -го шарика с дорожкой качения внутреннего кольца через  $M$ . Из рис. 1б видно, что величина упругой деформации дорожки качения и шарика, расположенного к оси  $O_y$  под углом  $\varphi$ , равна

$$\delta_{riR} = \Delta_i = OM - O_{\Delta}M,$$

где  $O_{\Delta}M = 0,5 \cdot D_o$ .

Из треугольника  $ONM$  после преобразований находим

$$\delta_{riR} = \frac{D_o}{2} \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{4 \cdot \delta_{roR}}{D_o} \cos \varphi_i + \frac{4 \cdot \delta_{roR}^2}{D_o^2}} - 1 \right). \quad (6)$$

Так как деформация тел  $\delta_{roR}$  намного меньше их размера  $D_o$ , то, раскладывая выражение (6) в ряд и отбрасывая малозначимые члены ряда с погрешностью менее 0,1%, получим

$$\delta_{riR} = \delta_{roR} \cdot \cos \varphi_i. \quad (7)$$

Далее определим суммарную силу, действующую на  $i$ -й шарик от сил  $A$  и  $R$ . Деформация от этой силы равна сумме деформаций от ее составляющих:

$$\delta_i = \delta_{iR} + \delta_{iA}.$$

Тогда сила, действующая на  $i$ -й шарик от силы  $P$ , равна

$$p_i = \left( \frac{\delta_i}{Kg} \right)^{\frac{3}{2}} = \left( \frac{\delta_{iR} + \delta_{iA}}{Kg} \right)^{\frac{3}{2}} = \left( \frac{\delta_{roR} \cdot \cos \varphi + \delta_{riA}}{Kg \cdot \cos \beta} \right)^{\frac{3}{2}}.$$

Силу  $p_i$  (7), действующую на  $i$ -й шарик, разложим на две составляющие:

$$p_{ri} = \left( \frac{\delta_{riR} + \delta_{riA}}{Kg \cdot \cos \beta} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \cos \beta; \quad p_{oi} = \left( \frac{\delta_{riR} + \delta_{riA}}{Kg \cdot \cos \beta} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \sin \beta. \quad (8)$$

Так как связь между силой и деформацией не является линейной, это существенно усложняет механизм влияния геометрических параметров подшипника на распределение нагрузки между шариками.

Разделим равенства (8) на максимальные значения соответствующих нагрузок  $p_{ro}$  и  $p_{oo}$  ( $\varphi_o = 0$ ) и получим

$$p_{ri} = p_{ro} \cdot \left( \frac{\delta_{roR} \cos \varphi_i + \delta_{rA}}{\delta_{roR} + \delta_{rA}} \right)^{\frac{3}{2}} = \left( \frac{c \cdot \cos \varphi_i + 1}{c + 1} \right)^{\frac{3}{2}};$$

$$p_{oi} = p_{oo} \cdot \left( \frac{\delta_{roR} \cos \varphi_i + \delta_{rA}}{\delta_{roR} + \delta_{rA}} \right)^{\frac{3}{2}} = \left( \frac{c \cdot \cos \varphi_i + 1}{c + 1} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (9)$$

где  $c = \delta_{roR} / \delta_{rA}$ .

После операции суммирования равенств (9) по всем шарикам можно найти максимальные значения взаимно перпендикулярных нагрузок на шарика. Учитывая направление действия радиальной нагрузки  $R$ , а также то, что угол между шариками равен  $2\pi/z$ , получим систему двух уравнений:

$$R = p_{ro} \cdot \sum_{i=0}^{z_a-1} \left( \frac{c \cdot \cos(\varphi_o + i \cdot \frac{2\pi}{z}) + 1}{c + 1} \right)^{\frac{3}{2}} \cos(\varphi_o + i \cdot \frac{2\pi}{z}); \quad (10)$$

$$A = p_{00} \cdot \sum_{i=0}^{z_a-1} \left( \frac{c \cdot \cos(\varphi_0 + i \cdot \frac{2\pi}{z}) + 1}{c+1} \right)^{\frac{3}{2}},$$

где  $\varphi_0$  – угол расположения наиболее нагруженного шарика  $0 \leq \varphi_0 \leq \pi/z$ .

Система уравнений (10) не решается, так как не известно значение  $c$ . Третье уравнение можно определить, если взять отношение первых двух.

Обозначим

$$m_r = \frac{1}{z} \cdot \sum_{i=0}^{z_a-1} \left( \frac{c \cdot \cos(\varphi_0 + i \cdot \frac{2\pi}{z}) + 1}{c+1} \right)^{\frac{3}{2}} \cos(\varphi_0 + i \cdot \frac{2\pi}{z}); \tag{11}$$

$$m_a = \frac{1}{z} \cdot \sum_{i=0}^{z_a-1} \left( \frac{c \cdot \cos(\varphi_0 + i \cdot \frac{2\pi}{z}) + 1}{c+1} \right)^{\frac{3}{2}}.$$

Разделив равенства (10) друг на друга и учитывая обозначения (11), получим

$$\frac{m_r}{m_a} = \frac{R \cdot \sin \beta}{A \cdot \cos \beta} = \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta \tag{12}$$

Так как зависимости  $m_r$  и  $m_a$  от значения  $c$  находятся в неявном виде, их решение осуществляется численными методами. Результаты расчета представлены в таблице.

Важно отметить, что процесс раскатки будет устойчивым, если  $c < 1$ , а следовательно, как следует из таблицы,  $m_r/m_a < 0,6$ . Этому соответствует  $\operatorname{tg} \alpha < 0,6/\operatorname{tg} \beta$ . В противном случае часть шариков будет выходить из контакта с дорожкой качения и могут возникнуть вибрации.

Значения коэффициентов  $m_r$ ,  $m_a$  и  $m_r/m_a$  при  $\varphi_0 = 0$

	n	c										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$m_r$	3	0	0,066	0,117	0,157	0,189	0,215	0,237	0,255	0,269	0,281	0,292
$m_a$		1	0,868	0,767	0,686	0,623	0,571	0,530	0,496	0,470	0,448	0,433
$m_r/m_a$		0	0,076	0,171	0,229	0,303	2,82	2,40	2,12	1,91	1,76	0,674
$m_r$	5	0	0,065	0,114	0,151	0,180	0,203	0,220	0,233	0,243	0,250	0,256
$m_a$		1	0,868	0,766	0,866	0,622	0,570	0,528	0,494	0,466	0,443	0,425
$m_r/m_a$		0	0,075	6,72	4,53	3,45	2,82	2,40	2,12	1,92	1,77	0,602
$m_r$	0	0	0,065	0,114	0,151	0,180	0,202	0,220	0,233	0,243	0,250	0,255
$m_a$		1	0,868	0,766	0,866	0,622	0,570	0,528	0,494	0,466	0,443	0,424
$m_r/m_a$		0	0,075	0,149	0,175	0,289	0,354	0,417	0,472	0,521	0,536	0,601

Как видно из таблицы, при  $n > 5$  значения коэффициентов практически не зависят от числа шариков. Расчеты также показали, что при  $n=3$  значение коэффициента  $m_r$  колеблется в зависимости от значения  $\varphi_0$  от 5% при  $c = 0.1$  до 30% при  $c = 1$  (рис. 2). Следовательно, осуществлять шариковую раскатку тремя шариками нерационально, так как при этом могут возникнуть вибрации и погрешности формы обработанной поверхности. С увеличением числа шариков раскатного инструмента колебание нагрузки уменьшается, и при  $z \geq 5$  эта разница не достигает 1%.

С учетом (9) определим искомую зависимость нагрузки на  $i$ -й шарик от нагрузки, действующей на наиболее нагруженный шарик:

$$p_i = p_0 \cdot \left( \frac{c \cdot \cos \varphi_i + 1}{c+1} \right)^{\frac{3}{2}}. \tag{13}$$

Равенство (13) показывает распределение внешней нагрузки между шариками. Как видно, оно

существенно зависит от значения  $c$ . При  $c = 0$ , что соответствует  $\alpha = 0$ , нагрузка между шариками распределяется равномерно. С увеличением значения  $c$  неравномерность нагрузки на шарiki возрастает. При  $c > 0$  нагрузка на шарiki уменьшается при увеличении угла их расположения  $\varphi_i$  от нуля до  $\varphi_i = \pi$ . При дальнейшем увеличении угла  $\varphi_i$  нагрузка на шарiki возрастает.

В свою очередь, как несложно определить:

$$P_0 = \frac{P}{z} \cdot \sqrt{\frac{\sin^2 \alpha}{m_r^2 \cdot \cos^2 \beta} + \frac{\cos^2 \alpha}{m_a^2 \cdot \sin^2 \beta}}. \quad (14)$$

Таким образом, решена задача определения механизма распределения внешней нагрузки, действующей на раскатчик, между шариками.

*Работа выполнена при финансовой поддержке ФЦП (проект № 2014-14-576-0050-065) и Госзадания Минобрнауки России № 9.896.2014/К*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Королев А.А. Математическое моделирование упругих тел сложной формы / А.А. Королев. Саратов: СГТУ, 2001. 128 с.
2. Королев А.В. Совершенствование технологии изготовления тонкостенных колец подшипников / А.В. Королев, Ан.А. Королёв, Ал.А. Королёв. Саратов: СГТУ, 2004. 136 с.
3. Королев А.В. Точная холодная торцовая раскатка / А.В. Королев, Ан.А. Королев. Саратов: СГТУ, 2003. 142 с.
4. Пат. РФ 2222392, МПК В21В19/06. Способ раскатки деталей / В.Б. Годунов, А.А. Королев, А.А. Королев.
5. Королев А.В. Новая прогрессивная технология получения сложнопрофильных заготовок колец подшипников из трубного проката / А.В. Королев, Р.В. Воробьев // Состояние и перспективы развития электротехнологии (X Бернардовские чтения): тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1. Иваново, 2001. С. 221.
6. Королев А.В. Прогрессивная технология получения кольцевых заготовок из трубного проката / А.В. Королев, Р.В. Воробьев // Вестник инженерной Академии Украины. КВ № 2635. № 3. 2001. Ч. 1. С. 211-214.
7. Королев А.В. Математическое моделирование процесса холодной раскатки / А.В. Королев, Р.В. Воробьев // Динамика технологических систем: тр. VI Междунар. науч.-техн. конф. Т. 1. Ростов н/Д.: ДГТУ, 2001. С. 55-59.
8. Пат. РФ 2094158, МПК В21Н1/02, В21D37/12. Королев А.В., Полстьянов П.Ф., Козин В.А., Атоян В.Р.
9. Королев А.В. Технология окончательной обработки дорожек качения подшипников / А.В. Королёв, С.А. Ефимов, А.А. Меркулов // Современные материалы, техника и технология: материалы 3-й Междунар. науч. конф. Курск, 2013.
10. Королев А.В. Момент сопротивления вращению упорно-радиального подшипника / А.В. Королёв, К.С. Нейгебауэр, Е.В. Мухина // Перспективное развитие науки, техники и технологий: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф. Курск, 2013. С. 161-165.
11. Безотходная технология изготовления деталей типа фасонных валиков / А.В. Королев, Е.В. Филимонов, В.В. Болкунов, А.А. Королев // Вестник машиностроения. 2009. № 12. С. 74-76.
12. Спришевский А.И. Подшипники качения / А.И. Спришевский. М.: Машиностроение, 1969. 349 с.

**Королёв Альберт Викторович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Albert V. Korolev** – Dr. Sc., Professor  
Head: Department of Engineering Technology,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Нейгебауэр Кристина Сергеевна** – аспирант Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Christina S. Neugebauer** – Postgraduate,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 02.09.14, принята к опубликованию 25.09.14*

**Н.Б. Кротинов**

**ПОВЕРХНОСТНОЕ ПЛАСТИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ ЛОПАТОК  
ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

*Изложены способы поверхностного пластического упрочнения лопаток газотурбинных двигателей и результаты усталостных испытаний.*

Ультразвуковое упрочнение свободными шариками, термопластическое упрочнение, лопатки газотурбинных двигателей, предел прочности

**N.B. Krotinov**

**STRENGTHENING SURFACE PLASTIC BLADES  
IN GAS TURBINE ENGINES**

*The article describes the methods for surface hardening of plastic blades in gas turbine engines, and the results of fatigue tests.*

Ultrasonic hardening of loose beads, thermoplastic hardening, blades of gas turbine engines, the tensile strength

Современная авиационная и газоперекачивающая отрасли широко используют в своей работе газотурбинные двигатели (ГТД). Основой этих двигателей является лопаточный аппарат, преобразующий энергию расширения газов сгораемого топлива в крутящий момент. Высокая температура газов, частички абразива, вибрация, воздействие центробежной силы и прочее приводят к значительным нагрузкам основных деталей двигателя и скорому их износу.

К основным деталям ГТД относятся лопатки. Они изготавливаются из дорогостоящих жаропрочных материалов, имеют сложную геометрию, высокие требования к точности и шероховатости поверхности, к погрешности балансировки и пр. Всё это определяет высокую стоимость их изготовления. Кроме того, воздействие высоких рабочих температурных и механических нагрузок ограничивает их ресурс до 12 тыс. часов эксплуатации, по истечении которых требуются их замена или восстановительный ремонт в больших количествах (90 шт. в одной ступени). Это, в свою очередь, определяет высокую стоимость их эксплуатации. Кроме того, нельзя забывать об исключительной ответственности лопаток, поломка которых в турбине приводит к катастрофическим последствиям. Поэтому особое внимание уделяется вопросам надежности как при производстве, так и при эксплуатации ГТД.

Увеличить долговечность и надёжность деталей ГТД можно различными способами, одним из которых является поверхностное упрочнение на финишных операциях изготовления и восстановительного ремонта. В связи со сложной геометрией и высокими требованиями к качеству поверхности технолог имеет в своём распоряжении очень ограниченную номенклатуру способов поверхностного пластического деформирования (ППД). Среди них наилучшим образом зарекомендовало себя ультразвуковое упрочнение свободными шариками (УЗУ).

Сущность УЗУ заключается в воздействии ультразвуковых колебаний на шарики, которые, колеблясь между корпусом контейнера и деталью, пластически её деформируют. Макрогеометрию детали УЗУ не меняет, микрогеометрию незначительно увеличивает. Его основные преимущества по сравнению с другими методами ППД, следующие:

- большая скорость шариков, приводимых в движение ультразвуковым резонатором, что обеспечивает высокую производительность процесса;
- равномерное упрочнение поверхности всей детали, имеющей сложную форму.

Наряду с этим способом используется также термопластическое упрочнение (ТПУ), предложенное проф. Б.А. Кравченко. Механизм формирования напряжений при ТПУ следующий. Деталь прогревается до температуры, не превышающей фазовых и структурных переходов (точка Ас3), затем подвергается резкому душевому охлаждению. За счет разности температур поверхности и внутреннего слоя возникают термические напряжения, превышающие предел текучести, и поверхность пластически деформируется в расширенном объеме, тогда как внутренний слой еще находится в



разогретом состоянии и деформациям не подвержен. Далее, постепенно остывая, сжимается внутренний (основной) слой металла, сдавливая при этом поверхность. За счет различного удельного объема наружных и внутренних слоев формируются сжимающие остаточные напряжения. ТПУ воздействует на поверхность стрессом от резкого перепада температур, схожим с закалкой, однако в отличие от последней структура и фаза материала не изменяются. Макро- и микрогеометрию детали при условии соблюдения технологии этот способ не меняет.

Статистика выхода из строя лопаток говорит о преимущественно усталостном разрушении как верхней части (пера), так и нижней (замка) [1]. Причиной являются циклические напряжения, возникающие от неравномерного воздействия потока газа и недостаточной уравновешенности турбины. Противостоять этому помогают остаточные напряжения сжатия, сформированные упрочняющей обработкой. Они увеличивают сжимающие и уменьшают растягивающие напряжения симметричного цикла. Так как большинство жаропрочных сплавов являются неравнопрочными (предел прочности при сжатии выше, чем при растяжении), смещение цикла в сторону больших суммарных сжимающих напряжений увеличивает усталостную прочность.

Исходя из вышесказанного, лопатки обязательно испытывают на предел выносливости, нагружая симметричным циклом, на стендах, имитирующих работу турбины.

Для сравнения УЗУ и ТПУ были проведены усталостные испытания лопаток первой ступени турбины высокого давления газоперекачивающего комплекса ГТК10-4 (см. рис. 1 [2]).

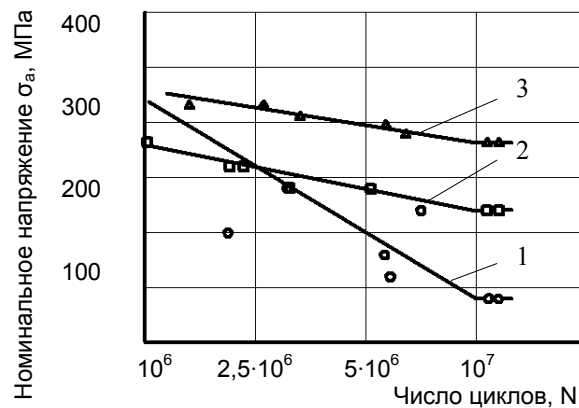


Рис. 1. Результаты испытаний лопаток первой ступени (материал ЭИ893) на многоцикловую усталость: 1 – исходные (не восстановленные) лопатки; 2 – лопатки, восстановленные при помощи УЗУ; 3 – лопатки, восстановленные при помощи ТПУ

Лопатки прошли восстановительный ремонт после эксплуатации по нескольким технологическим вариантам:

1) исходные (не восстановленные) лопатки;

2) лопатки, восстановленные по ремонтной технологии ПТП «Самарагазэнергоремонт», включающей устранение забоин путём их заплавки, подварку пластин на торце пера, термообработку (выдержка 5 часов при температуре печи 840...850 °С, охлаждение с печью до температуры 500°С, затем охлаждение на воздухе), полировку и ультразвуковое упрочнение свободными шариками (время обработки  $\tau_{обр}=4$  мин, диаметр шариков 1 мм, частота колебаний  $f = 20$  кГц, амплитуда колебаний  $\xi=0,012$  мм, масса шариков  $m = 0,3$  кг);

3) лопатки, восстановленные по ремонтной технологии, предложенной исследователями СамГТУ, отличающейся от предыдущей только тем, что использовалось не ультразвуковое, а термопластическое упрочнение (температура нагрева  $T_{нагр}=750^\circ\text{C}$ , давление охлаждающей жидкости  $P_{охл}=0,5$  МПа).

В результате предел выносливости по первому варианту составил 140 МПа, по второму – 220 МПа, по третьему – 280 МПа, что говорит о несомненном преимуществе ТПУ в данных условиях.

Однако в эксплуатации наиболее важным является сохранение предела выносливости на допустимом уровне. Известно, что остаточные напряжения под воздействием высоких температур и механических нагрузок с течением времени релаксируют. Снижается, в свою очередь, и предел выносливости. Поэтому с лопатками исследования усталостной прочности были продолжены уже в условиях натурных испытаний.

На турбину высокого давления газоперекачивающего агрегата установили полный комплект лопаток (90 шт.), восстановленных по технологии СамГТУ. Затем через определённый период наработки турбина останавливалась, лопатки диагностировались на наличие дефектов, при необходимости

восстанавливались и возвращались в двигатель. Часть лопаток (по 12 штук) направлялась в лабораторию на исследования. Результаты исследований циклической прочности представлены на рис. 2 и 3.

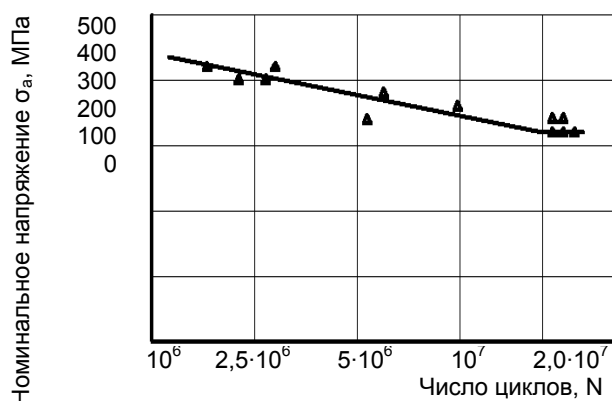


Рис. 2. Результаты испытаний на многоцикловую усталость лопаток первой ступени (материал ЭИ893): 12349 ч.н.+ТПУ+12186 ч.н.

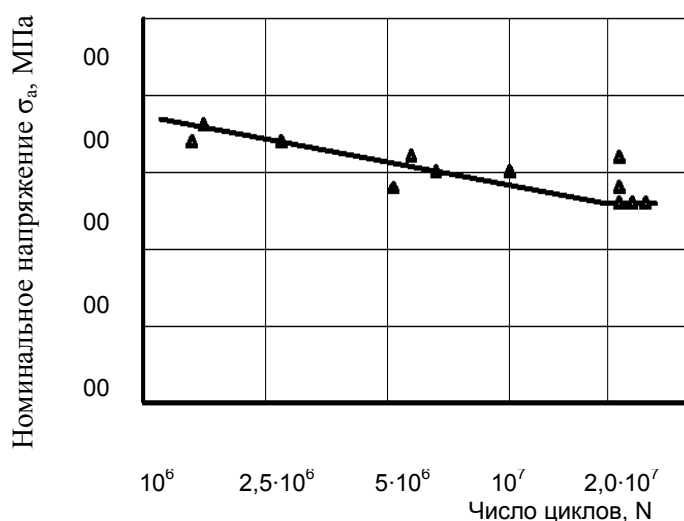


Рис. 3. Результаты испытаний на многоцикловую усталость лопаток первой ступени (материал ЭИ893): 12349 ч.н.+ТПУ+12186 ч.н.+ТПУ+6622 ч.н.

Исходя из этих данных, предел выносливости лопаток, упрочнённых ТПУ и прошедших эксплуатационный цикл 12186 часов наработки, не только не снизился, но даже возрос по сравнению с первоначальным (280 МПа и 320 МПа). Проф. Б.А. Кравченко объяснял это явление «эффектом тренировки» [3]. Напряжённое поле, сформированное упрочняющей обработкой, создает барьер движению дислокаций к поверхности. Накапливаясь в подповерхностном слое, дислокации блокируют друг друга, препятствуя выходу на поверхность дислокационных нарушений, которые, как правило, являются очагами начальных трещин. Этот механизм поверхностной блокировки содействует повышению циклической прочности даже после того, когда остаточные напряжения релаксируют.

После дальнейшей эксплуатации в 6622 часа часть лопаток снова подверглась испытаниям, в результате которых выяснилось, что предел выносливости лопаток снизился до 260 МПа (рис. 3). Минимально допустимое значение предела выносливости лопаток этих агрегатов согласно ТУ составляет 240 МПа. Таким образом, после 31157 часов наработки усталостная прочность испытываемых лопаток не только не снизилась до предельно допустимого значения, но и находилась на уровне новых лопаток, упрочняемых УЗУ.

Исходя из вышеприведённых данных, термопластическое упрочнение доказало своё преимущество в реальных условиях эксплуатации и может быть рекомендовано как в случае восстановления их работоспособности, так и при производстве новых лопаток.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сулима А.М. Качество поверхностного слоя и усталостная прочность деталей из жаропрочных и титановых сплавов / А.М. Сулима, М.И. Евстигнеев. М.: Машиностроение, 1974. 256 с.
2. Круцило В.Г. Увеличение сопротивления усталости лопаток газотурбинных двигателей термопластическим упрочнением / В.Г. Круцило, Н.Б. Кротинов // Проблемы и перспективы развития двигателестроения: материалы доклада Междунар. науч.-техн. конф., 28-30 июня 2011 г.: в 2 ч. Ч. 1. Самара: СГАУ, 2011. С. 169-170.
3. Кравченко Б.А. Термопластическое упрочнение – резерв повышения прочности и надежности деталей машин: монография / Б.А. Кравченко, В.Г. Круцило, Г.Н. Гутман. Самара: СамГТУ, 2000. 216 с.

**Кротинов Николай Борисович** –  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Автоматизированные станочные  
и инструментальные системы» Самарского  
государственного технического университета

**Nikolay B. Krotinov** –  
Ph. D., Associate Professor  
Department of Automated Machine  
and Tooling Systems,  
Samara State Technical University

*Статья поступила в редакцию 12.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 621.892

**В.Г. Круцило, Л.П. Ситкина**

### **УПРОЧНЕНИЕ ОБРАЗЦОВ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ СМЕСЬЮ ШАРИКОВ И МИКРОШАРИКОВ С ПОДОГРЕВОМ**

*Приведена методика упрочнения образцов из титановых сплавов смесью шариков и микрошариков при нормальной и повышенной температурах. Приведены результаты исследований предела выносливости на титановых сплавах BT-9 и BT-20.*

Детали машин, поверхностное пластическое деформирование, упрочнение шариками и микрошариками, остаточные напряжения

**V.G. Krucilo, L.P. Sitkina**

### **STRENGTHENING MACHINE PARTS BY MIXTURE BALLS AND HEATED MICROBEADS**

*The paper presents a technique for hardening machine parts with a mixture of beads and microspheres.*

Machine parts, surface plastic deformation, hardening balls and microbeads, residual stresses

Ответственные детали машин, работающие в экстремальных условиях при повышенных температурах и знакопеременных нагрузках, как правило, в конце технологического процесса изготовления подвергаются операции упрочнения различными технологическими методами с целью повышения надежности и долговечности.

Из большого разнообразия методов упрочнения наибольшее распространение получили методы поверхностного пластического деформирования (ППД): пневмо- и гидродробеструйное упрочнение, упрочнение микрошариками и другие.

При ППД в поверхностном слое упрочняемых деталей формируются благоприятные сжимающие остаточные напряжения, повышающие эксплуатационные характеристики упрочняемых деталей [1].

Однако практически при всех видах ППД формируется эпюра сжимающих остаточных напряжений, имеющая спад на поверхности детали. Это негативно сказывается на усталостной прочности деталей и других эксплуатационных характеристиках. Величина остаточных напряжений на поверхности деталей, глубина залегания максимальных остаточных напряжений и мощность эпюры зависят от различных технологических факторов, в частности от диаметра шариков [2]. Чем меньше диаметр шарика, тем меньше мощность эпюры остаточных напряжений, величина и глубина максимальных сжимающих остаточных напряжений. На рисунках показаны эпюры остаточных напряжений в поверхностном слое при упрочнении (рис. 1).

У каждого из этих методов есть свои достоинства и недостатки. Упрочнение микрошариками позволяет получить максимум остаточных напряжений практически на поверхности, но при этом формируется недостаточно мощная эпюра с небольшой глубиной остаточных напряжений (рис. 1а). Упрочнение шариками формирует более мощную эпюру и глубину остаточных напряжений, но максимум залегания остаточных напряжений лежит достаточно глубоко (рис. 1б).

Предлагаемый способ упрочнения смесью шариков и микрошариков позволяет реализовать преимущества каждого из способов и нивелировать их недостатки. Сущность способа заключается в следующем: на имеющихся стандартных установках для упрочнения вместо инденторов одного размера используется смесь из микрошариков и шариков. Конкретные размеры составляющих и другие технологические факторы зависят от обрабатываемых материалов.

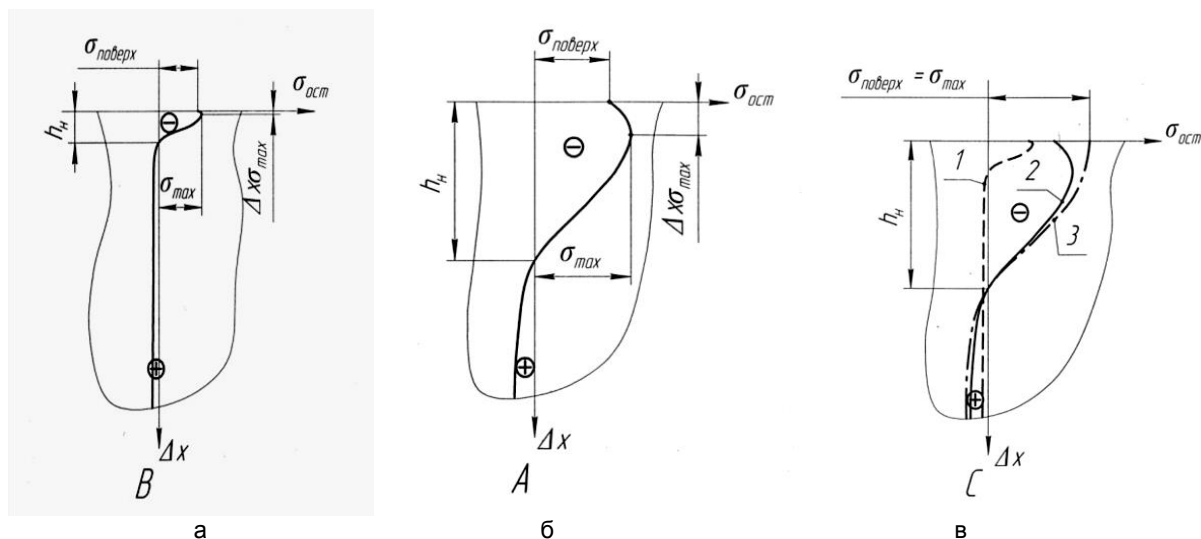


Рис. 1. Эпюра остаточных напряжений: а – после упрочнения микрошариками; б – после упрочнения шариками; в – после упрочнения смесью шариков и микрошариков

На рис. 1в показана эпюра остаточных напряжений после упрочнения смесью шариков и микрошариков. Из рисунка видно, что на поверхности существуют более высокие остаточные напряжения, чем при упрочнении шариками, большая мощность и глубина залегания остаточных напряжений (рис. 1в).

С целью усиления эффекта упрочнения камеры для упрочнения деталей могут быть оборудованы подогревом и устройством для вакуумирования. Нагрев деталей до температур, при которых не происходит структурно-фазовых превращений, позволяет повысить пластические свойства обрабатываемых деталей. Вакуумирование необходимо в тех случаях, когда нагрев детали может сопровождать окислением поверхности, например при упрочнении титановых сплавов [3].

Для изучения свойств деталей был разработан стенд (рис. 2).

Данный стенд представляет собой комплекс многофункционального назначения. Он предназначен для следующих видов испытаний и операций.

1. Вакуумирование до 1 Па.
2. Нагрев до температуры от 20 до 800°С.
3. Упрочнение готовых деталей в вакууме при повышенных температурах, исключая структурно-фазовые превращения, смесью шариков и микрошариков с целью повышения ресурса деталей.

Принцип работы стенда заключается в следующем.

Цилиндр (контейнер) 7 предназначен для помещения в него готовых деталей. Он закрепляется с помощью фиксаторов 6 в корпусе 5.

К цилиндру 7 подключается через клапан 10 вакуумный насос 11. При необходимости он осуществляет вакуумирование деталей. Корпус 5 вместе с контейнером 7 может подвергаться вибрациям с регулируемой частотой и амплитудой. Вибрации корпуса 5 и цилиндра 7 осуществляются с помощью электродвигателя 1, сменных шкивов и клиноременной передачи 2, кривошипно-шатунного механизма с эксцентриком 3 и карданных шарниров 4.

Печь 9 оснащена терморегуляторами и пирометрами, может обеспечить требуемую фиксированную температуру испытания в цилиндре 7.

Для испытаний при пониженных температурах используется твердая углекислота, заполняемая в свободное пространство между цилиндром 7 и корпусом 5. Для теплоизоляции служит специальный экран. Контроль температуры осуществляется термометрами.

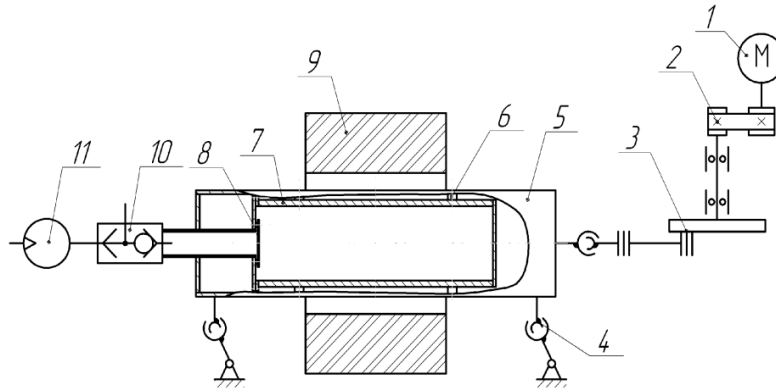


Рис. 2. Стенд для исследования свойств деталей: 1 – электродвигатель, 2 – клиноременная передача, 3 – кривошипно-шатунный механизм с эксцентриком, 4 – карданный шарнир, 5 – корпус, 6 – фиксатор, 7 – цилиндр, 8 – крышка, 9 – печь, 10 – клапан, 11 – вакуумный насос

На рис. 3 представлена схема установки для упрочнения деталей машин смесью шариков и микрошариков с использованием пневматической подачи инденторов.

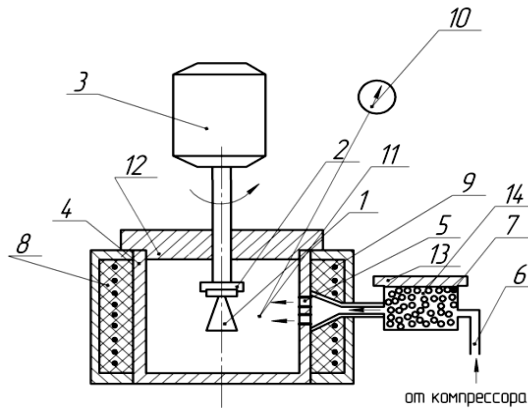


Рис. 3. Устройство для упрочнения деталей машин смесью шариков и микрошариков: 1 – деталь, 2 – крепление, 3 – электродвигатель, 4 – корпус, 5 – сопло, 6 – трубка, 7 – смесь шариков и микрошариков, 8 – печь, 9 – термонагреватель, 10 – терморегулятор, 11 – термопара, 12 – крышка корпуса, 13 – крышка бункера для шариков, 14 – бункер со смесью шариков и микрошариков

При этом физическая природа формирования остаточных напряжений в поверхностном слое такая же, как и представленная на рис. 1.

Остаточные напряжения существенным образом влияют на усталостную прочность деталей. Результаты испытаний на усталостную прочность приведены в таблице.

Результаты испытаний образцов сплавов из ВТ-9 и ВТ-20

Материал	Предел выносливости образцов		
	Без упрочнения	Упрочнение смесью шариков при T= 20 °C	Упрочнение смесью шариков при T= 400 °C
ВТ- 9	180	250	290
ВТ-20	260	320	400

Из таблицы видно, что наибольшее повышение предела выносливости наблюдается на образцах из ВТ-20<sup>0</sup> при упрочнении смесью шариков при температуре  $T = 400$  °С.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Демин Ф.И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей: учеб. пособие / Ф.И. Демин, Н.Д. Проничев, И.Л. Шитарев. М.: Машиностроение, 2002. 328 с.
2. Сулима А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин. М.: Машиностроение, 1988. 240 с.
3. Мухин В.С. Формирование специальных свойств поверхности деталей летательных аппаратов / В.С. Мухин. Уфа: УАИ, 1986. 83 с.

**Круцило Виталий Григорьевич** –  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Автоматизированные станочные  
и инструментальные системы» Самарского  
государственного технического университета

**Vitaly G. Krutsilo** –  
Ph.D., Associate Professor  
Department of Automated Machine  
and Tooling Systems,  
Samara State Technical University

**Ситкина Лариса Петровна** –  
старший преподаватель кафедры  
«Автоматизированные станочные  
и инструментальные системы» Самарского  
государственного технического университета

**Larisa P. Sitkina** –  
Senior Lecturer,  
Department of Automated Machine  
and Tooling Systems,  
Samara State Technical University

*Статья поступила в редакцию 11.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

## ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 629.063.2

О.Н. Медведева, А.И. Иванов

### РАЗВИТИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

*Излагаются научные положения по разработке теоретических основ расчета оптимальных эксплуатационных параметров распределительных систем газоснабжения потребителей на базе природного газа. Приводятся рекомендации по определению оптимальных потерь давления газа по участкам газовой сети, обеспечивающие экономию материальных и денежных ресурсов.*

Природный газ, распределительная система, оптимальные параметры, потери давления газа

O.N. Medvedeva, A.I. Ivanov

### DEVELOPMENT OF GAS SUPPLY DISTRIBUTIVE SYSTEMS

*The article describes scientific aspects relating the development of theoretical framework for calculating optimum operational parameters of consumer gas distribution systems operating natural gas. The authors provide guidelines for determination of optimum gas pressure losses across the gas networks which ensure conservation of material and financial resources.*

Natural gas, distribution system, optimal parameters, gas pressure loss

Важнейшим потребителем природного газа является жилищно-коммунальный сектор страны, на долю которого приходится порядка 16% потребляемого газа. В настоящее время природным газом пользуется около 90 млн. жителей России. Несмотря на широкие масштабы газификации страны, уровень газоснабжения сельского населения не отвечает современным требованиям и потенциальным возможностям Единой системы газоснабжения. В этой связи стратегическая задача, поставленная Президентом РФ и закреплённая Федеральным законом № 122-ФЗ по газоснабжению Российской Федерации [1], предусматривающая широкую газификацию сельских поселков на базе сетевого природного газа, является приоритетным направлением развития газовой промышленности в целом и ее газораспределительной отрасли, в частности.

Вопросам оптимального функционирования поселковых систем газоснабжения посвящено большое количество научных публикаций. Одна из важных научно-технических задач, решаемых при проектировании распределительных систем газоснабжения, – обоснование оптимального перепада давления в распределительных газопроводах – требует проведения технико-экономических исследований.

В условиях системного анализа особую актуальность приобретает разработка обобщенной математической модели, связывающей эффективность использования газа и режимы его давления.

По результатам проведенных исследований [2, 3] было установлено, что располагаемый перепад давлений в газовой сети составляет:

– для газовых приборов с номинальным давлением  $P_{ном}^{приб} = 2000$  Па:

$$\Delta P_{\min}^P = 0,82 \cdot 2500 - 200 - 1700 = 150 \text{ Па}, \quad \Delta P_{\max}^P = 2500 - 200 - 1700 = 600 \text{ Па};$$

– для газовых приборов с номинальным давлением  $P_{ном}^{приб} = 1300$  Па:

$$\Delta P_{\min}^P = 0,82 \cdot 1764 - 200 - 650 = 596 \text{ Па}, \quad \Delta P_{\max}^P = 1764 - 200 - 650 = 914 \text{ Па}.$$

Отсюда следует, что располагаемый перепад давлений в газовой сети изменяется более чем в 5 раз в зависимости от номинального давления газа перед приборами и режимов давления газорегуляторной установки. Следует отметить также, что расчетные потери давлений для распределительных газопроводов низкого давления даже при установке газоиспользующих приборов и оборудования с пониженным номинальным давлением намного меньше установленных нормативным документом СП ( $\Delta P^P \leq 1800$  Па). По этой причине современные правила проектирования газораспределительных систем из условия  $\Delta P^P = 1800$  Па приводят к нарушению требований ГОСТа в части поддержания минимально возможной величины давления газа перед газоиспользующими приборами. В результате понижается коэффициент полезного действия бытовых газовых приборов и возникает риск нарушения их устойчивой работы [4].

Гидравлический расчет газопроводов из условия полного использования располагаемого перепада давлений обуславливает минимум затрат в сооружение и эксплуатацию газовой сети. Вместе с тем наличие указанного перепада давлений в распределительных газопроводах обуславливает пониженное давление газа перед газоиспользующими установками. Как следствие, снижается КПД газовых аппаратов, повышаются расход и стоимость потребляемого топлива.

В качестве целевой функции задачи используются приведенные затраты в систему газоснабжения по комплексу: распределительный газопровод – газовый прибор:

$$Z = Z_{ГС}[d(\Delta P)] + \Delta T \{ \eta_{Г}[P_{Г}(\Delta P)] \} = \min, \quad (1)$$

где  $Z$  – затраты в систему газоснабжения, руб./год;  $Z_{ГС}$  – затраты в газовую сеть, руб./год;  $\Delta T$  – прирост годовой стоимости расходуемого топлива за счет снижения КПД газоиспользующих установок, руб./год.

На величину КПД газоиспользующей установки  $\eta_{Г}$  существенное влияние оказывает величина давления газа перед газовым прибором  $P_{Г}$ . Чем больше отклонение указанного давления от номинальной величины  $P_{ном}^{приб}$ , тем ниже КПД использования газа [5].

На рис. 1 представлен качественный график зависимости КПД газоиспользующей установки от давления газа перед прибором [6].

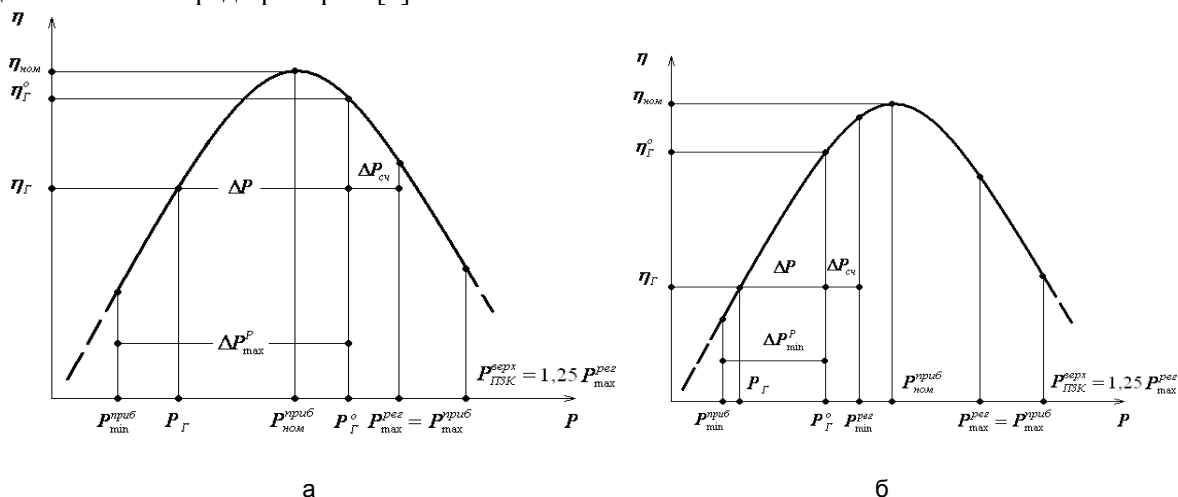


Рис. 1. Зависимость КПД газоиспользующей установки от давления газа перед прибором:  $P_{Г}^o$  – давление газа перед прибором при отсутствии сопротивления газовой сети;  $P_{Г}$  – давление газа перед прибором при наличии сопротивления газовой сети;  $\eta_{ном}$  – КПД газоиспользующей установки при номинальном давлении газа перед прибором;  $\eta_{Г}^o$ ,  $\eta_{Г}$  – КПД газоиспользующей установки при давлениях газа перед прибором  $P_{Г}^o$  и  $P_{Г}$ ;  $P_{мин}^{приб}$ ,  $P_{ном}^{приб}$ ,  $P_{max}^{приб}$  – минимальное, номинальное и максимальное давления газа перед прибором;  $P_{ГЗК}^{спр}$  – верхний предел срабатывания предохранительного запорного клапана;  $P_{мин}^{рег}$ ,  $P_{max}^{рег}$  – верхний и нижний пределы регулируемого давления;  $\Delta P_{сп}$  – потери давления в газовом счетчике;  $\Delta P_{мин}^P$ ,  $\Delta P_{max}^P$  – минимальный и максимальный располагаемые перепады давлений в газовой сети;  $\Delta P$  – расчетный перепад давлений:  
 а – при максимальном давлении на выходе из регулятора;  
 б – при минимальном давлении на выходе из регулятора



Согласно результатам исследований [6, 7], экспериментальная зависимость относительного КПД газоиспользующей установки от относительного давления газа перед прибором аппроксимируется следующим выражением:

$$\eta_{отн} = -0,514P_{отн}^6 + 2,355P_{отн}^5 - 3,066P_{отн}^4 - 0,765P_{отн}^3 + 4,423P_{отн}^2 - 2,992P_{отн} + 1,553, \quad (2)$$

где  $P_{отн}^o = \frac{P_{\Gamma}^o}{P_{приб}^o}$ ;  $P_{отн}^{\Gamma} = \frac{P_{\Gamma}^{\Gamma}}{P_{ном}^{\Gamma}}$ ;  $\eta_{отн}^o = \frac{\eta_{\Gamma}^o}{\eta_{ном}^o}$ ;  $\eta_{отн}^{\Gamma} = \frac{\eta_{\Gamma}^{\Gamma}}{\eta_{ном}^{\Gamma}}$ .

Абсолютные значения КПД газоиспользующей установки находятся пересчетом по формулам:

$$\eta_{\Gamma}^o = \eta_{отн}^o \eta_{ном}^o, \quad (3)$$

$$\eta_{\Gamma}^{\Gamma} = \eta_{отн}^{\Gamma} \eta_{ном}^{\Gamma}, \quad (4)$$

где  $\eta_{ном}$  – КПД газоиспользующего прибора при работе на номинальном давлении газа.

Рассмотрим топливную составляющую целевой функции (1).

Связь между расходом газа  $V_{ном}$ , м<sup>3</sup>/ч, и теплопроизводительностью газоиспользующей установки  $Q$ , МДж/ч, при работе в номинальном режиме эксплуатации устанавливается следующим уравнением:

$$V_{ном} = \frac{Q}{Q_P^H \eta_{ном}}, \quad (5)$$

где  $Q_P^H$  – теплотворная способность газа, МДж/м<sup>3</sup>;  $\eta_{ном}$  – КПД газоиспользующей установки на номинальном режиме.

Прирост потребления газа за счет снижения КПД газовой установки с  $\eta_{\Gamma}^o$  до  $\eta_{\Gamma}$

$$\Delta V = V_{ном} \eta_{ном} \left( \frac{1}{\eta_{\Gamma}} - \frac{1}{\eta_{\Gamma}^o} \right), \quad (6)$$

где  $\eta_{\Gamma}^o$ ,  $\eta_{\Gamma}$  – КПД газоиспользующей установки при отсутствии и при наличии потери давления в газовой сети.

Годовая стоимость дополнительно потребляемого газа

$$\Delta T = C_{\Gamma} V_{год} \eta_{ном} \left( \frac{1}{\eta_{\Gamma}} - \frac{1}{\eta_{\Gamma}^o} \right), \quad (7)$$

где  $V_{год}$  – годовой расход газа при работе газоиспользующей установки на номинальном режиме, м<sup>3</sup>/год,  $V_{ном} \tau_{год} = V_{год}$ ;  $C_{\Gamma}$  – удельная стоимость газа, руб./м<sup>3</sup>;  $\tau_{год}$  – годовая продолжительность работы газоиспользующей установки, ч/год.

Связь между давлением газа перед газоиспользующим прибором  $P_{\Gamma}$  и потерей давления в распределительном газопроводе устанавливается следующими уравнениями (рис. 1):

– при максимальном давлении на выходе из регулятора

$$P_{\Gamma} = P_{max}^{pez} - \Delta P_{сч} - \Delta P \quad (8)$$

– при минимальном давлении на выходе из регулятора

$$P_{\Gamma} = P_{min}^{pez} - \Delta P_{сч} - \Delta P \quad (9)$$

Ограничения к целевой функции (1) имеют следующий вид:

– по давлению газа  $P_{\Gamma}$

$$P_{min}^{приб} \leq P_{\Gamma} \leq P_{max}^{pez} (P_{min}^{pez}) - \Delta P_{сч} \quad (10)$$

– по потерям давления  $\Delta P$

$$0 \leq \Delta P \leq \Delta P(d_{min}) \leq \Delta P^P \quad (11)$$

где  $d_{min}$  – минимальный диаметр распределительного газопровода, принимаемый по технологическим соображениям равным 15 мм для наземных и 40 мм для подземных газопроводов.

Для нахождения оптимального значения управляющего параметра  $\Delta P_{opt}$  использовался метод вариантных расчетов, согласно которому задаются рядом значений параметра  $\Delta P_1; \Delta P_2; \dots \Delta P_n$  и вычисляются значения целевой функции  $z_1; z_2; \dots z_n$ . Минимальному значению функции  $z_{min}$  соответствует оптимальное значение потери давления в распределительном газопроводе  $\Delta P_{opt}$ .

В целях численной реализации экономико-математической модели (1)–(11) были проведены соответствующие расчеты. В качестве объекта газоснабжения принята отопительная котельная, оборудованная чугунными секционными котлами. Снабжение котельной газом осуществляется от шкафной газорегуляторной установки с минимальной величиной регулируемого давления  $P_{\min}^{pez}$ . Котлы эксплуатируются при постоянном расходе газа, близком к номинальной величине. Изменение теплопроизводительности котельной в зависимости от температуры наружного воздуха обеспечивается путем автоматического включения (выключения) котлов по температурному графику тепловой сети.

В расчетах использовались следующие исходные данные и предпосылки:

1. Расчетная теплопроизводительность котельной  $Q = 500$  МДж/ч.
2. Номинальное давление газа перед котлами  $P_{\text{ном}}^{проб} = 1300$  Па.
3. КПД отопительных котлов при работе на номинальном режиме  $\eta_{\text{ном}} = 86\%$ .
4. Годовое число часов использования максимума тепловой нагрузки  $\tau_{\text{год}} = 2500$  ч/год.
5. Длина распределительного газопровода  $l = 60$  м.
6. Прокладка газопровода – подземная из стальных труб.
7. Удельная стоимость газа  $C_g = 10,0$  руб./м<sup>3</sup>.

Результаты соответствующих расчетов представлены на графике (рис. 2).

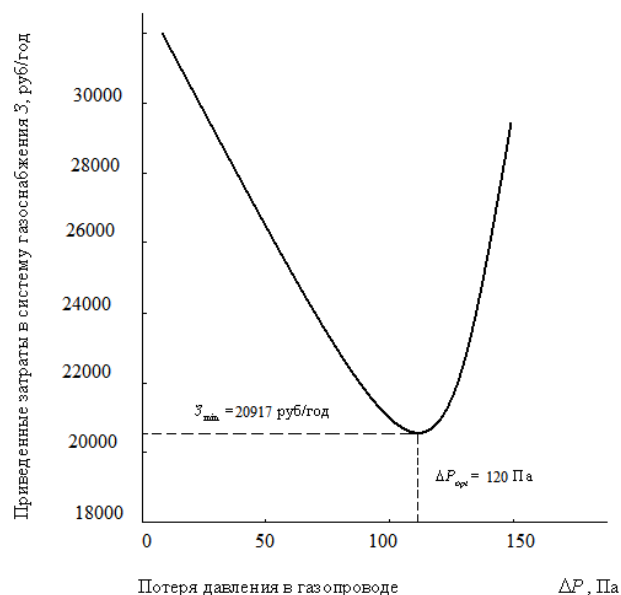


Рис. 2. Зависимость приведенных затрат в систему газоснабжения от потери давления в газопроводе

Как следует из рис. 2, минимальному значению приведенных затрат в проектируемую систему  $Z_{\min} = 20917$  руб./год соответствует значение потери давления  $\Delta P_{\text{opt}} = 120$  Па, являющееся оптимальным. Полученная величина в 5 раз меньше предельно допустимого значения расчетного перепада давления, установленного во второй главе ( $\Delta P_{\min}^P = 596$  Па).

Анализ полученных результатов показывает, что оптимизация потерь давления в уличных газовых сетях позволяет получить значительную экономию годовых приведенных затрат в сооружение и эксплуатацию проектируемой газораспределительной системы. Например, при расчетном перепаде давления  $\Delta P_{\min}^P = 596$  Па, по рис. 2 имеем снижением затрат с  $Z = 29733$  руб./год до 20917 руб./год или на 42,2 % в относительном выражении.

Еще одним положительным результатом оптимизации потерь давления в газораспределительных сетях является повышение величины давления газа перед теплогенераторами и, как следствие, повышение общей эффективности использования газового топлива.

Тогда приращение оптимального давления газа перед теплогенераторами составит

$$\Delta P_{\text{opt}} = \frac{\Delta P_{\min}^P - \Delta P_{\text{opt}}}{P_{\text{ном}}^{проб}} = \frac{596 - 120}{1300} = 0,37.$$

Приведенная модель применима не только для транзитного газопровода, но также с некоторым допущением (в сторону завышения диаметра газопроводов) и к разветвленной системе распре-

делительных газопроводов. При этом давление газа перед газоиспользующими приборами будет определяться следующим образом:

$$P_G = P_G^0 - \frac{\Delta P}{2} = P_{max}^{приб} - \Delta P_{сч} - \frac{\Delta P}{2}. \quad (12)$$

### Выводы

1. Анализ современного состояния газораспределительной отрасли Российской Федерации показывает, что наиболее приоритетным направлением ее развития на ближайшую перспективу является широкая газификация сельской местности на базе сетевого природного газа.

2. Ретроспективный анализ развития распределительных систем газоснабжения сельских поселков вскрывает тенденцию к снижению степени их централизации путем широкого внедрения шкафных газорегуляторных установок и одноступенчатых систем газоснабжения, оборудованных домовыми регуляторами давления.

3. Как показывают расчеты, несмотря на многообразие и широкий диапазон изменения исходных параметров, определяющее влияние на величину оптимальной потери давления оказывают тип газоснабжаемого здания и характер его газового оборудования. В качестве обобщенных значений для проектной практики рекомендуется принимать  $\Delta P_{opt} = 250 - 300$  Па (жилые усадебные здания).

### ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р. М., 2009. 144 с.

2. Медведева О.Н. Техничко-экономическая оптимизация перепадов давления тупиковых газовых сетей / О.Н. Медведева, Е.В. Обидина // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2008. С. 78-85.

3. Медведева О.Н. Обоснование расчетного перепада давлений в распределительных газопроводах / О.Н. Медведева // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 4 (29). С. 109-114.

4. Медведева О.Н. К вопросу оптимизации расчетных перепадов давления между участками газовой сети / О.Н. Медведева, Б.Н. Курицын // Газ: специализированный журнал. Саратов: Газ-Медиа, 2006. № 2. С. 26-28.

5. Медведева О.Н. Выбор оптимальной потери давления в поселковых системах газоснабжения / О.Н. Медведева, А.А. Иванов // Актуальные проблемы современного строительства: материалы 63 Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. СПб.: СПбГАСУ, 2010. С. 75-78.

6. СТО 03321549-005. Выбор параметров систем газоснабжения сельских населенных пунктов на базе природного и сжиженного углеводородного газов. Саратов: Гипрониигаз, 2010. 17 с.

7. Медведева О.Н. Исследование тепловой эффективности водогрейных аппаратов, работающих на газовом топливе / О.Н. Медведева, Б.Н. Курицын, А.А. Иванов // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. Строительство и архитектура. Вып. 8. № 16. Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2009. С. 54-57.

**Медведева Оксана Николаевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогасоснабжение, вентиляция, водообеспечение и прикладная гидрогазодинамика» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Oksana N. Medvedeva** – Ph.D, Associate Professor  
Department of Heat and Gas Supply, Ventilation, Water Supply and Applied Fluid and Gas Dynamics, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Иванов Александр Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогасоснабжение, вентиляция, водообеспечение и прикладная гидрогазодинамика» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Aleksandr I. Ivanov** – Ph.D, Associate Professor  
Department of Heat and Gas Supply, Ventilation, Water Supply and Applied Fluid and Gas Dynamics, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 14.06.14, принята к опубликованию 25.09.14*

**И.Н. Попов, С.Ю. Рыхлов**

## **ОБОСНОВАНИЕ МОЩНОСТИ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ПО СТРУКТУРЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПОТРЕБИТЕЛЯ**

*Рассмотрены вопросы построения локальных систем энергообеспечения. Обобщены нормативные условия, устанавливающие принципы построения автономных источников на базе дизель-генераторных или газопоршневых установок, и предложена обобщающая методика обоснования мощности генерирующей установки по структуре электрических нагрузок потребителя в локальных системах.*

Энергообеспечение, автономный источник, генерирующая установка, электрическая нагрузка, перегрузочная способность, непрерывная мощность, коэффициент загрузки

**I.N. Popov, S.Yu. Ryhlov**

## **ASSESSING THE CAPACITY OF INDEPENDENT GENERATING UNITS BY THE STRUCTURE OF CONSUMER ELECTRIC DEMAND**

*The paper considers the issues related with creating local systems of power supply. A survey is made of the conditions setting the principles of creating independent sources on the basis of diesel generators or gas-piston units. A generalization method was proposed for the study of capacity at power-generating plants using assessment data relating the consumer electric demand at local systems.*

Power supply, independent source, generating unit, electrical loading, overload capacity, continuous power, load factor

Актуальным направлением при решении вопросов энергообеспечения вновь создаваемого или расширяющегося производства в условиях современной инфраструктуры является выбор автономного источника энергообеспечения на базе современных дизель-генераторных (ДГУ) или газопоршневых установок (ГПУ). Несмотря на то, что данное направление стало особо востребованным в последнее десятилетие в качестве альтернативы существующему питанию от энергосистемы [1], остается ряд вопросов приспособляемости производства к автономному энергообеспечению.

В рамках локальной системы энергообеспечения могут решаться задачи автономного электро- и теплоснабжения производственных технологий. Мощность автономного источника должна покрывать нагрузки потребителя и, в первую очередь, суммарную электрическую нагрузку, так как для покрытия тепловой нагрузки можно дополнительно предусмотреть пиковый источник тепловой энергии.

Предполагая, что суммарная мощность генерирующих установок определяется электрической нагрузкой, важно учитывать, что она не только должна быть достаточной для снабжения электроэнергией конкретного производственного объекта, но и исключать недостаточную нагрузку (работу вхолостую). В рамках этой задачи, проводя параллель с централизованной энергетической системой, становится очевидным, что применить тот же принцип построения генерирующих мощностей в пределах независимой автономной системы невозможно. Основное отличие здесь заключается в том, что число потребителей (электроприёмников) несоизмеримо мало, а единичная мощность электроприёмника может быть сравнима с мощностью генерирующей установки автономного источника. И вследствие этого пуск такого потребителя может стать причиной перегрузки электрогенератора, в то время как при подключении потребителя единичной мощности в централизованной системе (системе «неограниченной» мощности) технические трудности могут возникнуть только вследствие ограничения пропускной способности элементов сети.

Если автономный источник рассчитан на постоянную работу в круглосуточном и круглогодичном режимах, рекомендуемым режимом работы генерирующей установки является работа, при которой средняя мощность (непрерывная мощность по ISO 8528-1) [2], получаемая в течение 24 часов, не должна превышать 80% от номинальной мощности силовой установки,  $P_{pp}^{ГУ} = 0,8P_{ном}^{ГУ}$ . Дли-

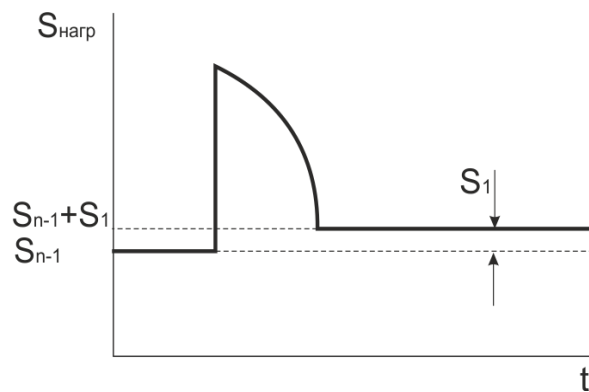
тельная работа при большей нагрузке значительно уменьшает моторесурс двигателя и ведет к преждевременному ремонту. Этот факт также следует обязательно учитывать при определении номинальной мощности. Номинальную мощность электроагрегатов выражают в кВт при номинальной частоте и коэффициенте мощности ( $\cos \varphi_{гв}$ ), равном 0,8 [2].

В случае, когда автономный источник призван обеспечить покрытие производственной нагрузки, где основными электроприёмниками выступают асинхронные электродвигатели с характерной для них активно-реактивной нагрузкой и пусковыми характеристиками (электродвигатели стандартного исполнения N по ГОСТ 28327), суммирование мощности такой нагрузки следует выполнять с учетом кратности пусковой мощности к номинальной [3].

При прямом пуске асинхронный двигатель потребляет большой пусковой ток, возникающий при неподвижном роторе электродвигателя (режим короткого замыкания), в 5-10 раз превышающий номинальное значение. Несмотря на то, что данный способ пуска является весьма жестким, он широко применяется для пуска асинхронных электродвигателей мощностью до 50 кВт в технологических схемах различного назначения. Это необходимо учесть для того, чтобы была возможность запуска самого мощного из электроприёмников от генератора, не допустив при этом предельного провала напряжения, превышения максимальной мощности генераторной установки и, как следствие, возможной остановки силового двигателя электростанции в момент запуска такого электроприёмника.

При расчете электрических нагрузок, питающихся от энергосистемы, кратковременные всплески нагрузки, например во время пуска отдельного электродвигателя, не учитываются. При этом пусковые режимы определяют критерии для расчета и выбора пускозащитной аппаратуры [4]. В общем случае считается, что в пусковом режиме потребляемая электродвигателем мощность пропорциональна кратности пускового тока, остальные параметры двигателя остаются равными номинальным. При расчете нагрузки, питающейся от автономного источника, этот всплеск нагрузки необходимо учитывать.

Если в качестве генерирующей установки автономного источника используется ДГУ или ГПУ, необходимо учитывать требования, обусловленные перегрузочной способностью установки, а также вытекающие из особенностей работы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Генерирующая установка должна обеспечивать прямой пуск электродвигателей. Для этого при выборе мощности генератора необходимо учитывать увеличение потребляемой мощности при пуске (рисунок) и способность генератора выдерживать кратковременные перегрузки, которая ограничивается величиной тока короткого замыкания.



Полная мощность электрической нагрузки

В установившемся режиме при коэффициенте загрузки электродвигателей ( $k_3$ ) коэффициент загрузки генерирующей установки не должен превышать 0,8 ( $k_{зг} \leq 0,8$ ). Возможность обеспечить это условие зависит от соотношения между мощностью электродвигателя, запускаемого последним, и мощностью остальных электроприёмников. При наименьшем возможном средневзвешенном коэффициенте загрузки электродвигателей ( $k_3^{\text{мин}}$ ) коэффициент загрузки генерирующей установки в длительном режиме не должен быть меньше 0,5 ( $k_{зг} \geq 0,5$ ). Работа ДВС установки на малых нагрузках при номинальных оборотах характеризуется повышенным удельным расходом топлива, а также из-за невысокой температуры выхлопных газов смазочное масло, попадающее в камеру сгорания и частично выносимое в коллектор и выхлопной трубопровод, полностью не сгорает, а оседает на их стенках и элементах, где коксуется. При длительной работе двигателя в таком режиме это коксование приводит, как следствие, к нарушению нормальной работы и преждевременному выходу двигателя из строя, о чем свидетельствуют факты эксплуатации ДГУ.

Эти требования и условия можно представить выражениями

$$\frac{P_{ном}^{ГУ}}{\cos \varphi_{ГУ}} \cdot k_{пер} \geq S_{n-1} + k_1 \cdot S_1; \quad (1)$$

$$P_{ном}^{ГУ} \geq \frac{S_{n-1} + S_1}{0,8} \cos \varphi_{ГПР}; \quad (2)$$

$$P_{ном}^{ГУ} \leq \frac{S_{n-1} + S_1}{0,5} \cos \varphi_{ГПР}, \quad (3)$$

где  $P_{ном}^{ГУ}$  – номинальная электрическая мощность генератора, кВт;  $S_{n-1}$  – суммарная нагрузка группы электроприёмников без учета самого мощного электродвигателя, кВА;  $S_1$  – полная мощность самого мощного электродвигателя в группе, кВА;  $k_1 = 7$  – кратность пускового тока самого мощного электродвигателя;  $k_{пер} = 3$  – кратность допустимой кратковременной перегрузки генератора;  $\cos \varphi_{ГПР}$  – средневзвешенный коэффициент мощности группы электроприёмников.

Используя метод подстановки, получим

$$P_{ном}^{ГУ} \geq 0,27S_{n-1} + 1,87S_1; \quad (4)$$

$$\frac{S_{n-1}}{S_1} \geq \frac{2,4}{\cos \varphi_{ГПР}}; \quad (5)$$

$$k_3^{мин} \geq 0,63. \quad (6)$$

Представленные соотношения позволяют сделать следующие выводы. Прямой пуск электродвигателей возможен, если мощность генерирующей установки выбрана с учетом пускового тока самого мощного электродвигателя, при условии, что он запускается последним. Генерирующая установка будет работать в установившемся режиме при 80% загрузке, если мощность самого мощного электродвигателя составляет не более 45% суммарной мощности электроприёмников группы. Коэффициент загрузки генератора будет больше или равен 0,5 при средневзвешенном по мощности коэффициенте загрузки электродвигателей большем или равном 0,63.

Полученные результаты свидетельствуют о существенной значимости подходов при выборе мощности генерирующей установки автономного источника в малых системах энергообеспечения, что обусловлено совокупностью таких параметров, как перегрузочная способность генерирующей установки, непрерывная мощность, единичная мощность электроприёмника, коэффициент загрузки генератора в длительном режиме, и в конечном итоге определяют экономичность и надежность работы автономного источника.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фишман В. Быть или не быть собственному источнику электроснабжения на предприятии [электронный ресурс]: информ.-справ. изд. // Новости электротехники. 2003. № 4 (22). Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru>, свободный. Загл. с экрана.
2. ГОСТ Р ИСО 8528-1-2005. Электроагрегаты генераторные переменного тока с приводом от двигателя внутреннего сгорания. Применение, технические характеристики и параметры. Введ. 2007–01–01. М.: Стандартинформ, 2006. I. 16 с.
3. ГОСТ 28327-89 (2005). Машины электрические вращающиеся. Пусковые характеристики односкоростных трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Введ. 1990–07–01. М.: Стандартинформ, 2006. 7 с.
4. Кабышев А.В. Электроснабжение объектов: учеб. пособие. Ч. 1. Расчет электрических нагрузок, нагрев проводников и электрооборудования / А.В. Кабышев. Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2007. 185 с.

**Попов Иван Николаевич** –  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Энергообеспечение предприятий АПК»  
Саратовского государственного аграрного  
университета имени Н.И. Вавилова

**Ivan N. Popov** –  
Ph.D., Associate Professor  
Department of Energy Supply  
of Agricultural Enterprises,  
N. Vavilov Saratov State Agrarian University

**Рыхлов Сергей Юрьевич** –  
кандидат технических наук, доцент кафедры  
«Энергообеспечение предприятий АПК»  
Саратовского государственного аграрного  
университета имени Н.И. Вавилова

**Sergey Yu. Ryhlov** –  
Ph.D., Associate Professor  
Department of Energy Supply  
of Agricultural Enterprises,  
N. Vavilov Saratov State Agrarian University

*Статья поступила в редакцию 11.05.14, принята к опубликованию 25.09.14*

## АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 621.797

**Д.А. Васильев, А.Ю. Шабельникова, В.А. Иващенко**

### **АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО РЕМОНТУ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Предложен алгоритм принятия решений по ремонту энергооборудования промышленных предприятий. Представлены структура и состав данного алгоритма.*

Система планово-предупредительного ремонта, искусственные нейронные сети, методы и модели прогнозирования, методы оптимизации, функционально-сетевые модели.

**D.A. Vasilev, A.U. Shabelnikova, V.A. Ivaschenko**

### **AN ALGORITHM FOR DECISION-MAKING ON THE REPAIR OF POWER EQUIPMENT AT INDUSTRIAL ENTERPRISES**

*The paper suggests an algorithm for making decisions when repairing power equipment at industrial plants. The structure of the given algorithm is presented.*

The system of preventive maintenance, artificial neural networks, methods and models of forecasting, optimization methods, functional network model

В настоящее время на российском рынке выделилось несколько основных компаний, занимающихся разработкой и внедрением технологии автоматизации системы планово-предупредительного ремонта (ППР) энергооборудования на промышленных предприятиях. Реализуя широкий набор функций, связанных с нормированием обслуживания и ремонта оборудования, планированием и представлением графиков ремонтных работ, учетом материалов и т.д., эти системы абстрагируются от решения целого ряда важных диагностических и оптимизационных задач. В существенной степени это приводит к тому, что существенная доля работ по техническому обслуживанию энергооборудования выполняется без фактической их необходимости.

В этой связи разработан алгоритм принятия решений по ремонту энергооборудования, в основу которого положено совмещение функций систем планово-предупредительного ремонта и планирования работ по техническому состоянию энергооборудования.

#### **Алгоритм принятия решений по ремонту энергооборудования**

На рис. 1 представлен алгоритм принятия решений по ремонту энергооборудования. Основу данного алгоритма составляют три основных блока: прогнозирование технического состояния энергооборудования, оптимизация сроков вывода энергооборудования в ремонт, планирование выполнения ремонтных работ энергооборудования.

#### **Описание работы алгоритма**

**Блок 1.** Начало работы алгоритма.

**Блок 2.** Если необходимо провести диагностику технического состояния энергооборудования, то перейти к блоку 3, иначе – к блоку 5.

**Блок 3.** Идентификация неисправности энергооборудования с помощью искусственной нейронной сети (ИНС) [3, 7]. Для распознавания использован двухслойный перцептрон. В качестве входных данных выступают амплитуды гармоник с наиболее значимыми частотами спектра вибрации. Данные снимаются с вибродатчиков.



В основу определения размерностей входного и выходного слоев персептрона положены следующие соображения:

- во входном слое число нейронов определяется количеством амплитуд гармоник с наиболее значимыми частотами спектра вибрации. Число входных нейронов принято равным 20;
- выходной слой содержит число нейронов, равное количеству классов диагностируемых неисправностей. Число выходных нейронов принято равным 6.

Выбор числа промежуточных (скрытых) слоев и нейронов в них выполнен исходя из минимума ошибки обучения сети.

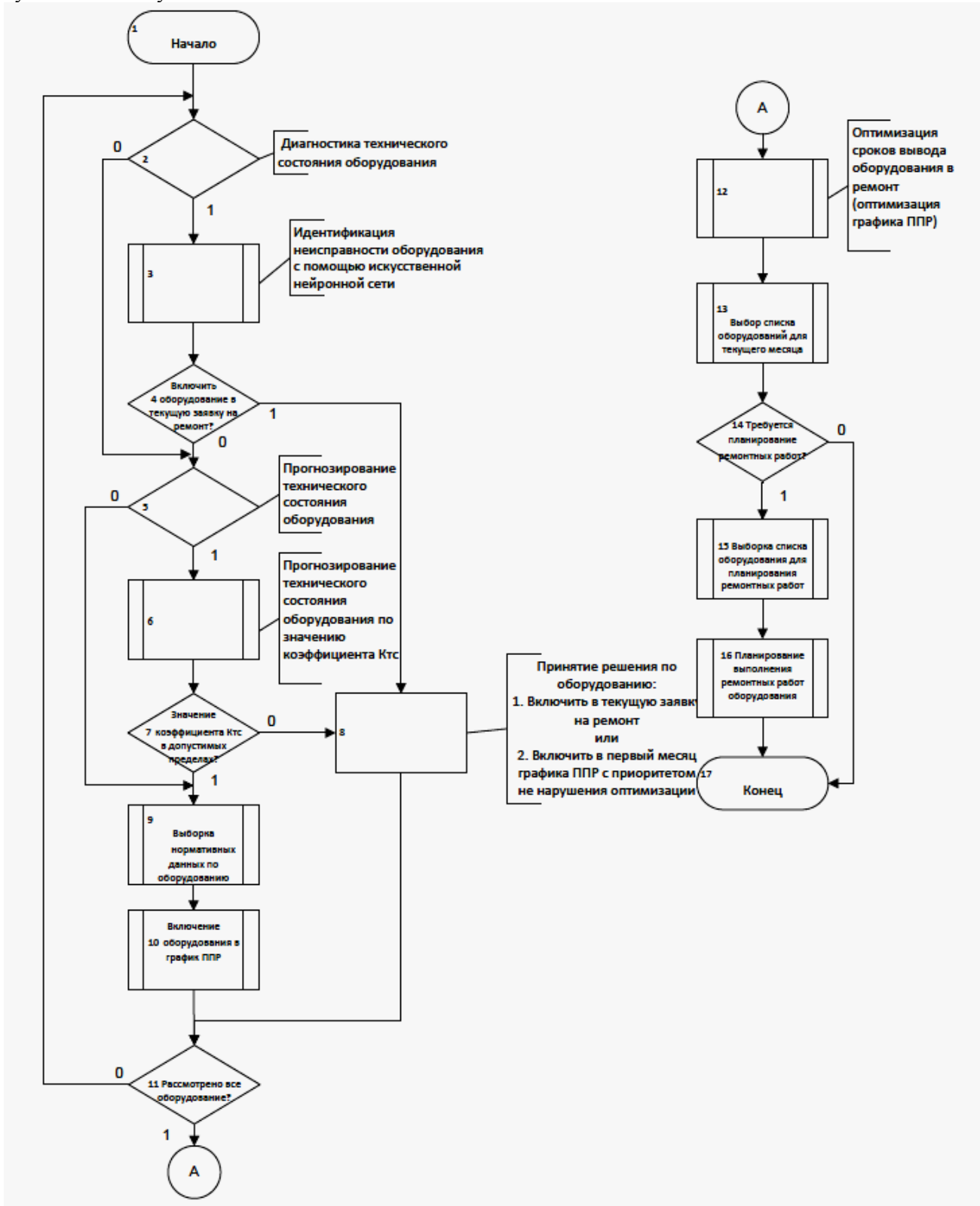


Рис. 1. Алгоритм принятия решений по ремонту энергооборудования промышленных предприятий

Структура персептрона представлена на рис. 2.

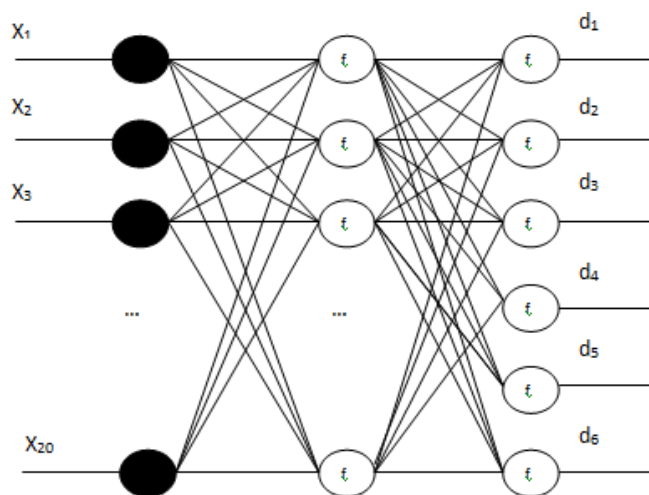


Рис. 2. Структура персептрона

В качестве активационной принята сигмоидальная функция ( $f$ ), для обучения сети применен алгоритм обратного распространения ошибки в комбинации с алгоритмом Коши. Длина обучающей выборки – 1000. Переобучение сети зависит от следующих факторов: режим и сменность работы энергооборудования, введение нового энергооборудования, возникновение нового типа неисправности.

Идентификация неисправности энергооборудования с помощью персептрона позволяет получить оценку технического состояния энергооборудования с определением конкретного вида дефекта.

**Блок 4.** Если необходимо включить энергооборудование в текущую заявку на ремонт или в первый месяц графика ППР с приоритетом не нарушения оптимизации, то перейти к блоку 8, иначе – к блоку 5.

**Блок 5.** Если необходимо выполнить прогноз технического состояния энергооборудования, то перейти к блоку 6, иначе – к блоку 9.

**Блок 6.** Прогнозирование технического состояния энергооборудования по значению коэффициента технического состояния  $K_{TC}$ .

В основу прогнозирования технического состояния энергооборудования положено определение коэффициента технического состояния  $K_{TC} = 1 - P_i(t) / P_{io}$ , для расчета которого используются статистические показатели об изменении диагностических параметров  $P_i(t)$  и их допустимые значения  $P_{io}$  [4].

Определение  $K_{TC}$  производится по всем параметрам  $P_i$ , характеризующим текущее состояние диагностируемого энергооборудования. Для оценки технического состояния определяется минимальное значение  $K_{TC}$ , соответствующее некоторому параметру  $P_i$ , по которому выполняется процедура прогнозирования сроков ремонтно-профилактических работ. Срок остановки энергооборудования на ремонт или техническое обслуживание определяется из условия достижения диагностическим параметром  $P_i$  предельного значения  $P_{io}$ .

Для прогноза параметра  $P_i(t)$  принята квадратичная модель, обладающая относительной простотой и содержащая сравнительно небольшое количество параметров

$$P_i(t) = a_0 + a_1t + a_2t^2, \tag{1}$$

где  $a_0, a_1, a_2$  – параметры модели,  $t$  – текущее время.

Оценки  $\hat{a}_0, \hat{a}_1, \hat{a}_2$  параметров модели (1) определяются из соотношений:

$$\begin{aligned} P_i &= a_0 = 3S_i(P) - 3S_i^2(P) + S_i^3(P); \\ \frac{dP}{dt} &= a_1 = \frac{\alpha^2}{2(1-\alpha)^2} ((6-5\alpha)S_i(P) - 2(5-4\alpha)S_i^2(P) + (4-3\alpha)S_i^3(P)); \\ \frac{d^2P}{dt^2} &= a_2 = \frac{\alpha^2}{(1-\alpha)^2} (S_i(P) - 2S_i^2(P) + S_i^3(P)), \end{aligned} \tag{2}$$

где  $S_t^n(P) = \alpha S_{t-1}^{n-1}(P) + (1 - \alpha)S_{t-1}^n(P)$  – экспоненциальная средняя  $n$ -го порядка для временного ряда прогнозируемого диагностического параметра  $P(t)$ . Параметр сглаживания  $\alpha \in [0,1]$  учитывает влияние исходного ряда наблюдений на результаты прогнозирования. Период упреждения прогноза зависит от контролируемого параметра, который влияет на работу энергооборудования (температура, уровень виброшумов и т.д.).

Разработанная модель позволяет выполнять прогнозы, относительная ошибка которых не превышает 1,3%.

**Блок 7.** Если значение коэффициента технического состояния  $K_{ТС}$  энергооборудования находится в допустимых пределах, то перейти к блоку 9, иначе – к блоку 8.

**Блок 8.** Принятие решений по энергооборудованию.

Лицо, принимающее решение, включает энергооборудование или в текущую заявку на ремонт, или в первый месяц графика ППР с приоритетом не нарушения оптимизации.

**Блок 9.** База данных содержит следующую информацию по энергооборудованию:

- наименование оборудования;
- тип, модель;
- инвентарный номер;
- заводской номер;
- дата выпуска;
- дата ввода в эксплуатацию;
- завод-изготовитель;
- остаточная стоимость;
- балансовая стоимость;
- масса.

На данном этапе из базы данных выбираются нормативные данные по энергооборудованию:

- структуры и продолжительности ремонтных циклов;
- продолжительности межремонтных и межосмотровых циклов;
- продолжительности ремонтов;
- категории ремонтной сложности;
- трудоемкости и материалоемкости ремонтных работ.

**Блок 10.** Включение энергооборудования в график ППР на текущий месяц (год).

**Блок 11.** Если рассмотрен весь список энергооборудования, то перейти к блоку 12, иначе – к блоку 2.

**Блок 12.** Оптимизация сроков вывода энергооборудования в ремонт.

Оптимизация графиков ППР энергооборудования связана с разработкой и реализацией математической модели многокритериальной оптимизации графика ППР, «скользящей» по месяцам года. Выбор состава энергооборудования для вывода в ремонт или техническое обслуживание осуществляется по векторному критерию  $F = (F_1, F_2)$ , составляющие которого определяются выражениями:

$$F_1 = \sum_{j=1}^n C_j b_j \rightarrow \max, \quad F_2 = \sum_{j=1}^n S_j b_j \rightarrow \min,$$

где  $C_j$  – коэффициент, задающий степень сложности ремонта  $j$ -го оборудования, определяемый видом ремонта (капитальный ремонт, средний ремонт, малый ремонт, техническое обслуживание);  $S_j$  – коэффициент, задающий степень участия  $j$ -го оборудования в технологическом процессе;  $n$  – количество оборудования, включенного в план-график ремонта на текущий месяц (год);  $b_j$  – логическая переменная: 1 – если  $j$ -е оборудование участвует в ремонте, 0 – в противном случае, т.е.  $b_j = \{0,1\}$ .

Область допустимых состояний системы определяется соотношениями:

$$1. \quad \sum_{j=1}^n a_j b_j \leq A,$$

где  $A$  – материальный ресурс, необходимый для проведения всех ремонтных работ, связанный с обеспечением их материалами;  $a_j$  – материальный ресурс, необходимый для проведения ремонтных работ  $j$ -го оборудования;

$$2. \quad \sum_{j=1}^n t_{ПП} b_j \leq T_{ПП},$$

где  $T_{ПП}$  – общее время на технологическую подготовку к ремонтным работам, включающее время на изготовление специального оборудования и приспособлений для ремонт-

ных работ;  $t_{Пj}$  – время, необходимое на технологическую подготовку к ремонтным работам  $j$ -го оборудования;

$$3. \quad \forall i \in [1, M] \sum_{j=1}^n w_j^i b_j \leq W_i,$$

где  $W_i$  – имеющееся количество рабочих для проведения  $i$ -го вида ремонтных работ;  $w_j^i$  – количество рабочих, задействованных в  $i$ -м виде ремонтных работ  $j$ -го оборудования;  $M$  – количество видов ремонтных работ.

В основу решения задачи положена модель оптимизации, представленная в виде унифицированного генетического алгоритма, позволяющего оперативно формировать оптимальные списки выводимого в ремонт и на техническое обслуживание энергооборудования [1, 2].

**Блок 13.** На данном этапе осуществляется выбор списка оборудования для вывода в ремонт на текущий месяц (год).

**Блок 14.** Если требуется провести планирование ремонтных работ, то перейти к блоку 15.

**Блок 15.** Выбор списка энергооборудования для планирования ремонтных работ.

**Блок 16.** Планирование выполнения ремонтных работ энергооборудования.

Планирование проведения комплекса ремонтных работ реализуется с помощью функционально-сетевых моделей, отражающих процесс проведения ремонтных мероприятий. Расчет и анализ показателей данных моделей позволяют провести их оптимизацию, связанную с реализацией процедуры перераспределения трудовых и материальных ресурсов [5].

Исходя из того, что при планировании работ временные показатели сетевой модели могут изменяться в определённых пределах, модель планирования работ может быть реализована в нечетком виде (рис. 3). Это позволяет провести расчет и оптимизацию модели в интервальных оценках [6].

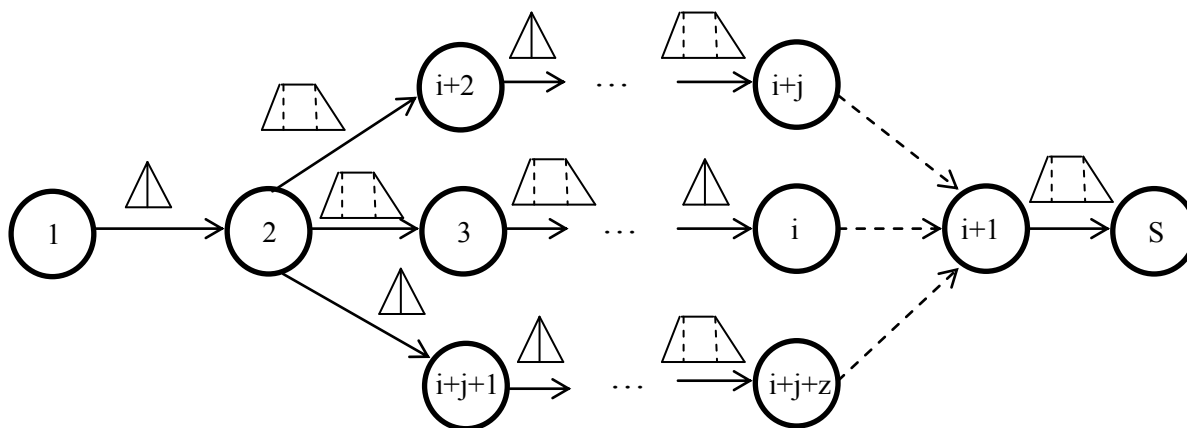


Рис. 3. Функционально-сетевая модель с нечеткими параметрами

На рис. 3 кружками обозначены события, диаграммами обозначены временные показатели в нечётком виде.

**Блок 17.** Конец работы алгоритма.

### Заключение

Предложен алгоритм принятия решения по ремонту энергооборудования промышленных предприятий. Применение данного алгоритма в составе автоматизации систем технического обслуживания и ремонта энергооборудования позволит:

- сократить количество и объемы ремонтов, количество необходимых запасных частей и материалов из-за проведения обслуживания энергооборудования на ранних стадиях развития дефектов в нём;
- повысить надежность работы энергооборудования, значительно уменьшить число внезапных отказов и аварийных ситуаций;
- сократить упущенную прибыль из-за простоев энергооборудования.

Данный алгоритм положен в основу построения пользовательского интерфейса по организации ремонта энергооборудования на промышленных предприятиях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Д.А. Оптимизация графика планово-предупредительного ремонта промышленного оборудования / Д.А. Васильев, А.Ю. Шабельникова // Анализ, синтез и управление в сложных системах: сб. науч. тр. Саратов: СГТУ, 2009. С. 64-68.

2. Шабельникова А.Ю. Генетический алгоритм оптимизации графика планово-предупредительного ремонта промышленного оборудования / А.Ю. Шабельникова, Д.А. Васильев // Современная техника и технологии: сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф. Т. 2. 2010. С. 410-412.

3. Васильев Д.А. Применение искусственной нейронной сети для вибродиагностики промышленного оборудования / Д.А. Васильев, Ю.В. Козлецов, А.Ю. Шабельникова // Инновации и актуальные проблемы техники и технологий: сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. Саратов, 2010. Т. 1. С. 64-65.

4. Шабельникова А.Ю. Прогнозирование диагностических параметров технологического оборудования / А.Ю. Шабельникова, А.С. Тычков, Д.А. Васильев // Международный научно-исследовательский журнал. Екатеринбург, 2012. №5(5). С. 133-134.

5. Шабельникова А.Ю. Оптимизация процесса планирования работ по ремонту электропотребляющего оборудования / А.Ю. Шабельникова, А.А. Дмитриев, Ш.Р. Мустафин // Проблемы электроэнергетики: сб. науч. тр. Саратов, 2011. С. 133-136.

6. Васильев Д.А. Подход к планированию ремонтных работ промышленного оборудования на основе нечеткой сетевой модели / Д.А. Васильев, А.Ю. Шабельникова // Анализ, синтез и управление в сложных системах: сб. науч. тр. Саратов, 2011. С. 45-52.

7. Рожков И.А. Выбор архитектуры искусственной нейронной сети для распознавания дефектов поверхностного слоя деталей подшипников / И.А. Рожков, В.А. Иващенко, С.А. Игнатъев // Вестник СГТУ. 2013. № 69. С. 166-170.

**Васильев Дмитрий Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Системотехника» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Dmitry A. Vasiliev** – PhD, Associate Professor  
Department of System Engineering,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Шабельникова Алена Юрьевна** – аспирант кафедры «Системотехника» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Alyona Yu. Shabelnikova** – Postgraduate  
Department of System Engineering,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Иващенко Владимир Андреевич** – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем точной механики и управления РАН, г. Саратов

**Vladimir A. Ivaschenko** – Dr. Sc., Leading Researcher,  
Institute of Precision Mechanics  
and Control, Saratov

*Статья поступила в редакцию 21.06.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 658.012.011.56:658.26

**В.А. Кушников, Е.М. Кулакова, О.В. Кушников**

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПРЕССОРНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Рассмотрено компрессорное хозяйство машиностроительного предприятия в качестве объекта управления. На основании анализа функциональной структуры объекта управления выделена группа задач управления компрессорным хозяйством. Для решения поставленных задач разработано математическое обеспечение, включающее комплекс математических моделей объекта управления.*

Компрессорное хозяйство, математическая модель, расход сжатого воздуха, оперативное управление системой воздухообеспечения, потребители пневмоэнергии

V.A. Kushnikov, E.M. Kulakov, O.V. Kushnikov

## IMPROVEMENT OF MATHEMATICAL SOFTWARE FOR THE MANAGEMENT OF COMPRESSOR FACILITIES AT ENGINEERING COMPANIES

*The paper considers compressor facilities at engineering enterprise as units in the control system. Analysis of the functional structure of control units was used to allocate a set of management tasks needed for compressor facilities. To perform the targets the authors developed a software which includes a set of mathematical models to control the objects.*

Compressor facilities, a mathematical model, compressed air consumption, operational management of air supply, consumers of fluid power

### Введение

Приоритетным объектом внедрения прогрессивных энергосберегающих технологий в машиностроении является компрессорное хозяйство, на долю которого приходится от 20 до 30% общего расхода электроэнергии предприятия. Анализ режимов функционирования этого сложного объекта, использующего дорогостоящее и энергоемкое оборудование, показывает значительную зависимость расхода энергии, затрачиваемой на выработку сжатого воздуха, от оперативности и качества решений, принимаемых диспетчерским персоналом при изменении производственного процесса и параметров окружающей среды.

Современные средства автоматизации, используемые персоналом энергодиспетчерских служб предприятия при управлении компрессорами, насосными станциями циркуляционного охлаждения, вентиляторными и башенными градирнями, распределительными пневматическими и гидравлическими сетями сложной структуры, а также другим оборудованием компрессорного хозяйства, предназначены в основном для обеспечения рациональных режимов функционирования отдельно взятых групп оборудования и не позволяют оптимизировать весь процесс производства и распределения сжатого воздуха в целом [1-12].

Известные по публикациям в специальной литературе модели, методы и алгоритмы оперативного управления энергоснабжением предприятия применимы, как правило, лишь для отдельных видов оборудования, функционирующего в строго определенном режиме, и не могут быть распространены на компрессорные хозяйства большинства машиностроительных предприятий без проведения дополнительных исследований [1-3]. В сложившихся условиях выбор рационального режима работы компрессорного хозяйства по критериям себестоимости сжатого воздуха, потерь у потребителей пневмоэнергии, сроков проведения планово-предупредительного ремонта и др. осуществляется на многих машиностроительных предприятиях на основе интуиции и личного опыта оперативно-диспетчерского персонала. При быстром изменении десятков параметров, характеризующих процесс функционирования компрессорного хозяйства, значительной чувствительности режимов работы его сложного оборудования к изменениям управляющих воздействий и окружающей среды, малочисленности и большой загруженности диспетчерского персонала предприятия это может привести к возникновению существенного ущерба у потребителей пневмоэнергии и необоснованному росту себестоимости сжатого воздуха.

Указанное обстоятельство требует совершенствования математического обеспечения систем управления компрессорным хозяйством машиностроительного предприятия за счет разработки и внедрения новых задач, моделей и методов оперативного управления данным сложным человеко-машинным объектом.

### 1. Компрессорное хозяйство предприятия как объект управления

В качестве объекта управления выбрано типовое компрессорное хозяйство машиностроительного предприятия, состоящее из компрессорной и насосной станций, вентиляторной градирни, циркуляционной системы охлаждения компрессорных агрегатов и сети воздухоснабжения предприятия. Изучение режимов функционирования компрессорного хозяйства, анализ структуры себестоимости сжатого воздуха и потерь у потребителей пневмоэнергии от нарушения заданных параметров воздухоснабжения позволили определить входные и выходные координаты выбранного объекта управления. К управляющим координатам относятся производительность компрессоров, насосов и вентиляторов, давление и расход сжатого воздуха на вводах пневмосети в корпуса предприятия. В отношении набора управляющих координат делаются следующие допущения: набор управляющих координат полон; управляющие координаты набора не являются взаимоисключающими; отдельные координаты набора не взаимосвязаны. К управляемым

координатам принадлежат: ущерб у потребителей пневмоэнергии из-за нарушения заданного режима воздухообеспечения; расход электроэнергии компрессорами, насосами и вентиляторами компрессорного хозяйства. Возмущениями являются: давление, температура и относительная влажность атмосферного воздуха, расход сжатого воздуха в пневмосети, количество потребителей пневмоэнергии, подключенных к системе воздухообеспечения, изменение характеристик компрессоров, насосов и вентиляторов в результате износа, отказы оборудования и другие (рис. 1).

## 2. Постановка задачи

На основании анализа функциональной структуры объекта управления была выделена группа задач управления компрессорным хозяйством, автоматизированное решение которых позволит получить значительный экономический эффект. В их число вошли задачи рационального управления потокораспределением в пневмосети, распределением нагрузки между компрессорными агрегатами и управления режимом охлаждения компрессоров. Между параметрами данных задач существует тесная взаимосвязь. Это делает необходимым осуществить их совместное решение в составе единого комплекса. В качестве критерия оптимальности комплекса задач выбрана целевая функция, характеризующая себестоимость сжатого воздуха и потери у потребителей пневмоэнергии от нарушения заданного режима воздухообеспечения. Общая постановка комплекса задач имеет следующую формулировку.

Разработать методику нахождения вектора управляющих воздействий  $st'(t) \in \left\{ \begin{matrix} r \\ St(t) \end{matrix} \right\}$ , минимизирующего на заданном интервале времени  $t_1 - t_2 = \Delta T$  при любых допустимых значениях вектора окружающей среды  $a(t) \in \left\{ \begin{matrix} r \\ A(t) \end{matrix} \right\}$  целевую функцию

$$R(a(t), st(t)) = \int_{\Delta T} (VS(a(t), st(t)) + U(a(t), st(t))) dt \quad (1)$$

при функциональных ограничениях в виде равенств и неравенств:

$$M_i^r(a(t), st(t)) \geq 0, \quad i = \overline{1, n_1}, M_i^r(a(t), st(t)) \geq 0, \quad i = \overline{n_1, n_2}, \quad (2)$$

граничных условиях:

$$F_j^{(t_1)}(a(t), st(t)) = 0, \quad j = \overline{1, n_3}, F_j^{(t_2)}(a(t), st(t)) = 0, \quad j = \overline{n_3, n_4} \quad (3)$$

$(U_i^r(a(t), st(t)) \geq 0$  – ущерб у потребителей машиностроительного предприятия от нарушения за-

данного режима воздухообеспечения;  $S(a(t), st(t))$  – себестоимость сжатого воздуха;  $V$  – количество сжатого воздуха, выработанного на временном интервале  $\Delta T$   $n_i, i = \overline{1, 4}$  – известные константы).

Для решения (1)-(3) используется метод кусочно-линейной аппроксимации. Выбор периодичности решения составляет в среднем 20-25 минут. Известно [8, 9], что за это время величина наиболее быстро изменяющегося параметра – давления на коллекторе компрессорной станции – не превышает технологически заданной нормы. Исследования показали [11, 12], что рекомендуемая периодичность решения комплекса задач в несколько раз превышает время затухания переходных процессов у объекта управления. Это позволяет использовать квазистационарные модели управляемых процессов, что существенно упрощает создаваемое математическое обеспечение.

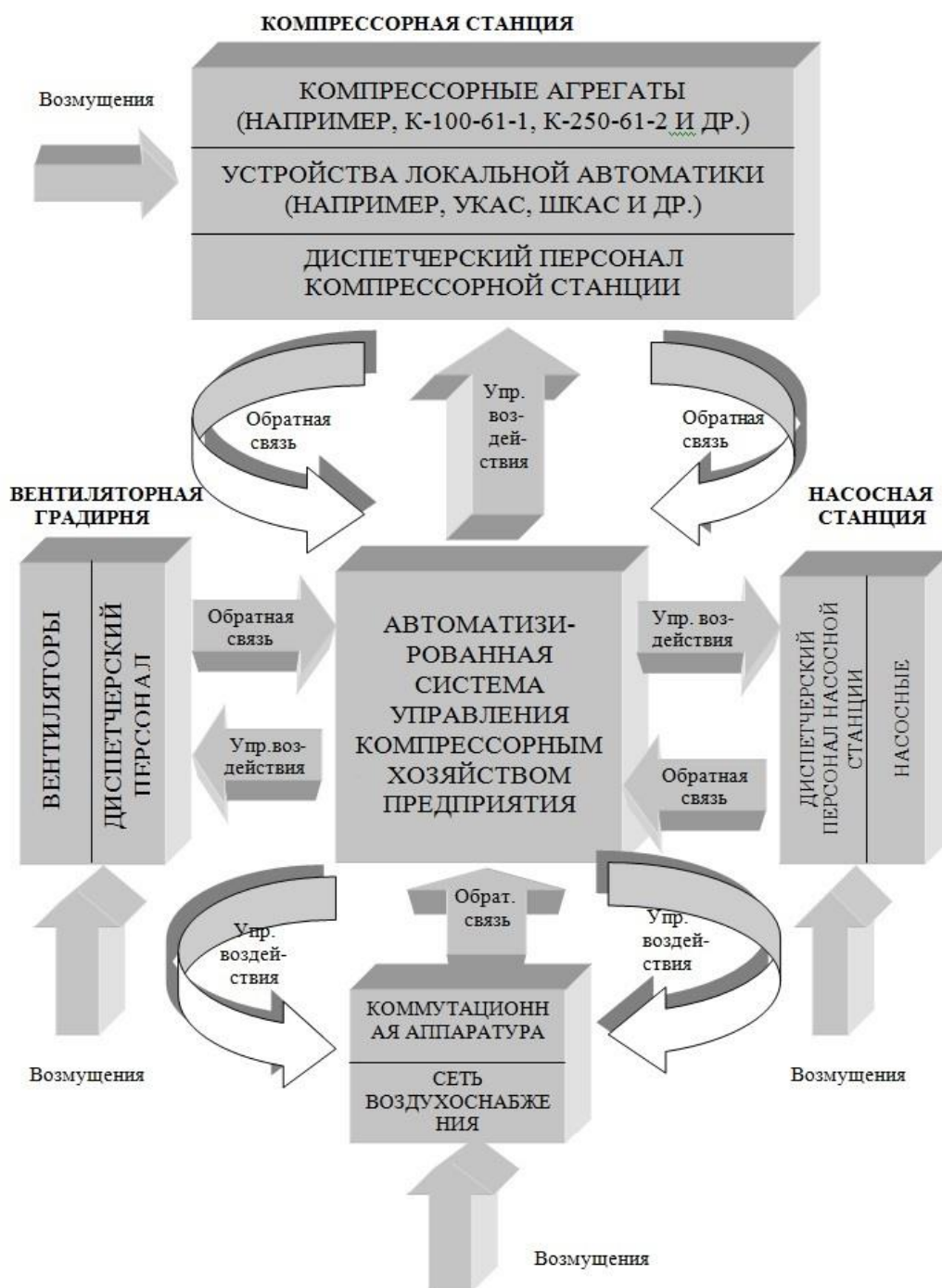


Рис. 1. Компрессорное хозяйство машиностроительного предприятия как объект управления

### 3. Математическая модель

Для решения поставленной задачи разработано математическое обеспечение, состоящее из моделей для определения ущерба у потребителей пневмоэнергии от нарушения заданного режима воздухообеспечения, моделей для расчета затрат электроэнергии на производство сжатого воздуха и моделей для определения расхода электроэнергии на охлаждение сжатого воздуха (рис. 2). Модель для расчета ущерба у потребителей пневмоэнергии от нарушения заданного режима воздухообеспечения имеет следующий вид:

$$U(a(t), P_1, P_2, P_3, \dots, P_g) = \sum_{i=1}^g C_i U_i, \quad U_i = \sum_{j=1}^{n_i} U_j(\Delta P_j),$$

$$\Delta P_j = \begin{cases} P_{Tj} - P_{\max j}, & \text{при } P_{Tj} > P_{\max j} \\ P_{\min j} - P_{Tj}, & \text{при } P_{\min j} > P_{Tj} \end{cases}, \quad (4)$$



$$U_j(\Delta P_j) = \begin{cases} 0, & \text{при } P_{Tj} \in [P_{\max j}, P_{\min j}] \\ k_j \Delta P_j, & \text{при } P_{Tj} \notin [P_{\max j}, P_{\min j}], \text{ если } \Delta P_j \leq \varepsilon_j \\ a_j^j, & \text{при } P_{Tj} \notin [P_{\max j}, P_{\min j}], \text{ если } \Delta P_j > \varepsilon_j \end{cases}, j = \overline{1, n_i},$$

$$P_{Tj} = P_i - \sum_{k=1}^{m_i-1} \frac{(1 - 0,88 \frac{Q_{kPi}}{Q_i} + 0,11 \frac{2n_i+1}{n_i} \frac{Q_{kPi}^2}{Q_i}) - (1 - \frac{Q_{kPi}}{Q_i})}{Q_{kPi}/Q_i} l_{ki} (Q_i - (k-1)q_{ki})^{1,75}, i = \overline{1, g}$$

( $U_i$  – ущерб по  $i$ -му корпусу из-за нарушения заданных параметров режима воздухообеспечения;  $n_i$  – количество потребителей пневмоэнергии  $i$ -го корпуса, для которых определяется ущерб;  $P_i$  – давление на входе  $i$ -го корпуса;  $m_i$  – количество участков в  $i$ -м корпусе).

Ее основу составляют уравнения, определяющие величину ущерба у потребителя в зависимости от давления сжатого воздуха на его входе, и математические конструкции, устанавливающие зависимость между давлением сжатого воздуха на входе корпуса и давлением во внутрикорпусной сети у каждого из потребителей.

Модель была разработана исходя из следующих допущений. Анализ режимов эксплуатации наиболее распространенных потребителей пневмоэнергии машиностроительного предприятия показал, что ущерб от нарушения заданного режима воздухообеспечения не возникает, если давление сжатого воздуха на входе у потребителя находится в технологически установленном диапазоне  $P_{\max}, P_{\min}$ . При выходе давления за верхнюю границу диапазона  $P_{\max}$  потери возникают в основном из-за непроизводительного расхода энергоносителя и повышенного износа пневмооборудования; при незначительном выходе давления за нижнюю границу  $P_{\min}$  – из-за нарушения хода технологического процесса, использующего сжатый воздух.

Кроме того, из опыта эксплуатации компрессорных хозяйств промышленных предприятий известно, что значительные отклонения давления сжатого воздуха за пределы технологического диапазона  $P_{\max}, P_{\min}$  могут привести к остановке производственного процесса из-за опасности возникновения аварийной ситуации.

Исходя из указанных соображений, при разработке модели было принято, что при выходе давления за интервал  $P_{\max}, P_{\min}$  не более чем на величину  $\varepsilon$  ущерб возрастает прямо пропорционально величине отклонения давления  $\Delta P$ , а при  $\Delta P > \varepsilon$  ущерб возрастает экспоненциально.

При оперативном управлении системой воздухообеспечения предприятия определенные сложности связаны с расчетом мощности компрессоров. В настоящее время известно значительное число методик расчета мощности центробежного компрессорного агрегата, разработанных в ведущих центрах зарубежного и отечественного компрессоростроения. При их использовании в системах оперативного управления возникают затруднения, обусловленные необходимостью проведения трудоемких лабораторных экспериментов по определению характеристик секций сжатия и воздухоохладителей компрессоров, необходимостью длительных остановок и частичного демонтажа оборудования компрессорных агрегатов, повышенными требованиями к точности измерения всех входных переменных модели независимо от степени их влияния на положение экстремума решаемой задачи и т.д.

В связи с этим была разработана оригинальная модель, позволяющая оперативно рассчитать мощность компрессорного агрегата, входящую в состав оптимизируемой целевой функции (1). За основу модели была взята широко распространенная методика расчета мощности компрессора проф. В.Ф. Риса и проф. Н.М. Баранникова. Для упрощения процедуры расчета и ее адаптации к требованиям оперативного управления были определены те параметры указанной модели, которые не влияют на положение искомого экстремума, или не используются при расчете мощности компрессора, или незначительно влияют на мощность компрессора и поэтому допускают применение упрощенных процедур расчета. Полученная в результате проведенных упрощений модель отличается от модели

В.Ф. Риса – Н.М. Баранникова [2, 3] отсутствием составляющих  $NM_i$ ,  $NK_i$ ,  $NL_i$ , практически не влияющих на положение экстремумов; измененным алгоритмом расчета потерь мощности при промежуточном охлаждении, упрощенными процедурами расчета температуры воздуха после воздухоохладителя, наличием процедуры сокращения числа пересчетов мощности компрессора в процессе решения поставленной задачи (1).

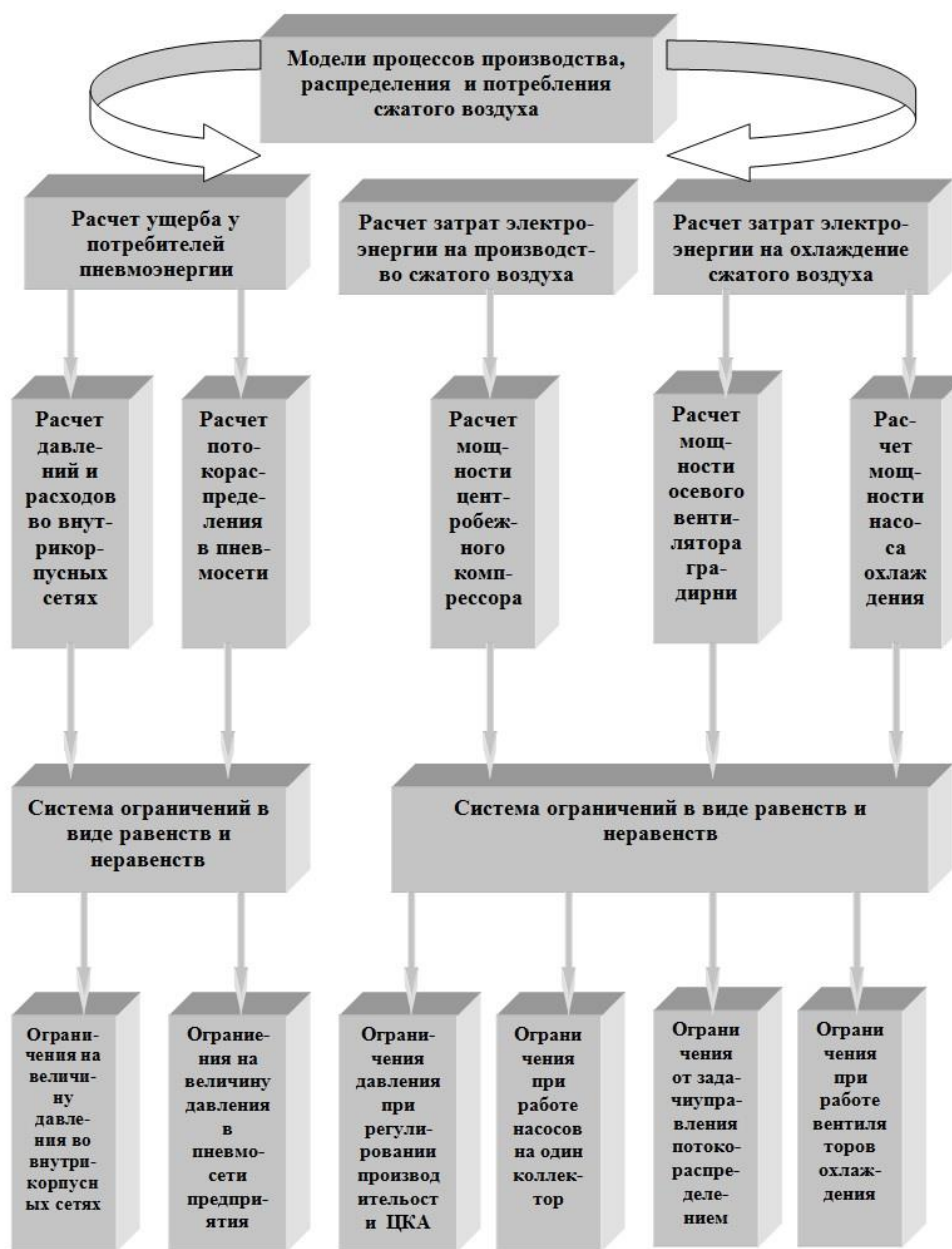


Рис. 2. Комплекс математических моделей объекта управления

Все это позволило значительно упростить модель В.Ф. Риса – Н.М. Баранникова, успешно адаптировать ее к требованиям режима оперативного управления, отказаться от проведения ряда трудоемких экспериментов и добиться существенного снижения эксплуатационных затрат разработанного математического обеспечения. Его использование позволило свести решение задачи (1)-(3) на интервале  $\Delta T$  к решению задачи нелинейного программирования высокой размерности со сложной системой ограничений типа равенств и неравенств.

#### 4. Алгоритм решения

Рассмотрим алгоритм решения указанной выше задачи нелинейного программирования в условиях временных ограничений режима реального времени. Сложность, нелинейность и высокая размерность целевой функции этой задачи, блочный характер ограничений, обладающих сепарабельностью по некоторым управляющим координатам, ограниченное машинное время, отводимое на по-

иск экстремумов, делают целесообразным использовать при решении этой задачи декомпозиционные методы. Особенности математической модели решаемой задачи, вытекающие из специфики объекта управления, позволяют значительно уменьшить трудоемкость поиска решения за счет использования принципа сечений. Для проведения декомпозиции по указанному принципу были введены новые управляющие координаты  $M_{H20}^\Sigma = m_i M_{(H20)}$  и  $V_K = v_i V_i$ , позволяющие представить оптимизируемую целевую функцию и ограничения в виде следующей математической конструкции:

$$R = \sum_{i=1}^{d_1} N_i^K(T_{H20}, M_{H20}^\Sigma, V_K, a) + \sum_{i=1}^{d_2} N_i^H(M_{H20}^\Sigma, a) + \sum_{i=1}^{d_3} N_i^B(T_{H20}, M_{H20}^\Sigma, a) + U(V_K, a); \quad L_i(T_{H20}, M_{H20}^\Sigma, V_K, a) \geq 0, i = \overline{1, l_1},$$

$$L_i(T_{H20}, M_{H20}^\Sigma, V_K, a) = 0, i = \overline{1, l_2}, \quad L_i(T_{H20}, M_{H20}^\Sigma, V_K, a) = 0, i = \overline{1, l_2}, \quad (5)$$

$$L_i(T_{H20}, M_{H20}^\Sigma, a) \geq 0, i = \overline{1, l_5}, \quad L_i(T_{H20}, M_{H20}^\Sigma, a) \leq 0, i = \overline{1, l_6}$$

( $M_{H20}^\Sigma$  – суммарный весовой расход воды в системе охлаждения компрессорной станции;  $V_K$  – суммарная производительность компрессоров;  $m_i, i = \overline{1, d_2}$ ,  $v_i, i = \overline{1, d_1}$  – коэффициенты, определяемые из решения задачи распределения нагрузки между насосами и компрессорами, соответственно;  $L_i, i = \overline{1, 6}$  – уравнения ограничений;  $a$  – параметры окружающей среды;  $l_i, i = \overline{1, 6}$  – известные константы;  $N_i^K, N_i^H, N_i^B$  – мощность  $i$ -го компрессора, насоса и вентилятора, соответственно).

Из анализа целевой функции и системы ограничений (5) следует, что при закреплении переменных  $T_{H20}, M_{H20}$  исходная задача сводится к решению двух менее сложных задач нелинейного программирования – локальной задачи и задачи координации.

Формализованная постановка локальной задачи имеет следующий вид:

$$R_1 = \sum_{i=1}^{d_1} N_i^K(V_K, a) + U(V_K, a) + \sum_{i=1}^{d_2} N_i^H(M, a) + \sum_{i=1}^{d_3} N_i^B(T, M, a) \rightarrow \inf$$

$$L_i(V_K, a) \geq 0, i = \overline{1, l_1}, \quad L_i(V_K, a) = 0, i = \overline{1, l_2}, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{d_2} N_i^H(M, a) = const; \quad \sum_{i=1}^{d_3} N_i^B(T, M, a) = const$$

Из (6) следует, что использование новых управляющих координат  $V_K$  и  $M_{H20}^\Sigma$  позволяет дополнительно упростить алгоритм решения локальной задачи за счет релаксации ограничений

$$\sum_{i=1}^{d_1} V_i = V_K \quad \text{и} \quad \sum_{i=1}^{d_2} M_{(H20)}i = M_{H20}.$$

В соответствии с общей схемой принципа сечений экстремумы оптимизируемой целевой функции определяются из решения задачи

$$\inf_{v \in D} R = \inf_{M_{H20}^\Sigma, T_{H20}, a \in D_1, V_k, a \in D_2} (\inf R_1) \quad (7)$$

Из приведенной выше схемы следует, что синтез решения задачи нелинейного программирования высокой размерности должен проводиться на двух уровнях. На первом уровне при фиксированных значениях переменных  $T_{H20} = T$ ,  $M_{H20}^\Sigma = M$  решается локальная задача (6), на втором уровне решается задача координации (7). В результате решения данного комплекса задач определяются величины новых управляющих координат: температуры охлаждающей воды  $(T_{H20})^R$ ; производительности компрессорной станции  $(V_K)^R$ ; суммарного расхода охлаждающей воды  $(M_{H20}^\Sigma)^R$ ,

минимизирующие расход электроэнергии на производство сжатого воздуха и ущерб у потребителей пневмоэнергии от нарушения заданного режима воздухообеспечения. По этим величинам в результате решения задачи распределения нагрузки  $(V_K)^R$  и  $(M_{H20}^\Sigma)^R$  между компрессорами и насосами и задачи расчета потокораспределения в пневмосети по известным из специальной литературы алгоритмам устанавливаются значения исходных управляющих координат, являющихся решением поставленной задачи.

Приведенные выше декомпозиционные преобразования основываются на ряде допущений, выполняемых для (6). В частности, было установлено, что рассматриваемые множества, на которых определены целевые функции локальной задачи и задачи координации, принадлежат к конечномерным евклидовым пространствам; определенные на этих множествах целевые функции являются устойчивыми в смысле Адамара; существует непрерывность отображения  $\omega$  множества  $D_2$  в множество  $D$ .

Наряду с общим декомпозиционным методом решения нелинейной задачи высокой размерности были разработаны также методы и алгоритмы решения локальной и координирующей задачи. Предварительно были установлены основные свойства оптимизируемых целевых функций этих задач. В результате преобразования системы ограничений локальной задачи (6) было доказано, что ее область определения имеет свойства замкнутости, выпуклости, ограниченности и непрерывности в одномерном евклидовом пространстве и представляет собой компактное в себе множество. Установлено, что целевая функция локальной задачи в общем случае непрерывна и невыпукла на области ее определения. Доказанные свойства задачи (6) позволили сделать вывод, что ее решение целесообразно осуществить при помощи метода золотого сечения. При разработке алгоритма решения задачи координации (7) было доказано, что ее целевая функция непрерывна и невыпукла на области определения, представляющей собой компактное в себе множество. Так как решение задачи координации не связано с проведением трудоемких вычислений, было предложено осуществить поиск экстремумов (7) методом сканирования. Установлено, что использование этого метода не нарушает временных ограничений режима оперативного управления. Доказано, что как у локальной задачи, так и у задачи координации решение существует, устойчиво и неединственно, ввиду чего данные задачи принадлежат к классу некорректно поставленных по Адамару. Проанализировано влияние некорректности постановок на методику определения экстремумов задачи. Установлена нецелесообразность проведения регуляризации указанных задач.

### Заключение

Разработанное математическое обеспечение проходит апробацию в структурных подразделениях ОАО «СЭПО-ЗЭМ» в рамках мероприятий по модернизации АСУ энергохозяйства данного промышленного предприятия.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сеницын А.И. Контроль и управление процессами компримирования газов в химических производствах / А.И. Сеницын. Л.: Химия, 1984. 145 с.
2. Баранников Н.М. Пересчет характеристик центробежного компрессора с помощью ЭВМ / Н.М. Баранников // Изв. вузов СССР. Горный журнал. 1976. № 6. С. 111-117.
3. Рис В.Ф. Центробежные компрессорные машины / В.Ф. Рис. М.-Л.: Машиностроение, 1981. 335 с.
4. Оперативная идентификация и основное на знаниях управление режимами энергоснабжения промышленных предприятий / А.Ф. Резчиков, Ю.К. Шрай, В.А. Кушников, С.Б. Донин // Приборы и системы управления. № 5. 1994. С.27-32.
5. Kushnikov V.A. Control in man-machine systems with automated correction of objectives / V.A. Kushnikov, A.F. Rezchikov, A.D. Tsvirkun // Meitan Kexun Jishu / Coal Science and Technology (Pe-king). 1998. T. 26. № 11. С. 168-175.
6. Модели и алгоритмы постановки задач разработки АСУ промышленными объектами / А.Ф. Резчиков, В.А. Кушников, Е.И. Шлычков, О.М. Бойкова // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. № 9. С. 64-68.
7. Анализ выполнимости планов мероприятий при оперативном управлении машиностроительным предприятием / Е.И. Шлычков, М.Ю. Похазников, В.А. Кушников, О.М. Калашникова // Вестник СГТУ. 2007. Т. 1. № 1. С. 88-95.
8. Kushnikov V.A. Control in man-computer systems with computer-aided goal correction / V.A. Kushnikov, A.F. Rezchikov, A.D. Tsvirkun // Automation and Remote Control. 1998. T. 59. № 7. Part 2. С. 1040-1046.

9. Задачи и модели оперативного управления компрессорным хозяйством промышленного предприятия / А.Ф. Резчиков, В.А. Кушников, П.Л. Евсеев, И.А. Кабанов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2004. № 3. С. 45-53.
10. Оптимизационные задачи интеллектуальной системы управления процессами воздухоподготовки на машиностроительном предприятии / А.Ф. Резчиков, В.А. Кушников, И.В. Лушников // Автоматизация и современные технологии. 1999. № 1. С. 24-26.
11. Управление процессами производства и распределения сжатого воздуха на машиностроительных предприятиях / А.Ф. Резчиков, В.А. Кушников // Известия вузов. Энергетика. 1991. № 10. С. 88.
12. Особенности применения метода анализа главных компонент для обеспечения эффективной работы энергосбытовой организации / А.В. Саютин, В.А. Кушников // Вестник СГТУ. 2009. Т. 1. № 1. С. 99-104.
13. Математическое моделирование энергопотребления центробежного компрессора / В.А. Кушников, А.В. Федотов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2010. № 6. С. 17-20.

**Кушников Вадим Алексеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры «Прикладные информационные технологии» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Vadim A. Kushnikov** – Dr. Sc., Professor  
Department of Applied Information Technologies,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Кулакова Екатерина Михайловна** – аспирант, ассистент кафедры «Прикладные информационные технологии» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Ekaterina M. Kulakova** – Postgraduate, Assistant Lecturer  
Department of Applied Information Technologies,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Кушников Олег Вадимович** – студент кафедры «Прикладная информатика и программная инженерия» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Oleg V. Kushnikov** – Undergraduate,  
Department of Applied Informatics and Software Engineering,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 03.05.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 004.032.24

**Г.М. Чуркин**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНАТОРНО-ЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА ПРИ ВЫБОРЕ КОНЦЕПЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

*Предлагается для расширения методических возможностей концептуального проектирования автоматизированных систем (АС) использовать по возможности различные комбинаторно-логические методы структурного синтеза и формализованные задачи разработки концепции АС рассматривать как задачи выбора процесса принятия решения.*

Концепция, проектирование, задачи выбора

**G.M. Churkin**

### **A COMBINATORIAL-AND-LOGICAL METHOD TO THE STRUCTURAL SYNTHESIS APPLIED TO DEFINE MAINTENANCE SUPPORT CONCEPTS FOR AUTOMATED SYSTEMS**

*To expand methodological possibilities for the conceptual design of automated systems (AS), it is proposed to apply a combinatorial-and-logical method of structural*

*synthesis. It is suggested to consider formalized tasks in defining concepts for automated systems as tasks in the decision-making process.*

### Concept, design, choice problem

**Введение.** Стандарты на создание автоматизированных систем (АС) и систем, интенсивно использующих программное обеспечение (Software Intensive Systems, SIS), имеют стадии концептуального проектирования [1, 2].

Так, на этапе 2.3 «Разработка вариантов концепции АС и выбор варианта концепции АС, удовлетворяющего требованиям пользователя» стадии «Разработка концепции АС» ГОСТ 34.601-90 проектировщики «проводят разработку альтернативных вариантов концепции создаваемой АС и планов их реализации; оценку необходимых ресурсов на их реализацию и обеспечение функционирования; оценку преимуществ и недостатков каждого варианта; определение порядка оценки качества и условий приёма системы; оценку эффектов, получаемых от системы» [1].

В стандарте [2] представлены концептуальный каркас (контекст архитектурного описания, заинтересованные в разработке SIS лица, архитектурная деятельность в рамках жизненного цикла SIS, использование архитектурных описаний), практика архитектурных описаний (документирование архитектуры, идентификация заинтересованных лиц и их интересов, селекция архитектурных точек зрения, архитектурные виды, соответствие в совокупностях архитектурных видов, обоснования архитектур, образцы использования).

От качества решений стадии концептуального проектирования зависит как эффективность системы, так и экономическая составляющая её создания. Более того, неэффективный вариант выбранной концепции не может быть исправлен в дальнейшем.

Несмотря на практическую важность результатов этого этапа проектирования, разработка концепции АС на сегодня часто находится в области интуиции и опыта проектировщиков.

Концепция АС как концепция системы представляет собой определенную систему связанных между собой и вытекающих один из другого взглядов на её архитектуру [2, 3]. По определению IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), архитектура – это базовая организация системы, воплощённая в её компонентах, их отношениях и взаимодействиях между собой и окружением, а также принципы функционирования и развития системы [2, 3].

Формирование концепции АС касается как системы в целом, так и её отдельных компонентов. В [4] в качестве компонентов системы рассматривают элементы структуры, их функции и режимы функционирования, состав видов обеспечения.

В данном случае в качестве компонента будем рассматривать техническое обеспечение, а в качестве аспекта этого компонента – структурный аспект.

При разработке структурного аспекта(структуры) используют различные методы структурного синтеза. Так, методы структурного анализа и проектирования (синтеза) SADT (Structured Analysis & Design Technique) положены в основу взаимосвязанных методик IDEF(Integration Definition for Function Modeling) функционального, информационного и поведенческого моделирования и проектирования [5-8]. Основу этих методик составляет графический язык описания (моделирования) систем [7]. В [4] предлагается использовать морфологический синтез для структуризации и формализации процесса формирования структурного аспекта концепции АС.

Эти и другие публикации по обсуждаемой теме не позволяют сформировать представление о других методах структурного синтеза

В работе приводится краткая характеристика методов структурного синтеза и предлагается для расширения методических возможностей концептуального проектирования технического обеспечения АС использовать по возможности различные комбинаторно-логические методы. Формализованную задачу выбора концепции АС предлагается рассматривать как задачу выбора процесса принятия решения. Последнее означает необходимость формирования одного из важных компонентов постановки задачи выбора – конечного множества альтернативных вариантов концепции АС [8, 10].

#### **Подходы к формированию альтернативных вариантов концепции АС**

Формирование конечного множества альтернатив, которые реально реализуемы среди возможных, – необходимая часть формализации процесса принятия решений. Эти альтернативы либо могут быть заданы, либо их нужно сформировать.

Процесс формирования вариантов концепции представляют как использование возможных, различных по природе средств создания, концептуальных идей их использования с учётом требований пользователя (рис. 1) [11].

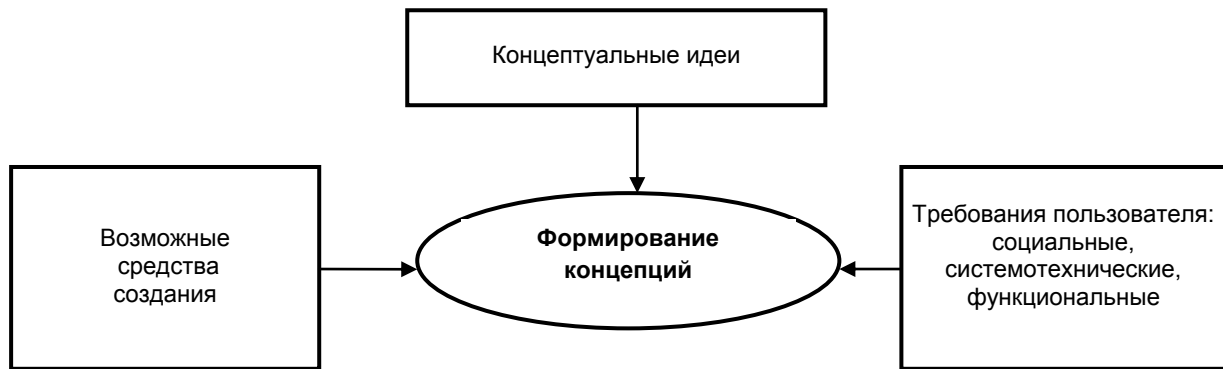


Рис. 1. Схема формирования концепций АС

В качестве возможных средств создания могут быть использованы не только средства вычислительной техники [4], но и, например, автоматические устройства различной природы, включаемые в АС.

Концептуальные идеи использования возможных средств создания формируются на основе опыта, знаний и интуиции. Этот процесс открытый, так как под воздействием развития науки, практики и запросов пользователей концептуальные идеи возникают и исчезают.

Формирование какой-либо концепции будем рассматривать как процесс формирования какой-либо определённой архитектуры. Процесс представляет собой проектную процедуру, целью которой является выбор элементов разных уровней по функциональному назначению, взаимодействию и отношений между ними для формирования системы как единого целого. Называют этот процесс синтезом [12].

В [12] приведена одна из возможных классификаций методов синтеза (рис. 2).

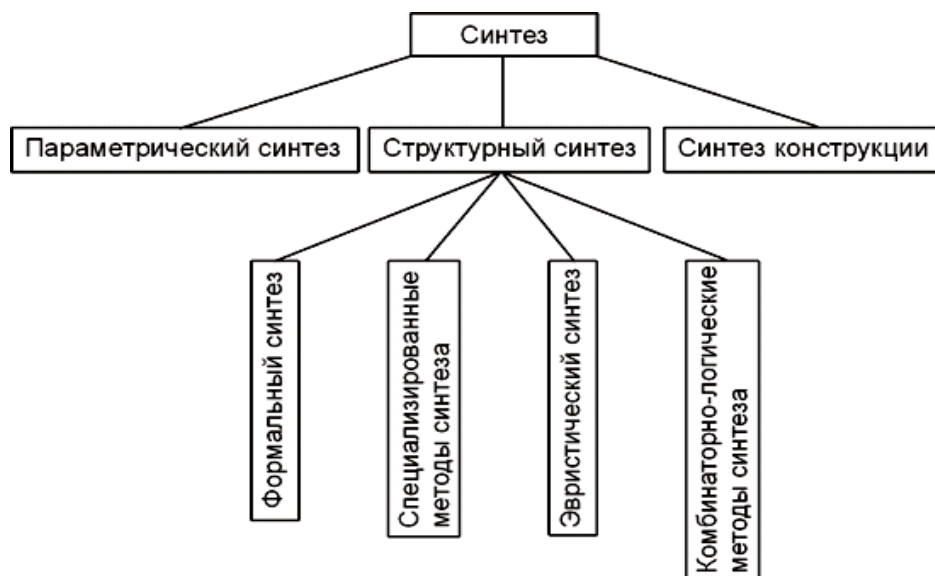


Рис. 2. Классификация методов синтеза

При *синтезе конструкции* материального объекта необходимо определить элементы, отношения и физические взаимодействия между элементами объекта как системы.

*Параметрический синтез* реализуют при задании структуры и условий функционирования.

*Структурный синтез* базируется на суждении о том, что синтез любого объекта заключается в определении его структуры (элементов и организации взаимодействий (связей) и отношений между ними). Структуру класса объектов, имеющих одинаковое функциональное назначение, называют обобщенной [12, 13]. При формировании обобщенной структуры осуществляется поиск новых сочетаний элементов, связей и отношений. Отношения и взаимодействия между элементами структуры могут быть бинарными и множественными. Новые сочетания составляют на основе знаний о данной предметной области, анализа существующих решений (аналогов и прототипов) и обобщения опыта проектирования.

Возможность и необходимость формирования конечного множества альтернативных структур зависит не только от функциональной возможности элементов и связей. На выбор структур могут

накладываться дополнительные условия и ограничения, которые отражают как условия физической природы (например, требования технологии, эргономики, технического дизайна и пр.), так и субъективные предпочтения экспертов. Например, приведем часто имеющиеся место условия [13] для элементов  $X_1$  и  $X_2$ :

- Принуждение. Выбор  $X_1$  влечет выбор  $X_2$ ;
- Необходимость. Условием выбора  $X_1$  служит выбор  $X_2$ ;
- Бинарный запрет на сочетание. Элементы  $X_1$  и  $X_2$  не могут входить в одно решение;
- Двойное принуждение. Элементы  $X_1$  и  $X_2$  входят в решение одновременно.

Удобными средствами описания этих условий служат язык теории графов и аппарат математической логики. Отсюда и появление комбинаторно-логических методов синтеза.

Комбинаторно-логические методы синтеза позволяют:

- формализовать описание альтернативных структур,
- сформировать конечное множество альтернативных структур проектируемого объекта, имеющих одинаковое функциональное назначение,
- реализовать определенным образом организованную процедуру выбора на этом множестве.

Формализация результатов комбинаторно-логических методов синтеза обусловили их использование в системах автоматизированного проектирования.

Для выбора в качестве средств описания альтернативных структур используются табличные, алгебраические, графовые и логические модели. Используя способ описания структуры как признак классификации, в [12] приведена классификация методов комбинаторно-логического синтеза (рис. 3).

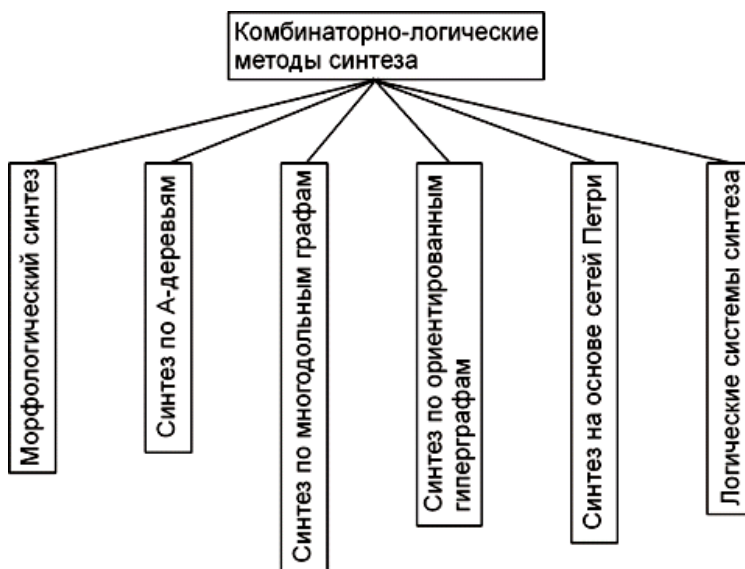


Рис. 3. Классификация методов комбинаторно-логического синтеза

*Морфологический синтез* работает с табличными моделями, отражающими возможные бинарные отношения между элементами двух множеств. Часто это подфункции (функции) и их возможные средства реализации. Таблицы применяются на ранних стадиях проектирования и конструирования и «позволяют получать составы (структуры без связей), структуры с линейными связями и регулярные структуры, причем все решения состоят из равного количества элементов» [12].

*Структурный синтез по альтернативным деревьям* обладает большими выразительными возможностями по сравнению с рассмотренным морфологическим синтезом. В альтернативном графе типа «дерево» (А-дерево) вершинами могут быть функции, системы, подсистемы, элементы. Каждая вершина, кроме концевых (листья), имеет потомки, т.е. она агрегирована комбинацией потомков. Другими словами, вершина имеет свою структуру, которая отражает отношения включения. Выбор комбинации вершин при решении задачи синтеза подробно описан в [12]. Недостаток метода – невозможность формализовать дополнительные условия и ограничения.

*Структурный синтез на основе N-дольных графов* базируется на использовании в качестве модели N-дольного графа. В N-дольном графе  $G=(X, R)$  множество вершин  $X$  разбито на совокупность непересекающихся подмножеств  $X_i$ ,  $X = \bigcup_{i=1}^N X_i$ . Подмножества вида  $X_i$  принято называть доля-



ми графа, и все доли являются независимыми множествами вершин [12]. Множество дуг  $R$  отражает связи и отношения между вершинами.

Для формирования альтернативных структур главную функцию делят на подфункции, каждой подфункции ставят в соответствие доли многодольного графа и техническую реализацию подфункций представляют в виде вершин. Далее, вводя возможные связи или отношения в виде рёбер или дуг, получаем альтернативные модели структуры, которые различаются способом реализации вершин [12].

Метод позволяет учесть бинарные запреты на сочетания, наглядно отражает бинарные отношения и не очень наглядно – множественные отношения, не позволяет выбрать способы реализации связей и отношений. Решением задачи выбора структуры из альтернативных будет любой полный  $N$ -вершинный подграф графа  $G$ . Способы решения задачи выбора на модели структуры в форме  $N$ -дольного графа приведены в [12].

*Структурный синтез по ориентированным гиперграфам* реализуется на модели обобщённой структуры в виде гиперграфа [13]. В гиперграфе  $G=(X, E)$   $X$  – непустое множество вершин,  $E$  – множество непустых (необязательно различных) подмножеств множества  $X$ , называемых рёбрами гиперграфа, удовлетворяющие условию  $X = \bigcup_{i=1}^M E_i$ , где  $M$  – число ребер [14]. Если все  $E_i$  – двухэлементные,

то получаем обыкновенный граф без голых вершин.

Язык ориентированных гиперграфов более выразителен и гибок, нежели язык морфологических матриц, многодольных графов и альтернативных деревьев, и способен описывать многофункциональные элементы [13].

Формализацию обобщённой структуры при синтезе по альтернативным деревьям (А-деревьям, И–ИЛИ-деревьям), многодольным графам ( $N$ -дольным) и ориентированным гиперграфам можно провести более компактно. Так, в [15, 16] обобщённые элементы в заданных альтернативных структурах имеют различные способы реализации, которые рассматриваются как условия, а не как вершины. Количество вершин и связей в графе модели структуры резко сокращается. В качестве условий одновременно рассматриваются совместимость элементов (бинарные запреты) и ограничения в форме равенств и неравенств. Конфигурации (вид) обобщённых структур заданы, множество конфигураций конечно. Выбор конфигурации может быть однокритериальным и многокритериальным.

При однокритериальном выборе для каждой конфигурации определяют способы реализации элементов, доставляющие оптимальное значение выбранному критерию, и на множестве этих оценок для всех конфигураций определяется оптимальное значение критерия, т.е. соответствующая ему альтернативная структура.

При многокритериальном выборе первоначально по выбранным критериям для каждой конфигурации определяют доминирующий способ реализации элементов, а затем по полученным оценкам критериев определяют доминирующие отношения конфигураций, позволяющие выбор конкретной конфигурации.

Учёт многофункциональности элементов структуры реализуется путём формирования модели реализации каждой функции (подфункции). При однокритериальном выборе способа реализации многофункционального элемента используют  $\min(\max)$  подход, т.е. из возможных оценок конфигураций структуры реализации функций выбирают  $\min(\max)$  оценку и соответствующую реализацию многофункционального элемента [17]. Оценка доминирования способа реализации элемента при многокритериальном выборе позволяет выбрать элемент для каждой конфигурации и по оценкам доминирования между конфигурациями выбрать конкретную конфигурацию.

Выбор связей (отношений) при выборе конфигурации можно свести к задаче выбора элементов путём замены взвешенной дуги вершиной с оценками дуги и двумя не взвешенными дугами [18].

Все перечисленные приемы решения задачи выбора использовались при заданном конечном множестве конфигураций. При формировании множества конфигураций необходимо учитывать организацию технических средств автоматизации. Технические средства автоматизации могут быть персональными (локальными) или общего пользования (в рамках какой-либо системы).

В первом случае получаем схемы автоматизации, где совокупность локальных средств автоматизации управления, измерения, сигнализации, регистрации и др. совместно с оператором (операторами) создают АС [19]. Эти локальные средства автоматизации также могут проектироваться методами комбинаторно-логического синтеза.

В случае общего пользования (технические средства как система) для генерации исходного множества альтернатив конфигураций структуры формируются как сами функциональные элементы, так и связи между ними.

Формирование форм (видов) организационных структур базируются на следующих принципах [20].

1. Все системы (биологические, социальные, технические) построены на основе *иерархического принципа*. Иерархический принцип организации структуры возможен только в многоуровневых системах (это большой класс современных технических систем) и заключается в упорядочении взаимодействий между уровнями в порядке от высшего к низшему. Каждый уровень выступает как управляющий по отношению ко всем нижележащим и как управляемый, подчиненный по отношению к вышележащему. Каждый уровень специализируется также на выполнении определенной главной полезной функции уровня.

В простых системах иерархия не требуется, так как взаимодействие осуществляется по непосредственным связям между элементами. В технических системах при большом количестве элементов непосредственные взаимодействия между всеми элементами невозможны (требуется слишком много связей), поэтому непосредственные контакты сохраняются лишь между элементами одного уровня, а связи между уровнями резко сокращаются.

Особенности формирования обобщенного множества элементов автоматизации заключаются в следующем. Реализация искусственно созданных процессов имеет определенную организационную форму (организации, объединения, предприятия и т.п. [1]). Как сами процессы, например, исследования, проектирования, управления [1], так и их организационные формы реализуют иерархический принцип построения. Отсюда элементы автоматизации функций элементов различных иерархических уровней системы имеют иерархический (уровневый) признак. Для отображения этого признака (множественных бинарных отношений) более подходят методы, которые работают с графовыми моделями структуры.

2. Второй организационный принцип (на примере производственной системы) – горизонтальное разделение труда, которое позволяет специализировать деятельность сотрудников, повышать производительность и качество их работы. Классический образец горизонтального разделения труда ТП – основные процессы, вспомогательные процессы.

Например, по отношению к элементам технических систем функциональное назначение элементов организационной структуры технических средств по аналогии с подразделениями структуры административно-управленческой системы можно использовать следующие модели [8]:

- функциональная модель: «один элемент = одна функция»;
- процессная модель: «один элемент = один процесс»;
- матричная модель: «один процесс или один проект = группа элементов разных функциональных назначений»;
- модель, ориентированная на контрагента: «один элемент = совокупность процессов (один объект или подсистема).

В структуре системы технических средств автоматизации могут быть использованы все перечисленные виды моделей. Распространение получили функциональная и процессная модели, а также их различные модификации. Методики формирования альтернатив для иерархических и сетевых структур автоматизированных систем управления технологическими процессами предлагаются в [21-23].

*Синтез на основе сетей Петри* базируется на использовании в качестве модели графа сети Петри. Граф сети Петри есть двудольный ориентированный мультиграф  $G=(P, T, A)$ , где  $P = \{p_i\}$ ,

$T = \{t_j\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$  – конечные непустые множества вершин, называемые соответственно позициями (места) и переходами;  $A$  – отношение между вершинами, соответствующее дугам графа [24]. Для отображения динамики позициям (местам) графа приписываются специальные разметки, моделирующие выполнение условия, и с сетью связывают понятие ее функционирования, изменяющего эти разметки (условия) в результате срабатываний переходов. Функционирование сети Петри описывается формально с помощью *множества последовательностей срабатываний* и *множества достижимых в сети разметок*. Эти понятия определяются через правила срабатывания переходов сети [24].

Метод с использованием сетей Петри используется при проектировании программного обеспечения АС путём имитационного моделирования [5].

*Логические системы синтеза* базируется на использовании в качестве модели обобщенной структуры моделей дискретных конечных автоматов. Объектом в виде дискретного конечного автомата может

быть как отдельный элемент обобщённой структуры так и их конечная совокупность. При синтезе используются модели, применяемые при синтезе дискретных конечных автоматов [25-27].

### Заключение

1. Для концептуального проектирования технического обеспечения автоматизированных систем предлагается использовать все разработанные на сегодня комбинаторно-логические методы структурного синтеза, что позволяет формализовать задачи этапа 2.3 «Разработка вариантов концепции АС и выбор варианта концепции АС, удовлетворяющего требованиям пользователя» стадии «Разработка концепции АС» ГОСТ 34.601-90.

2. Статика структурного аспекта АС достаточно полно описывается моделями в форме обыкновенного графа или гиперграфа. Для описания поведения (динамики) используют модели в форме графа Петри или графовые модели конечных автоматов.

3. Указаны способы учёта многофункциональности элементов и связей обобщённой структуры при выборе, а также методы построения конечного множества альтернатив иерархических и сетевых структур.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 34.601-90. Информационные технологии. Автоматизированные системы. Стадии создания. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1990, 21 с.
2. IEEE. IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Sept. 2000. IEEE Std 1471-2000.
3. Соснин П.И. Архитектурное моделирование систем, интенсивно использующих программное обеспечение / П.И. Соснин [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru/ft/005651/62328e1-st15.pdf>, -93
4. Самохвалов Ю.Я. Методические аспекты автоматизированных систем / Ю.Я. Самохвалов, Е.М. Науменко, О.И. Бурба // Реєстрація, зберігання і обробка даних. 2012. Т. 14. № 4. С. 73-80.
5. Норенков И.П. Подходы к проектированию автоматизированных систем / И.П. Норенков // Наука и образование: Электронное научное издание. 2005. #6 Июнь.
6. Marka D.A. SADT: Structured Analysis and Design Technique / D.A. Marka, K.L. McGowan. N.Y.: McGraw Hill, 1988.
7. РД IDEF 0 – 2000 Методология функционального моделирования IDEF0. М: Госстандарт России, 2000, 75 с.
8. Integrated computer-aided manufacturing (ICAM): Information modeling manual, IDEF1 – Extended (IDEF1X). Albany, N.Y.: GEC, 1985.
9. Макаров И.М. Теория выбора и принятия решений / И.М. Макаров, Т.М. Виноградская, А.А. Рубчинский, В.Б. Соколов. М.: Наука, 1982, 328 с.
10. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход / В.Д. Ногин. М.: Физматлит, 2002. 144 с.
11. Скурихин В.И. О формировании концепций. Концепция «четырёх И» / В.И. Скурихин // Управляющие системы и машины. 1989. №2. С. 7-12.
12. Божко А.Н. Структурный синтез на элементах с ограниченной сочетаемостью / А.Н. Божко, А.Ч. Толпаров // Наука и Образование: электронное научно-техническое издание. 2004. №5.
13. Божко А.Н. Структурный синтез как задача дискретной оптимизации / А.Н. Божко // Наука и Образование: электронное научно-техническое издание. 2010. № 09.
14. Емеличев В.А. Лекции по теории графов / В.А. Емеличев, О.И. Мельников, В.И. Сарванов, Р.И. Тышкевич. М.: Наука, 1990. С. 384 с.
15. Сафронов В.В. Методы оптимизации структур сложных систем / В.В. Сафронов. Саратов: СВВКИУ РВ, 1993. 94 с.
16. Сафронов В.В. Основы системного анализа: методы многовекторной оптимизации и многовекторного ранжирования: монография / В.В. Сафронов. Саратов: Научная книга, 2009. 329 с.
17. Семагин А.А. Выбор многофункциональных элементов структуры системы управления / А.А. Семагин, Г.М. Чуркин // Вестник СГТУ. 2010. № 4 (51). С. 95-98.
18. Тырин Е.А. Выбор конфигурации структуры системы управления при многофункциональности элементов и связей / Е.А. Тырин, Г.М. Чуркин // Вестник СГТУ. 2012. № 1 (63). С. 124-127.
19. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: справ. пособие / под ред. А.С. Ключева. М.: Энергоатомиздат, 1990. 464 с.

20. Структура управления организацией и факторы, её определяющие [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://de.ifmo.ru/bk\\_netra/page.php?dir=2&tutindex=3&index=51&layer=2](http://de.ifmo.ru/bk_netra/page.php?dir=2&tutindex=3&index=51&layer=2)
21. Тырин Е.А. Особенности формирования иерархических структур АСУ ТП / Е.А. Тырин, А.А. Чередников, Г.М. Чуркин // Вестник СГТУ. 2012. № 3 (67). С. 198-206.
22. Чуркин Г.М. Формирование альтернатив в задаче выбора конфигураций иерархической структуры технических средств АСУ ТП / Г.М. Чуркин, А.М. Великанов, Е.А. Тырин // Вестник СГТУ. 2013. № 1 (69). С. 169-174.
23. Чуркин Г.М. Формирование альтернатив в задаче выбора конфигураций сетевой структуры технических средств АСУ ТП / Г.М. Чуркин, А.М. Великанов, К.А. Петренко // Вестник СГТУ. 2014. № 1 (74). С. 84-88.
24. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж Питерсон. М.: Мир, 1984. 264 с.
25. Хопкрофт Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений; пер. с англ. / Д. Хопкрофт, Р. Мотвани, Дж. Ульман. М.: Вильямс, 2002. 527 с.
26. Карпов Ю.Г. Теория автоматов: учеб. для вузов / Ю.Г. Карпов. СПб.: Питер, 2002. 224 с.
27. Захаров Н.Г. Синтез цифровых автоматов: учеб. пособие / Н.Г. Захаров, В.Н. Рогов. Ульяновск: УлГТУ, 2003. 134 с.

**Чуркин Геннадий Максимович** – доцент кафедры «Радиоэлектроника и телекоммуникации» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Gennady M. Churkin** – Associate Professor Department of Radio Electronics and Telecommunications, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 11.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 621.797

**А.Ю. Шабельникова, Д.А. Васильев, В.А. Иващенко**

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАФИКА ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

*Предложены методы оптимизации, позволяющие получить оптимальный состав энергооборудования, выводимого в ремонт на текущий период (месяц, год), с учетом ограничений на используемые ресурсы промышленного предприятия.*

Система планово-предупредительного ремонта энергооборудования, оптимизация графика планово-предупредительного ремонта энергооборудования, генетический алгоритм

**A.Yu. Shabelnikova, D.A. Vasiliev, V.A. Ivaschenko**

### **OPTIMIZATION OF PREVENTATIVE POWER EQUIPMENT MAINTENANCE AT INDUSTRIAL ENTERPRISES**

*The suggested optimization method allows for the optimum number of power equipment to be planned for the maintenance works within a current period (month/year), taking into account the limited resources of an industrial enterprise.*

The system of preventive maintenance of power equipment, the optimization schedule preventive maintenance of power, genetic algorithm

#### **Введение**

В настоящее время большое внимание уделяется повышению эффективности управления и надежности функционирования промышленных предприятий, которое в существенной степени определяется надежной и безопасной работой их электрических сетей и энергетического оборудования [1-3].

Безотказность работы электрических сетей и энергетического оборудования предприятий предполагает оптимизацию процессов их эксплуатации, технического обслуживания (ТО) и ремонта, а также необходимое для этого бесперебойное обеспечение трудовыми (ремонтный персонал), материальными и временными ресурсами. Предотвращение физического износа, предупреждение аварий на электрических сетях и энергетическом оборудовании предприятий, поддержание их при эксплуатации в работоспособном состоянии обеспечивается техническим обслуживанием и ремонтом, регламентируемой системой планово-предупредительного ремонта (ППР) энергетического оборудования [1, 4].

В связи с изложенным оптимизация проведения ППР энергооборудования на промышленных предприятиях актуальна, и ей в настоящее время придается большое значение [4].

В статье предлагается подход к оптимизации графика ППР энергооборудования промышленных предприятий, обеспечивающей оптимальное распределение ресурсов для организации и реализации межремонтных периодов (циклов) работы оборудования. Оптимизация осуществляется на основе использования полного перебора и генетического алгоритма (ГА), позволяющих получить в условиях ограниченных ресурсов предприятий оптимальный с точки зрения сформулированного критерия состав объектов ремонта в сроки, установленные их межремонтными периодами [5].

### 1. Постановка задачи

Выбор состава оборудования для вывода в ремонт (техническое обслуживание) осуществляется по векторному критерию  $F = (F_1, F_2)$ , составляющие которого определяются выражениями:

$$F_1 = \sum_{j=1}^n C_j x_j \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$F_2 = \sum_{j=1}^n S_j x_j \rightarrow \min, \quad (2)$$

где  $C_j$  – коэффициент, задающий степень сложности ремонта  $j$ -го оборудования, определяющийся видом ремонта (капитальный ремонт, средний ремонт, малый ремонт, ТО);  $S_j$  – коэффициент, задающий степень участия  $j$ -го оборудования в технологическом процессе;  $n$  – количество оборудования, включенного в план-график ремонта на текущий месяц (год);  $x_j$  – дискретная переменная, принимающая значения: 1 – если  $j$ -е оборудование участвует в ремонте, 0 – в противном случае, т.е.

$$x_j = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}. \quad (3)$$

Оптимизация осуществляется в области допустимых состояний системы с учетом ограничений:

– на трудовые ресурсы:

$$\forall i \in [1, M] \sum_{j=1}^n w_j^i x_j \leq W_i, \quad (4)$$

где  $W_i$  – имеющееся количество рабочих для проведения  $i$ -го вида ремонтных работ;  $w_j^i$  – количество рабочих, задействованных в  $i$ -м виде ремонтных работ  $j$ -го оборудования;  $M$  – количество видов ремонтных работ;

– на материальные ресурсы

$$\sum_{j=1}^n a_j x_j \leq A, \quad (5)$$

где  $A$  – материальный ресурс, необходимый для проведения всех ремонтных работ, связанный с обеспечением их материалами;  $a_j$  – материальный ресурс, необходимый для проведения ремонтных работ  $j$ -го оборудования;

– на временные ресурсы

$$\sum_{j=1}^n t_{ТПj} x_j \leq T_{ТП}, \quad (6)$$

где  $T_{ТП}$  – общее время на технологическую подготовку к ремонтным работам, включающее время на изготовление специального оборудования и приспособлений для ремонтных работ;  $t_{ТПj}$  – время, необходимое на технологическую подготовку к ремонтным работам  $j$ -го оборудования.

## 2. Методы решения задачи

Поставленная выше двухкритериальная задача путем свертки критериев (1) и (2) сводится к однокритериальной

$$F = \varphi_1 \cdot F_1 + \varphi_2 \cdot (-F_2) \rightarrow \max, \quad (7)$$

где  $\varphi_1, \varphi_2$  – коэффициенты, определяющие значимость критериев и устанавливаемые лицом, принимающим решения (персонал, ответственный за проведение ремонта энергооборудования энергобюро службы главного энергетика предприятия) на этапе формирования и оптимизации плана-графика ремонта энергооборудования.

### 2.1. Метод полного перебора

Метод полного перебора [6] позволяет получить оптимальное решение поставленной задачи путем перебора всех возможных вариантов состава оборудования, выводимого в ремонт или на ТО. В результате образуется двоичный код  $B = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , определяющий оптимальный список оборудования из планируемого списка (размерности  $n$ ) на текущий месяц (год).

Для организации перебора используются средства двоичной арифметики, в частности операция двоичного сложения. Получение нового двоичного кода решения задачи производится прибавления двоичной единицы к текущему коду  $B$  (к его младшему разряду), учитывая возможность переноса в следующий разряд кода. В этом случае в качестве исходного кода решения выбирается код, у которого один единичный разряд

$$(x_1 = 1, \forall i = 2, \dots, n \quad x_i = 0, \text{ или } x_n = 1, \forall i = 1, \dots, n-1 \quad x_i = 0, \\ \text{или } x_k = 1 (k = \text{rand}(1, \dots, n)), \forall i = 1, \dots, n \quad x_i = 0 (i \neq k)).$$

Таким образом, последовательное применение операции двоичного сложения позволяет получить всевозможные сочетания двоичных разрядов кода решений (все возможные варианты состава оборудования выводимого в ремонт или на ТО).

В процессе решения задачи (перебора всевозможных вариантов) производится отбор допустимых решений – кодов, удовлетворяющих ограничениям (4)-(6) и приближающих общее решение задачи к оптимуму (7).

Основным недостатком метода полного перебора является достаточно большая вычислительная сложность. В частности, в задаче размерностью  $n$ , равной 30, потребуется просчитать более одного миллиарда (1073741824) вариантов состава выводимого в ремонт оборудования, что совершенно нереально.

### 2.2. Генетический алгоритм

Наиболее действенными методами сокращения полного перебора являются так называемые методы искусственного интеллекта. В настоящее время одними из наиболее широко применяемых методов искусственного интеллекта, используемых для решения задач оптимизации, являются ГА [7], которые представляют собой методы оптимизации, основанные на концепциях естественного отбора и генетики.

Эти алгоритмы работают с совокупностью особей (популяцией), каждая из которых представляет возможное решение задачи. Каждая особь популяции кодируется одной хромосомой, определяющей состав выводимого в ремонт оборудования. Количество генов, образующих хромосому, определяются числом оборудования  $n$ , представленного в плане-графике ППР на текущий месяц (год). Каждое оборудование (ген хромосомы) связано с набором параметров  $(C_j, S_j, a_j, t_{IIIj}, w_j^i)$  задачи.

При создании исходной популяции в хромосому особи (список оборудования, вводимого в ремонт) на место каждого гена генерируется двоичное число, определяющее факт присутствия или отсутствия оборудования в списке. После получения исходной популяции начинается ее развитие и размножение, т.е. движение к оптимуму (7). Для этого применяются процедуры скрещивания и мутации. Процедура скрещивания выполняется для порождения новой особи популяции (потомка), являющейся новым решением задачи. После этого проверяется допустимость полученного решения. Если полученное решение удовлетворяет ограничениям задачи (4)-(6), то потомок выживает (полученное решение является допустимым) и производится сравнение целевой функции потомка, определяемой выражением (7) с целевой функцией наихудшей особи (худшего решения) текущего поколения, в противном случае потомок погибает (полученное решение отбрасывается).

В случае, когда целевая функция потомка меньше целевой функции наихудшей особи, полученный потомок погибает (не приближает к оптимальному решению), иначе – выживает и записывается в следующее поколение (поколение потомков), а в текущем поколении родителей уничтожается наихудшая особь (с наименьшей целевой функцией).

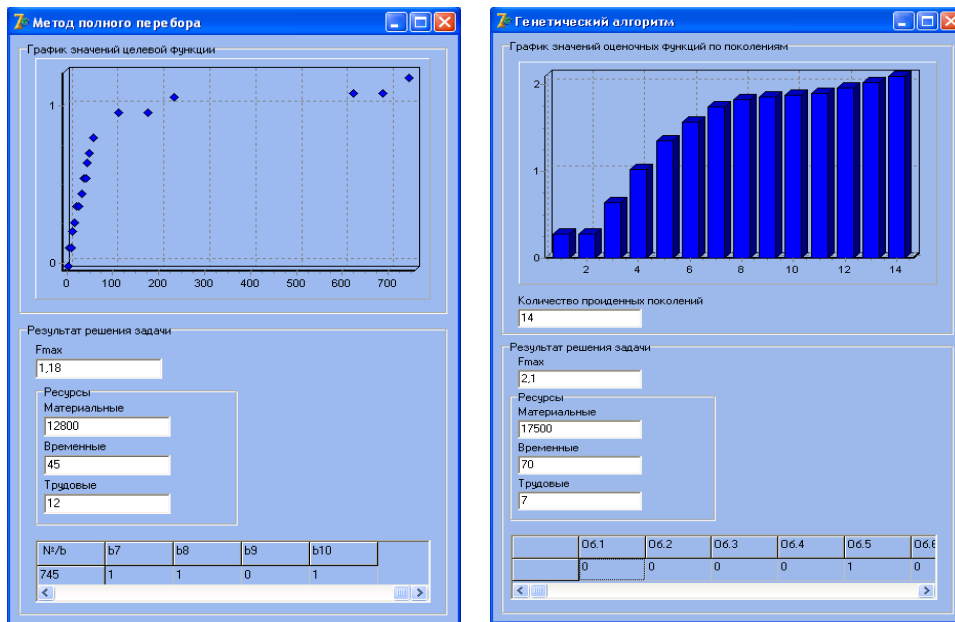
На каждой итерации работы алгоритма организуется процедура мутации, улучшающая популяцию особей текущего поколения (решения задачи) в соответствии со сформулированным критерием (7).

В результате последовательного применения процедур скрещивания и мутации происходит движение к оптимуму, позволяющее через некоторое количество итераций получить оптимальное (субоптимальное) решение.

### 3. Результаты решения задачи

Предложенные алгоритмы решения задачи реализованы в среде Delphi 7.

На рисунке представлена экранная форма, отображающая результаты решения задачи.



Экранная форма для отображения результатов решения задачи с помощью метода полного перебора и генетического алгоритма

Как видно из рисунка, время решения задачи при размерности  $m=10$  составляет методом полного перебора – 1 с, а с помощью генетического алгоритма – 0,1 с (процессор AMD Athlon X2 6000+).

С ростом размерности задачи время ее решения методом полного перебора существенно возрастает.

### Заключение

Построение графика планово-предупредительного ремонта энергетического оборудования промышленных предприятий в настоящее время не может осуществляться по-прежнему и требует использования новых подходов. Одним из таких подходов является предложенный в статье подход к формированию оптимального состава энергетического оборудования предприятий, выводимого в ремонт, с учетом выделяемых на это ресурсов.

Предложенные методы построения графика планово-предупредительного ремонта энергетического оборудования позволяют сократить ущерб, который несут предприятия в связи с ненадежной его работой, за счет:

- оптимизации состава энергетического оборудования предприятий, выводимого в ремонт, в условиях ограниченных трудовых и материальных ресурсов, выделяемых на него;
- снижения затрат времени на формирование графиков планово-предупредительного ремонта (минимизации участия персонала службы главного энергетика предприятия в его формировании) предприятий, обусловленных использованием для их построения ЭВМ;
- уменьшения количества отказов при эксплуатации и неплановых ремонтов энергетического оборудования предприятий, благодаря оптимизации графика его планово-предупредительного ремонта;

– составления оптимального графика планово-предупредительного ремонта энергетического оборудования по календарным периодам с текущим корректированием объема ремонтных работ.

Предложенные решения по формированию состава энергетического оборудования, выводимого в ремонт, позволят повысить эффективность организации его планово-предупредительного ремонта и могут быть использованы в других сферах производственно-хозяйственной деятельности при решении оптимизационных задач.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий / Б.И. Кудрин. М.: Интермет Инжиниринг, 2005. 672 с.
2. Человек. Машина. Среда / А.Ф. Резчиков, В.А. Твердохлебов, В.А. Иващенко и др.; под общ. ред. чл.-корр. РАН А.Ф. Резчикова. Саратов: Изд. центр «Наука», 2013. 196 с.
3. Выбор структуры электрических сетей промышленных предприятий в условиях автоматизированного управления электропотреблением / Д.А. Васильев, В.А. Иващенко, Д.В. Лукьянов, А.Ю. Шабельникова // Изв. высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2010. № 2(14). С. 52-61.
4. Яшур А.И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования: Справочник / А.И. Яшур. М.: НЦ ЭНАС, 2008. 504 с.
5. Шабельникова А.Ю. Оптимизация процесса планирования работ по ремонту электропотребляющего оборудования / А.Ю. Шабельникова, А.А. Дмитриев, Ш.Р. Мустафин // Проблемы электроэнергетики: сб. науч. тр. / Сарат. гос. техн. ун-т. Саратов, 2011. С. 133-136.
6. Бейко И.В. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации / И.В. Бейко, Б.Н. Бублик, П.Н. Зинько. М.: Высш. шк., 1983. 512 с.
7. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г.К. Вороновский, К.В. Махотило, С.Н. Петрашев, С.А. Сергеев. Харьков: Основа, 1997. 112 с.

**Шабельникова Алена Юрьевна** – аспирант кафедры «Системотехника» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Alyona Yu. Shabelnikova** – Postgraduate  
Department of System Engineering,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Васильев Дмитрий Анатольевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Системотехника» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Dmitry A. Vasiliev** – Ph.D., Associate Professor  
Department of System Engineering,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Иващенко Владимир Андреевич** – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем точной механики и управления, г. Саратов

**Vladimir A. Ivaschenko** – Dr. Sc., Leading Researcher,  
Institute of Precision Mechanics  
and Control, Saratov

*Статья поступила в редакцию 21.06.14, принята к опубликованию 25.09.14*



# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.051

**Д.С. Чайковский, Н.А. Гулевич**

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ПРОФИЛИРОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ**

*Достижение максимальной производительности на современной много-процессорной вычислительной машине является непростой задачей. Существует большое количество средств измерения производительности параллельных программ. Несмотря на то, что большинство из существующих средств являются высокоэффективными при поиске и устранении причин снижения производительности, выбор необходимого инструмента для конкретной задачи является трудоемким процессом. Изучены современные программные инструменты анализа производительности параллельных программ, выявлены основные особенности и предложены рекомендации по использованию каждого из изученных средств.*

Средства профилирования параллельных программ, инструментовка, трассировка, анализ производительности, параллельное программирование

**D.S. Chaikovsky, N.A. Gulevich**

## **ANALYSIS OF MODERN PROFILING MEANS OF PARALLEL PROGRAMS**

*Achievement of peak productivity on a modern multiprocessor computer is a complicated task. Numerous techniques are used to estimate the productivity of parallel programs. In spite of the majority of existing means which are highly effective in searching and elimination of factors causing productivity decline, the choice of the necessary tools to achieve specific objectives is a time-consuming procedure. This paper presents the analysis of modern means for profiling parallel programs, and provides guidelines and best practices needed for the application of the studied means.*

Means of profiling of parallel programs, instrumentation, trace, performance review, parallel programming

В настоящее время главным направлением повышения производительности ЭВМ является создание многопроцессорных систем. При переходе от одного процессора к нескольким резко возрастает сложность программирования. И многие традиционные подходы проектирования в этом случае уже не работают. Одной из ключевых проблем является проблема эффективности компьютерной программы. Важно точно представлять, какой эффект дает распараллеливание программы и что необходимо предпринять, чтобы максимизировать этот эффект. Методы и средства отладки производительности параллельной программы существенно зависят от той модели, в рамках которой разрабатывается параллельная программа.

В информатике существует понятие профилирования программы. Под профилированием подразумевают измерение производительности как всей программы в целом, так и отдельных ее фрагментов, с целью нахождения «узких» мест, – тех участков программы, на выполнение которых расходуется наибольшее количество времени. Инструмент, используемый для анализа работы, называют профилировщиком или профайлером.

Исследование эффективности параллельной программы с целью выявления и устранения «узких мест», а в конечном счете – с целью уменьшения времени выполнения программы, называется профилированием параллельной программы.

Профиль параллельной программы – это последовательность событий при выполнении программы с указанием того, сколько времени требует каждая стадия вычислений и каждая коммуникационная операция. Основное назначение профилировщика параллельной программы состоит в сохранении последовательности событий и представление информации о событиях в удобном для пользователя виде. Профилировщики организуют хранение информации о событиях и привязанных к ним временных метках в специальных файлах журнала.

В статье предложен анализ результатов работы современных профилировщиков параллельных программ.

### TAU (Tuning and Analysis Utilities)

Аббревиатура *TAU (Tuning and Analysis Utilities)* [1] дословно переводится как утилиты настройки и анализа. *TAU* представляет собой набор средств для измерения производительности, написанные исследователями Орегонского университета США.

Одной из отличительных особенностей этого профилировщика является большое количество поддерживаемых аппаратных и программных платформ. *TAU* может работать практически на любой современной высокопроизводительной вычислительной технике и поддерживает несколько языков, включая *C*, *C++*, *Java*, *Python*, *Fortran*, *SHMEM*, *OpenMP*, *MPI*, и *Charm*.

Большинство *TAU* функций заключается в контроле времени компиляции, которые заданы как опции в скрипте конфигурации. *TAU* можно настроить таким образом, чтобы использовать профилирование или трассировку, и имеет много опций, управляющих типом профилирования. Несмотря на то, что многие функции из набора средств являются взаимоисключающими, возможно установить несколько версий *TAU* и настроить их на свое усмотрение. К дополнительным функциям *TAU* можно отнести динамическую двоичную инструментацию реализованную средствами *DynInst* [2], библиотеки-оболочки для *MPI* (использующие интерфейс *PMPI*), инструментацию для *Java* и *Python*.

*TAU* может работать в двух режимах: *Pprof* и *Paraprof*. Режим *Pprof* представляет собой инструмент, который в результате анализа кода в текстовом файле перечисляет функции в порядке возрастания времени потребления. *Paraprof* показывает те же данные, что и *Pprof*, но отображает их графически с помощью диаграмм и трехмерных изображений. Помимо этого в новых версиях *Paraprof* можно воспользоваться новым инструментом *PerfExplorer* [3] – интерфейсом для выполнения интеллектуального анализа данных. *TAU* может быть сконфигурирован таким образом, чтобы собрать полные пути вызова, чтобы получить лучшее представление о контексте каждого вызова функции. *TAU* не содержит встроенных средств просмотра трассировки. Вместо этого в *TAU* предусмотрен экспорт файлов трассировки его собственного формата в другие форматы, и в настоящее время поддерживает форматы таких программ как *Jumpshot's SLOG-2*, *KOJAK's EPILOG* и *VTF*.

Для проверки работы *TAU* был использован режим *Paraprof*, чтобы диагностировать проблемы производительности, так как *Paraprof* представляет собой наиболее функциональный пользовательский интерфейс, предоставляемый *TAU*. В результате *TAU* с легкостью смогла идентифицировать большинство медленных функций, но определить, как передача могла быть реструктурирована, чтобы получить эффективность, не представилось возможным.

Тестирование данного профилировщика и последующих, описанных в данной статье, было проведено на параллельном программном коде *LU*-разложения матрицы, реализованном с помощью *MPI* на *C++*.

В результате проведенного теста *Paraprof* показал, что большая часть времени приложения была потрачена на передачу, но мы не получили информацию о том, какие коммуникационные образцы вызывали ухудшение производительности. *Paraprof* смог легко идентифицировать большинство «узких» мест вычисления, но не предоставил достаточной информации, чтобы идентифицировать «узкие» места, которые следовали из переменных коммуникационных образцов.

Однако следует отметить, что, когда *TAU* профили были объединены с *TAU* трассировкой и инструментами визуализации, такими как *Jumpshot* или *Vampir*, стало возможным идентифицировать почти каждое «узкое» место в программном коде.

Библиотеки *TAU* для измерений также показали хороший результат, записывая данные профиля с минимальными издержками. Режимы профиля *TAU* обычно представляли незначительные временные накладные расходы (меньше чем 1%). Измерительные библиотеки *TAU* также представили минимальные накладные расходы времени (меньше чем 5%) в экспериментах трассировки.

Несмотря на то, что *TAU* отличается своей оперативностью и функциональной глубиной предложенных средств, существует ряд недостатков, о которых стоит упомянуть.

Во-первых, *TAU* для обеспечения своей основной функциональности использует другое программное обеспечение – *PDToolkit*, что делает процесс установки немного трудоемким, так как дополнительное программное обеспечение должно быть загружено и установлено до установки *TAU*.

Во-вторых, даже при том, что *TAU* оснащен подробным руководством пользователя, которое знакомит разработчика со всеми функциями *TAU*, на его изучение может потребоваться много времени.

Кроме того, иногда проще использовать другие инструменты трассировки вместо того, чтобы использовать их через *TAU*. Например, обычно проще использовать *mpicc-mpilog* и *Jumpshot*, чем проделать аналогичную последовательность операций, чтобы получить ту же функциональность, через *TAU*.

Несмотря на то, что пользовательский интерфейс *TAU* относительно простой в использовании, корректная компиляция и установка параметров, чтобы инструментовать код и подключить библиотеки, с первого раза получится едва ли. Однако более новые версии *TAU* обеспечивают сценарии, которые могут использоваться вместо вызовов компиляторов (например, *tau\_cc.sh* вместо *cc*), что делает намного проще инструментовать приложения.

В целом *TAU* – мощный, но сложный инструмент, хорошо подходящий для пользователей, которым необходима большая функциональность и которые готовы потратить время, чтобы изучить, как использовать его функционал в полном объеме.

### HPCToolkit

*HPCToolkit* [4] представляет собой набор инструментов, который помогает программистам собирать, организовывать и отображать данные профиля. Этот продукт работает на многих платформах, основанных на *Linux*, включая *IA32*, *Opteron* и системы *Itanium* с установленной библиотекой *PAPI*. Этот продукт также работает на *AlphaServer Tru64*, машинах *IRIX64 MIPS* и машинах *SPARC Solaris*. *HPCToolkit* может работать с любой скомпилированной исполняемой программой *MPI* и *OpenMP*. *HPCToolkit* не требует инструментария, но для нее необходимо, чтобы исполняемые программы были скомпилированы с отладочной информацией.

*HPCToolkit* состоит из нескольких инструментов, которые обеспечивают большую функциональность комплекта инструментальных средств. *Hpcrun* – инструмент для выполнения контролируемых запусков исполняемых программ, используя *PAPI*, который создает текстовые файлы профиля. Эти профили объединены с информацией о структуре формата исполняемых файлов которые созданы *hpcprof* – инструментом. Профили могут использоваться *hpcview*-инструментом, который собирает информацию о производительности и исходном коде, на который есть ссылки в файлах каталогов отчета и который может быть открыт *hpcviewer*-программой.

*HPCToolkit* позволяет пользователям собирать как временные, так и любые другие показатели *PAPI* (*Performance Application Programming Interface*) для каждого выбранного выполнения. Во время просмотра в *hpcviewer* эти измерения выведены на экран рядом с кодом программы. Пользователи могут объединять показатели, создавая выражения *MathML*, которые *hpcviewer*-инструмент использует при отображении данных. Кроме того, возможно включать показатели, собранные из различных выполнений в единственном *hpcviewer* сеансе.

При тестировании на поиск «узких» мест в программе *HPCToolkit* смог идентифицировать связанные вычисляемые разделы кода. В программе отсутствуют высокоуровневые коммуникационные измерения, поддерживаемые *PAPI*, поэтому *HPCToolkit* не смог показать коммуникационные характеристики приложения, кроме времени, проведенного в каждом вызове функции *MPI*. *HPCToolkit* легко идентифицирует ограниченные вычисления разделов кода, что не дает возможность выявить проблемы коммуникации. Накладные расходы не отличаются от накладных расходов обычных профилировщиков (от 1 до 5%).

*HPCToolkit* хорошо использовать в отладке проблем производительности в последовательном коде или в коде с небольшой передачей. *HPCToolkit* также предоставляет возможность связать измерения производительности со строками исходного кода.

Данные, представленные *HPCToolkit*, зачастую показывают, где время тратится в библиотеке (например, время, проведенное во внутренних вызовах функции *MPI*). Было бы полезно предоставить сведения о том, где информация синхронизации связана с кодом анализируемой программы, а не с внутренними подпрограммами, используемыми библиотеками, так как большинство программистов не заинтересованы в изменении кода библиотек для улучшения производительности.

В целом *HPCToolkit* лучше всего подходит для диагностики проблем производительности в последовательных частях параллельного приложения. *HPCToolkit* интеграция с *PAPI* и его превос-

ходная взаимосвязь с исходным кодом делают его очень ценным для настройки кода, чтобы минимизировать неудачные обращения в кэш и максимизировать число операций с плавающей точкой в секунду.

### **MpiP**

*MpiP* [5] – «легкий» инструмент для профилирования приложений *MPI*. Он поддерживает *Linux*, *Tru64*, *AIX IBM*, *Cray UNICOS* платформы. В то время как у многих инструментов есть проблемы при работе систем с тысячами процессоров, *mpiP* был успешно запущен на машинах с массовым параллелизмом.

*MpiP* собирает статистику по вызываемым функциям и генерирует отчет с гораздо меньшим количеством данных, чем стандартными возможностями *MPI*, однако такие отчеты гораздо легче обрабатываются.

На выходе программа предоставляет файл, из которого можно легко понять, что следует оптимизировать в первую очередь, при этом не запутываясь в гораздо более сложных файлах статистики *mpi*.

При тестировании на выявление «узких» мест кода *mpiP* смог идентифицировать проблемный участок в коде, где есть функции *MPI*, но не смог предоставить информацию о частях программы, где не используются функции *MPI*.

Тест данного инструмента на примере решения задачи *LU*-разложения матрицы показал, что значительная часть времени выполнения была потрачена на вызовы *MPI*. Издержки времени, наложенные *mpiP*, были небольшими, составляя в среднем меньше чем 3% для всех сравнительных тестов.

В то время как *mpiP* обеспечивает только небольшое количество информации о производительности при сравнении с другим средствами, большим количеством полнофункциональных инструментов, использование его может быть довольно ценно при попытке диагностировать проблемы коммуникации *MPI*, которые происходят, поскольку системный размер увеличен до нескольких тысяч процессоров.

Профилировщики долгое время использовались с последовательными программами, и большинство производителей программного обеспечения включали инструменты, такие как *prof*, *gprof*, или *pixie*, как часть их стандартных установок программного обеспечения. Большинство предоставленных поставщиками инструментов опирается на выборку стека вызовов и связывает информацию о производительности со строками исходного кода.

Множество параллельных профильных инструментов стараются обеспечить параллельное расширение подобных *prof* инструментов, таких как *PGI* [6], *vprof* [7], *HPMToolkit* [8], *PerfSuite*, в дополнение к текстовым выводам от *hpcprof* (*HPCToolkit*) и *pprof tools* (*TAU*), о которых уже говорилось ранее.

Двумя наиболее успешными коммерческими профильными инструментами, которые пытаются предоставить пользователю предложения о том, как исключать «узкие» места в их коде, является продукт *DEEP/MPI* компании *Crescent Bay Software* и *VTune* компании *Intel* (несмотря на то, что *VTune* в настоящее время доступен для последовательных программ только на платформах *Intel*).

Следует отметить продукт *SvPablo* [9], который представляет собой инструмент, способный выводить на экран значение производительности в виде цветовых шкал и располагать результаты рядом с кодом программы.

В отличие от других профилировщиков, упомянутых выше, у *SvPablo* есть графический интерфейс, который позволяет пользователям работать в интерактивном режиме. *SvPablo* также в состоянии сделать основной анализ производительности, автоматически производя диаграммы эффективности на основе зарегистрированных данных о производительности. *SvPablo* также использует независимый от языка формат файла для записи данных о производительности, которые позволяют интерфейсу визуализировать данные профиля с любого языка. *SvPablo* хорошо прошел тест на поиск «узких» мест в программе. Однако коммуникационные «узкие» места иногда невозможно точно определить, когда доступна только профильная информация.

Следующий инструмент, о котором хочется упомянуть, – это *AIMS* [10]. Этот продукт создан научно-исследовательским центром *AMES NASA*. Он является самым близким по функциональности к *TAU*. *AIMS* поддерживает визуализацию и возможности статистического анализа. К сожалению, *AIMS* не обновлялся с 1999 года, и запустить его на современных платформах не предоставляется возможным.

Профилировщик *PAT* [11], разработанный *Cray*, предлагает поддержку выборки, профилирования и трассировки и доступен на большинстве *Cray* платформ, таких как *X1/X1E* и *XD1*. В *PAT* есть возмож-

ность экспортировать данные в формате *XML* для использования с другими инструментами. Основные аналитические возможности, обеспеченные *PAT*, подобны *prof*-инструментам, *PAT Cray* может также работать с *Apprentice2* для визуализации и трассировками *MPI* и выбранными данными программы. *PAT* поддерживает большое разнообразие языков, включая *SHMEM*, *Co-Array Fortran*, *MPI* и *OpenMP*.

### Заключение

В статье представлены результаты экспериментального исследования современных программных инструментов анализа производительности параллельных программ. Описаны сильные и слабые стороны исследованных программ, сделаны выводы по наиболее эффективному использованию вышеописанных инструментов анализа производительности.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Mohr B. TAU: A portable parallel program analysis environment for C++ / B. Mohr, D. Brown, A. Malony // In CONPAR 94 – VAPP VI. 1994. P. 29-40.
2. Hollingsworth J.K. Dynamic program instrumentation for scalable performance tools / J.K. Hollingsworth, B.P. Miller, J. Cargille // In Scalable High Performance Computing Conference (SHPC). 1994.
3. Huck K.A. Perfexplorer: A performance data mining framework for large-scale parallel computing / K.A. Huck, A. D. Malony // SC2005. 2005.
4. Mellor-Crummey J. HPCVIEW: A tool for top-down analysis of node performance / J. Mellor-Crummey, R.J. Fowler, G. Marin, N. Tallent // The Journal of Supercomputing, 23(1):81-104. 2002.
5. Vetter J. Statistical scalability analysis of communication operations in distributed applications / J. Vetter, M. McCracken // In Principles and Practice of Parallel Programming (PPOP). 2001.
6. Portland Group, Incorporated // Сайт [pgprof.com](http://www.pgroup.com/products/pgprof.html). (<http://www.pgroup.com/products/pgprof.html>)
7. Browne S. PAPI: A portable interface to hardware performance counters / S. Browne, C. Deane, G. Ho, P. Mucci // In Department of Defense HPCMP Users Group Conference. 1999.
8. DeRose L. The hardware performance monitor toolkit // In 7th International Euro-Par Conference on Parallel Processing. 2001. P. 122-131.
9. DeRose L. Svpablo: A multi-language performance analysis system // L. DeRose, Y. Zhang, D. Reed // 10<sup>th</sup> International Conference on Computer Performance Evaluation – Modeling Techniques and Tools – Performance Tools. 1998. P. 352–355.
10. Yan J. Performance measurement, visualization and modeling of parallel and distributed programs using the AIMS toolkit // J. Yan, S. Sarukkai, P. Mehra // Software – Practice and Experience. 25(4). 1995. P. 429-461.
11. Galarowicz J. Analyzing message passing programs on the Cray T3E with PAT and VAMPIR // J. Galarowicz, B. Mohr // 4<sup>th</sup> European CRAY-SGI MPP Workshop. 1998. P. 29-49.

**Чайковский Дмитрий Станиславович** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика и программная инженерия» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Dmitry S. Chaikovsky** – Ph.D., Associate Professor  
Department of Applied Informatics  
and Software Engineering,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Гулевич Наталия Анатольевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика и программная инженерия» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Natalya A. Gulevich** – Ph.D., Associate Professor  
Department of Applied Informatics  
and Software Engineering,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

Статья поступила в редакцию 17.06.14, принята к опубликованию 25.09.14

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 711; 728

**А.Р. Енгоян, К.Р. Азатян**

### **АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ЦЕНТРА ЕРЕВАНА В НАСТОЯЩЕМ**

*Обсуждаются архитектурно-градостроительные проблемы жилой застройки центра Еревана на современном этапе. Изменения социально-экономических условий 1990-х годов наряду с другими задачами сказались также на процессе развития градостроительства центра столицы: в архитектуре отдельных жилых зданий, внедренных в центр, стало очевидно отсутствие предпосылок градостроительного формообразования. Проблемы этой области рассматриваются как в процессе застройки отдельных жилых зданий, так и в образовании двух главных композиционных направлений центрального ядра города – Северного и Главного проспектов.*

Архитектура, Ереван, центр, жилое здание, застройка, развитие, композиция, единство, распад

**A.R. Yengoyan, K.R. Azatyan**

### **ARCHITECTURAL AND URBAN PROBLEMS OF RESIDENTIAL DEVELOPMENT IN YEREVAN CENTRE AT PRESENT**

*The article discusses architectural and urban problems of residential development in Yerevan city centre at the present stage. Changes of socio-economic conditions in 1990s, among other problems, have affected the process of urban development of the capital. The absence of the urban shaping background became apparent in the architecture of separate residential buildings. The given issues are considered in the process of construction of individual residential buildings and formation of two main composition trends of the city core – the Northern and Main avenues.*

Architecture, urban, Yerevan, center, residential building, development, process, changes, composition, unity, collapse

Изменения социально-экономических условий в Армении, переход к рыночной экономике и частной собственности в 1990-х годах сказались и на градостроительстве, в том числе и на процессе развития застройки центра Еревана. Изменилась социальная сущность архитектуры. Основным заказчиком строительства вместо государства становится частный капитал, что приводит к кардинальным изменениям в архитектурно-строительном процессе. Хаотичное развитие градостроительства в первую очередь выразилось в центре столицы, который нуждался в реконструкции и новой застройке. Ценность участков здесь возрастала очень быстро, а отсюда и стремление удачного капиталовложения в центре города. Однако выбранное направление разрозненной архитектуры – насаждение не имеющих определенный облик штучных зданий противоречит основной заповеди градостроительного искусства – от целого к частному, от ансамблевой застройки к ее составляющим – основы гармоничного формообразования городской среды [1-3]. Проблемы в архитектуре центра Еревана проявились намного раньше, отражаясь в задачах оценки исторической застройки. Если в начальном периоде формирования армяно-советской архитектуры были разрушены многие старые крупные сооружения, которые могли бы в содействии с новыми придать своеобразный облик городу, то необоснованное пристальное внимание к исторической застройке 1970-80-х годов отразилось в противоположных

крайностях, которые выявились в нереальной оценке архитектурно-градостроительных свойств прошлого. При отсутствии детальных проектов и основной концепции застройки центра документом, определяющим развитие центра, в 1990 году становится так называемый «Проект обоснования охраны историко-культурной среды Еревана», имеющий, однако, лишь рекомендательный характер. В список памятников были внесены не выдающиеся произведения конструктивизма и национально-романтической архитектуры 1920-50-х годов, а отдельные сооружения, возведенные на рубеже XIX-XX столетий и являющиеся насаждением других культур и народов. Дело дошло до того, что под видом сохранения национального наследия сохранялся лишь фасад одноэтажной старой постройки, а на нем воздвигался многоэтажный жилой дом. В результате «складывания» рождался архитектурный конгломерат дурного вкуса. И таких примеров в центре Еревана накопилось немало (рис. 1). Стремление идеализации каждого элемента прошлого в результате задержало завершение застройки центра. Издержки в застройке прошлых времен нашли свое худшее проявление в новые времена. Процессы реконструкции в центре города, коммерциализация архитектуры с разбросом стиливых моделей определили тенденцию деформации облика города от благородного к вульгарному [3-5].



Рис. 1. Жилые дома по улицам Туманяна, Абовяна, Анрапетутян (1990-2000-е годы): фасады нижних этажей принадлежат сооружениям конца XIX века

В 1990-х годах в пределах центрального ядра города начинают вырастать многоэтажные жилые дома секционного и башенного типов. Тяжеловесные и массивные объемы этих сооружений малопримечательной архитектуры положительных эмоций вызвать не могут. Мало того, они в значительной степени нанесли ущерб целостности будущей застройки двух композиционных артерий центра Еревана – Главного и Северного проспектов. Процесс строительства этих проспектов начался с 2000-х годов, главными задачами которого стало решение вопросов освоения и финансирования, а проблема направления застройки центра в целенаправленное русло осталась в тени [3].

*Застройка Северного проспекта.* Постепенно работы по реконструкции центра с освоением ветхой застройки приобрели зримый характер и затронули, прежде всего, зону Северного проспекта. Опыт прошлого убеждал, что развитие центра должно идти в направлении выработки основной градостроительной концепции, следуя всем стадиям проектирования (ПДП, проекты застройки и отдельных объемов), и дальнейшей застройки на их основе. Однако оказалось, что ни желания, ни времени, ни профессионального уровня для этого не хватало. Минувя все стадии проектирования, процесс начался с закладки двух зданий на пересечении проспекта с улицей Туманяна.

Территория этого важнейшего градостроительного узла, устанавливающего пространственную связь между комплексами Оперного театра и Площадью Республики, была разделена на сетку лотов и выставлена на распродажу. При отсутствии централизованного финансирования, пожалуй, это было единственной возможностью начать реконструкцию центра. Но этому должны были предшествовать хотя бы утвержденные проекты застройки, в которых должны были быть заложены основные планировочные и объемно-пространственные решения с учетом архитектурно-градостроительных требований и ограничений (сетка улиц, линии застройки, габариты и этажность объемов, плотности застройки, разрывы между зданиями и т.д.). Только на этой основе возможно было разделить эту зону на отдельные участки, определяя для каждого из них задание на проектирование [6].

Примечательно, что в попытке внесения какого-то объединяющего начала в этот процесс были заданы некоторые параметры: ширина проспекта – 27 метров, высота застройки – 8 этажей, использование первых двух этажей под общественные помещения. Эти параметры, однако, исходили не из архитектурно-градостроительных задач, а из стремления выкроить в зоне проспекта максимальное количество лотов для продажи. При этом заказчики исходили сугубо из своих интересов: здания

должны занимать всю территорию участка, к ним не должны примыкать другие здания, все фасады должны выходить на улицу. Это предопределило конфигурацию застройки, ее чрезмерную плотность, островное расположение сооружений, появление сетки многочисленных улиц, проездов, перекрестков, расчлняющих зону проспекта по всем направлениям. Вместе с тем сами лоты оказались мелкой разрезки и большей частью треугольной конфигурации. Произошла трансформация периметральной квартальной застройки прошлого в некую неопределенную структуру, препятствующую достижению композиционной целостности проспекта (рис. 2).



Рис. 2. Застройка Северного проспекта. Трансформация периметральной застройки прошлого в неопределенную структуру препятствовала достижению композиционной целостности

Для наилучшего восприятия пространства улицы и ее архитектурной выразительности важное значение имеет правильный выбор пропорциональных соотношений высоты застройки к ширине улицы. Согласно теории архитектурной композиции, такое восприятие достигается при соотношении высоты застройки с шириной улицы, близкой к 1:2. Меньшее соотношение сужает пространство улицы, создает ощущение стесненности. На Северном проспекте при высоте застройки в восемь этажей (28 м) ширина улицы в линиях застройки составляет 27 м – соотношение 1:1. Такие пропорции по градостроительному нормированию соответствуют красным линиям лишь улиц местного значения или же улицам, от которых линия регулирования застройки отступает на 3-5 метров. Отсюда можно сделать вывод, что градостроительное решение Северного проспекта совершенно не соответствует назначению главной артерии городского центра.

Проблемы возникли также в решениях второстепенных улиц и проездов. Расстояния между жилыми зданиями здесь сократились до 10-20 м, что вызывает ощущение подавленности. А ведь 20 м – это показатель, нормируемый лишь для 4-этажной застройки. Чрезмерная плотность застройки без дворовых пространств не отражает и сейсмические требования, когда между зданиями необходимо оставлять свободные пространства, безопасные при возможных разрушениях. Не осталось участков также для озеленения, которые в значительной степени придают мажорное звучание архитектуре в целом. Таких примеров в Ереване много, когда гармоничное единство озеленения и архитектуры привело к созданию неповторимого облика застройки.

Проблемы архитектурной выразительности и своеобразия застройки вряд ли могут быть решены сооружениями, объединенными лишь единым членением фасадов и одинаковой этажностью. Проблемы повторяемости и однообразия в этом случае могут оказаться труднопреодолимыми даже при индивидуальном проектировании. Представляется, что при единстве композиции застройки каждое здание в ней должно иметь собственное звучание и свой пластический язык архитектуры, что позволяет избежать однообразия и повторяемости одинаковых мотивов. К положительным явлениям осуществления Северного проспекта можно отнести, по-видимому, лишь расчистку ветхой малоценной застройки прошлого в центре города. Но все же в застройке главной композиционной артерии Еревана – Северного проспекта хотелось видеть большее разнообразие объемной и пластической формы, придерживаясь принципа – разнообразие в единстве [7].

*Застройка Главного проспекта.* Если территория Северного проспекта расчищается под новую целостную застройку, то в случае Главного проспекта возникла иная градостроительная ситуация. Формирование в 1970-80-х годах этого проспекта в виде широкой благоустроенной эспланады, насыщенной малыми формами и водными устройствами, с градостроительной точки зрения было положительным явлением. В то же время с раскрытием бульвара выявилось вся разнохарактерность его застройки – от малоэтажных зданий старого города до новых сооружений XX века. Новая застройка 1950-60-х годов также оказалась немасштабной значительной ширине проспекта (80-90 м). Девятиэтажный жилой дом, заложенный на перекрестке с проспектом Маштоца, при своей значительной протяженности и однообразию решения фасадов внес еще больший диссонанс в эту среду. А размещение на разных участках проспекта за последние десятилетия громадных объемов в виде штучных



зданий различной формы, этажности и архитектуры еще более усугубило облик разношерстности застройки. Очевидно столь характерное для нашего времени отсутствие градостроительно-композиционного замысла и единства архитектурного облика (рис. 3) [3].



Рис. 3. Застройка Главного проспекта. Отсутствие градостроительно-композиционного замысла и единства архитектурного облика привело к чрезмерной разношерстности застройки

Еще с раскрытием проспекта уже стало ясно, что аморфная застройка по периметру совершенно не может организовывать это широкое пространство, нуждающееся в более крупных объемах и доминантах, могущих взять на себя композиционную нагрузку и способных объединить разрозненную застройку этой части города в единую целостную систему. Однако необходимо было определить размещение выгодных акцентов и доминант, зоны их композиционного воздействия, визуальные поперечные раскрытия, архитектурно-планировочное и объемно-пространственное решение застройки в целом. Отсутствие градостроительной концепции и соответствующих документов проектирования, однако, не оказалось помехой для широкого развертывания строительства и в этой важной части центра города. В настоящее время идут интенсивные процессы застраивания зоны проспекта. Территория раскроена на отдельные участки, распродана инвесторам, и идет активное строительство жилых домов повышенной этажности. Проектирование здесь идет по «апробированному» пути застройки Северного проспекта: та же расчлененная застройка, недопустимо близкие расстояния между домами, максимальная высота зданий при максимальной плотности застройки, раздробленность и композиционная разрозненность застройки.

*Штучные дома повышенной этажности.* Такое многообразие проблем присуще также процессу жилищного строительства в иных зонах центрального ядра города. В архитектуре отдельных жилых домов повышенной этажности очевидно отсутствие предпосылок градостроительного формообразования. Эволюция габаритных размеров и этажности, характерная нынешнему этапу развития застройки центра, опасна не только с точки зрения сейсмической угрозы. Внедрение таких крупных объемов в сравнительно небольшие кварталы центра приводит к недопустимому увеличению плотности застройки. Высокая этажность в результате становится опасной не только для устойчивости здания, но и для всего квартала. Не сохраняя разрывов между зданиями и переуплотняя застройку, такие сооружения представляют серьезную угрозу для жизни населения. Отрицательное воздействие плотности очевидно в последовательном снижении участков озеленения и благоустройства. Переуплотнение резко снижает также санитарно-гигиенические условия жилых образований (затенение квартир, нарушения вентиляции, инсоляции и т.д.) (рис. 4) [8].



Рис. 4. Штучные дома повышенной этажности в застройке центра. Искажения архитектурно-градостроительных решений и масштаба приводят к распаду единства комплекса центра

Процесс внедрения отдельных штучных домов повышенной этажности в центре лишен каких-либо градостроительно-композиционных принципов. Возводимые в разных местах отдельные здания не объединяются в объемно-пространственной системе центра. При отсутствии градостроительной концепции нет четких предложений относительно консолидации композиции важнейших узлов, на

основе которых можно будет развить комплекс застройки центра. Высотные здания современного этапа характеризуются также крайним проявлением нарушения масштаба. Искажения архитектурно-градостроительных решений приводят к распаду единства комплекса центра в целом [8, 9].

Обобщая тему, можно выделить основные градостроительно-композиционные проблемы жилой застройки центра Еревана:

– явление композиционной неопределенности в сочетании старого и нового в городском комплексе, обусловленное отсутствием композиционного взаимодействия последовательно сформированных элементов застройки разных времен;

– распад единства архитектуры в целом, связанный с постепенным ослаблением градостроительно-композиционных требований и столкновением старых и новых принципов застройки, а также при условиях полного отсутствия конкретных моделей застраивания;

– низкий уровень безопасности кварталов, связанный с чрезмерным уплотнением застройки, несовершенством архитектурно-планировочных решений и игнорированием соответствующих нормативных требований;

– ухудшение санитарно-гигиенических условий жилой среды, обусловленное увеличением плотности населения в небольших кварталах, сокращением озелененных участков, благоустройства и другими проблемами;

– отсутствие художественных критериев в процессе архитектурного формообразования, связанное с принципом спонтанного образования каждого элемента градостроительного пространства, где архитектурный облик застройки характеризуется чрезмерно обширным разнообразием вкусовых и стилевых моделей.

Главными задачами развития архитектуры центра на современном этапе являются:

- разработка основной градостроительной концепции,
- разработка проектов детальной планировки,
- разработка архитектурно-планировочных и объемно-пространственных решений застройки,
- восстановление приоритета градостроительного подхода,
- выявление задач сочетания старого и нового,
- возрождение принципа ансамблевой архитектуры,
- уточнение художественных критериев.

Опыт градостроительства показывает, что наиболее выдающиеся результаты при реконструкции городов достигались при активном вторжении в существующую градостроительную среду со строительством новых ансамблей застройки при сохранении и взаимосвязи со всем лучшим, что было создано в прошлом. Современная практика строительства раскрывает большие возможности в поисках новых архитектурных решений, в переходе от жесткой геометрии к разнообразию объемного построения и пластического языка архитектуры. Широкие возможности в этом отношении могли быть раскрыты и при реконструкции центра Еревана, но, похоже, этот шанс уже упущен [3, 9].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арустамян А.А. Формирование облика города в условиях рыночных отношений / А.А. Арустамян // Сборник научных трудов ЕГУАС. Ереван, 2011. Т. IV (43). С. 25-27.
2. Пронин Е.С. Формирование городских центров / Е.С. Пронин. М.: Стройиздат, 1983. 150 с.
3. Рашидян Г.Г. Центр Еревана – каким ему быть в будущем / Г.Г. Рашидян // Бюллетень строителей Армении. Ереван, 1999. № 3 (32). С. 13-15.
4. Линч К. Образ города: пер. с англ. / К. Линч. М.: Стройиздат, 1982. 328 с.
5. Азатян К.Р. Ансамблевое решение как одна из характерных особенностей архитектуры жилых зданий Еревана, сооруженных в 1920-1955 годах (на арм. языке) / К.Р. Азатян // Сборник научных трудов ЕГУАС. Ереван, 2011. Т. I (40). С. 32-40.
6. Рашидян Г.Г. Главная площадь Еревана во времени и пространстве / Г.Г. Рашидян. Ереван: Изд-во ЕГУАС, 2007. 155 с.
7. Иконников А.В. Художественный язык архитектуры / А.В. Иконников. М.: Искусство, 1985. 175 с.
8. Рашидян Г.Г. Метаморфозы Еревана (на арм. языке) / Г.Г. Рашидян // Бюллетень строителей Армении. Ереван, 1998. №10 (27). С. 5-7.
9. Мюллер-Менкенс Г. Новая жизнь старых зданий. Непрерывность развития архитектуры: пер. с нем. / Г. Мюллер-Менкенс. М.: Стройиздат, 1981. 247 с.

**Енгоян Анна Робертовна** – кандидат архитектуры, докторант, доцент кафедры «Архитектурное проектирование и дизайна архитектурной среды» Национального университета архитектуры и строительства Армении

**Anna R. Yengoyan** – Ph. D., Associate Professor Department of Architectural Engineering and Architectural Environment Design, National University of Architecture and Construction, Armenia

**Азатян Карен Рубенович** – кандидат архитектуры, докторант, доцент кафедры архитектурного проектирования и дизайна архитектурной среды Национального университета архитектуры и строительства Армении

**Karen R. Azatyan** – Ph. D., Associate Professor Department of Architectural Engineering and Architectural Environment Design, National University of Architecture and Construction, Armenia

*Статья поступила в редакцию 15.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 711.168

**Е.В. Корнева**

### **ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ФАКТОРЫ ОБОСНОВАНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

*Исследуются основные градостроительные факторы, используемые в методах обоснования реконструкции исторических комплексов в черте города. С помощью данных методов можно определить наиболее «привлекательный» с точки зрения реконструкции исторический объект. Приспособление исторических комплексов к современным условиям градостроительной среды способствует ее устойчивому развитию и рациональному использованию территориальных ресурсов.*

Реконструкция, исторический комплекс, градостроительная среда, градостроительные факторы

**E.V. Korneva**

### **URBAN FACTORS IN THE RECONSTRUCTION OF HISTORICAL COMPLEXES**

*The paper examines the main urban factors used in the reconstruction methods of historical complexes of the cities. Application of the given methods makes it possible to determine most attractive historical sites. Adaptation of historic complexes to modern conditions of urban planning facilitate sustainable development and rational usage of resources in a particular area.*

Reconstruction, historical complex, urban environment, urban factors

При обосновании целесообразности и профессиональном планировании проведения реконструкции исторических объектов в условиях современного города следует учитывать наиболее существенные градостроительные факторы [5]. При этом также необходимо стремиться, чтоб реализованный проект реконструкции способствовал устойчивому развитию градостроительной системы. Градостроительные факторы обоснования реконструкции исторических комплексов представлены на рис. 1.



Рис. 1. Градостроительные факторы обоснования реконструкции исторических комплексов

**1. Оценка градостроительной ситуации, характеристика земельного участка и географического ландшафта (К1).** Основой для проведения анализа градостроительного расположения исторического комплекса служить генплан города, который разрабатывается после разработки проекта районного планирования территорий. Планировочную структуру исторического города образуют следующие районы: исторический центр, старый город, озелененные территории (рекреационные зоны), прилегающие к центру территории, периферийные территории, производственно-промышленные районы, районы железнодорожного вокзала, аэропорта. При определении данного фактора разрабатывается градостроительное обоснование и оценивается необходимость внесения изменений в генеральный план города. Проводится сбор информации о характеристиках расположения участка реконструкции в существующей планировочной структуре города; размеров и площади участка; нормативных разрывов до окружающей застройки; актов на право постоянного пользования землей, а также владельцев на прилегающей территории; направлений использования, предусмотренных генеральным планом развития города; характеристики зеленых насаждений и других элементов благоустройства; рельеф участка (спокойный, равнинный, значение уклона и перепада высот по участку), отсутствие или наличие неблагоприятных геологически-оползневых и гидрогеологических воздействий на данный земельный участок. Также изучаются требования к инженерной подготовке территории, мероприятия по ее инженерной защите (планирование рельефа), планировочные ограничения, распространяющиеся на земельный участок, а именно: зоны охраны памятников культурного наследия, археологических территорий, исторического ареала населенного пункта; границы красных линий улиц – предоставленные на топографической съемке; санитарно-защитная зона объектов транспорта (автовокзалы) относительно жилой застройки; санитарно-защитные зоны от объектов, которые являются источниками выделения вредных веществ, запахов, повышенных уровней шума, вибрации, ультразвуковых и электромагнитных волн, электронных полей, ионизирующих излучений; зоны санитарной охраны от подземных и открытых источников водоснабжения, водозаборных и водоочистных сооружений, водоводов, объектов оздоровительного назначения и т.д. Коэффициент благоприятности градостроительной ситуации при реконструкции исторического комплекса определяется как сумма вышеперечисленных факторов и с использованием табл. 1:

$$KI = \sum_{i=1}^n a_i n_i. \quad (1)$$

Таблица 1

Фактор, учитывающий благоприятность градостроительной ситуации		Оценка, $a_i$ , количество баллов
Размещение исторического комплекса в существующей планировочной структуре города	Исторический центр, старый город	1,0
	Территории, примыкающие к центральным, рекреационные (озелененные) территории, периферия	0,5
	производственно-промышленные районы, районы ж/д вокзалов, аэропортов	0
Направление использования, предусмотрено генеральным планом развития города	удовлетворительный	1,0
	неудовлетворительный	0

Фактор, учитывающий благоприятность градостроительной ситуации		Оценка, <i>ап</i> , количество баллов
Термин пользования землей	постоянный	1,0
	долгосрочный	0,5
	краткосрочный	0
Термин пользования историческим объектом	постоянный	1,0
	долгосрочный	0,5
	краткосрочный	0
Состояние элементов благоустройства	удовлетворительное	1,0
	неудовлетворительное	0
Рельеф участка	равнинный (спокойный)	1,0
	холмистый	0,5
	горный, с существенными высотными перепадами	0
Геологические и гидрологические условия	благоприятные	1,0
	удовлетворительные	0,5
	неблагоприятные	0
Инженерная подготовка территории	необходима, но отсутствует	0
	предусмотрена; находится в удовлетворительном состоянии	0,5
	не нужна	1,0
Планировочные ограничения	отсутствуют	1,0
	незначительные	0,5
	существуют в большом количестве	0

Анализ градостроительной ситуации, характеристики земельного участка и географического ландшафта необходим для: оценки соответствия современным требованиям исторического комплекса, который подлежит реконструкции; определение будущего туристического, коммерческого, культурно-образовательного и рекреационного потенциала исторического объекта; оценки масштабов и капиталовложений в реконструкцию исторического комплекса, а также будущей прибыли инвестора.

**2. Экологическое состояние градостроительной среды (K2).** Безусловно, важным фактором при обосновании реконструкции исторических комплексов является благоприятная экологическая среда. Чем лучше экологическое положение в городе, где будет проходить реконструкция, тем больше вероятность привлечения инвестиций и дальнейшего развития данных территорий при инвестиционной деятельности. Сегодня загрязнять окружающую среду и чрезмерно потреблять природные ресурсы становится экономически невыгодным. Также при обосновании реконструкции исторического комплекса можно провести экологическое прогнозирование, чтобы подтвердить рентабельность дальнейшего развития в данном направлении (реконструкции). Экологическое прогнозирование – это научное предвидение возможного развития экосистем, обусловленное как природными, так и антропогенными процессами и влиянием [2]. Оно основывается на оценке современной экологической ситуации и существующих тенденций, уровня и характера загрязнений окружающей среды на основе перспектив социально-экономического развития территории. Чтобы рассчитать фактор обоснования реконструкции исторического комплекса, который учитывает экологическую ситуацию среды (K2), необходимо определить состояние воздуха и атмосферы (индекс загрязнения атмосферы ИЗА) – комплексный показатель, который равен сумме нормированных по ПДК и приведен к концентрации диоксида серы средних составляющих загрязняющих веществ. Для одного вещества

$$ИЗА = \left( \frac{C}{ГДК_{cc}} \right)^k, \quad (2)$$

где  $C$  – средняя за год концентрация,  $мг/м^3$ ;  $ГДК_{cc}$  – среднесуточная ПДК,  $мг/м^3$ , в случае отсутствия вместо нее принимается  $ГДК_{мр}$  или ОБУВ ( $ГДК_{мр}$  – максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест,  $мг/м^3$ ; ОБУВ – ориентировочно безопасные уровни воздействия);  $k = 1,7$  (класс опасности 1);  $k = 1,3$  (класс опасности 2);  $k = 1,0$  (класс опасности 3);  $k = 0,9$  (класс опасности 4).

Фактор, учитывающий экологическую ситуацию региона, в котором проводится реконструкция исторического комплекса (K2), равен

$$K2 = \frac{1}{ИЗА}. \quad (3)$$

**3. Состояние и развитость инженерно-транспортной инфраструктуры (К3)**

Коэффициент, учитывающий состояние и развитость инженерно-транспортной инфраструктуры (К3), определяется как сумма значений  $\beta_n$  (количество баллов согласно табл. 2)

$$K3 = \sum_{i=1}^n \beta_n. \quad (4)$$

Таблица 2

Составляющая, которая учитывается при оценке инженерно-транспортной инфраструктуры		Оценка, $\beta_n$ , количество баллов	
Состояние проложенных инженерных коммуникаций	Водопровод	удовлетворительное	1,0
		неудовлетворительное	0
	Канализация	удовлетворительное	1,0
		неудовлетворительное	0
	Электрические сети	удовлетворительное	1,0
		неудовлетворительное	0
Соответствие существующих инженерных сетей современным техническим достижениям	удовлетворительное		1,0
	требуют совершенствования		0,5
	неудовлетворительное		0
Соответствие полученных технических условий для данного объекта перспективному уровню потребления	полное		1,0
	частичное		0,5
	не соответствуют		0
Основные транспортные связи исторического комплекса с другими зонами города предусмотрены магистралями общегородского значения и комплексной транспортной схемой города	удовлетворительный уровень развития		1,0
	частично нуждаются в развитии		0,5
	требуют полного развития		0
Существование транспортно-пересадочных узлов	автовокзал(ы)		1,0(n)
	ж/д вокзал(ы)		1,0 (n)
	аэропорт(ы)		1,0 (n)
Разновидность доступного общественного транспорта	автобус		1,0
	троллейбус		1,0
	трамвай		1,0
	метро		1,0
	монорельсовый		1,0
Состояние и развитость сети тротуаров и пешеходных дорожек для организации движения пешеходов	удовлетворительное		1,0
	неудовлетворительное		0

**4. Состояние социальной инфраструктуры (К4).** Возможности социальной инфраструктуры в создании необходимых условий зависят от мощности ее экономического потенциала, который определяется ее современным состоянием и динамичностью, имеющимися объемами резервов и ресурсов.

Система расселения непосредственно предопределяет территориальную организацию социальной инфраструктуры или локализуется в поселениях, где происходит жизнедеятельность людей. Одно из главных требований к социальной инфраструктуре как территориальной подсистеме – абсолютная комплексность, т.е. необходимость одновременного согласованного развития всех звеньев. Каждый объект социальной инфраструктуры образует в пространстве собственную зону притяжения (территорию действия) – ограниченную (преимущественно учреждения здравоохранения, образования, жилищно-коммунального хозяйства) или ориентировочную, произвольную (большинство учреждений бытового обслуживания населения, торговли и общественного питания).

Границы зоны притяжения объектов зависят от специфики функционирования предприятий, учреждений и сооружений, особенностей региональной системы расселения, развития дорожной сети и транспорта. В обобщенном виде критерием оптимальности размещения социальной инфраструктуры является, прежде всего, территориальная доступность объектов. Учитывая все вышесказанное, коэффициент, учитывающий состояние и развитость социальной инфраструктуры,  $K_4^M$  можно определять как сумму значений  $\beta_n$  (количество баллов согласно табл. 3).

$$K4 = \sum_{i=1}^n \beta_n. \quad (5)$$

Таблица 3

Составляющая, учитываемая при оценке социальной инфраструктуры			Оценка, <i>ул</i> , кол-во баллов
Социально-бытовая сфера	Согласования с эксплуатирующей организацией (жилищно-коммунальное хозяйство) на обслуживание	проведено	1,0
		не проведено	0
	Заведения торговли	возможна организация в зоне исторического комплекса и существуют на прилегающих территориях	1,0
		функционируют на прилегающих территориях (без возможности организации в зоне исторического комплекса)	0,5
		отсутствуют	0
	Заведения общественного питания	возможна организация в зоне исторического комплекса и существуют на прилегающих территориях	1,0
		функционируют на прилегающих территориях (без возможности организации в зоне исторического комплекса)	0,5
		отсутствуют	0
	Уровень обеспеченности связью	достаточный	1,0
		требует совершенствования	0
Социально-культурная сфера	Существование действующих рекреационных объектов	присутствуют	1,0
		отсутствуют	0
	Существование действующих учреждений культуры, искусства и рациональность сотрудничества с ними	присутствуют (функциональное родство с историческим комплексом)	1,0
		имеются, но сотрудничество не рациональное	0,5
	отсутствуют	0	
Возможность проведения имиджевых мероприятий в зоне исторического комплекса	кино- и музыкальные фестивали	0,5	
	выставки	0,5	
	театрализованные представления	0,5	
	фольклорные фестивали	0,5	
Расположение исторического комплекса относительно зоны притяжения (территории действия) объекта социальной инфраструктуры (в случае существования нескольких зон притяжения баллы добавляются в соответствии с количеством зон наложения)	находится в зоне влияния	1,0	
	не находится в зоне влияния	0	
Уровень согласованности (совершенство аппарата управления) всех звеньев социальной инфраструктуры	полный	1,0	
	частичный	0,5	
	отсутствует	0	

**5. Архитектурно-художественные особенности исторического комплекса (K5).** Анализ архитектурно-художественных признаков исторического комплекса предполагает выявление его типичных и особенных архитектурных и эстетических особенностей, что нужно для формирования у инвестора представления о ценности данного объекта реконструкции, его уникальности и преимуществах по сравнению с другими объектами историко-культурного наследия. Методики денежной оценки памятников используют интегральный коэффициент, учитывающий ценность памятника как объекта культурного наследия. K5 определяется с применением показателей в табл. 4 и рассчитывается по формуле

$$K5 = 1 + K_{и} + K_{гр} + K_{к} + K_{э} + K_{ин} + K_{у}, \quad (6)$$

где  $K_{и}$  – коэффициент, учитывающий историческую ценность;  $K_{гр}$  – коэффициент, учитывающий градостроительную ценность;  $K_{к}$  – коэффициент, учитывающий уникальность общего композиционного решения;  $K_{э}$  – коэффициент, учитывающий выразительность экстерьера;  $K_{ин}$  – коэффициент, учитывающий выразительность интерьеря;  $K_{у}$  – коэффициент, учитывающий утилитарную ценность.

Таблица 4

Вид культурной ценности	Показатели	Кэф-т
Историческая ценность времени создания (Ки):	до XIII в.	2,1-2,5
	XIII-XVI в.	1,9-2
	XVII – до середины XVIII в.	1,7-1,8
	вторая половина XVIII в.	1,5-1,6
	1800-1820 гг.	1,3-1,4
	1821-1860 гг.	1-1,2
	1861-1900 гг.	0,7-0,9
	1901-1917 гг.	0,5-0,6
	1918-1933 гг.	0,3-0,4
	1934 – до даты оценки	0,1-0,2
Градостроительная ценность (Кг)	роль местоположения в системе развития или в природной среде:	
	повышение градостроительной ценности местоположения достопримечательности обогачения среды в связи с наличием достопримечательности (для памятников, расположенных за пределами населенных пунктов)	0,1-0,5 0,1-0,3
Эстетическая ценность: уникальность общего композиционного решения (Кк)	принадлежность памятника к творческому наследию определенного автора, место памятника в культуре, раритетность достопримечательности:	
	наличие единичных подобных объектов	0,6-0,8
	наличие незначительного количества подобных объектов	0,3-0,5
Выраженность экстерьера (фасадов) (Кэ)	высокая	0,6-0,7
	средняя	0,4-0,5
	низкая	0,1-0,3
Выраженность интерьера (внутреннего пространства) (Кин)	высокая	0,5-0,6
	средняя	0,3-0,4
	низкая	0,1-0,2
утилитарная ценность (Ку)	целесообразность решения типологических задач и степень оригинальности архитектурно-конструктивного решения:	
	уникальное решение	0,5-0,6
	редкое решение	0,3-0,4
	распространенное (традиционное) решение	0,1-0,2

**6. Соответствие исторического комплекса утвержденному функциональному назначению территории (К6).** Исследование данного фактора необходимо, поскольку, находясь в состоянии консервации исторический объект со временем перестает соответствовать современному утвержденному функциональному назначению прилегающих территорий, которые продолжали развиваться и изменяться в соответствии с потребностями общества. То есть этот фактор отражает возможность гармоничного взаимодействия исторического комплекса после реконструкции и уже сложившейся действующей среды. Исследования функционального соответствия исторического комплекса отражают уровень приспособления «нового органа» (исторического объекта после реконструкции) к «организму» (существующей среде). Ситуация, когда функциональное назначение исторического комплекса после реконструкции совпадает с утвержденным функциональным назначением территорий, на которых он расположен, является привлекательным для инвестора, поскольку исчезает необходимость дополнительных согласований в органах местного самоуправления. Расчет соответствия исторического комплекса утвержденному функциональному назначению территории (К6) проводится с использованием табл. 5.

Таблица 5

№ п/п	Оцениваемый параметр	Характеристика оцениваемого параметра	Значение фактора, К6
1	Соответствие исторического комплекса утвержденному функциональному зонированию	полная	1,0
		частичная	0,5
		не соответствует	0



Учитывая вышеупомянутые факторы, градостроительное обоснование реконструкции исторического комплекса будет определяться по формуле

$$\text{Ogr} = K1+K2+K3+K4+K5+K6. \quad (7)$$

**Выводы.** При высокой динамике изменений в градостроительной среде и существующем дефиците территориальных ресурсов проведение реконструкции исторических комплексов становится необходимостью и требует тщательного исследования всех факторов влияния в современном городе. Помимо экономических, политических и социальных факторов влияния, существенную роль также играет группа градостроительных факторов, с помощью которых и обосновывается целесообразность проведения реконструкции. В основе метода обоснования реконструкции исторических комплексов используется высказывание советского архитектора Георгия Павловича Гольца: «Необходимо изучить с особой тщательностью существующий город, так как строить приходится не на пустом месте, а включаясь в живой организм. Было бы недопустимо предлагать решения, оторванные от реальной ситуации города».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев С.А. Сохранение локальных исторических комплексов методами градостроительного регулирования: дис.... д-ра арх. / С.А. Агеев; Моск. арх. ин-т (Государственная академия), 2005. 364 с.
2. Щенков А.С. Современные проблемы консервации, реставрации и воссоздания объектов культурного наследия / А.С. Щенков // Архитектура и строительство. 2004. № 1. 24 с.
3. Ройзман А. Комплексная оценка инвестиционной привлекательности и инвестиционной активности российских регионов: методика определения и анализ взаимосвязей / А. Ройзман, И. Гришина, И. Шахназаров // Инвестиции в России. 2001. № 4. 28 с.
4. Ранинский Ю.В. Памятники архитектуры и градостроительства / Ю.В. Ранинский. М.: Высш. шк., 1988. 51 с.
5. Беккер А.Ю. Современная городская среда и архитектурное наследие: эстетический аспект / А.Ю. Беккер, А.С. Щенков. М., 1984. 146 с.
6. Градостроительная охрана памятников истории и культуры: сб. науч. тр. М.: Мин. культуры СССР; Научно-методический совет по охране памятников культуры, 1987. 60 с.

**Корнева Елена Валериевна** –  
аспирант кафедры «Городское хозяйство»  
Киевского национального университета  
строительства и архитектуры

**Elena V. Korneva** –  
Postgraduate  
Department of Municipal Economy,  
Kiev National University  
of Construction and Architecture

*Статья поступила в редакцию 12.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 72.03

**А.Б. Корчагина, О.В. Федорова**

### **ВЛИЯНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СТРАН ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЫ И РОССИЙСКИХ СТОЛИЦ НА АРХИТЕКТУРУ САРАТОВА РУБЕЖА XIX-XX ВЕКОВ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОДСТВЕННЫХ МОТИВОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ АРХИТЕКТУРНОМ ДЕКОРЕ**

*Рассмотрен вопрос вхождения архитектуры Саратова рубежа XIX-XX веков в общий контекст архитектуры стран Западной Европы и России рассматриваемого периода. Освещение данного вопроса позволяет воссоздать целостную картину формирования архитектуры на рубеже XIX-XX веков с включением в нее региональных аспектов и особенностей архитектуры Саратова рассматриваемого периода.*

Региональная архитектура Саратова, европейские влияния, столичные влияния, металлический декор

A.B. Korchagina, O.V. Fedorova

**ARCHITECTURAL TRENDS OF WESTERN EUROPEAN AND RUSSIAN CAPITALS  
IN THE ARCHITECTURE OF SARATOV AT THE TURN OF XIX-XX CENTURY:  
USING SIMILAR IDEAS IN METAL-MADE DÉCOR**

*At the turn of the XIX-XX centuries the basic trend in the architecture of Saratov was incorporation into the general architectural context of Western European and Russian big cities. The research allowed to build a holistic picture of Saratov architecture at the turn of the XIX-XX centuries including its regional aspects and specific features of the given period.*

Regional architecture of Saratov, European influences, metal decor

Архитектура рубежа XIX-XX веков занимает особое место в развитии мирового зодчества. По сравнению с предшествующими столетиями архитектурные стили на протяжении этого времени сменяли друг друга с невиданной быстротой. Эксперименты в области архитектурной стилистики, формообразования, типологии, конструкций приводили к созданию ярких произведений, появлению лидеров, ведущих поиски в различных направлениях. Этот процесс создал богатое архитектурное наследие. Поиски и эксперименты характерны и для мировой, и для российской, и для саратовской архитектуры рубежа XIX-XX веков.

Изучение формирования региональной архитектуры и ее взаимодействия с отечественным и мировым зодчеством актуально в связи с недостаточной изученностью процессов, идущих в регионах. Возникают требующие исследования вопросы о том, насколько региональная архитектура сохраняет свою идентичность в российской и мировой архитектуре, насколько сильны влияния извне. Важным является позиционирование региональной архитектуры в качестве полноценной составляющей отечественного и мирового историко-архитектурного процесса.

Исследование архитектуры наиболее значимых зданий и сооружений Саратова изучаемого периода позволило отметить их высокий художественный уровень, что отражает опосредованное влияние европейской и непосредственное влияние столичной архитектуры через работы известных зодчих: Ю.Н. Терликова, П.М. Зыбина, В.А. Люкшина, К.Л. Мюфке, С.А. Каллистратова и др. Ряд произведений, ныне объектов культурного наследия федерального значения, можно считать уникальными не только для Саратова, но и для всей российской архитектуры: Крытый рынок по проекту архитектора В.А. Люкшина, Консерватория архитектора С.А. Каллистратова, Ансамбль СГУ архитектора К.Л. Мюфке и многие другие.

Застройка конца XIX – начала XX вв. во многом определяет его современный архитектурный облик. При этом саратовское зодчество демонстрирует соразмерный с человеком масштаб, отсутствие столичной монументальности, характеризуется мелкой пластикой стен, наличием преобладающей симметрии в композиции жилых и общественных зданий, активным силуэтом, живописностью, а также контекстуальностью. В культовых сооружениях, наоборот, прослеживаются тенденции к монументализации объемов в связи с их доминирующей ролью в силуэте города. Построенные на рубеже XIX и XX вв. храмы отличаются большим разнообразием объемных композиций, декоративных деталей и преобладающим обращением к русскому зодчеству XVII века.

Важным фактором формирования архитектуры Саратова рубежа XIX-XX веков является влияние архитектурных направлений стран Западной Европы и российских столиц рассматриваемого периода.

Архитектура Саратова испытывала влияние Москвы – центра национальной русской культуры. В конце XIX – начале XX века в городской застройке Москвы можно выделить несколько стилистически различных потоков европейского «импорта» архитектурных форм, значение которых не было равным. Наиболее заметными были влияния формального языка Ар Нуво Франции и Бельгии и влияние Вены и Дармштадта. Определенную стилистическую ноту внес в среду города скандинавский вариант новой архитектуры, так называемый «северный модерн» [1].

Также ощутимое влияние на застройку Саратова оказывала архитектура Санкт-Петербурга – города, подверженного в основном западно-европейским классицистическим влияниям, где саратов-

ские зодчие получали профессиональное образование. Специфическими являются условия, в которые были поставлены архитекторы города.

Тесные связи прослеживались между странами и городами балтийского региона. Общие черты неоспоримы в архитектуре Швеции, Норвегии и северо-западных регионов Российской империи – Финляндии, Лифляндской и Эстляндской губерний, Санкт-Петербурга.

Искусство Финляндии рубежа 1880-1910 годов принято называть «kansallisromantiikka» – национальным романтизмом. Возникнув в рамках модерна, национальный романтизм развивался и стал самостоятельным культурным явлением. Соединение национальных мотивов с общеевропейской культурной традицией и подарило нам прекрасные архитектурные произведения национального романтизма. Позже период 1880-1910 годов был назван Suomen taiteen kultakausi, или «Золотой век финского искусства» – именно тогда оно выросло до международного уровня. Архитекторы наравне с художниками, композиторами и поэтами работали над тем, чтобы слава финского национального романтизма распространилась по всей Европе. Они искали вдохновение в видах средневековых церквей, в старинных украшениях и орнаментах.

Постройки невероятно живописны благодаря своей объемности, островерхим крышам и башням, игре света и тени. «Прочности» зданиям добавляет отделка первого этажа камнем, а легкости – фактурная штукатурка, которой покрывались верхние этажи. Национальный характер зданий подчеркивается традиционными для Финляндии материалами – деревом и необработанным серым гранитом. Нельзя не восхититься тем, как умело финские архитекторы вписывали свои постройки в природную среду. Однако не следует думать, что финские архитекторы стремились к обычной стилизации. В архитектуре прошлых столетий, как и в самой природе, они искали прообразы органичности.

Близость Санкт-Петербурга к финской границе обусловила появление традиций неоромантизма в архитектуре северной столицы в общественных и жилых сооружениях. В регионы России новые тенденции донесли несколько позже и имели свою местную специфику.

В Саратове традиции финской архитектуры прослеживаются в таких зданиях как городской банк П.М. Зыбина, особняк Ивановского В.А. Люкшина. Монументальность, строгость, угловатость архитектурных форм, симметрия, простота декора, руст, серая цветовая палитра – всё это было неотъемлемыми чертами банковской архитектуры того периода, характерными для петербургских построек и городов Финляндии. В особняке Ивановского, наоборот, больше лёгкости, камерности. Особняк асимметричен, композиционным акцентом служит круглый эркер с причудливым купольным завершением, окна разные по размерам, ритм вертикальных членений задают пилястры, отсутствует декор, цветовая палитра выполнена в песочных тонах. В подобной манере возводились жилые объекты в Финляндии, например, дом «Олофсборг» в г. Хельсинки по проекту знаменитых архитекторов Г. Гезеллиуса, А. Линдгрена, Г.Э. Сааринена [2].

Архитектура региона выражает потребность северных народов к обращению к древним романтизированным временам, отраженную течением «национального романтизма». Но оно неоднородно, с чертами историзма, нарождающегося функционализма, ретроспективизма, неоклассицизма (что особенно важно для региональной архитектуры Саратова с сильной классицистической традицией), модерна центрально-европейской стилистики. Через близкую Германию доходили влияния стран центральной Европы: Австрии и Франции.

Во Франции, как и в Бельгии, на рубеже XIX-XX вв. стали широко использоваться новые конструкции с широким применением металла и больших площадей остекления. Подобное решение как нельзя лучше подходило для зданий промышленного назначения и торговых сооружений. Эти годы отмечены бумом строительства крытых рынков по всей Европе. Хорошим примером является крытый рынок в г. Нарбонн во Франции, который находится в 400 м к юго-востоку от Кафедрального собора. Рынок был открыт 1 января 1901 года. Его архитектором был Виктор Бальтар. Металлический конструктивный каркас создает впечатление потрясающей лёгкости и ясности. Он также позволил сделать большие оконные проемы, сквозь которые в помещение проникает естественный свет.

Строительство крытых рынков шло повсюду, не обошли новые веяния и столичные города России. Так, по проекту архитектора Н.С. Китнера в г. Санкт-Петербурге в 1883-1885 гг. был построен целый торговый комплекс, состоящий из нескольких объектов, который, к сожалению, утрачен.

Примером подобного сооружения в Саратове служит здание Крытого рынка, построенного по проекту архитектора В.А. Люкшина.

Большой отпечаток на архитектуру Саратова накладывают немецкие архитектурные традиции, привнесенные немцами Поволжья. Так, например, построенная по проекту С.А. Каллистратова консерватория имеет в своём облике неоготические черты, вступая в контекст с существующей за-

стройкой того времени – лютеранской кирхой и собором Святого Климента. Башни с шатровым завершением, ритм контрфорсов, стрельчатые окна – характерные черты немецких церквей. Похожие готические черты мы можем найти и в торговых сооружениях как столичных городов, так и региональных, в том числе и в Саратове. Те же стрельчатые окна, ритм вертикальных членений, башенки, шатры, открытая кирпичная кладка, кирпичный декор, симметрия фасада – всё это отражает современные для того периода тенденции строительства немецких городов.

Немалую роль в становлении стилистических архитектурных исканий и направлений сыграли печатные издания. Русские художественные и архитектурные журналы, как правило, перепечатывали заметные зарубежные публикации, немало почерпнутых оттуда проектов В. Орта, П. Анкара, Ж. Лавиротта, Г. Гимара и орнаментов А. Мухи было включено в популярную «Архитектурную энциклопедию второй половины XIX века» Г.В. Барановского. Перепечатывая проекты еще не осуществленных построек, конкурсные проекты, эскизы выдающихся мастеров, русская архитектурная периодика давала возможность легкого заимствования их формальных находок.

Неотъемлемой частью становления процесса заимствования черт новой архитектуры стали международные выставки, которые проходили в разных городах Европы и не оставались без внимания российских зодчих, в том числе и саратовских. Всемирная выставка 1900 г. в Париже занимает особое место в истории европейского модерна. Она явилась смотром всех новаторских европейских художественных тенденций, которые благодаря ей все же обрели черты единого стилевого направления. Стиль предстал в контексте многообразной среды, преобразованной в соответствии с новыми эстетическими вкусами. Дармштадтская выставка 1904 г. показала как излюбленным венским приемом стали арочные оконные проемы. Международная выставка в Глазго 1901 г. была задумана как ретроспектива достижений XIX века в области искусства. На ней были представлены архитектурные произведения, сочетавшие в себе национальные традиции разных стран и современные интернациональные черты. К ним можно отнести использование новейших материалов и конструкций, внедрявшиеся в связи с быстрыми темпами развития экономики. В Москве в декабре 1902 – январе 1903 года прошла Выставка архитектуры и художественной промышленности нового стиля. Представленные на ней объекты отражали приверженность российских архитекторов венским архитектурным течениям того времени. Выставка «Современное искусство», «Выставка Архитектуры и художественной промышленности нового стиля» 1902 и 1903 годов в Петербурге и Москве явились заметными событиями в развитии русского модерна.

Яркой чертой, объединяющей на рубеже XIX и XX веков архитектуру Саратова, столичных российских и западно-европейских городов, был металлический архитектурный декор. Металл в декоративных целях широко использовался в ограждениях балконов, воротах, ограждениях парапетов и завершениях крыш. Архитекторы рубежа XIX-XX веков старались максимально использовать пластические и выразительные средства художественного литья иковки.

Самым распространенным мотивом являлись плавные формы, близкие природным, растительным. То, что было сложно передать посредством материалов предшествующих этапов развития архитектуры, теперь нашло свое выражение в металлическом декоре.

Новый язык форм, использованный русским модерном, не только не обладал стилистической цельностью своих основных западно-европейских аналогов, но и неизбежно оказывался результатом более или менее удачных интерпретаций или заимствований. Большинство саратовских зодчих уловило прежде всего стиль новой орнаментики, декора, а не объемно-пространственные новации, которые открывал новый стиль. Лишь во второй половине 1900-х годов русская архитектурная мысль подошла к пониманию проблемы внутренней целесообразности архитектурных форм и конструкций модерна.

В книге «Стиль и эпоха» М.Я. Гинзбург отмечал, что сущность модерна заключается в том, что он был «признаком испытываемого томления по новому, отчетливого появления усталости от изжитой классической системы ... в нем появляется даже здоровая мысль об откровенном выявлении новых строительных материалов и конструктивных приемов» [3].

Хотя существование модерна было непродолжительным, он прочно вошел в жизнь как столичных, так и крупных провинциальных городов, став всеобъемлющим явлением. В столицах модерн своим проявлением противостоял историзму и эклектизму. Лидеры модерна в столичных городах пытались средствами искусства обновить и изменить мир. Рационализм в модерне соседствовал с декоративизмом, иногда весьма изысканным.

Саратов в конце XIX – начала XX века отличался самобытным путем развития, несмотря на то, что в целом его архитектура шла в русле формирования отечественного зодчества. Она соединяла в себе черты столичной российской и европейской архитектуры, которые особым образом преломля-

лись в региональном зодчестве, что и определяло своеобразие архитектурного облика города. Саратовские зодчие переосмысливали и перерабатывали архитектурные формы, композиционные приемы и принципы, конструктивные системы, выработанные в Европе и России.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нащокина М.В. Модерн в архитектуре Москвы: проблема своеобразия и западноевропейских влияний: дис. ... д-ра искусствоведения в форме науч. докл.: 18.00.01: утв. 21.07.2000 / Нащокина Мария Владимировна. М., 2000. 71 с.
2. Всеобщая история архитектуры: в 12 т. Т. 10. Архитектура XIX – начала XX вв. / под ред. С.О. Хан-Магомедова (отв. ред.), П.Н. Максимова, Ю.Ю. Савицкого. М.: Стройиздат, 1972. 296 с.
3. Гинсбург М.Я. Стиль и эпоха: проблемы современной архитектуры / М.Я. Гинсбург [Электронный ресурс «TOTALARCH». Режим доступа: <http://theory.totalarch.com/node/77>].

**Корчагина Александра Борисовна** – аспирант, ассистент кафедры «Архитектура» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Aleksandra B. Korchagina** – Postgraduate, Assistant Lecturer, Department of Architecture, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Федорова Ольга Викторовна** – аспирант, ассистент кафедры «Дизайн архитектурной среды» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Olga V. Fedorova** – Postgraduate, Assistant Lecturer, Department of Architecture and Environmental Design, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 17.06.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 624.04

**Н.В. Купчикова**

#### **ОЦЕНКА ГАРМОНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СВАЙНЫЕ ФУНДАМЕНТЫ С СОВМЕСТНЫМИ ПОВЕРХНОСТНЫМИ И КОНЦЕВЫМИ УШИРЕНИЯМИ**

*С помощью методики расчёта свай, основанной на свойствах изображений Фурье финитных функций, выведена формула определения коэффициента постели по деформации свободного конца сваи с помощью дифференциальных уравнений в обобщённых функциях на действие гармонического нагружения. Выполнен сравнительный анализ аналитического исследования напряжённо-деформированного состояния свай с уширениями и базовой конструкции свай без уширений с натурными исследованиями*

Конструкция свай, уширения, гармоническое воздействие, методика расчёта, свойства изображений Фурье финитных функций

**N.V. Kupchikova**

#### **EVALUATING HARMONIC INFLUENCE ON THE PILE FOUNDATION WITH A JOINT SURFACE AND END BROADENING**

*The method for calculating piles based on the image properties of the Fourier finite functions was used to derive a formula for determining the bed coefficient by the deformation in the free end of a pile using differential equations in the generalized functions on the effect of harmonic loading. A comparative study was applied for analytical and*

*field research of the stress-strain state in the piles with the broadening, and the basic design of piles without the broadening.*

Construction piles, broadening the harmonic effects, method of calculation, the properties of the image Fourier finite functions

Для оценки сейсмических воздействий на свайные фундаменты удобно использовать спектры максимальных реакций или спектры откликов [1-3]. Спектры максимальных реакций (перемещений, скоростей и ускорений) на колебания основания – одна из наиболее важных, полезных и широко используемых характеристик кинематического воздействия.

Спектры максимальных реакций (откликов или ответов) представляют собой функции максимальных перемещений, скоростей или ускорений, зависящих от частоты или периода колебаний простейших колебательных систем (систем с одной степенью свободы) на заданное колебание основания. Колебание основания может представлять движение поверхности грунта природного или техногенного происхождения. В настоящее время спектры ответов используются практически во всех нормативных документах и руководствах по расчёту сооружений на сейсмостойкость. В российских нормах для оценки сейсмических воздействий используется понятие «спектральный коэффициент динамичности»  $\beta$ . Кривые коэффициента динамичности  $\beta$  в российских нормах строятся как функции периода свободных колебаний осциллятора.

Во многих случаях необходимо определять только максимальные значения внутренних усилий и перемещений. Спектры ответов позволяют определять эти величины, т.к. представляют собой реакции механических систем на кинематические воздействия.

Спектры ответов можно вычислить, выполнив преобразование Фурье кинематического сейсмического воздействия.

Для построения спектров ответов с использованием интегрального преобразования Фурье найдём производную интеграла Дюамеля:

$$u(t) = -\frac{1}{\omega_d} \int_0^t \ddot{u}_g(\tau) \sin \omega_d(t-\tau) e^{-\omega_n \xi(t-\tau)} d\tau, \text{ которая при } \xi = 0 \text{ имеет вид}$$

$$\dot{u}(t) = -\left[ \int_0^t \ddot{u}_g(\tau) \cos \omega \tau d\tau \right] \cos \omega t + \left[ \int_0^t \ddot{u}_g(\tau) \sin \omega \tau d\tau \right] \sin \omega t. \quad (1)$$

Обозначив максимальное значение относительной скорости  $S_v(\omega)$ , системы с собственной частотой  $\omega$ , которое достигается в момент времени  $t_v$ , запишем амплитудное значение скорости:

$$S_v(\omega) = \sqrt{\left[ \int_0^{t_v} \ddot{u}_g(\tau) \cos \omega \tau d\tau \right]^2 + \left[ \int_0^{t_v} \ddot{u}_g(\tau) \sin \omega \tau d\tau \right]^2}. \quad (2)$$

Преобразование Фурье функции  $\ddot{u}_g(t)$  определяется выражением

$$F[\ddot{u}_g(t)] = \int_0^{t_k} \ddot{u}_g(t) e^{i\omega t} dt, \quad (3)$$

где  $t_k$  – продолжительность землетрясения. Амплитудный спектр Фурье  $|F[\ddot{u}_g(t)]|$  определяется как корень квадратный из суммы квадратов действительной и мнимой части изображения Фурье:

$$|F[\ddot{u}_g(t)]| = \sqrt{\left[ \int_0^{t_k} \ddot{u}_g(t) \cos \omega t dt \right]^2 + \left[ \int_0^{t_k} \ddot{u}_g(t) \sin \omega t dt \right]^2}. \quad (4)$$

Если максимальное значение перемещений  $S_d(\omega)$  достигается в момент времени  $t_d = t_k$ , то

$$S_{pv}(\omega, 0) = \omega S_d(\omega, 0) = \sqrt{\left[ \int_0^{t_d} \ddot{u}_g(\tau) \cos \omega \tau d\tau \right]^2 + \left[ \int_0^{t_d} \ddot{u}_g(\tau) \sin \omega \tau d\tau \right]^2}. \quad (5)$$

Сравнивая зависимости (4) и (5), можно отметить, что при  $t_d = t_k$  амплитудный спектр Фурье ускорений поверхности грунта и спектр псевдоскоростей равны

$$S_{pv}(\omega, 0) = |F[\ddot{u}_g(t)]|. \quad (6)$$

Учитывая соотношения (1) и (6), можно записать следующую зависимость между спектрами максимальных перемещений, скоростей и ускорений с малым для систем демпфированием:

$$S_{pv}(\omega, \xi) = \omega S_d(\omega, \xi) = \frac{S_a(\omega, \xi)}{\omega}. \quad (7)$$

Учитывая, что спектр максимальных псевдоскоростей и амплитудный спектр ускорений поверхности грунта равны, для построения спектров ответов для упругих линейных систем можно использовать преобразование Фурье функции ускорений поверхности.

Кроме того, можно получить ещё одно полезное соотношение между спектрами максимальных реакций и амплитудным спектром ускорений поверхности грунта. Применив преобразование Фурье к обеим частям уравнения (2), получим

$$\ddot{u} + 2\omega_n \xi \dot{u} + \omega_n^2 u = -\ddot{u}_g \Rightarrow \tilde{u}(-\omega^2 - i\omega 2\omega_n \xi + \omega_n^2) = -F(\ddot{u}_g). \quad (8)$$

Преобразовав выражение, получим

$$\tilde{u} \omega^2 \left(-1 - i2 \frac{\omega_n}{\omega} \xi + \frac{\omega_n^2}{\omega^2}\right) = -F(\ddot{u}_g). \quad (9)$$

Учитывая, что максимальные значения перемещений достигаются при  $\omega \approx \omega_n$ , выражение (9) можно представить в виде

$$S_d(\omega, \xi) \omega^2 2\xi = |F(\ddot{u}_g)|. \quad (10)$$

Учитывая соотношение (10), получим

$$S_a(\omega, \xi) = \left| \frac{F(\ddot{u}_g)}{2\xi} \right|. \quad (11)$$

Таким образом, спектры максимальных реакций можно получить, выполнив преобразование Фурье функции  $\ddot{u}_g$ .

Предположим, что доминирующая частота сейсмического воздействия равна  $\omega$ . Тогда максимальное сейсмическое воздействие можно определить по спектру ответов. Это будет значение, соответствующее частоте  $f = \frac{\omega}{2\pi}$  (рис. 1).

Далее можно воспользоваться расчётами на гармоническое воздействие. При расчете на динамические воздействия дифференциальное уравнение изгиба сваи в околопространстве основания имеет вид

$$EI_2 \frac{d^4 u_2}{dx^4} + k_2 u_2 + \rho A \frac{d^2 u_2}{dt^2} = EI_2 u(0) \delta'''(x) - EI u(l_2) \delta'''(x-l_2) + EI_2 u'(0) \delta''(x) - EI_2 u'(l_2) \delta''(x-l_2) + M(0) \delta'(x+l_2) - M \delta'(x-l_2) + Q(0) \delta(x+l_2) - Q(l_2) \delta(x-l_2) \quad (12)$$

где  $\rho$  – плотность материала сваи,  $A$  – площадь сечения сваи.

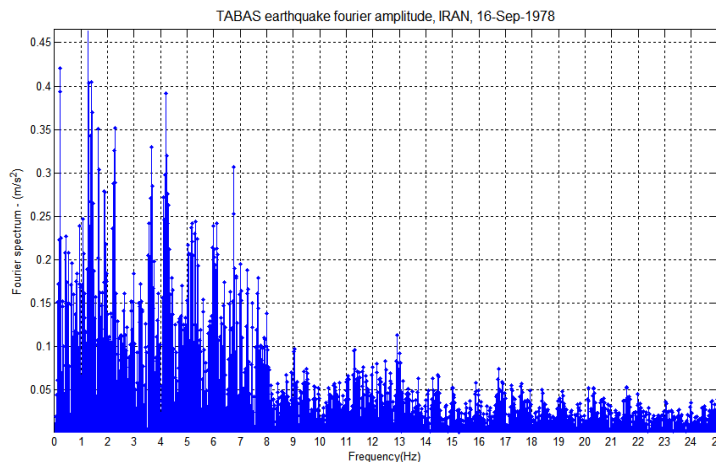


Рис. 1. Спектр ответов и преобразование Фурье функции

$$EI_2 \frac{d^4 u_2}{dx^4} + k_2 (u_2 + u_s) + \rho A \frac{d^2 u_2}{dt^2} = EI_2 u(0) \delta'''(x) - EI u(l_2) \delta'''(x-l_2) + EI_2 u'(0) \delta''(x) - EI_2 u'(l_2) \delta''(x-l_2) + M(0) \delta'(x+l_2) - M \delta'(x-l_2) + Q(0) \delta(x+l_2) - Q(l_2) \delta(x-l_2) \quad (13)$$

$$EI_2 \frac{d^4 u_2}{dx^4} + k_2 u_2 + \rho A \frac{d^2 u_2}{dt^2} = EI_2 u(0) \delta'''(x) - EI u(l_2) \delta'''(x - l_2) + EI_2 u'(0) \delta''(x) - EI_2 u'(l_2) \delta''(x - l_2) + M(0) \delta'(x + l_2) - M \delta'(x - l_2) + Q(0) \delta(x + l_2) - Q(l_2) \delta(x - l_2) - k_2 (u_2) \quad (14)$$

Применим преобразование Фурье, разделив обе части уравнения на изгибную жёсткость  $EI$ , введя общепринятое обозначение  $\frac{k}{EI} = 4\beta^4$ , здесь  $\nu$  и  $\omega$  – параметры преобразования Фурье по длине  $(x)$  и по времени  $(t)$ :

При гармоническом воздействии дифференциальное уравнение имеет вид, подобный уравнениям статики, у которых параметр  $\beta$  уменьшается на величину, равную  $\rho A \omega^2$ :

$$\tilde{u}(\nu) \left[ \nu^4 + \frac{k}{EI} - \rho A \omega^2 \right] = u(l_1, \omega) (-i\nu)^3 e^{-i\nu l_1} + u'(l_1, \omega) (-i\nu)^2 e^{-i\nu l_1} + \frac{M(l_1, \omega) (-i\nu) e^{-i\nu l_1}}{EI_i} + \frac{Q(l_1, \omega) e^{-i\nu l_1}}{EI_i} - u(l_2, \omega) (-i\nu)^3 e^{i\nu l_2} - u'(l_2, \omega) (-i\nu)^2 e^{i\nu l_2} - \frac{M(l_2, \omega) (-i\nu) e^{i\nu l_2}}{EI_i} - \frac{Q(l_2, \omega) e^{i\nu l_2}}{EI_i} - 4\beta^4 u_2 \quad (15)$$

$$\tilde{u}(\nu) \left[ \nu^4 + 4\beta^4 \left( 1 - \frac{\rho A \omega^2}{k} \right) \right] = u(l_1, \omega) (-i\nu)^3 e^{-i\nu l_1} + u'(l_1, \omega) (-i\nu)^2 e^{-i\nu l_1} + \frac{M(l_1, \omega) (-i\nu) e^{-i\nu l_1}}{EI_i} + \frac{Q(l_1, \omega) e^{-i\nu l_1}}{EI_i} - u(l_2, \omega) (-i\nu)^3 e^{i\nu l_2} - u'(l_2, \omega) (-i\nu)^2 e^{i\nu l_2} - \frac{M(l_2, \omega) (-i\nu) e^{i\nu l_2}}{EI_i} - \frac{Q(l_2, \omega) e^{i\nu l_2}}{EI_i} - 4\beta^4 u_2 \quad (16)$$

Обозначим правую часть уравнения  $Q(\nu)$  и  $\eta^2 = \frac{\rho A \omega^2}{k}$ , получим

$$\tilde{u}(\nu) \left[ \nu^4 + 4\beta^4 (1 - \eta^2) \right] = Q(\nu) \quad \tilde{u}(\nu) = \frac{Q(\nu)}{\nu^4 + 4\beta^4 (1 - \eta^2)} \quad (17)$$

Отметим, что знаменатель полученного уравнения отличается от статического уравнения свободным членом:  $\nu^4 + 4\beta^4 (1 - \eta^2) = 0$ .

Уравнения (16), (17) содержат восемь неизвестных значений на концах сваи. В соответствии с теоремой Винера-Пэли-Шварца функция  $Q(\nu)$  является целой функцией, так как представляет собой изображение Фурье финитной функции. Числитель выражения, представляющий собой сумму целых функций, должен содержать нули знаменателя. Поэтому должны выполняться четыре условия:  $\tilde{u}(\nu_j) = 0$ ,  $j = 1, 2, 3, 4$ , где  $\nu_j$  – корни выражения  $\nu^4 + 4\beta^4 (1 - \eta^2) = 0$ . Таким образом, решение динамической задачи при гармоническом воздействии для свай в упругой среде сводится к решению аналогичных статических задач, в которых коэффициент, характеризующий упругие опоры и жёсткость сваи  $\beta$ , заменяется коэффициентом  $\beta^4 \sqrt{1 - \eta^2}$ .

Определим корни выражения  $\nu^4 + 4\beta^4 (1 - \eta^2) = 0$ , которые понадобятся для дальнейших алгебраических преобразований.

$$\begin{aligned} \nu_1 &= \sqrt[4]{2} \sqrt[4]{1 - \eta^2} \beta (1 + i); \quad \nu_2 = \sqrt[4]{2} \sqrt[4]{1 - \eta^2} \beta (-1 + i); \\ \nu_3 &= \sqrt[4]{2} \sqrt[4]{1 - \eta^2} \beta (-1 - i); \quad \nu_4 = \sqrt[4]{2} \sqrt[4]{1 - \eta^2} \beta (1 - i). \end{aligned} \quad (18)$$

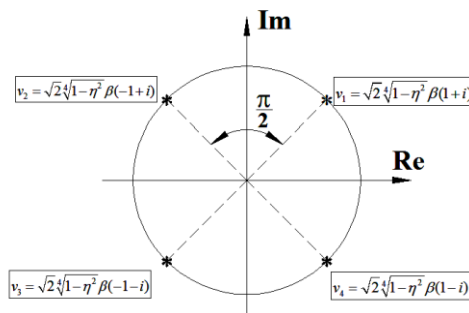


Рис. 2. Представление корней выражения  $\nu^4 + 4\beta^4 (1 - \eta^2) = 0$  на комплексной плоскости



$$u(l_1)(-iv_j)^3 e^{-iv_j l_1} - u(l_2)(-iv_j)^3 e^{iv_j l_2} + u'(l_1)(-iv_j)^2 e^{-iv_j l_1} - u'(l_2)(-iv_j)^2 e^{iv_j l_2} + \frac{M(l_1)(-iv_j)e^{-iv_j l_1}}{E_i I_i} - \frac{M(l_2)(-iv_j)e^{iv_j l_2}}{E_i I_i} + \frac{Q(l_1)e^{-iv_j l_1}}{E_i I_i} - \frac{Q(l_2)e^{iv_j l_2}}{E_i I_i} - 4\beta^4 u_c = 0, \quad (19)$$

где  $j = 1, 2, 3, 4$ .

Четыре уравнения устанавливают зависимости между восемью граничными условиями, т.е. представляют собой конечный элемент сваи на упругом основании. Для расчета сваи с переменными жесткостью или коэффициентами постели необходимо разделить конструкцию сваи на конечные элементы и записать общую матрицу, учитывая равенство перемещений, углов поворота, поперечных сил и моментов в местах сопряжения конечных элементов. Амплитудные значения внутренних усилий и деформаций базовой конструкции сваи и сваи с уширениями от гармонической нагрузки, полученные в результате расчёта по данной методике, изображены на рис. 3, 4.

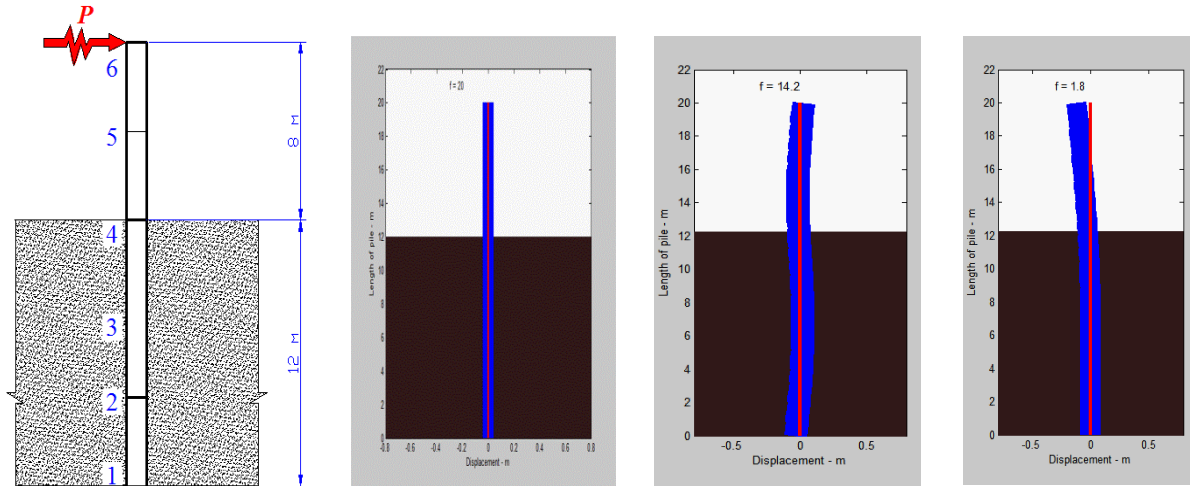


Рис. 3. Иллюстрации колебания сваи в результате гармонического воздействия

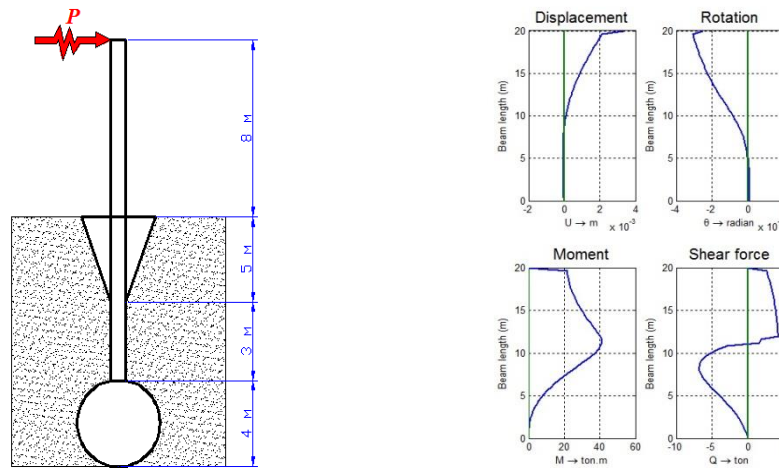


Рис. 4. Амплитудные значения внутренних усилий и деформаций сваи с уширениями от гармонической нагрузки

Разработанная методика, основанная на свойствах изображений Фурье финитных функций, позволяющая рассматривать напряженно-деформированное состояние свай с кусочно-постоянными параметрами на гармонические воздействия в [4, 5], показала хорошую сходимость аналитических результатов с результатами натурных экспериментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Курбацкий Е.Н. Метод расчета строительных конструкций с использованием дискретного преобразования Фурье / Е.Н. Курбацкий // Конструкции жилых зданий. М.: ЦНИИЭПЖилища, 1987.
2. Золина Т.В. Автоматизированная система расчета промышленного здания на крановые и сейсмические нагрузки / Т.В. Золина, П.Н. Садчиков // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 14-16.

3. Модели при решении технических задач / В.С.Федоров, В.М. Бондаренко // Перспективы развития строительного комплекса: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. / ред. В.А. Гутман, Д.П. Ануфриев. Астрахань: ГАОУ АО ВПО «АИСИ», 2014. С. 262-267.

4. Курбацкий Е.Н. Соотношение между интегралом Фурье и спектрами ответов при оценке сейсмического воздействия на свайный фундаменты / Е.Н. Курбацкий, Н.В. Купчикова, Сан Лин Тун // Энергоресурсосберегающие технологии: Наука. Образование. Бизнес. Производство: сб. тр.V Междунар. науч.-практ. конф., Астрахань, 24-28 окт. 2011 г. Астрахань, 2011. С. 173-178.

5. Купчикова Н.В. Методика расчёта свайных фундаментов с уширениями на сейсмические воздействия, основанная на свойствах изображения Фурье финитных функций / Н.В. Купчикова // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 24-31.

**Купчикова Наталья Викторовна** – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, организация строительства и экспертиза, управление недвижимостью» Астраханского инженерно-строительного института

**Natalya V. Kupchikova** – Ph.D., Associate Professor, Head: Department of Technology, Construction Organization and Expertise, and Property Management, Astrakhan Institute of Civil Engineering

*Статья поступила в редакцию 02.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 69.052

**В.Е. Никишин**

### **УЧЕТ В РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ СПОСОБОВ ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЯ, УКЛАДКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИСПЕРСНЫХ ВЯЖУЩИХ**

*Посвящена разрабатываемой технологии строительства асфальтобетонных покрытий с использованием дисперсных вяжущих. До настоящего времени все стадии строительства рассматривались независимо друг от друга. Разработка технологии строительства покрытий позволит определить количественные значения параметров, влияющих на процессы структурообразования в асфальтобетоне с дисперсным битумом.*

Технология строительства, дисперсные вяжущие, асфальтобетон, процессы структурообразования, минимально допустимые коэффициенты вариации

**V.E. Nikishin**

### **FABRICATION, LAYING AND EXPLOITATION TECHNIQUES IN ASPHALT CONCRETE COVERING USING DISPERSAL CEMENTING COMPONENTS**

*The paper describes a technology for asphaltic concrete pavements using dispersed cementing components. So far, all the construction stages have been considered independently. Developing a new pavement technology allows for determination of qualitative characteristics which can influence the structural processes in the formation of asphalt concrete with dispersed bitumen.*

Construction technology, dispersed astringent, asphaltic concrete, process of structure formation, minimally admissible variation coefficients

На каждой перечисленной в названии статьи стадии существует ряд особенностей, не учитывая которые, можно в итоге получить покрытие, обладающее низкими транспортно-эксплуатационными качествами. До настоящего времени перечисленные стадии строительства рассматривались независимо друг от друга (подбор состава, приготовление, транспортирование, уклад-

ка, уплотнение, определение сроков открытия движения по покрытию) с различными коэффициентами вариации контролируемых параметров, что приводит к случайному уровню надежности обеспечения требуемых физико-механических показателей материала и конструкции покрытия в целом.

Технология строительства покрытий из асфальтобетонных смесей с дисперсными органическими вяжущими должна включать все перечисленные стадии. Подбор состава необходимо проводить с учетом эмульгирующей способности минерального порошка. Низкая эмульгирующая способность может привести к превышению допустимой средней величины битумных глобул и большому разбросу значений их размеров, что в дальнейшем негативно скажется на скорости формирования слоя покрытия и может привести к снижению физико-механических свойств асфальтобетона в покрытии. Поэтому необходимо использовать неактивированные известняковые минеральные порошки. Применение других минеральных порошков и порошкообразных отходов может привести к невозможности реализации технологии или к необходимости внесения изменений технологии или ее параметров (количества воды, подогрев воды, изменение гранулометрического состава смеси).

Загрязненные и запыленные минеральные материалы могут снизить требуемую дисперсность битума, ухудшить удобоукладываемость асфальтобетонных смесей с дисперсными вяжущими, снизить водостойкость готового покрытия, способствовать развитию процессов выкрашивания, поэтому содержание пылеватых и глинистых частиц необходимо учитывать в технологии строительства покрытий. При необходимости необходимо производить разрыхотку и мойку каменных материалов.

Подбор состава необходимо производить исходя из обеспечения к моменту укладки минимально необходимого количества воды в смеси, что позволит достичь более высокой степени уплотнения и снизить затраты на выполнение работ по уплотнению покрытия, снизить риск преждевременного разрушения покрытия в результате выпадения осадков в период формирования слоя. При приготовлении асфальтобетонной смеси необходимо стремиться к минимально возможному содержанию воды исходя из обеспечения требуемой степени дисперсности битума, обеспечения удобоукладываемости смеси, что позволит сократить срок формирования слоя в покрытии и обеспечит стабильность физико-механических свойств. В некоторых случаях (длительная транспортировка, необходимость хранения и др.) влажность смеси может быть увеличена, но не более чем на допустимое значение, которое зависит от получаемой в данном случае степени дисперсности битума, удобоукладываемости смеси и других технологических параметров, поскольку избыток влаги увеличивает время формирования слоя покрытия и трудозатраты на его уплотнение. Выполнение указанных выше требований позволяет обеспечить соблюдение технологии строительства на стадии приготовления.

На стадии приготовления необходимо обеспечить соблюдение всех технологических параметров с допустимыми коэффициентами вариации, что позволит получить покрытие с требуемыми транспортно-эксплуатационными показателями. При приготовлении смесей на АБЗ следует контролировать большое количество параметров, из которых наиболее важными являются температура исходных материалов, влажность смеси, точность дозирования компонентов и время перемешивания. Необходимо обеспечить беспрепятственную выгрузку готовой асфальтобетонной смеси с дисперсными вяжущими из смесителя и кузова самосвала.

Стекание воды из смеси при транспортировке в значительных количествах недопустимо, так как может снизить содержание в смеси битума и минерального порошка. Недопустимое также и снижение влажности, которое может повлечь снижение удобоукладываемости, расслоение смеси.

Обеспечение соблюдения технологии строительства на предыдущих стадиях позволяет достичь высокого качества укладки. На стадии укладки асфальтобетонной смеси с дисперсными вяжущими необходимо обеспечить однородность поверхности, т.е. отсутствие полос, задигов и т.п. Отсутствия дефектов (особенно при укладке смесей типа В) можно достичь соблюдением технологии укладки (настройка оборудования асфальтоукладчика, смачивание вальцов катка и др.) и обеспечением требуемых технологических свойств смеси в процессе выполнения предыдущих стадий.

Для предварительного анализа технологии строительства можно назначить следующие основные минимально допустимые коэффициенты вариации: физико-механические свойства асфальтобетона и влажность смеси – 0,1, отклонение содержания минерального порошка, температуры битума и времени перемешивания – 0,05.

Разработка технологии строительства покрытий из асфальтобетонных смесей с дисперсными органическими вяжущими позволит определить необходимые количественные значения параметров, влияющих на процессы структурообразования в асфальтобетоне с дисперсным битумом, что позволит увеличить скорость их протекания при формировании покрытия.

Все перечисленные стадии технологии строительства должны быть рассмотрены с точки зрения единого подхода, что обеспечит требуемые свойства конечной продукции. Для эффективного применения асфальтобетона с дисперсными органическими вяжущими должна быть выстроена единая технология, позволяющая гарантировать выполнение всех необходимых требований к покрытию и контролировать на каждой стадии наиболее важные параметры технологического процесса с определением их вариации. Единство технологического процесса приготовления и применения асфальтобетонных смесей с дисперсными органическими вяжущими позволит эффективно использовать запатентованный способ приготовления холодных смесей [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2351703 Российская Федерация. Способ приготовления холодной органоминеральной смеси для дорожных покрытий / Н.А. Горнаев, В.Е. Никишин, С.М. Евтеева, С.Ю. Андронов, А.С. Пыжов; заявл. 15.02.08; опубл. 10.04.09, Бюл. № 10. 10 с.

**Никишин Вадим Евгеньевич** –  
кандидат технических наук, доцент  
кафедры «Транспортное строительство»  
Саратовского государственного технического  
университета имени Гагарина Ю.А.

**Vadim E. Nikishin** –  
Ph.D., Associate Professor  
Department of Transport Engineering,  
Yuri Gagarin State Technical of Saratov

*Статья поступила в редакцию 20.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

## ТРАНСПОРТ

УДК 656.13

**Т.В. Самусова, Е.Е. Витвицкий**

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЕМ НА МАЯТНИКОВЫХ И КОЛЬЦЕВЫХ МАРШРУТАХ**

*Разработана методика как неотъемлемая часть методики оперативного планирования, позволяющая определить объемы невыполнимых обязательств по договору перевозки из-за возможных отклонений в транспортном процессе.*

Грузовые автомобильные перевозки, гарантированность перевозок грузов, неравномерность транспортного процесса, методика

**T.V. Samusova, E.E. Vitvitsky**

### **IMPROVING THE METHODS OF TRANSPORT PLANNING ACROSS THE SHUTTLE ROUTES AND ROUNDABOUTS**

*The new method is developed as an integral part of operational planning, which allows determination of excused obligations under a transportation contract due to failures in the transportation process.*

Freight automobile transportation, security of transportation of goods, unevenness of transport process, technique

Практика перевозок грузов, по общему мнению ученых и практиков, характеризуется существенной неравномерностью. Ежедневно доказательством этого являются разные результаты работы одинаковых транспортных средств в одних и тех же условиях эксплуатации. В оперативном планировании перевозок грузов на практике и в теории грузовых автомобильных перевозок используются средние величины технико-эксплуатационных показателей (ТЭП), что препятствует учету неравномерности перевозок грузов.

Согласно классификации, разработанной в СибАДИ, практика перевозок грузов одним автомобилем на маятниковом маршруте с обратным негруженым пробегом отождествлена с функционированием микроавтотранспортной системы перевозок грузов (микроАТСПГ). Практика перевозок грузов одним автомобилем на любом маятниковом (кроме маятникового маршрута с обратным негруженым пробегом) или кольцевом маршруте отождествлена с функционированием особо малой АТСПГ [1 и др.].

В результате исследований практики выполнения перевозок грузов в микро АТСПГ и особо малой АТСПГ установлено:

а) в течение времени ездки могут *одновременно* изменяться несколько показателей, например: средняя техническая скорость [2] и время выполнения погрузочно-разгрузочных работ, а не отдельно и изолированно, как рассматривали предыдущие исследователи [1 и др.];

б) на практике наблюдается *равнозначное сочетание разных одновременных изменений* нескольких показателей, например, события: « $V_t$  плюс  $\Delta$  и  $t_{пв}$  плюс  $\Delta$ »; « $V_t$  минус  $\Delta$  и  $t_{пв}$  минус  $\Delta$ »; « $V_t$  плюс  $\Delta$  и  $t_{пв}$  минус  $\Delta$ »; « $V_t$  минус  $\Delta$  и  $t_{пв}$  плюс  $\Delta$ »;

в) в результате вышеуказанных изменений показателей наблюдается разная выработка транспортного средства ежесменно в микроАТСПГ и особо малой АТСПГ [1, 3 и др.].

Обзор состояния теории и практики грузовых автомобильных перевозок в городах позволяет утверждать: перевозчик крайне заинтересован не только в том, как определить свои возможности (провозную способность) по будущему договору перевозки грузов, но, прежде всего, в определении

области, где его обязательства по договору перевозки могут оказаться неисполненными (из-за возможных отклонений в транспортном процессе), и причин, условий и объемов невыполнимых обязательств. Тогда требуется ставить и решать задачу определения гарантированности перевозок грузов [1, 3-5 и др.].

По результатам исследований, выполненных в СибАДИ, установлено:

1. «Негарантированность перевозок грузов» – возможность невыполнения плана перевозок грузов (рассчитанного с использованием средних величин технико-эксплуатационных показателей) вследствие действия причин объективного характера, например неравномерности транспортного процесса, наблюдаемой в практике работы транспортных средств.

2. «Негарантированность перевозок грузов» неоднородна, поэтому следует различать:

– «общую негарантированность перевозок грузов», которая наблюдается в интервале возможных значений исследуемого показателя (кроме значения  $\pm 0,5\Delta$ , [6], соответствующего минимальному отклонению от среднего значения);

– «негарантированность перевозок грузов при любом изменении ТЭП», которая наблюдается при минимальном отклонении от среднего значения исследуемого показателя (в настоящем исследовании  $\pm 0,5\Delta$ ) [7-9].

Целью оперативного планирования является разработка плана перевозок грузов на следующую смену (сутки) работы, определение средств его реализации: количества транспортных средств, ездки, требуемой выработки в тоннах и в тонно-километрах, необходимого времени работы и пробега, денежных средств. Именно этот подход и стал отправной точкой настоящего исследования, поэтому разработанная методика расчета гарантированности перевозок грузов в микро АТСПГ и особо малых АТСПГ является неотъемлемой частью методики оперативного планирования перевозок грузов в городах.

Методика оперативного планирования в микроАТСПГ и особо малых АТСПГ:

а) *при заключении договора на перевозку грузов:*

1 этап. Нахождение, подготовка и проверка исходных данных (заявка клиента единственная).

2 этап. Расчет плана перевозок с использованием модели микросистемы (проф. В.И. Николин) [1 и др.] и средних величин ТЭП.

3 этап. Расчет негарантированности перевозок грузов по разработанной методике.

4 этап. Фиксация результатов расчета, определение количества негарантированности перевозок грузов. Принятие решения о параметрах будущего договора для выполнения плана перевозок.

5 этап. Согласование полученного решения с клиентом. Если согласие есть, то переход в этап 6, если нет, то переход в этап 1.

6 этап. Подписание договора на перевозку груза и передача параметров Договора в исходные данные оперативного планирования (см. ниже п. б, 1 этап);

б) *при оперативном планировании.*

1 этап. Нахождение, подготовка и проверка исходных данных (множество заявок транспортно-однородного груза).

2 этап. Расчет плана перевозок грузов в различных АТСПГ, в том числе в микроАТСПГ и особо малых АТСПГ [1 и др.], при средних величинах ТЭП.

3 этап. Идентификация микроАТСПГ и особо малых АТСПГ.

4 этап. Расчет гарантированности перевозок грузов отдельно в каждой микроАТСПГ и особо малой АТСПГ по разработанной методике.

5 этап. Фиксация результатов расчета, определение количества «негарантированности перевозок грузов» в каждой микроАТСПГ и особо малой АТСПГ. Принятие решения о выполнении плана перевозок в каждой микроАТСПГ и особо малой АТСПГ.

6 этап. Согласование принятого решения с клиентом по каждой микроАТСПГ и особо малой АТСПГ. Если согласие есть, то переход в этап 7, если нет, то переход в этап 1.

7 этап. Выдача планового задания на автомобиль для исполнения в каждой микроАТСПГ и особо малой АТСПГ.

Вышеизложенные этапы, в том числе, отражают потребность учета множества требований и ограничений, зачастую противоречащих друг другу, особенностей технологий перевозок грузов, обусловленных схемой применяемого маршрута, выполнения значительного количества взаимосвязанных вычислительных процедур, что определяет необходимость проведения расчетов в строго определенном порядке, т.е. требуется наличие методики расчета гарантированности перевозок грузов в микроАТСПГ и особо малых АТСПГ.

Разработанная методика расчета гарантированности перевозок грузов  
в микроАТСПГ и особо малых АТСПГ

а) при заключении договора на перевозку грузов:

1 этап. Нахождение, подготовка и проверка исходных данных для расчета гарантированности перевозок грузов в микроАТСПГ (средние величины  $V_T$  и  $t_{пв}$ , принятые к процессу планирования перевозок грузов, расстояние перевозки груза, грузоподъемность транспортного средства, класс груза, установление размаха [6], обоснование шага и количества изменяемых  $V_T$  и  $t_{пв}$  в интервале их значений, установление наличия ограничений, например по  $V_T$ , определение применяемых событий в расчете, время в наряде, модель вероятностной в микро АТСПГ [10]).

2 этап. Расчет плана перевозок грузов в микро АТСПГ заново в каждом событии, заново для каждой пары значений  $V_T$  и  $t_{пв}$  из рассматриваемого интервала.

3 этап. Фиксация результатов расчета, определение количества «негарантированности перевозок грузов» в микроАТСПГ.

б) при оперативном планировании:

1 этап. Нахождение, подготовка и проверка исходных данных для расчета «негарантированности перевозок грузов» в каждой микроАТСПГ и особо малых АТСПГ (средние величины  $V_T$  и  $t_{пв}$ , принятые к процессу планирования перевозок грузов, расстояние перевозки груза, грузоподъемность транспортного средства, класс груза, установление размаха [6], обоснование шага и количества изменяемых  $V_T$  и  $t_{пв}$  в интервале их значений, установление наличия ограничений, например по  $V_T$ , определение применяемых событий в расчете, время в наряде, модель вероятностной микро АТСПГ или особо малой АТСПГ [10]).

2 этап. Расчет плана перевозок грузов в каждой микроАТСПГ или особо малой АТСПГ заново, в каждом событии, заново для каждой пары значений  $V_T$  и  $t_{пв}$  из рассматриваемого интервала.

3 этап. Фиксация результатов расчета, определение количества «негарантированности перевозок грузов» в каждой микроАТСПГ или особо малой АТСПГ.

Применение разработанной методики при заключении договоров на перевозку грузов и в оперативном планировании работы автомобиля в микроАТСПГ и особо малых АТСПГ позволяет счетным путем, до опыта, учитывать неравномерность перевозок грузов и определять наличие, условия и количество «негарантированности перевозок грузов», тем самым способствуя минимизации затрат ресурсов и потерь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Николин В.И. Грузовые автомобильные перевозки: монография / В.И. Николин, Е.Е. Витвицкий, С.М. Мочалин. 2-е изд., перераб. и доп. Омск: Вариант-Сибирь, 2004. 480 с.
2. Единые нормы времени на перевозку грузов автомобильным транспортом и сдельные расценки для оплаты труда водителей. М.: Экономика, 1990. 48 с.
3. Самусова Т.В., Совершенствование оперативного планирования автомобильных перевозок грузов помашинными отправлениями в городах / Т.В. Самусова, Е.Е. Витвицкий // Вестник СибАДИ. 2012. № 5 (27). С. 15-20.
4. Самусова Т.В. Исследование одновременного вероятностного влияния среднетехнической скорости и времени погрузки-разгрузки на гарантированность перевозок грузов в особо малой автотранспортной системе / Т.В. Самусова, Е.Е. Витвицкий // Автотранспортное предприятие. 2013. № 10. С. 50-52.
5. Исследование одновременного влияния вероятностных величин среднетехнической скорости и времени погрузки-разгрузки на «гарантированность перевозок грузов» в микро- и особо малой автотранспортных системах: отчет о НИР (промежуточный) / СибАДИ; науч. рук. Е.Е. Витвицкий, отв. исполнитель Т.В. Маркелова. Омск, 2014. 25 с.
6. Афанасьев Л.Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки / Л.Л. Афанасьев, Н.Б. Островский, С.М. Цукерберг. М.: Транспорт, 1984. 333 с.
7. Самусова Т.В. О гарантированности перевозки груза / Т.В. Самусова, Е.Е. Витвицкий // Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. тр. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. С. 222-225.
8. Исследование проблем обеспечения эффективности и качества работы автомобильного транспорта: отчет о НИР (промежуточный) / СибАДИ; науч. рук. Е.Е. Витвицкий, отв. исполнитель Т.В. Маркелова. Омск, 2010. 5 с.

9. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте: учеб. пособие / В.Г. Галушко. Киев: Вищ. шк., 1976. 232 с.

10. Ловыгина Н.В. Оптимизация планирования перевозок грузов помашинными отправлениями с учетом влияния вероятностных факторов: автореф. дис.... канд. техн. наук / Н.В. Ловыгина. Тюмень, 2010. 19 с.

**Витвицкий Евгений Евгеньевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Организация перевозок и управление на транспорте» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии

**Evgeny E. Vitvitsky** – Dr. Sc., Professor, Head: Department of Transport Management and Control, Siberian State Automobile and Road Academy

**Самусова Татьяна Владимировна** – соискатель кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии

**Tatyana V. Samusova** – Postgraduate Department of Transport Management and Control, Siberian State Automobile and Road Academy

*Статья поступила в редакцию 15.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 629.113

**И.Ф. Дьяков**

## **ЭНЕРГИЯ – ОСНОВА УЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

*Предложено устройство для учета показателей автотранспортных средств по энергозатратам в кВт·ч. Используемый показатель имеет более тесную корреляционную связь между энергозатратами и отказами свыше 37 %, чем с километрами пробега, тем самым можно более точно прогнозировать ресурсы деталей (агрегатов) в процессе эксплуатации.*

Нагрузочные режимы, энергозатраты, всасывающий коллектор, потенциометр, трибка, анероидная коробка, прогнозирование ресурса детали

**I.F. Dyakov**

## **ENERGY AS THE BASIS FOR ACCOUNTING MOTOR VEHICLE INDICATORS**

*A device is developed for accounting motor vehicle energy consumption in kWh. The given indicator shows a closer correlation between the energy consumption and failures at more than 37%, which allows to predict more accurately the components life while in operation.*

Stress regimes, energy costs, inlet manifold, potentiometer, pinion, aneroid chamber, forecasting of the part resource

При эксплуатации автомобилей действующие нагрузки имеют переменный характер, который зависит как от внешних факторов (дорожных и климатических условий, массы перевозимых грузов (пассажиров), скорость движения), так и от конструктивных особенностей транспортного средства. Характерным видом нагружения является наличие экстремальных величин. Максимальные нагрузочные режимы могут возникать также при резонансных явлениях в трансмиссии от двигателя и подвеске от неровности дороги, в рулевом управлении от управляемых колес. На основе анализа нагрузочных режимов можно выделить: регулярные и нерегулярные, детерминированные и случайные, стационарные и нестационарные нагрузки, влияющие на интенсивность отказов при эксплуатации. Множество нагрузочных режимов практически недостаточно полно связаны с километрами пробега, что требует уточнения достоверности показателей надежности при эксплуатации транспортных средств. На основе результатов исследований



установлено, что количество отказов имеет корреляционную связь с энергозатратами на 37 % теснее, чем с километрами пробега [1].

Величина энергии затраченная автомобилем, находится в тесной связи с условиями эксплуатации. Она изменяется в зависимости от нагрузки и дорожных условий. На основе стендовых и дорожных испытаний двигателей при скоростных и нагрузочных режимах получена зависимость между мощностью бензинового двигателя и давлением во всасывающем коллекторе. При этом мощность бензинового и газобаллонного двигателей соответственно равна [2]

$$P_e = k_n \omega_e (\Delta p_{ko} - \Delta p_k) + k_f, \quad (1)$$

где  $k_n$  – постоянный коэффициент пропорциональности, характеризующий тип двигателя;  $\Delta p_{ko}, \Delta p_k$  – давление во всасывающем коллекторе соответственно при холостом ходе и нагрузочном режиме;  $k_f$  – коэффициент, учитывающий насосные потери мощности двигателя.

Энергия, создаваемая двигателем транспортной машины, может быть выражена

$$J_e = \int P_e dt, \quad (2)$$

где  $t$  – время работы двигателя.

Устройство для измерения энергии двигателя (а.с. № 1661813) содержит датчик давления, принцип действия которого состоит в измерении статического и динамического давления барометрическим методом. Барометрический метод измерения давления основан на использовании закона падения давления во всасывающем коллекторе с увеличением нагрузки на двигатель.

Зависимость давления во впускном коллекторе от нагрузки на двигатель выражается формулой

$$p_{cm} = \left( p_a - \frac{\Delta t}{T_0} P_e \right)^{1/R}, \quad (3)$$

где  $p_a$  – давление воздуха в подкапотном пространстве двигателя;  $\Delta t$  – температурный градиент;  $t$  – температура в подкапотном пространстве;  $T_0$  – температура окружающей среды;  $R$  – газовая постоянная, равная 29,27.

На рис. 1 показан датчик давления электромеханического типа. Чувствительным элементом является anerоидная коробка, состоящая из двух мембран.

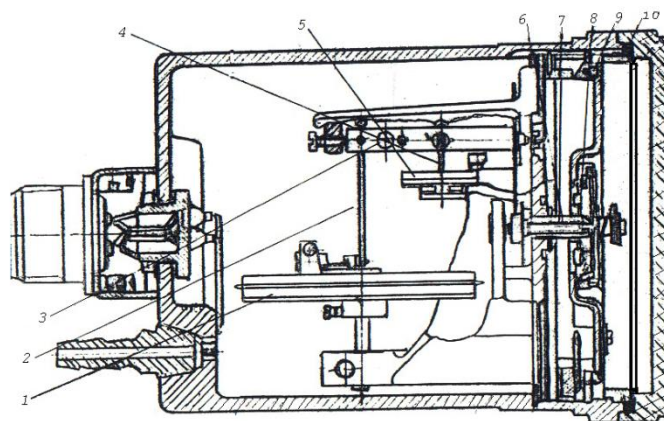


Рис. 1. Общий вид датчика давления потенциметрического типа:  
1 – anerоидная коробка; 2, 4 – тяги; 3 – штифт; 5 – балансир;  
6 – сегмент; 7 – трубка; 8 – пружина; 9, 10 – уплотнители

На оси сектора укреплен сегмент, который находится в постоянном зацеплении с трибкой. На конце оси трибки укреплена контактная пружина со щеткой, которая скользит по потенциометру. Потенциометр крепят винтами к основанию. Датчик работает в интервале температур внешней среды от  $-50$  до  $+80$  °С, выдерживает перегрузочные давления по верхнему пределу  $1,33 \cdot 10^{-4}$  МПа; по нижнему пределу –  $6 \cdot 10^{-7}$  МПа.

Погрешность измерения относительно сопротивления составляет от 0,2 до 1,95 %. Чувствительность датчика –  $6,51 \cdot 10^{-4}$  Ом/МПа. Выход потенциометра соединен с первым входом блока вычитания, выход датчика

частоты вращения вала двигателя и блока вычитания подключены к входам блока умножения, выход которого подключен к входу последовательно соединенного преобразователя напряжения в частоту и счетчика.

При работе двигателя напряжения  $u_1$  с выхода датчика прямо пропорциональное давлению впускного коллектора двигателя  $\Delta p_k$  то есть  $u_1 = \Delta p_k$  поступает на первый вход блока, на второй вход которого подается постоянное напряжение  $u_0$  с выхода источника опорного напряжения, прямо пропорционального величине  $P_0$ . С выхода блока напряжения получаем

$$U_2 = k(u_0 - u_1) = k(\Delta p_{k0} - \Delta p_k), \quad (4)$$

где  $\Delta p_{k0}$  – давление во всасывающем коллекторе (на малых частотах вращения вала двигателя), от датчика давления поступает напряжение на один из выходов блока, на другой вход которого поступает напряжение с выхода датчика, прямо пропорциональное угловой скорости коленчатого вала.

С выхода блока напряжение  $u_4$  прямо пропорциональное мощности двигателя в текущий момент

$$u_4 = u_2 u_3 = k(u_0 - u_1) u_3 = k(\Delta p_{k0} - \Delta p_k) \omega_e, \quad (5)$$

где  $\omega_e$  – угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя.

Напряжение  $u_4$  поступает на вход преобразователя напряжения в частоту, на входе которого частота следования импульсов прямо пропорционально мгновенной мощности двигателя.

$$J_e = \int_0^t \left[ k_1 (650 - \Delta p_k) (n_e - 600) - \left( \frac{650}{\Delta p_k} + \frac{n_e}{600} \right) + k_2 \right] dt, \quad (6)$$

где  $k_1, k_2$  – постоянные коэффициенты, учитывающие геометрические параметры и насосные потери двигателя; 650, 600 – постоянные коэффициенты, учитывающие соответственно максимальное давление во всасывающем коллекторе и минимальные частоты вращения вала двигателя.

Испытания опытного образца прибора в дорожных условиях показали, что при движении с минимальной скоростью величина расхода энергии возрастает за счет временного фактора. Для повышения точности измерения динамического давления разработан датчик, состоящий из двух чувствительных элементов, двух усилителей, инвертора, двух интеграторов, формирователя импульсов, аналогового вычитающего устройства.

В качестве чувствительных элементов использованы микрофоны МКЭ-30, обеспечивающие максимальный динамический диапазон и чувствительность при малых изменениях давления.

При включении двигателя пульсирующее давление во впускном трубопроводе вызывает изменение емкости чувствительного элемента, одновременно второй чувствительный элемент будет воспринимать все механические колебания и изменения атмосферного давления, выходные сигналы от чувствительных элементов поступают в усилители, чувствительность которых составляет 0,3 мВ, входное сопротивление 47 кОм, нелинейные искажения 0,05 %.

Выходное напряжение усилителя подключено к входу интегратора с непрерывной выборкой и автоматическим сбросом результата интегрирования. Устройство выборки-хранения поочередно осуществляет выборку и хранение предыдущего значения проинтегрированного входного сигнала. Аналогичные операции выполняет второй интегратор, но сигналы поступают от инвертирующего усилителя. Использование инвертирующего усилителя необходимо для того, чтобы обеспечить идентичность характеристик по обоим каналам обработки сигнала, то есть усилители выполнены по одной и той же схеме. Выходные сигналы от интеграторов поступают в блок вычитания (рис. 2) и производится вычитание  $u_1 - u_2 = \Delta u \approx \Delta p_k$ .

Датчики, работающие в режиме «ход-стоп», обеспечили корректировку величины затраченной энергии в режиме «ход». Такой принцип работы устройства очень удобно использовать при дорожном испытании автомобиля. Алгоритм работы (рис. 3) счетного блока действует следующим образом:

Шаг 1. После начальной установки при включении питания производится ввод информации с датчиков частоты вращения вала двигателя, колеса и впускного коллектора через буферные регистры и ввод команды с регистра при ручном управлении;

Шаг 2. По количеству импульсов с датчика колеса фиксируется состояние автомобиля «ход-стоп» и определяется величина затраченной энергии, при значении «стоп» расчет производится в масштабе реального времени, при значении «ход» – в масштабе приведенного времени  $t_{np}$ ;

Шаг 3. Значения  $\omega_e, \Delta p_k, J_1, J_2$  выводятся на индикатор по команде «счет»;

Шаг 4. Определяется выведенная команда. При вводе «старт» фиксируется текущее значение  $J_1$ , и алгоритм переходит в режим списания команды «стоп», фиксируется значения  $J_2$  и вычисляется  $J_2 - J_1 = \Delta J$ .

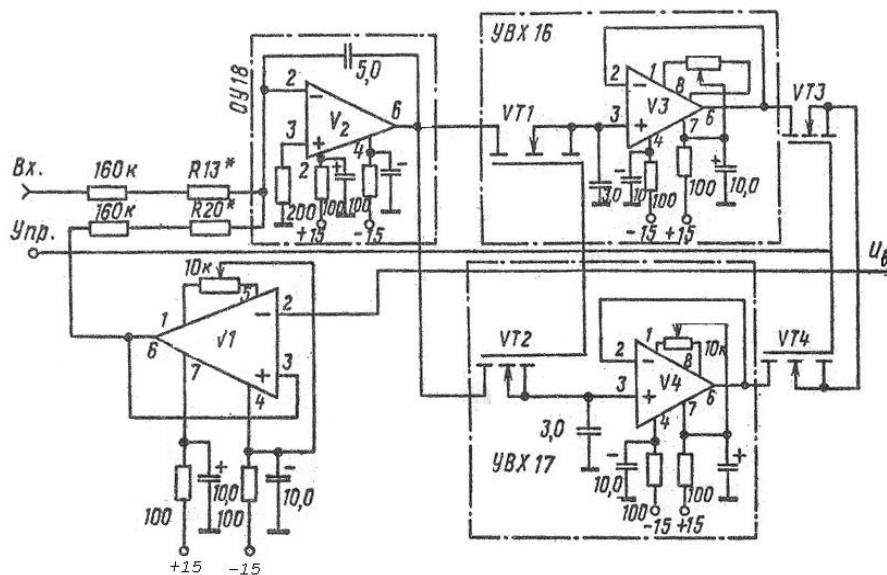


Рис. 2. Схема блока вычитания

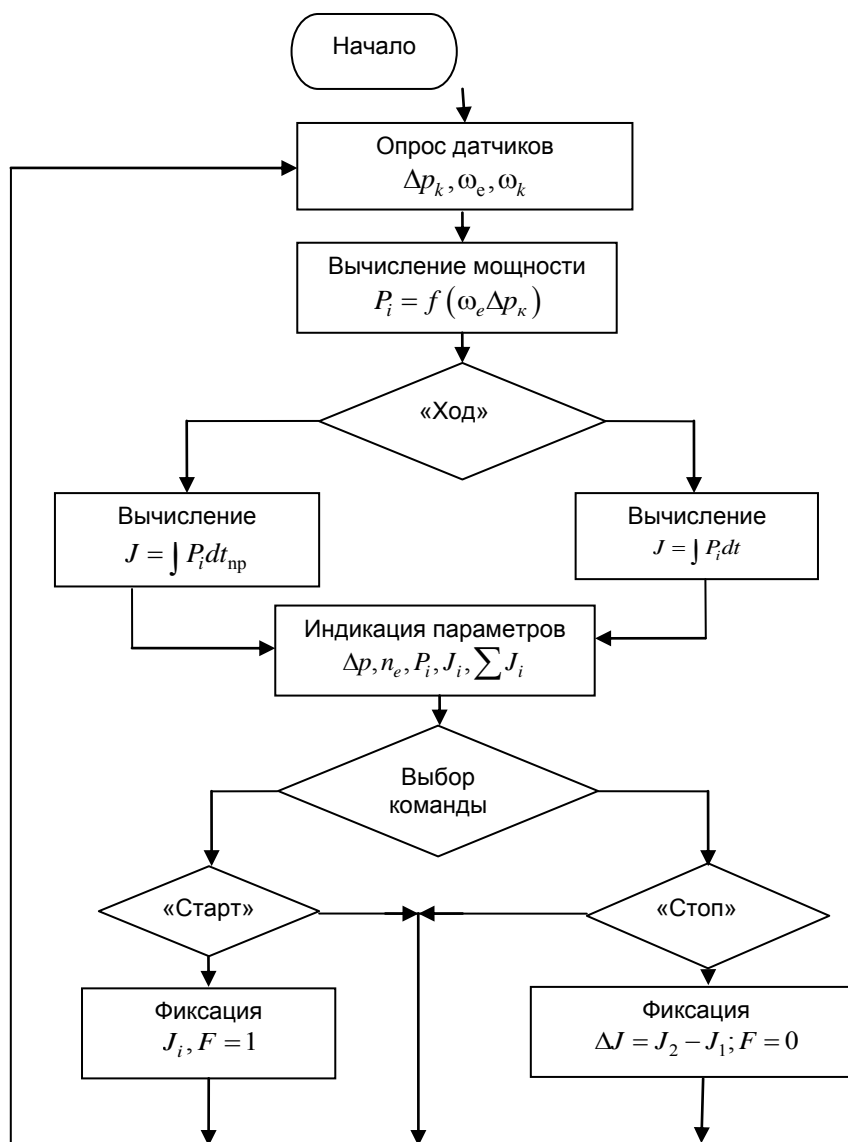


Рис. 5. Блок-схема алгоритма энергомера

Как показали результаты опытной проверки, при использовании данного устройства можно обеспечить достижение следующих показателей:

- относительные значения энергетических потерь в трансмиссии после сборки автомобиля на конвейере;
- определение степени износа двигателя в процессе эксплуатации автомобиля;
- уточнение периодичности технического обслуживания и показателей надежности;
- корректировку передаточных чисел трансмиссии.

Кроме того, с помощью разработанного устройства можно учитывать количество затраченной энергии и устанавливать оптимальные режимы движения.

Результаты стендовых испытаний показали, что погрешность измерения на нагрузочном и скоростном режимах не более 10 %. В табл. 1 приведены результаты дорожных испытаний автомобилей УАЗ-3303 при различной скорости движения без груза по асфальтированной дороге.

Таблица 1

Результаты измерения показателей при различной скорости движения

Наименование показателей	Скорость движения, км/ч			
	30	40	60	80
Расход топлива, дм <sup>3</sup>	136,0	131	156,0	194,0
Время движения, с	118,7	87,7	58,9	43,9
Расход энергии, кВт·ч	0,327	0,298	0,343	0,468

В табл. 2 приведены стендовые испытания при постоянных частотах вращения коленчатого вала двигателя и различных передачах. Применение бортовых микропроцессорных систем и семейства датчиков на автомобилях дает возможность использования оптимального управления режимами движения в различных условиях, снижения интенсивности износа и отказов деталей.

Таблица 2

Результаты измерений на стенде при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя

Наименование показателей	Номер передачи при n=2000 мин <sup>-1</sup>			
	I	II	III	IV
Расход топлива, дм <sup>3</sup>	346,0	244,3	179,0	158,0
Время измерения, с	275,4	177,3	111,7	71,5
Расход энергии, кВт·ч	0,498	0,34	0,292	0,369

Известно, что за счет полученной энергии двигателя происходит преодоление сопротивлений движению и деформации деталей трансмиссии и несущих элементов конструкции автомобиля. Здесь будут участвовать кинетическая энергия поступательно движущихся и вращающихся масс. Учитывая их совместно при расчете, приведенные энергозатраты могут быть положительными и отрицательными. Величина энергии, затраченной на деформацию детали, имеет вид

$$J_{\text{дет}} = 2,723 \cdot 10^{-6} A_{\Gamma} \mu_{\sigma, \varepsilon} V_M \text{sign} \dot{A}_{\Gamma} / 2\pi, \quad (7)$$

где  $A_{\Gamma}$  – площадь петли гистерезиса;  $\mu_{\sigma, \varepsilon}$  – масштабные коэффициенты по напряжениям  $\sigma$  и относительным деформациям  $\varepsilon$ ;  $V_M$  – объем испытываемого материала (образца);  $\dot{A}_{\Gamma}$  – модуль скорости изменения площади петли гистерезиса по  $i$ -му режиму нагружения.

Зная энергозатраты  $J_{\text{дет}}$  на усталостное разрушение детали [3-5] или агрегата (коробки передач, карданного вала, главной передачи), можно выразить ресурс изделия от количества энергозатрат двигателя  $J_e$ , предварительно определив остаточный энергетический коэффициент

$$k_j = \frac{J_e - J_{\text{дет}}}{J_e}. \quad (8)$$

Тогда ресурс рассматриваемого изделия составит  $R_j = k_j J_e$ .

Причиной значительного снижения ресурса изделия от усталостной прочности могут служить задиры на поверхности детали, возникающие при грубой обработке поверхности резанием, являющиеся концентраторами напряжений. В табл. 3 приведены результаты испытаний первичного вала коробки передач автомобиля УАЗ-3303 при различных напряжениях на кручение  $[\tau]$  и циклах нагруже-

ния  $N_{ц}$ . Периодичность снятия петли гистерезиса детали на стенде производилась через 1000 циклов. Нагружение – разгружение коробки передач осуществлялось первичным валом при заторможенном вторичном вале.

Таблица 3  
Результаты испытаний первичного вала при различных режимах нагружения

Характеристика образца	Изменения площади петли гистерезиса относительно начала появления микротрещин			
	0.2 [Т]	0.4 [Т]	0.6 [Т]	0.8 [Т]
Затрачено энергии на деформацию, кВт·ч/цикл	$0.08 \cdot 10^{-9}$	$0.11 \cdot 10^{-9}$	$0.14 \cdot 10^{-9}$	$0.19 \cdot 10^{-9}$
Коэффициент рассеяния энергии, %	0.27	0.32	0.64	0.78
Угол наклона кривой изменения площади петли гистерезиса, рад/цикл	0.0012	0.0027	0.0032	0.0051
Скорость роста микротрещин, мм/цикл	$0.081 \cdot 10^{-8}$	$0.11 \cdot 10^{-8}$	$0.14 \cdot 10^{-8}$	$0.193 \cdot 10^{-8}$
Ресурс R(t), кВт·ч	$\leq 10^7 N_{ц}$	$0.622 \cdot 10^6$	$0.41 \cdot 10^6$	$0.52 \cdot 10^5$
Прогнозируемое значение ресурса R(t), кВт·ч	$\leq 10^7 N_{ц}$	$229.6 \cdot 10^6$	$128 \cdot 10^6$	$101.9 \cdot 10^5$

Таким образом, детали транспортных средств подвергаются циклическому нагружению – разгружению, тем самым образуют петли гистерезиса, на основе которой находят энергозатраты, характеризующие рост микротрещин, а по скорости роста микротрещин можно прогнозировать ресурс детали.

В рамках описанной модели определяют исправность транспортного средства и прогнозируют остаточный ресурс, что позволит выявить ненадежные элементы и более точно оценить его техническое состояние.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяков И.Ф. Основы оптимизации в автомобилестроении / И.Ф. Дьяков. М.: Машиностроение, 2012. 385 с.
2. А.с. № 1453394 Российская Федерация МПК G 07 C 5/10 Устройство для учета ресурса транспортных машин / И.Ф. Дьяков, А.М. Казаков; заявитель: Ульяновский политехнический институт, заявл. 26.01.87, опубл. 23.01. 89. Бюл. № 3.
3. Капуста П.П. Экспериментальные исследования сопротивления усталости и разработка новой сборной конструкции рамы двухосного магистрального тягача с повышенным ресурсом / П.П. Капуста, А.И. Верес, И. А. Слабко // Грузовик. 2011. № 5. С. 34-39.
4. А.с. № 2087895 Российская Федерация. МПК G 01 N 3/32 Устройство для определения накопления энергии в материале при циклическом нагружении / И.Ф. Дьяков, А.М. Казаков, заявитель Ульяновский политехнический институт, заявл. 04.08. 94, опубл. 20.08. 97. Бюл. № 23.
5. Дьяков И.Ф. Прогнозирование ресурса деталей транспортных средств при циклическом нагружении / И.Ф. Дьяков // Грузовик. 2013. № 1. С. 40-43.

**Дьяков Иван Федорович** –  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Основы проектирования  
машин» Ульяновского государственного  
технического университета

**Ivan F. Dyakov** –  
Dr. Sc., Professor,  
Head: Department of Machine Design Fundamentals,  
Ulyanovsk State Technical University

Статья поступила в редакцию 11.07.14, принята к опубликованию 25.09.14

## СОЦИОЛОГИЯ И КУЛЬТУРОЛОГИЯ

УДК 07.00.02

**В.А. Аблизин**

### **НАКАНУНЕ 1 СЕНТЯБРЯ 1939 ГОДА. ФОРМУЛА ВОЙНЫ И МИРА**

*Комплекс советско-германских отношений 1939 – 1941 гг. сегодня больше, чем какой-либо другой сюжет мировой истории, привлекает к себе самое пристальное внимание. Историки продолжают дискутировать по поводу того, как два ранее непримиримых режима добились улучшения своих политических отношений, как так получилось, что два правительства сошлись на подписании пакта о ненападении, секретных протоколов к нему и, наконец, даже договора «О дружбе и границе». Истоки такого поворота следует искать в трехсторонних советско-англо-французских переговорах весны и лета 1939 г. О таких контактах уже написано немало работ, главным образом советских. Но, несмотря на проделанный исследователями труд, многие вопросы сегодня все еще остаются не до конца изученными, в частности все, что касается обсуждения советской формулы «косвенной агрессии». Представленная статья рассказывает о том, в чем заключалось ее содержание, какова ее роль в неудаче трехсторонних переговоров и, соответственно, в сближении советского правительства с германским рейхом.*

Формула «косвенной агрессии», политика гарантий, немецкая агрессия, переговоры, сближение

**V.A. Ablizin**

### **ON THE EVE OF 1 SEPTEMBER, 1939. A FORMULA OF WAR AND PEACE**

*At present Soviet-German relations within the period 1939-1941 attract more serious attention than any other event in the world history. Historians continue to debate over how the two previously irreconcilable regimes managed to improve their political relations, agreed about signing the Non-Aggression Treaty and the secret protocol to the Treaty, and finally the Treaty of Friendship and Border. The origin of the given turn in the relations is to be found in the tripartite Soviet-British-French negotiations in the spring and summer of 1939. Many research papers were devoted to the topic, particularly by the Soviet researchers. However, many issues remain uninvestigated, particularly the issues relating the so-called Soviet formula «indirect aggression». The given paper describes the meaning behind the formula, its role in the failure of the tripartite negotiations, and consequently, closer contacts between the Soviet government and the German Reich.*

The formula of «indirect aggression», the policy guarantees the German aggression, negotiations, convergence

3 апреля 1939 г. Гитлер впервые всерьез заговорил о своем намерении разгромить Польшу в скоротечной кампании. 11 апреля он утвердил план польской операции (директиву «Weiss»). Европа вплотную приблизилась к началу Второй мировой войны. 13 апреля английское и французское правительства выступили с гарантиями польских и румынских границ. 14 апреля Англия запросила Москву, чем она сможет помочь Польше и Румынии. 16 апреля Франция предложила СССР обменяться письмами о взаимной поддержке в случае немецкой агрессии на основе двустороннего договора о взаимной помощи 1935 г. [1, с. 369-371]. Со своей стороны Москва внесла свое предложение об оформлении взаимопомощи, к которому могли бы присоединиться Финляндия, Польша, Эстония,

Латвия и Румыния [2, с. 225]. 8 мая английское правительство ответило, что «пока еще не созрело время для такого серьезного договора». Вместо этого оно предложило договор, в соответствии с которым Советский Союз был бы обязан прийти на помощь Англии и Франции в случае германского нападения на Польшу, Румынию или Бельгию, но при этом западные союзники не помогли бы СССР, если бы произошло нападение вермахта на балтийские республики [3, с. 123]. Правительство Н. Чемберлена настаивало на варианте соглашения, из которого следовало, что если союзники окажутся втянутыми в военные действия во исполнение принятых обязательств, советская сторона осуществит немедленную помощь «в случае выраженного желания в такой помощи, таким образом, и на таких условиях, как об этом будет достигнута договоренность» [4, с. 254].

Английский историк А. Тейлор назвал это предложение «концепцией крана»: «Советская помощь включалась и выключалась по воле английского кабинета министров, но только не советского правительства» [5, с. 213]. Получалось, что в случае немецкой агрессии СССР должен был прийти на помощь Польше, Румынии и Бельгии, но Англия и Франция отказывались помогать Советскому Союзу, если бы Германия захватила прибалтийские государства [5, с. 214]. Такой отказ открывал реальный путь для немецкой агрессии на восток, в сторону советских границ. Москва в таких условиях, тем не менее, не оставила своих попыток добиться согласия с Западом. Серьезным испытанием для новых контактов явилась советская формула «косвенной агрессии». Советская сторона выразила свое согласие оказать западным соседям необходимую помощь в случае, если «указанное государство (Прибалтика, Финляндия, Польша, Венгрия, Турция или Румыния) согласится под угрозой силы со стороны какой-либо другой державы или без такой угрозы, но которое повлечет за собой утрату этим государством независимости или нарушение его нейтралитета» [4, с. 184]. Суть формулы трактовалась достаточно широко: вмешательство советской стороны предполагалось в случае выявления возможного государственного переворота или очевидного поворота в политике соседа в пользу агрессора. Трактовка вызвала недовольство тех, кому обещалась прямая военная помощь. Хельсинки назвал советские предложения «прямым поводом к агрессии», Таллин – неприкрытым намеком на «превентивную агрессию», а Каунас – намеком на «превентивную оккупацию» [6, с. 137, 143, 147; 8, с. 178]. Английские министры разделяли мнение балтийских коллег. «Если бы мы захотели быть циничными, – заявил британский министр торговли, то мы могли бы спокойно принять формулу, понимая, что если возникнет перспектива ее применения, то мы сможем разойтись с русскими в толковании ее условий» [9, с. 93].

27 мая Англия и Франция вручили Москве свой вариант соглашения, который предусматривал не реальные действия, а всего лишь консультации сторон в случае угрозы агрессии, при этом оказание помощи ставилось в зависимость от согласия самой жертвы [11, с. 57]. 2 июня Советский Союз повторил свою заинтересованность в распространении гарантий на балтийских соседей, но она была немедленно отклонена английским и французским правительствами [11, с. 63]. 15 июня союзники предложили ограничить свои переговоры обещанием начать трехсторонние консультации в случае одной лишь очевидной угрозы Латвии, Эстонии, Финляндии, Голландии и Швейцарии [2, с. 334; 10, с. 87, 123, 245]. Однако 16 июня СССР вновь решительно потребовал распространения формулы «косвенной агрессии» на Прибалтику. 22 июня Франция, поддавшись советской настойчивости, предложила Англии включить балтийские лимитрофы в список тех государств, на которые должны были распространиться гарантии целостности границ [8, с. 199-200]. 28 июня советское руководство повторило свои предложения, получив очередное одобрение французского кабинета министров. В результате 1 июля западные союзники, наконец, выразили готовность распространить гарантии на Прибалтику [8, с. 212; 10, с. 87, 123, 245]. Однако вопрос о «косвенной агрессии» в данном случае был снова обойден молчанием, западные союзники выражали готовность сойтись на «прямой агрессии». 1 июля советская сторона в очередной раз повторила, чтобы участники переговоров общими усилиями выступили для борьбы с фашизмом в случае «косвенной агрессии» [7, с. 337-338]. Однако и это предложение было проигнорировано. 3 июля Москва вновь с удивительным, но пугающим союзников упорством напомнила свое требование [1, с. 383; 2, с. 341-343; 8, с. 215-216]. 10 июля НКВД СССР выступил с протестом по поводу затягивания переговоров. Четыре дня спустя последовало очередное предложение [1, с. 387; 2, с. 348; 8, с. 216]. Бесполезно. Тем не менее 23 июля советское руководство высказалось за проведение трехсторонних переговоров о заключении военной конвенции. 27 июля стороны оговорили условия для проведения переговоров на уровне военных штабов. Будущее соглашение должно было определить, сколько вооруженных сил обязана будет выставить каждая сторона для борьбы с агрессором [11, с. 87, 89-93; 12, с. 191]. Переговоры представителей союзнических генеральных штабов с советскими коллегами продолжались с 14 по 21 августа.

В качестве основного условия подписания военной конвенции сталинское руководство выдвинуло требование пропуска советских частей по балтийскому, польскому (галицийскому и виленскому) и румынскому (буковинскому) коридорам. 7 пункт сценария переговоров гласил: «Если выяснится, что свободный пропуск советских войск является исключенным, следует заявить, что без этого условия соглашение невозможно, т.к. без свободного пропуска советских войск по указанным коридорам борьба с агрессией в любом ее варианте с самого начала обречена на провал. Мы поэтому участвовать в предприятии, заранее обреченном на провал, не намерены» [2, с. 387; 4, с. 389]. Западные миссии стремились убедить советских коллег в необходимости выступить для борьбы с агрессором, даже не имея реальной возможности нанести по нему свой удар. Они твердили, что если «вермахт нападет на восточных соседей, то те будут умолять русских оказать им скорейшую военную помощь» [9, с. 143].

Москва отклонила предложение союзников [2, с. 398-402; 10, с. 98-100; 11, с. 95]. Контакты сторон закончились неудачей. 11 августа в Кремле было принято решение вступить в прямые переговоры с германским правительством [17, с. 367]. Спрашивается: насколько искренне была советская сторона в переговорах с западными коллегами, в какой степени она была заинтересована в согласовании «косвенной агрессии» и не использовала ли она ее содержание для закулисного сближения с Третьим рейхом? Доступные историкам документы позволяют лишь предполагать, что формула явилась «лакмусовой бумагой», т.е. проверкой Запада на прочность. Политика, как известно, – это «искусство возможного». Военные переговоры сторон служили «ширмой», за которой каждый участник дебатов старался добиться для себя максимальных преимуществ за нейтралитет в близившейся германо-польской войне. Англичане пытались выдать советскую формулу «косвенной агрессии» за «тройянский сюрприз». Но аналогичный подарок они собирались преподнести и советской стороне. Контакты со сталинским руководством, в том числе и по определению «косвенной агрессии», служили удобным поводом, чтобы добиться достижения с нацистским руководством очередного Мюнхенского соглашения, которое бы позволило союзникам остаться в стороне от европейской войны, столкнув ненавистный им большевизм с не менее неприятным для них нацизмом. 3 августа британский кабинет министров уведомил немецких коллег о своем согласии оформить с ними многообещающий двусторонний договор о ненападении и невмешательстве. «Германия, – значилось в предложении, – обещает не вмешиваться в дела Британской империи, а та, со своей стороны, обещает полностью уважать германские политические интересы в Восточной и Юго-Восточной Европе» [2, с. 125, 127, 202-203]. 9 и 10 августа английское правительство повторило, что «проведение двусторонних переговоров сможет разрядить сложившуюся напряженность: «Британское правительство имеет живейшее желание, чтобы это время наступило, и тогда оно пойдет очень далеко для достижения этой цели» [8, с. 228, 234].

12 и 14 августа со стороны Лондона последовали очередные многообещающие предложения, касавшиеся разграничения германских и английских интересов. Форрин-офис соглашался не вмешиваться в германо-польские отношения при условии уважения рейхом его экономических интересов в балканском регионе [1, с. 302–303, 305–306]. Берлин на эти предложения не ответил. Немецкие лидеры убедились, что раз англичане идут на такие широкие обещания, значит, они не обладают реальными рычагами воздействия на своих восточных партнеров и союзников, поэтому продолжать свои переговоры с ними им нет никакого смысла. Внимание нацистской верхушки поглотили перспективы улучшения отношений со сталинским режимом.

В Кремле не знали о содержании английских предложений, но догадывались, так же как и о немецких намерениях. Сталинское руководство не доверяло ни английскому, ни французскому, так же как оно не доверяло и привыкшему всех обманывать германскому правительству. На примере «косвенной агрессии» кремлевское правительство, с одной стороны, прощупывало далеко идущие намерения партнеров в заигрывании с гитлеровцами, а с другой – недвусмысленно намекало на свои не менее далеко идущие интересы в переустройстве Европы. Выдвинутая им формула показывала, на каких условиях советская сторона готова была объединиться с демократической (англо-французской) или фашистской (германо-итальянской) коалицией. Все зависело от того, кто был готов смириться с советским доминированием на Балтике. Лондон и Париж не проявили интереса к советским требованиям, свою заинтересованность обнаружило гитлеровское правительство: приближалась польская кампания, и нацистской верхушке на востоке был крайне необходим нейтралитет советского «колосса». Первые контакты сторон проводились уже с мая месяца, но они носили вялотекущий характер.

С началом августа их процесс значительно ускорился. 8 августа состоялась беседа советского посла в Берлине Г.А. Астахова с министром иностранных дел рейха И. Риббентропом. В разговоре



рейхсминистр выразил согласие фюрера подписать с советской стороной секретный протокол о разграничении двусторонних интересов в Европе. Он указал на готовность германского правительства договориться с СССР по всем вопросам, касающимся территории «на всем протяжении от Черного моря до Балтийского». Однако прежде чем перейти к проблемам германо-советского сближения, – заявил министр, – немецкое правительство хотело бы получить гарантии того, что намерения второй стороны серьезны». Он дал понять советскому коллеге, что «будет готов к уточнениям сразу же, как только советское руководство официально уведомит германское правительство о том, что оно готово к улучшению двусторонних отношений». Астахов, сообщая о состоявшемся разговоре, отметил, что «немцы были бы не против вовлечь нас в разговоры более далеко идущего порядка... Немцы желают создать у нас впечатление, что готовы были бы объявить свою незаинтересованность (по крайней мере, политическую) к судьбе прибалтов (кроме Литвы), Бессарабии, русской Польши (с изменениями в пользу немцев) и отмежеваться от аспирации на Украину. За это они желали бы иметь от нас подтверждение нашей незаинтересованности к судьбе Данцига, бывш[ей] германской Польши (быть может, с прибавкой до линии Варты или даже Вислы) и австрийской Галиции» [1, с. 587–589, 305–306; 17, с. 387]. Сообщение полпреда было воспринято сталинским руководством с интересом. 10 августа им были приняты условия, которые обрекали переговоры с союзниками на скорый провал. А уже 11 августа было принято решение вступить в прямые переговоры с Берлином. Кремль подтвердил свою заинтересованность в дальнейших разговорах, но сообщил о «желательности» их организации в Москве [17, с. 389]. 13-го числа из рейхсканцелярии поступила ответная телеграмма, в которой гитлеровское руководство советовало русским коллегам «не терять для этого времени» [17, с. 373].

15 августа гитлеровское правительство напомнило, что «жизненные интересы двух стран прилегают друг к другу, но в столкновениях нет естественной потребности, причины для агрессивного поведения одной страны по отношению к другой отсутствуют» [17, с. 391]. 16 августа немецкая сторона подтвердила свое согласие гарантировать советские интересы [17, с. 393]. 19 августа управление внешней разведки (4-е отделение 5-го управления ГУГБ НКВД СССР под руководством майора П.А. Судоплатова) получило указание «выяснить условия» достижения компромисса в данном вопросе [14, с. 325-326]. Но выполнить поставленную задачу резидентам разведки не удалось. 20 августа по инициативе Берлина состоялось долгожданное подписание советско-германского кредитного соглашения. Дорога к улучшению политических отношений была открыта. Москва уведомила германское правительство о своем согласии оформить двустороннее сближение 26-27 августа. Но Берлин это не устраивало: отсчет польской кампании пошел на часы. По этой причине 21 августа Гитлер направил Сталину письмо, в котором настойчиво просил советского вождя об оформлении договора о ненападении и причитающихся к нему секретных протоколов не позднее 22-23 августа [17, с. 399]. Сталин согласился на 23 августа [1, с. 324]. Немецкий посол в Москве Ф. фон Шуленбург немедленно передал согласие вождя в Берлин. Гитлеру передали его в тот момент, когда фюрер с соратниками сидел за обеденным столом. Главный архитектор рейха и будущий министр вооружений А. Шпеер вспоминал: «Прочитав телеграмму, он пришел в необыкновенное возбуждение. Вскочил, воздел руки к небу и сказал: «Это стопроцентная победа! Теперь весь мир у меня в кармане! И хотя я этого никогда не делаю, я выпью бутылку шампанского» [16, с. 365]. В то же время в Москве Шуленбург за своим обеденным столом с бокалом вина свидетельствовал: «Это дипломатическое чудо. Мы добились за три недели того, чего ни одна другая дипломатия не могла добиться от русских на протяжении многих месяцев переговоров» [15, с. 365]. По результатам двустороннего сближения советской сферой интересов были признаны территории, вытекающие из формулы «косвенной агрессии».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Год кризиса 1938-1939. Документы и материалы: в 2 кн. М., 1990. Кн. 1.
2. Документы внешней политики СССР: в 23 т. М., 1990. Т. 22. Кн. 1.
3. Емельянов Ю.П. Прибалтика. Почему они не любят Бронзового солдата? / Ю.П. Емельянов. М., 2007.
4. Дипломатические документы кануна и начала Второй мировой войны. М., 1981.
5. Каспаравичюс А. Дипломатическая реакция Прибалтийских республик на пакт Риббентропа-Молотова / А. Каспаравичюс // Международный кризис 1939-1941 гг.: от советско-германских договоров 1939 года до нападения гитлеровской Германии на СССР. М., 2006.
6. Полпреды сообщают: сборник документов и материалов об отношениях Советского Союза с Латвией, Литвой и Эстонией. Август 1939 – август 1940 года. М., 1990.

7. Панкрашова М. Англо-франко-советские переговоры 1939 года / М. Панкрашова // Международная жизнь. 1989. № 12.
8. СССР и Литва в годы Второй мировой войны. СССР и Литовская республика (март 1939 – август 1940 года). Документы и материалы: в 2 т. Vilnius, 2006. Т. 1.
9. Dallin, A. The Baltic States between Nazi Germany and Soviet Russia / A. Dallin // The Baltic States in Peace and War.–London, 1998.
10. Семиряга М.И. Тайны сталинской дипломатии. 1939–1941 гг. / М.И. Семиряга. М., 1991.
11. Овсянный И.М. Последние недели мира / И. М. Овсянный. М., 1981.
12. Мельтюхов М.И. Советско-польские войны. Военно-политическое противостояние 1918–1939 гг. / М. И. Мельтюхов. М., 2001.
13. Мюллер-Гиллебранд Б. Сухопутная армия Германии. 1933–1945 гг. / Б. Мюллер-Гиллебранд. М., 2003.
14. Судоплатов П.А. Москва. Кремль. Лубянка. 1930–1950-е гг.: в 2 кн. / П.А. Судоплатов. М., 2005. Кн. 2.
15. Хильгер М. Россия и Германия. Союзники или враги? / М. Хильгер, А. Майер. М., 2008.
16. Шпеер А. Воспоминания / А. Шпеер. Смоленск, 1999.
17. Auswärtige deutsche Politik 1939–1941: vd. 1–7. Serie A–D. Baden, 1977. Serie A. Bd. 6.

**Аблизин Владимир Александрович** –  
кандидат исторических наук, доцент кафедры  
«Гуманитарные и социальные науки»  
Саратовского военного института внутренних  
войск МВД России

**Vladimir A. Ablizin** –  
Ph.D., Associate Professor  
Department of Humanities and Social Sciences,  
Saratov Military Institute of Internal Forces  
Ministry of internal Affairs of Russia

*Статья поступила в редакцию 05.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 07.00.02

**С.В. Ананьев**

### **УКРАИНСКИЙ АСПЕКТ ПОЛЬСКОГО ВОССТАНИЯ 1863 ГОДА: ЗАБЫТЫЕ УРОКИ ПРОШЛОГО**

*Посвящена проблематике национально-освободительного движения, а именно украинскому аспекту польского восстания 1863–1864 гг., который в свете современных событий на Украине имеет предельную актуальность. В исследовании проанализирована деятельность украинских революционеров, а также позиция различных направлений отечественной мысли по польскому вопросу. Отмечается, что польское восстание оказало воздействие на внутривластительный курс применительно к Юго-Западному краю Российской империи и создало условия для дальнейшей оторванности украинского народа от России.*

Польское восстание, мятежники, Малороссия, украинофильство, Юго-Западный край, русификация

**S.V. Ananyev**

### **UKRAINIAN ASPECT IN THE POLISH UPRISING IN 1863: FORGOTTEN LESSON OF THE PAST**

*The article is devoted to the issues of the national liberation movement, namely the Ukrainian aspect in the Polish uprising of 1863–1864, which is important in the light of the present-day events in Ukraine. The researcher analyses activities of Ukrainian revolutionaries, and various viewpoints of the Russian scientists relating the Polish events. It is noted that the Polish uprising had a serious influence on the internal political policy of the government referring the Southwest regions in the Russian Empire, and created conditions for further isolation of Ukrainian people from Russia.*

Polish revolt, rebels, Malorossiya, ukrainophilism, Southwest edge, russification

Тема национального вопроса в многонациональном российском государстве всегда являлась весьма противоречивой и злободневной. Российская империя в XIX веке не была исключением. После трех разделов Речи Посполитой в 1772, 1793 и 1795 годах западные регионы Российского государства стали постоянным очагом социальных, конфессиональных и национальных противоречий. Территория западных окраин империи утвердилась ареной русско-польской вооруженной и информационной войны. Не готовые мириться со сложившимися историческими обстоятельствами поляки на протяжении XIX века организовали два польских восстания 1830-1831 гг. и 1863-1864 гг. Польская революционная эмиграция предпринимала активные шаги в поиске методов дестабилизации самодержавного режима на территории Северо-Западного и Юго-Западного регионов империи. В связи с этим в начале XIX века возник «польский вопрос» как главный деструктивный фактор в национальной сфере Российской империи.

Польское восстание 1863-1864 гг. всколыхнуло русское общество, вызвало оживление европейской дипломатии и обострило и без того сложный польский вопрос. Однако осложнению ситуации вокруг польской проблемы способствовала долгая и кропотливая работа как польской эмиграции совместно с революционерами внутри Российской империи, так и их последователей в Северо-Западном и Юго-Западном крае.

Еще в 1846-1848 гг. начинается процесс освободительного движения в Познани и Галиции. В Галиции в тот период действовал Краковский комитет, во главе которого стоял магнат А. Сапега. Одновременно в Киеве действовала группа революционных демократов. Имелось тайное студенческое общество Я.Н. Бекмана, М.Д. Муравского и др. [1, с. 110]. В феврале 1860 года оно было разгромлено полицией. В. Синегуб и его сторонники активизируют антирусскую пропаганду в Харьковской, Полтавской губерниях. Синегуб вовлекается в революционную организацию «Малороссийский комитет», которая была связана с революционным комитетом «Земли и воли» и Польским центральным комитетом. Поляки возлагали на Малороссийский комитет определенные надежды.

Имелись и факты распространения революционной пропаганды в войсках подполковником А.А. Красовским, в частности в Житомирском пехотном полку. А.А. Красовский был арестован, однако царь заменил ему смертный приговор 12-летней каторгой на рудниках. Помимо этого, пропаганду среди учеников Киевского военного училища вел студент Е. Моссаковский [1, с. 112]. В Киеве к 1862 году существовал польский провинциальный комитет под руководством С. Бобровского, затем он перешел в Варшавское подполье, и комитет возглавляли А. Юрьевич, В. Василевский. Еще в 1861 году Л. Мерославский разработал программу примирения шляхты с низшими сословиями Польши, Беларуси и Украины. Он отмечал, что необходимо «Открыть ворота за Днепр» [1, с. 116]. Вместе с тем необходимо заметить, что польские революционеры стремились связаться с крестьянством и наладить совместную деятельность с русскими революционерами.

В конце апреля 1863 года поляки поднимают восстание в Юго-Западном крае. Как и в Северо-Западном крае, польские повстанцы применяли методы террора. В данном регионе польское восстание также носило религиозный оттенок. Как правило, атрибутом повстанческого отряда был ксендз. Участились случаи надругательств над православными кладбищами и клиром. Польские инсургенты терроризировали местное население в тех населенных пунктах, мимо которых проходили их вооруженные отряды [16, с. 47]. Польские революционные вожди проводили в жизнь польскую идею под флагом прогресса и заимствования западно-европейских государственных форм. Благодаря этим приемам на их сторону была привлечена и изрядная доля русских общественных деятелей. Внедрялась в сознание мысль о том, что польскоязычное население Юго-Западного края может быть причислено к цивилизованным европейцам в противоположность соседнему варварству русских. Одним из способов вытеснения русского идеологического влияния на данный регион было распространение идей украинофильства.

К данному движению украинофилов с помощью знаменитого украинского поэта Т.Г. Шевченко и известного историка Н.И. Костомарова привлекались деятели культуры и науки. Отечественная историография располагает свидетельствами сотрудничества Н.Г. Чернышевского с Т.Г. Шевченко [18, с. 238]. Усиливались украинофильские настроения. Не все проводники этих настроений также понимали, что это грозит ополячением и окатоличением местного населения. Н.И. Костомаров начал организацию сбора средств по изданию книг на украинском языке. В ответ на данную инициативу вышла статья М.Н. Каткова, где украинофильство приравнивалось к «польской интриге» [10, с. 218] и т.п. Началась активная идеологическая и общественно-политическая борьба за «души» местного населения и за культурное преобладание в данном регионе.

Польская русофобия оказала влияние на формирование образа России в глазах Запада и внесла вклад в развитие украинской и белорусской национальной идеологии [2, с. 4]. У поляков сложи-

лась историко-мистическая теория, согласно которой Польша – это край свободы и добра, а Россия – край рабства и зла [6, с. 20]. В польском сознании также складывалась идиллия воображаемой Украины – земли благословенной гармонии.

Культивировалось представление о «Московской варварии». Ф. Духинский выдвинул тезис о «туранском» происхождении русского народа. Согласно его теории, предками русских являлись угро-финские племена. Другой поляк, Ц. Норвид, входя в спор с теорией Духинского, полагал, что при любом стечении обстоятельств полякам необходимо придерживаться добрососедских отношений с русскими. Масла в огонь подлил знаменитый польский поэт А.А. Мицкевич, по мнению которого, Белоруссия и Украина являются ареной постоянной борьбы между католичеством и православием [12, с. 119].

Активность в обсуждении данного вопроса проявляла и отечественная революционная эмиграция. Известный публицист той поры П.В. Долгоруков вслед за известным революционным демократом А.И. Герценом высказывался за немедленное отделение Польши и вывод оттуда русских войск. Кроме того, он предполагал возможность и важность создания независимой Украины. В 1863 году он сформулировал новую программу – созыв Земского собора, независимость Польши и право Малороссии, Белоруссии и Литвы на самоопределение, которые оказались тождественными программам «Земли и воли», Н.А. Серно-Соловьевича и Н.П. Огарева. Проект Долгорукова также предполагал ограничение царской власти или и вовсе отказ от самодержавия [9, с. 171-172].

Русская общественная мысль и царская власть не могли не отреагировать на подобные убеждения. Территория Украины в тот период меньше ощущала на себе воздействия польского элемента, чем Северо-Западный край. Тем не менее в 1863 году началось формирование малороссийских казачьих полков в связи с активизацией украинофильства. В данном случае власть пыталась задействовать украинофильство против самих же поляков. Западный край, по сути, являлся полем для расширения либо русского, либо польского национального ядра [7, с. 20]. Поэтому идея «собираения русских земель», служившая обоснованием русской Реконкисты, сделалась вопросом жизни и смерти для имперской государственности. Малороссы мыслились царской властью исключительно внутри идеального русского народа [11, с. 175]. На индивидуальном уровне к малороссам не наблюдалось никакого притеснения в империи, но стоило им образовывать какие-либо группы, их тут же обвиняли в отступничестве, национализме и т.п. Следует заметить, что украинская национальная идентичность формировалась как противостояние проекту строительства «большой русской нации» (причем не только естественным, но и искусственным путем, чтобы предотвратить усиления влияния России на Западе). Первоначально романтическая по своей окраске идеология трансформировалась в оппозиционную. В ответ применялись меры по гибкой ассимиляции, распространению и обучению русскому языку в школах, укреплению связи юго-западного региона с центром страны. Украинцы и белорусы в империи идентифицировались как русины, и им следовало знать русский язык [14, с. 40]. «Украинофил» в представлении властей был тождественен «украинскому сепаратисту». Солидарные правительству письма были получены от дворян полтавской губернии [5, Л. 64], от малороссийских казаков [5, Л. 64об] и др.

Необходимо отметить позицию славянофилов по данному вопросу. Во-первых, все идеологи этого общественно-политического направления заняли единую позицию протеста по поводу намерения европейских стран вмешаться во внутренние дела Польши. Во-вторых, славянофилы поддержали концепцию «большого русского народа» (русские, украинцы, белорусы), которая противостояла зеркальной польской концепции: поляки, русины, литвины.

Примечательно, но использовались и разные формулировки для одной и той же территории: «возвращенные губернии» – властями и «захваченный край» – поляками. Хомяков А.С. в стихотворении «Киев» обвинял галичан в том, что они оторвались от своего народа, так как их «сманили и пленили поляки». И.С. Аксаков же отметил, что разделить Великороссию, Белоруссию, Малороссию – все равно, что резать по живому телу [17, с. 60].

Один из главных авторов крестьянской реформы 1861 года Н.А. Милютин занял более сдержанную позицию по рассматриваемому вопросу. Он отмечал, что мы (правительство – С.А.) не сможем их заставить мыслить так же, как русские – опыт это доказал. Тысячи католиков белорусов, украинцев, литовцев, будучи по духу русскими, страдают из-за своей религии. Это приводит к обиде на всех русских без исключения.

Польское восстание 1863-1864 гг., как мы видим, возымело обратный эффект – подняло русский национальный дух и укрепило в сознании убеждение, что данный край – русский по своей сути. К тому же оно было подавлено царскими войсками в течение 6 недель. Наместник края А.П. Безак пошел по пути генерал-губернатора Северо-Западного края М.Н. Муравьева – укрепляя русские

начала в Юго-Западном крае. Последствия царской политики как в Северо-Западном, так и в Юго-Западном крае империи были весьма противоречивыми.

Несмотря на форсированную политику по русификации данных регионов, сильная русская культурная среда так и не была создана, чтобы конкурировать с польской средой. К сожалению, образованность шляхты была на более высоком уровне, чем у большинства российских местных чиновников. По этому поводу Н.Е. Врангель в своих воспоминаниях заметил, что «увлекаясь навеянной московскими псевдопатриотами идеей русификации, мы мало-помалу восстановили против себя Литву, Балтийский край, Малороссию, Кавказ» [3, с. 112].

М.Н. Муравьев, который являлся одним из создателей модели русификации окраин империи в XIX веке и инициатором этой политики в ее западных регионах в 60-70-х годах за подавление польского восстания в Северо-Западном крае был удостоен ордена св. Андрея Первозванного. По мнению самого Муравьева, важность этой награды понижалась, так как одновременно с ним ею был удостоен генерал-губернатор Юго-Западного края Н.Н. Анненков (который, к примеру, не считал зазорным даже посещать пикники вместе с польскими дворянами, а по поводу виленского наместника говорил: «я не хочу быть палачом подобно Муравьеву») [13, с. 122]. Муравьев считал такую награду «двусмысленной» [8, с. 640]. Он с возмущением приводил пример, когда в 1863 г. по распоряжению Анненкова на частном киевском пароходе «Кумир» вооруженные польские повстанцы были отправлены в Пинск, которых остановила сельская стража на границе с Минской губернией. Они были возвращены обратно в Киев для надлежащего обыска – но киевский генерал-губернатор при этом не обнаруживает виновных... [5, Л. 64об]. История показывает, что воздействие его зачастую жестких мер способствовало большей лояльности белорусского населения и его следованию курсом совместно с Россией, нежели чем в случае с Украиной.

С середины 60-х годов польское движение пошло на спад, хотя ходили слухи о новом готовившемся восстании. Некоторое оживление наблюдалось в 1868 году в Галиции [19, с. 65]. В Волынской губернии ходили подобные слухи о войне с Австрией с неблагоприятным исходом для России [4, Л. 13об]. Оживает национально-освободительное движение в связи с русско-турецкой войной, а в 1876 году в той же Галиции создается «Конфедерация польского народа» (В. Кошиц), в 1877 году «Жонд народовой» (А. Сапега).

Необходимо отметить, что национальные движения того периода возникали на волне Великих реформ 1860-1870-х гг., прогресса, либерализации общества. Они носили определенный окрас культурного пробуждения наций. У более развитых наций эти процессы зарождались раньше [15, с. 171].

Подводя итоги, следует отметить, что непоследовательная политика царской власти в регионе (в отличие от политики М.Н. Муравьева и его последователей в Северо-Западном крае) и активная позиция отечественных революционных демократов, которая муссировала тезис о праве отдельных регионов и народов империи на самоопределение, в частности, создала почву для дальнейшей оторванности украинского народа от России. Опыт русско-польских и русско-украинских отношений поможет извлечь важные уроки в рамках одного многонационального государства. Необходимо отказаться от антагонистического противопоставления одного народа другому. Следует строить отношения между народами в виде диалога. Только тогда мы сможем избежать ошибок прошлого.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барабой А.З. Попытка украинских революционеров организовать помощь польскому восстанию 1863 года / А.З. Барабой // Вопросы истории. 1957. № 1.
2. Бухарин Н.И. Российско-польские отношения в XIX – первой половине XX века / Н.И. Бухарин. М., 1987.
3. Врангель Н.Е. Воспоминания от крепостного права до большевиков / Н.Е. Врангель. М., 2003.
4. ГАРФ. Ф. 109. 3 эксп. Оп. 164. Д. 734.
5. ГАРФ. Ф. 945. Оп. 1. Д. 102. Сборник документов к истории польского восстания 1863 года.
6. Гильфердинг А.Ф. За что борются русские с поляками / А.Ф. Гильфердинг. СПб., 1888.
7. Горизонтов Л.Е. Русско-польское противостояние XIX – начала XX века в геополитическом измерении / Л.Е. Горизонтов // Европейские сравнительно-исторические исследования. Вып. 2. География и политика. М., 2006.
8. Граф М.Н. Муравьев. Записки его о мятеже в Северо-Западной России в 1863-1864 гг. // Русская старина. 1882. № 11.
9. Гусман Л.Ю. К вопросу о развитии взглядов П.В. Долгорукова на польский вопрос (эпизод из истории русской либеральной эмиграции 1860-х годов) / Л.Ю. Гусман // Университетский историк. Вып. 7. СПбГУ, 2010.

10. Долбилов М.Д. Русский край, чужая вера / М.Д. Долбилов. М., 2006.
11. Рец. М.Д. Долбилова на кн.: Миллер А.И. «Украинский вопрос» в политике властей и русском общественном мнении (вторая половина XIX века). // Отечественная история. 2002. № 3. СПб., 2000.
12. Крацевич А. Белорусы: нация пограничья / А. Крацевич, А. Смоленчук, С. Токть. Вильнюс, 2011.
13. Кренке В.Д. Усмирение польского мятежа в Киевской губернии в 1863 г. / В.Д. Кренке // Исторический вестник. 1883. № 10.
14. Миллер А.И. Украинский вопрос в политике властей Российской империи и в русском общественном мнении во второй половине 1850-1880-х гг. / А.И. Миллер. М., 2000.
15. Рец. Б.Н. Миронова на кн.: Каппелер А. Россия – многонациональная империя. М., 1996. // Отечественная история. 1998. № 3.
16. Павлищев Н.И. Седмицы польского мятежа. 1861-1864 / Н.И. Павлищев. СПб., 1887. Т. 5.
17. Радченко А.А. «Польское восстание 1863-1864 годов в оценке славянофилов» / А.А. Радченко // Общественная жизнь центрального Черноземья России в XVII – начале XX века. Воронеж: ВГУ, 2002.
18. Смирнов А.Ф. Революционные связи народов России и Польши / А.Ф. Смирнов. М., 1962.
19. Снытко Т.Г. Русское народничество и польское общественное движение 1865-1881 гг. / Т.Г. Снытко. М., 1969.

**Ананьев Сергей Валерьевич** –  
кандидат исторических наук, доцент кафедры  
«Гуманитарные и социальные науки»  
Саратовского военного института  
внутренних войск МВД России

**Sergey V. Ananyev** –  
Ph.D., Associate Professor  
Department of Humanities and Social Sciences,  
Saratov Military Institute of Internal Forces  
Ministry of internal Affairs of Russia

*Статья поступила в редакцию 21.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 937.07

**М.М. Варинова, Е.А. Гуськов**

### **ХАРАКТЕР ИМПЕРАТОРСКОГО КУЛЬТА ПРИ ВЕСПАСИАНЕ**

*Статья посвящена проблеме зависимости религиозной политики императора Веспасиана от его предшественников. Отмечается, что несмотря на множество отличий, она носила преемственный характер с институциональной точки зрения. Новые мотивы в императорском культе были связаны с особенностями прихода Веспасиана к власти и отсутствием родства с прежними обожествленными императорами.*

Римская империя, императорский культ, римская религия, династия Флавиев

**M.M. Varinova, E.A. Gus'kov**

### **THE CHARACTER OF IMPERIAL CULT IN THE REIGN OF VESPASIAN**

*This paper considers the problems relating dependence of Vespasian religious policy on his predecessors. It is noted that despite differences, the policy had a successive character in terms of its institutional status. The new trends in the imperial cult were connected with the circumstances of Vespasian power, and lack of its kin relationship with the previous Emperors recognized as divine.*

Roman Empire, imperial cult, roman religion, Flavian dynasty

Когда в 69 г. н.э. в Риме утвердилась династия Флавиев, Империя находилась в плачевном состоянии. Борьба за престол, длившаяся около года, нанесла серьезный урон и населению, и экономике. Многие провинции, включая Италию, были разорены и разграблены так, будто пострадали от

вражеского набега. Если Светоний верно передает слова Веспасиана (*Vesp.* 16.3), то общая сумма ущерба составляла около 40 млрд. сестерциев [6, 13, 17], а государственная казна, даже в лучшие времена никогда не достигавшая таких размеров, была совершенно пуста. Это обстоятельство создавало опасную ситуацию, затрудняя возможность материального поощрения сторонников новых властей. Во время борьбы с Вителлием почти демонстративная скупость Веспасиана имела хоть какое-то оправдание в глазах воинов, но когда Веспасиан остался единственным правителем, прежняя политика могла оказаться чреватой неприятными последствиями. Участь Гальбы, в открытую заявлявшего о том, что он привык набирать, а не нанимать воинов (*Tac. Hist.* 1.5.4: *legi a se militem, non emi...*), была наглядным примером того, что может случиться с императором, не оправдавшим их надежд. Однако проблема состояла не только в этом. Главной причиной свержения Гальбы и Вителлия была их неумелая сенатская и в целом социальная политика. Проявляя жестокость в отношении сторонников предыдущих принцепсов, они неизбежно вызывали опасения и ненависть даже среди тех, кто не питал особых симпатий к Нерону или Отону. Вителлий, правда, старался обходиться без казней и конфискаций (*Dio Cass.* 64.6.1-2), но его попустительское вероломное поведение германских легионеров, находившихся в Риме, изрядно подпортило первоначальный вполне благоприятный имидж. В отличие от него Веспасиан не стал свирепствовать против проигравшей партии и даже (!) предусмотрительно не исключил воинов Вителлия из императорской гвардии (*Tac. Hist.* 4.46) [1]. Примирительная политика первых Флавиев проявлялась не только в социальной сфере, но и в традиционно важной для римлян области религии.

Уже в древности было отмечено, что образцом для Веспасиана был Август. В пример обычно ставится сходство в их отношениях с сенаторами. Но при ближайшем рассмотрении можно заметить, что родоначальник Флавиев «подражал» Августу не только в том, что касалось сената, но также и в «делах божественных» у него было много общего с основателем принципата. Впрочем, говорить здесь о какой-либо зависимости не приходится, так как их религиозную политику можно охарактеризовать как традиционалистскую и в этом смысле самостоятельную. Сходство между ними вызвано тем, что оба апеллировали к римской религиозной традиции, которая должна была санкционировать их власть, в первом случае противоречащую республиканской норме, во втором – омраченную сомнительными основаниями на высшей империи. Поэтому во флавианской историографии тема легитимации власти приобрела почти такое же важное значение, как и в век Августа. С точки зрения нашей темы это достаточно очевидное обстоятельство имеет, тем не менее, значимый подтекст. Еще с эллинистических времен культ правителя включал идею о том, что божественность можно приобрести путем личных подвигов и благодеяний [15, 16], и этот теологический базис не претерпел существенных изменений у римлян, а значит, так или иначе любая деятельность императора оценивалась с позиции достаточности совершенных им деяний для возможного апофеоза после смерти.

Веспасиан выиграл войну за власть среди примерно равных ему претендентов, а один из них – Гальба – в представлении римлян имел даже больше прав на престол, чем он сам, благодаря своей родовитости и огромному богатству – очень важным, хотя и не самодостаточным, социальным характеристикам. В свое время его право на принципат признал и сам Веспасиан, отправив к нему Тита засвидетельствовать их почтение (*Tac. Hist.* 1.10.4; 2.1.2; *Ios. B. Iud.* 4.9.2; *Suet. Tit.* 5.1). Особенности прихода Веспасиана к престолу предопределили восприятие его соперников и отчасти подсказали те образы, в которых они предстают в литературе этого времени. Отношение к предшественникам было одним из наиболее эффективных средств демонстрации намерений нового правительства. В законе о власти Веспасиана (*ILS.* 244) в качестве образца названы только Август, Тиберий и Клавдий, а из императоров вне династической линии основателя принципата вообще никто не упомянут, что подчеркивало их нелегитимность или, точнее выражаясь, неприемлемость их политического курса по отношению к сенату. Отон и Вителлий получили негативную оценку во флавианской литературе; только Гальба, не являвшийся прямым соперником для Веспасиана, был «реабилитирован» после сделанных при Отоне и Вителлии попыток очернить его память [7, 11, 18].

Самое важное и, наверно, самое масштабное преобразование Веспасиана в области религии заключалось в массовом внедрении императорского культа по всей Империи. Как справедливо заметил А. Б. Егоров, приход Веспасиана к власти не укладывался в сложившийся за полвека механизм смены принцепсов [2; С. 142-143]. Не имея никаких кровных связей с Юлиями-Клавдиями, он был вынужден делать акцент именно на институциональные элементы принципата, а не на личностный фактор. Политически это выразилось в почти полной монополии Флавиев на консулат, а в идеологической и религиозной плоскости – в формализации культа правителя. Если прежде речь шла только об индивидуальных культах тех или иных императоров (Цезаря, Августа и Клавдия), то теперь они постепенно утрачивают самостоятельный характер и неизбежно превращаются в почитание самого

Римского государства, а личность непосредственного носителя верховной власти начала уходить на второй план. Культы первых «божественных» были максимально персонифицированы: Цезаря почитали не как простого и безликого носителя власти, а как гениального победоносного полководца, Августа – сначала как его сына, а потом как самостоятельную фигуру. Даже Август на первых порах был вынужден опираться на *auctoritas* Цезаря, а последующие принцепсы – на авторитет Августа. В случае с Веспасианом легитимация через родство с божественным предшественником уже не работала. Не самое благородное происхождение нового владыки сильно усложняло следование традиционному пути.

В начале, еще в ходе гражданской войны, Веспасиан пытался заработать личный авторитет. Так, в Александрии он исцелил двух увечных (Tac. *Hist.* 4.81-82; Suet. *Vesp.* 7.2-3; Dio Cass. 65.8.1-2), что, по общему мнению, было признаком *caelestis favor et quaedam in Vespasianum inclinatio numinum*. Расположение к нему Сераписа было весомым аргументом, которого были лишены противники Веспасиана. Теоретически в будущем эту благосклонность небес он мог бы «передать в наследство» своим потомкам, как это, сам того не ведая, сделал Цезарь, у которого главным доказательством «богоизбранности» были грандиозные победы в Галлии, Греции, Понте и Африке. В течение всего правления Веспасиана мы видим вполне привычную политику в духе Юлиев-Клавдиев. Заметным исключением стало расширение социальной базы Империи, к чему в свое время Август и Тиберий относились крайне настороженно. Первые принцепсы также старались избегать профанации культов предшественников чрезмерным расширением круга «божественных». Эту линию прервал Клавдий, предоставлявший права гражданства провинциалам в невиданных прежде масштабах и впервые включивший в число государственных богов представителя женской половины императорского семейства (свою бабушку Ливию). Формально первым, кто обожествовал второстепенного члена императорского дома, был Гай Калигула, «инициировавший» апофеоз своей сестры, но ее божественный статус был недолговечным (Dio Cass. 59.11.4) и теоретически мог остаться в памяти римлян просто как результат чудачества безумного тирана. Клавдий в отличие от него не только не был подвергнут *damnatio memoriae* (впрочем, был ли осужден Гай официально – спорный вопрос), но даже сам получил консекрацию и негласное признание своих заслуг. Следовательно, Веспасиана можно назвать продолжателем Клавдия как в социальной, так и в религиозной политике.

Главное отличие новой династии – масштаб, но это был такой случай, когда количество перешло в новое качество. Уже в 70-72 гг. новая династия принялась за активную религиозную политику в провинциях, примером чему служит т.н. *Lex Narbonensis*. Начиная с Т. Моммзена считалось, что он появился в самом начале принципата, и первые меры в упорядочении провинциальных культов начал принимать уже сам Август [4; Р. 263 ff.], но сегодня многие исследователи все же склоняются к флавианскому времени [9; с. 349]. Появляются культовые объекты провинциального масштаба, становится заметной бóльшая унификация в титулатуре служителей культа: новообразованные храмы и святилища на уровне провинций получали жрецов, как правило, с титулом *sacerdos*, а на локальном – *flamen* [10]. Прежние фламинаты сохранились, но среди них появилась некоторая иерархия. В посвящении (CIL.2.3271) одному жрецу, чье имя не сохранилось, гордо сообщается о том, что при жизни он был *flamen Augustalis in Baetica primus*: ...] *fisci et curator divi Ti[? ]i in Bae | tica prae. Galleciae pref.* (sic!) *fisci | Germaniae Caesarum imp. trib | uno leg. VIII flamine Augustali | in Baetica primo*... Датировка надписи опирается на упоминание *divi Ti[? ]i*, которым, скорее всего, является сын Веспасиана (а надпись, соответственно, была вырезана при Домициане), однако по формальным признакам здесь могло бы скрываться имя Тиберия, поскольку количество исчезнувших букв установить не представляется возможным. Но Тиберий так и не был официально обожевлен, поэтому эта версия должна быть отвергнута [9; с. 350-351]. Так как плита с текстом сильно фрагментирована, можно было бы сделать предположение о том, что инскрипция является незаконченной, а значит *primo* может синтаксически относиться не к *flamine Augustali*, а к какому-нибудь утраченному слову (может быть, *pilo*?). Отправление службы трибуна в VIII легионе и обязанностей префекта фиска выдают его всадническое происхождение, что резко снижает шансы на то, что он когда-либо проходил центурионат. По этой причине нет необходимости разделять эти слова в тексте: речь идет именно о «первом фламине в Бетике». Фламины центральных провинциальных городов становились главными фламинами в своих провинциях. Веспасиан по примеру основателя принципата массово внедряет совместный культ Ромы и живого императора; правящий принцепс также начал почитаться совместно с консекрированными предшественниками [CIL.2.4217 (*flam. divi Claudi... flamine divorum et Augustor.*); 4225; 4226; 4239 etc.]. Эти мероприятия нельзя назвать в полной мере инновационными, они лишь упорядочивали то, что уже имело место в локальных вариантах. Например, ассоциация консекрированного и правящего императоров уже имела место и раньше. Так, в одной греческой надписи времени Нерона из



Коса упоминается  $\delta \rho \chi \iota \alpha \tau \rho \delta \varsigma \tau \hat{\omega} \nu \Theta \epsilon \acute{\omega} \nu \Sigma \epsilon \beta \alpha \sigma \tau \acute{\omega} \nu$ , т.е. служитель культа (или культов) обоженного Клавдия и царствующего Нерона [8; p. 301]; даже если здесь подразумевается отправление жреческих обязанностей в двух параллельных культах, это в любом случае было первым шагом к их интеграции. Все это стало естественным следствием государственного устройства раннего принципата, в котором власть нового правителя опиралась главным образом на связь с предшественниками, а не только на занимаемые магистратуры. Поэтому пришедший к власти в результате гражданской войны Веспасиан не мог напрямую связать себя с авторитетом Августа. Судя по сведениям Светония, этот император, в личной жизни вообще довольно равнодушный к «генеалогическим аргументам», даже высмеял попытки некоторых современников удревнить его род вплоть до времени Геркулеса (*Vesp.* 12). Веспасиан пошел по стопам основателя Империи, но на качественно ином уровне. В отличие от Юлиев-Клавдиев, имевших индивидуальные храмы и алтари, Флавиус в лице Домициана создал общий культ династии, отправление ритуалов которого происходило в храме, построенном к 94 г. (*Suet. Dom.* 1.1; 5; *Mart. Epig.* 9.3.12; 20.1-2; 34.2) [3; 14]. По количеству обоженных второстепенных персонажей императорского дома им нет равных [12; S. 109-119, 19; P. 104-110].

Одновременно с этим наблюдается стихийное распространение местных традиционных культов в отдаленные уголки Средиземноморья, так что вслед за К. Андо можно признать, что в религиозном плане период Флавиусов был одним из самых продуктивных с точки зрения интеграции различных областей в единое государство [5]. Не вдаваясь в подробности, надо отметить, что, как и раньше, центральное правительство старалось не вмешиваться во внутренние вопросы культов, ограничиваясь регламентацией их взаимодействия между собой.

Политику Веспасиана и его преемников, несмотря на известную напряженность внутри семейства, часто рассматривают как последовательную и преемственную, что оправданно только в отношении первых двух принцевов этой династии, в то время как Домициан являет собой пример иного подхода к почитанию императора. Если Тит открыто оставлял все случаи неподобающего отношения к *divi* на усмотрение самих богов (*Dio Cass.* 66.19.1-2), в точности как Тиберий в первые годы своего принципата, то Домициан возобновил печально известные процессы об оскорблении величия, причем, по-видимому, с целью превращения императорского культа в подлинную религию, поскольку не всегда преследование по этому закону происходило по политическим причинам (напр., *ibid.* 67.12.2). В то же время именно последний Флавий как никто другой способствовал превращению героических культов отдельных правителей в единый государственный культ власти, что в дальнейшем будет подхвачено и доведено до логического конца Антонинами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гуськов Е.А. Преторианцы Отона и Вителлия в гвардии Веспасиана: несколько замечаний / Е. А. Гуськов // *Antiquitas iuventae*. 2008. Вып. 4. С. 113-119.
2. Егоров А.Б. Флавиусы и трансформация Римской империи в 60-90-е гг. I века / А.Б. Егоров // *Город и государство в античном мире (проблемы развития)*. Л., 1987. С. 137-151.
3. Смирнова Е.Л. Финансовая политика Домициана / Е.Л. Смирнова // *Мнемон. Исследования и публикации по истории античного мира* / под ред. проф. Э.Д. Фролова. 2011. С. 293-308.
4. Abaecherli A.L. The Dating of the Lex Narbonensis / A.L. Abaecherli // *Transactions of the American Philological Association*. 1932. Vol. 63. P. 256-268.
5. Ando, C. A Religion For the Empire / C. Ando // *Flavian Rome: Culture, Image, Text*. Ed. by A.J. Boyle, W.J. Dominik. Leiden; Boston: Brill, 2003. P. 323-344.
6. Bengtson H. Die Flavii: Vespasian, Titus und Domitian. Geschichte eines römischen Kaiserhauses / H. Bengtson. München, 1979. 316 p. + XI.
7. Ferill A. Otho, Vitellius, and the Propaganda of Vespasian / A. Ferill // *CJ*. 1965. Vol. 60, № 6. P. 267-269.
8. Fishwick D. Flamen Augustorum / D. Fishwick // *HSCP*. 1970. Vol. 74. P. 299-312.
9. Fishwick D. The Institution of the Provincial Cult in Africa Proconsularis / D. Fishwick // *Hermes*. 1964. Bd. 92, H. 3. S. 342-363.
10. Fishwick D. The Institution of the Provincial Cult in Roman Mauretania / D. Fishwick // *Historia: Zeitschrift für Alte Geschichte*. 1972. Bd. 21, H. 4. S. 698-711.
11. Gage J. Vespasien et la mémoire de Galba / J. Gage // *Revue des Études anciennes*. 1952. T. 54. P. 290-315.
12. Kienast D. Römische Kaisertabelle. Grundzüge einer römischen Kaiserchronologie / D. Kienast. Darmstadt: Wissenschaftliche Budigesellschaft, 2004. 430 s.

13. Levick B. *Vespasian* / B. Levick. L.; N.Y.: Routledge, 2003. 310 p. + XXIV.
14. McFayden D. *The Date of the Arch of Titus* / D. McFayden // CJ. 1915. Vol. 11, № 3. P. 131-141.
15. Nock A.D. *Deification and Julian: I* / A. D. Nock // The Journal of Roman Studies. 1957. Vol. 47. № 1/2. P. 115-123;
16. Nock A.D. *Notes on Ruler-Cult, I-IV* / A.D. Nock // Journal of Hellenic Studies. 1928. Vol. 48. p. 1. P. 21-43.
17. Rogers P.M. *Domitianus and the Finances of State* / P.M. Rogers // Historia. 1984. Bd. 33. P. 60-78.
18. Sancer J. *Galba ou l'armée face au pouvoir* / J. Sancer. P.: Les belles lettres, 1983. 192 p.
19. Suess J. *Divine Justification: Flavian Imperial Cult* / J. Suess. Doct. Diss. Oxford, 2011. 207 p. + IX.

**Варинова Мария Михайловна** –  
аспирант кафедры «История Отечества  
и культуры» Саратовского государственного  
технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Maria M. Varinova** –  
Postgraduate  
Department of Russian History and Culture,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Гуськов Евгений Александрович** –  
аспирант кафедры «История Отечества  
и культуры» Саратовского государственного  
технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Evgeniy A. Gus'kov** –  
Postgraduate  
Department of Russian History and Culture,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 17.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 802.0-3

**А.В. Воздвиженская**

### **РОДОВИДОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ В КАТЕГОРИИ «РОДСТВЕННИКИ»**

*На материале ассоциативного эксперимента рассматриваются родовидовые отношения в категории «родственники». Описывается группировка реакций поля категории по зонам: ядерной, промежуточной, периферийной. Учитываются гендерный и возрастной факторы.*

Ассоциация, категория, прототип, ядерная зона, периферийная зона

**A.V. Vozdvizhenskaya**

### **GENUS-SPECIES RELATIONS IN THE CATEGORY «RELATIVES»**

*The article studies genus-species relations in the category «relatives» based on associative experiment. Grouping of reactions in associative fields is presented in zones: nuclear, transitional, and peripheral. Gender and age are taken into consideration.*

Association, category, prototype, nuclear zone, peripheral zone

Отношениям родства посвящено большое количество исследований. Их значительная часть сосредоточена на социологическом и этнографическом аспектах родства: на типах семьи, ее структуре и т.п. В данной работе рассматриваются *формы проявления* осознания этой системы, которые нашли отражение в данных ассоциативного эксперимента. Ассоциативные связи обнаруживают «глубинную когнитивную организацию» многостороннего опыта человека, который сложился у него через речь и мышление, и, следовательно, могут служить надежным источником знаний о репрезентации системы родства в сознании человека [4].

В качестве материала исследования использовались данные ассоциативного эксперимента, проведенного в 2014 году среди студентов саратовских вузов технических и гуманитарных специальностей. Двум группам испытуемых (80 юношам и 80 девушкам) было предложено привести по 5 примеров членов категории «родственники». В результате были получены анкеты, содержащие названия родственников как реакции на заданный стимул. Например,

Юноша, 19 лет: 1. Мама, 2. Папа, 3. Сестра, 4. Брат, 5. Тетя.

Девушка, 17 лет: 1. Мама, 2. Папа, 3. Бабушка, 4. Дедушка, 5. Брат.

Собранный материал представляет собой ассоциативное поле на стимул «родственники». Он позволяет учитывать не только общее количество той или иной номинации, но и ее позицию в ответе, то есть порядок, в котором примеры рассматриваемой категории приходили на память респондентам.

По мнению известного американского когнитолога Э. Рош, структура любой естественной категории основана на наличии в ней одного или нескольких прототипов [1], играющих ключевую роль в осознании человеком мира и рубрикации знания. Основная черта прототипа – наличие у него «атрибутов», или наиболее характерных для данной категории признаков [6]. Считается, что, чем больше атрибутов реализует тот или иной член категории, тем большей степенью прототипичности он обладает [5].

Один или несколько прототипов образуют ядерную зону категории. Остальные компоненты входят в категорию в том случае, если они «демонстрируют типы подобия» с лучшим представителем своего класса – прототипом [2]. Члены категории, имеющие некоторые общие атрибуты с прототипами, но не обладающие полным набором прототипических характеристик, образуют периферийную зону.

Будучи «когнитивным ориентиром категории», прототипы должны, во-первых, являться наиболее частотными реакциями на заданный стимул и, во-вторых, раньше других примеров приходиться в память респондентов, т.е. располагаться на первых позициях в анкете. Рассмотрим, так ли это.

В табл. 1 представлены выявленные в результате анкетирования члены ассоциативного поля «родственники», зафиксированные не менее 2 раз. Общее количество полученных реакций – 793.

Таблица 1

Абсолютные частоты реакций-номинаций родственников по данным эксперимента

Реакция	Общее количество вхождений реакции в ассоциативное поле
Бабушка	102
Брат, братишка, братья	99
Мама/мать	94/22
Сестра	93
Папа/отец	92/26
Дедушка	68
Дядя	41
Тетя	39
Родители	8
Теща	7
Муж	6
Свекровь	6
Сын	5
Дочь	5
Крестный	5
Племянник	4
Жена	2
Племянница	2
Тесть	2
Свекор	2

Принимая в качестве одного из факторов прототипичности высокую частотность реакции в ассоциативном поле, к ядерной зоне относим такие реакции как *бабушка, брат (братишка, братья), мама, сестра, папа, дедушка*, то есть названия представителей двух старших для респондента поколений, а также именованья других детей его родителей.

Следует отметить, что в рамках выделенной нами ядерной зоны количество реакций, называющих женские социальные роли (*бабушка, мама, сестра*), превышает количество тех, что обозначают роли мужские (*брат, братишка, братья, папа, дедушка*), что может быть связано с традиционно присваиваемой женщинам социальной функцией поддержания родственных отношений.

В совокупности номинации *мама и мать, папа и отец* являются самыми частотными, то есть по данному признаку их можно отнести к прототипам категории «родственники». Употребление разных лексических единиц при обозначении одной и той же степени родства играет важную роль. По

мнению В.Е. Гольдина, именованья «своих» родственников совпадают с обращениями (*мама, папа*), а не с общими названиями степеней родства [3], то есть, давая реакцию *мама* и *папа*, респонденты имели в виду, скорее всего, членов собственной семьи.

Рассмотрим второй фактор, влияющий на прототипичность реакции, – преобладающую позицию реакции в анкете. В табл. 2 и 3 представлены ответы юношей и девушек в порядке их появления по позициям (с частотой не менее 2 в каждой из позиций).

Таблица 2

## Наиболее частотные реакции юношей

Позиция 1	Позиция 2	Позиция 3	Позиция 4	Позиция 5
Реакции и их количество	Реакции и их количество	Реакции и их количество	Реакции и их количество	Реакции и их количество
Мама, мать 30	Папа, отец 30	Брат 17	Сестра 14	Бабушка 17
Брат 11	Мать, мама 10	Бабушка 13	Дедушка 12	Дедушка 11
Тетя 8	Сестра 7	Сестра 9	Брат 12	Сестра 8
Отец 8	Дядя 7	Дядя 8	Бабушка 12	Дядя 6
Сестра 5	Дедушка 6	Тетя 5	Тетя 5	Брат 6
Бабушка 5	Брат 4	Дедушка 4	Папа, отец 5	Дед 4
Родители 3	Тетя 3	Теща 3	Дядя 4	Папа 3
Дядя 2	Деверь 2	Родители 2	Мама 3	Крестный 3
	Бабушка 2	Отец 2	Дед 2	Теща 2
		Мать 2		Тетя 2
		Кум 2		Племянник 2

Таблица 3

## Наиболее частотные реакции девушек

Позиция 1	Позиция 2	Позиция 3	Позиция 4	Позиция 5
Реакции и их количество	Реакции и их количество	Реакции и их количество	Реакции и их количество	Реакции и их количество
Мама, мать 57	Папа, отец 52	Брат 20	Бабушка 19	Дедушка 13
Сестра 4	Сестра 4	Сестра 14	Сестра 18	Бабушка 12
Тетя 3	Мама 4	Бабушка 14	Брат 12	Сестра 10
Брат 3	Бабушка 4	Дедушка 7	Дедушка 11	Брат 9
Бабушка 3	Дедушка 3	Папа 5	Папа 6	Дядя 7
Папа 2	Тетя 2	Мама 5	Тетя 2	Тетя 5
	Прадедушка 2	Тетя 4	Муж 2	Свекровь 4
	Дядя 2	Дядя 2	Дядя 2	Дочь 3
				Семья 2
				Муж 2

По данным табл. 2, 3 наиболее частотные ответы в каждой позиции у юношей и девушек составляют уже выявленную нами ядерную группу категории «родственники»: *мама (мать), папа (отец), брат, сестра, бабушка, дедушка*. Показательно, что наиболее частотные реакции на первых двух позициях имеют большое численное преимущество перед остальными реакциями. Таким образом, реакции *мама* и *папа* можно считать центральными прототипами категории, образующими ее ядро. Они действительно выступают когнитивными ориентирами, так как их позиция в ряду ответов позволяет делать вывод о ряде в целом. Наблюдается следующая тенденция реагирования: если в тех или иных анкетах на первых позициях отсутствуют реакции *мама* и *папа*, то на последующих они также не появятся, а сами реакции будут называть дальних родственников. Это характерно как для юношей, так и для девушек. Например:

Девушка, 19 лет: 1. прабабушка, 2. прадедушка, 3. тетя, 4. дядя, 5. сноха;

Девушка, 19 лет: 1. тетя, 2. прадедушка, 3. кузен, 4. кузина, 5. свекровь;

Юноша, 18 лет: 1. шурин, 2. прадедушка, 3. теща, 4. племянник, 5. сестра;

Юноша, 18 лет: 1. свекор, 2. деверь, 3. свояк, 4. невестка, 5. бабушка.

Можно предположить, что в этом проявляются характерные для языкового сознания групповые и личностные составляющие: у ряда испытуемых ядерная часть категории «родственники» расположена в зоне представления о не самых близких кровных родственниках.

Реакции *брат, сестра, бабушка* и *дедушка* занимают первые места в позициях с третьей по пятую у обеих групп испытуемых. Однако их количество не намного превышает количество последующих реакций. Используя теорию Э. Рош, можно сказать, что они, безусловно, входят в ядерную зону категории «родственники», но являются в ней не «лучшим» примером: лучший пример – *мама* и *папа*.

Реакции *тетя* и *дядя* присутствуют во всех позициях у обеих гендерных групп (у девушек в первой позиции *дядя* был назван только один раз, поэтому не вошел в таблицу). При этом количество реакций распределено достаточно равномерно по всем пяти позициям: от одного до восьми вхождений в ассоциативное поле в каждой позиции. Эти данные говорят о наличии устойчивой связи между стимулом и данными реакциями, но назвать «тетю» и «дядю» лучшим примером категории или компонентом, имеющим большое количество атрибутов категории, неверно. Эти реакции образуют переход между ядерной зоной и периферией.

К периферии по материалам эксперимента относятся такие реакции как *племянник, племянница, муж, жена, теща, тесть, свекор, свекровь, прабабушка, прадедушка, сын, дочь, кум, деверь* и др. Эти реакции имеют невысокую частотность и практически не появляются на первых позициях.

Схематично представить структуру категории «родственники» можно следующим образом.

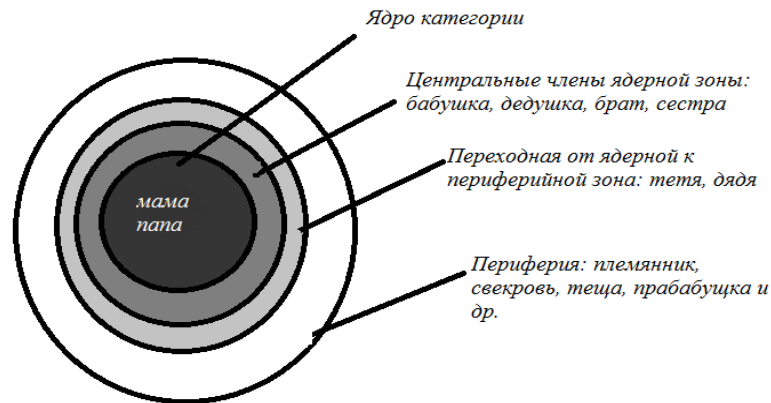


Рис. 1. Структура категории «родственники» по данным ассоциативного эксперимента

Итак, анализ результатов эксперимента показал, что в ассоциативном поле категории «родственники» возможно вычленение ядерной группы, состоящей из прототипов категории. При этом ядро включает как «лучшие примеры» категории, так и промежуточные компоненты, находящиеся на границе с периферийной зоной.

Данные эксперимента обнаруживают проявление гендерных особенностей осознания категории «родственники». В табл. 4 отдельно представлены наиболее частотные реакции, данные юношами и девушками, охватывающие ядерную и промежуточную зоны.

Таблица 4

Количество реакций ядерной и промежуточной зоны в ответах юношей и девушек

Реакции девушек		Реакции юношей	
Мама/мать	64/4	брат, братья, братишка	54
Папа/отец	63/5	бабушка	49
Бабушка	53	сестра	43
Сестра	50	дедушка, дед	41
Брат	45	Мама/мать	30/18
Дедушка	37	Папа/отец	29/22
Тетя	16	дядя	27
Дядя	14	тетя	23

Для девушек наиболее прототипичными родственниками оказываются *мама/мать* и *папа/отец*. В эксперименте девушки значительно чаще прибегают к именованию-обращению, тогда как юноши нередко дают реакции *мать* и *отец*, т.е. используют номинации не обязательно «собственных» родственников. При этом даже при объединении реакций *мама* и *мать*, *папа* и *отец* эти номинации родителей не являются у юношей самыми частотными. Чаще в качестве примеров родственников юноши называли брата (*брат, братишка, братья*) и бабушку.

Среди реакций, относящихся к периферии ассоциативного поля, вызывают интерес реакции, называющие, скорее, потенциальную, чем реальную для респондентов студенческого возраста семью. К ним относятся такие реакции, как *муж, жена, сын, дочь, свекор, свекровь, тесть, теща*. Общая доля их относительно невелика: на них приходится от 1 до 6 реакций. При этом у девушек реакции-отсылки к потенциальной для них семье более разнообразны, у юношей репертуар подобных номинаций более ограничен. Среди их ответов отсутствуют реакции *муж, свекор*, а реакции *дочь, свекровь, тесть* встретились только по одному разу. В этом проявляется действие возрастного фактора.

Материал ассоциативного эксперимента демонстрирует, как отражается система родства в сознании человека, позволяет описать отношения внутри этой системы как отражение наиболее устойчивых ментальных связей в рамках категории. Представляется принципиально важным и то, что в эксперименте фиксируются не только общие компоненты в составе рассматриваемого фрагмента ментального образа мира, но и явные различия возрастного, гендерного и личностного характера.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Rosch E. Natural categories / E. Rosch // *Cognitive Psychology*. 1973. P. 28-350.
2. Борискина О.О. Теория языковой категоризации. Национальное языковое сознание сквозь призму криптокласса / О.О. Борискина, А.А. Кретов. Воронеж, 2003. 209 с.
3. Гольдин В.Е. Этикет и речь / В.Е. Гольдин. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1978. 112 с.
4. Залевская А.А. Введение в психолингвистику / А.А. Залевская. М.: Изд-во РГГУ, 1999. 382 с.
5. Кочкина Е.Л. Метод прототипа в анализе категории объекта / Е.Л. Кочкина // *Методологические проблемы когнитивной лингвистики: сб. науч. тр. / под ред. И.А. Стернина*. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2001. С. 154-156.
6. Кубрякова Е.С. Краткий словарь когнитивных терминов / под ред. Е.С. Кубряковой, В.З. Демьянкова, Ю.Г. Панкрац, Л.Г. Лузиной. М., 1997. 245 с.

**Воздвиженская Анна Вячеславовна** – аспирант кафедры «Теория, история языка и прикладная лингвистика» Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского

**Anna V. Vozdvizhenskaya** – Postgraduate Department of Language Theory and History, and Applied Linguistics, Chernyshevsky Saratov State University

*Статья поступила в редакцию 06.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 94(47).081, 94(47).082, 94(669)

**М.Г. Гвоздев, С.Ю. Суряпин**

#### **ИЗ ГЕНЕРАЛОВ В ГУБЕРНАТОРЫ: НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИМПЕРСКОЙ АДМИНИСТРАТИВНОЙ ЭЛИТЫ**

*Определяются универсальные критерии рекрутирования профессиональных кадров из элиты военной в элиту административную для решения проблем управления условно враждебными территориями в рамках имперского пространства. Результаты исследования базируются на проведенном компаративном анализе практического опыта и личностных качеств типичных представителей управленческих структур Российской и Британской империй.*

И.В. Гурко, Ф. Лугард, генерал-губернатор, Нигерия, Польша, военная элита, административная элита, рекрутирование, имперское пространство, Российская империя, Британская империя

**M.G. Gvozdev, S.Y. Suryapin**

#### **FROM GENERALS TO GOVERNOR-GENERALS: PECULARITIES OF IMPERIAL ADMINISTRATIVE ELITE**

*Universal criteria are defined for recruiting professional staff from the military to administrative elite in order to settle the managerial issues related with conventionally hostile regions within an Imperial territory. The research results are based on the comparative analysis of the practical skills and personal traits of character among the typical representatives of governmental bodies in Russian and British Empires.*

I.V. Gurko, F. Lugard, Governor-General, military elite, administrative elite, recruiting, Imperial space, Russian Empire, British Empire, Poland, Nigeria

Главным препятствием на пути естественной гибели империи стоят не только и не столько имперская идея и имперские структуры, сколько человеческий фактор и качество управленческих кадров. В любую историческую эпоху, в любой части света необходимость решения проблем управления завоеванных пространств обуславливалась эффективностью функционирования имперской административной элиты, что являлось главным залогом сохранения и стабильности имперских владений. Неотъемлемой частью этой элиты были выходцы из военной среды, которые обладали неординарными качествами, отсутствовавшими у гражданских чиновников и необходимыми для эффективного управления условно враждебными территориями, интегрированными в имперское пространство.

Согласно гипотезе, положенной в основу данной статьи, критерии рекрутирования представителей военной элиты в элиту административную и критерии результатов их последующей деятельности являются универсальными для любой империи независимо от географического местоположения и эпохи. Определяющими факторами представляются наличие у империи потребности в специфических управленцах и наличие у кандидатов необходимых империи профессиональных качеств. Для подтверждения гипотезы был проведен компаративный анализ двух типичных представителей имперской административной элиты Российской и Британской империй на примере варшавского генерал-губернатора И.В. Гурко и генерал-губернатора Нигерии Ф. Лугарда.

Одним из главных критериев формирования имперской административной элиты являлась принадлежность к определенным привилегированным социальным слоям общества и получение специализированного образования, открывавшего перспективы для военной и административной карьеры.

Фредерик Джон Дилтри Лугард родился в 1858 г. в Индии в семье военного капеллана Фредерика Груэбера Лугарда, дослужившегося до чина подполковника, и вырос в Вустере в Англии. Двое из братьев его отца были армейскими офицерами, а третий – генерал Эдвард Лугард, участник Сикхских войн и подавления Индийского восстания, достиг положения заместителя военного министра Британской империи и был произведен в рыцари. Военные традиции семьи определили выбор образования. Лугард окончил церковную школу в Англии и ускоренный курс знаменитого Королевского военного колледжа в Сандхерсте [14, p. 7].

Иосиф Владимирович Гурко родился 16 июля 1828 г. в семье генерала от инфантерии В.И. Гурко, принимавшего участие в подавлении польского восстания, а также событиях кавказской войны. Дворянский род Гурко-Ромейко имел литовские корни. Его потомки впоследствии поступили на службу к тверским князьям [3, с. 3]. Благородное происхождение и высокое положение отца открыли путь для И.В. Гурко в самое элитное военно-учебное заведение Российской империи – Пажеский Его Императорского Величества корпус, выпускники которого занимали ключевые позиции на придворной, военной или гражданской службе царской России.

Выбор военной карьеры в условиях непрекращающихся войн и конфликтов на границах любой империи, природные задатки предопределяли получение реального опыта боевых действий, усвоения жесткой субординации и навыков принятия оперативных решений. Военный опыт становился следующим критерием, необходимым для рекрутирования в ряды имперской административной элиты.

Два десятилетия после получения образования стали для Ф. Лугарда временем накопления богатого армейского опыта в многочисленных войнах и конфликтах, связанных с защитой британских интересов на Ближнем Востоке, в Индии и Африке. С 1879 по 1886 г. Лугард находился на действительной военной службе, работал в колониальных администрациях Бирмы и Индии, участвовал в боевых действиях в Афганистане, Судане и Бирме. В 1888 г., после ухода в запас, он пополнил ряды «имперских солдат удачи» и на многие годы стал одним из самых востребованных колониальных военных наемников в Африке. В 1888-1889 гг. он состоял на службе у Африканской Озерной Компании, обеспечивал безопасность британским миссионерам и боролся с арабской работорговлей. В 1889-1894 гг. на службе Восточно-Африканской компании сыграл ключевую роль во вхождении Уганды в состав империи, а в 1885 г. на пике колониального противостояния Англии и Франции по предложению Дж. Чемберлена возглавил британские вооруженные силы в Западной Африке. В 1896 г. Лугард командовал пограничными войсками в Калахари, а, спустя год, вплоть до 1900 г. возглавлял войска Королевской Нигерской компании [14].

После завершения обучения И.В. Гурко получает звание корнета и направляется на службу в лейб-гвардейский гусарский полк. В 1849 г. полк поручика Гурко перебрасывается в Австро-Венгрию для подавления восстания, однако к моменту прибытия военные действия против инсургентов уже завершились. Начало Крымской войны 1853-1856 гг. и неучастие в ней гвардейских формирований стало для ротмистра Гурко тяжелым ударом. По собственной инициативе он с понижением в звании переходит в армейский Черниговский полк, занимавший Бельбекские позиции в Крыму. Бюрократические проволочки перевода обусловили опоздание к театру военных действий – Парижский мирный

договор был уже подписан. После этого была долгая служба в Санкт-Петербурге и обучение войск столичного гарнизона. Турецкая кампания 1877-1878 гг. стала для генерал-лейтенанта И.В. Гурко истинным временем реализации полководческих талантов. В 1877 г. командуя Передовым отрядом, Гурко захватил самый труднодоступный Хаинкиойский перевал, что открыло для русской армии дальнейший путь за Балканы. После этого успеха Александр II вверил в его руки цвет российской армии – гвардию. Стремительный захват Гурко нескольких пунктов на Софийском шоссе позволил замкнуть кольцо окружения вокруг цитадели Плевны. В январе 1878 г. отряд Гурко завершил переход через Чурьякский перевал, что предопределило участь турецкой Софии. До конца кампании генерала не отпускали, хотя действовали уже исключительно дипломаты и политики.

Третьим критерием вхождения высокопоставленных военных в состав административной элиты становилось наличие у империи внутренней проблемы с управлением каким-либо регионом. Ее решение, как правило, требовало применения силы, чрезвычайных мер и принятия оперативных и нестандартных решений. Гражданские администраторы на это редко оказывались способны. В итоге для управления подобными проблемными территориями приглашались опытные военные, обладавшие административными задатками.

1 января 1900 г. в поселении Лакоджа Ф. Лугард был назначен на пост Верховного Комиссара нового британского владения в Африке – протектората Северная Нигерия. Это были прежние «Нигерские территории», перешедшие под управление короны из-под юрисдикции Королевской Нигерской компании. Назначение профессионального военного на административную должность, равную по статусу колониальному губернатору, объяснялось достаточно простым фактом. Поселение Лакоджа находилось на границе протектората, который реально представлял собой группу независимых мусульманских эмиратов и существовал только на бумаге [11, р. 52]. Прежде чем управлять новыми колониальными территориями, полковнику Лугарду предстояло их завоевать и усмирить.

5 апреля 1879 г. Александр II назначил генерала И.В. Гурко на должность временного генерал-губернатора Санкт-Петербурга. Изменения в структуре управления были связаны с новой волной «нигилизма», который стал проявляться в террористических актах против одиозных генералов и чиновников и настоящей «охоты» на императора. Чрезвычайность обстоятельств объясняла жесткость ответных мер. В компетенции И.В. Гурко входил контроль над всеми местными губернскими властными структурами. При этом полномочия временных генерал-губернаторов расширялись до полномочий главнокомандующего армии в части империи, в которой объявлялось военное положение [7, с. 908]. Задача была предельно ясной – искоренить «крамолу».

Последующая блестящая карьера и признание заслуг административных деятелей, пришедших из военной сферы в управленческую элиту, является свидетельством их эффективности и востребованности, что может рассматриваться в качестве четвертого критерия.

После трехлетнего завоевания северо-нигерийских эмиратов карьера Ф. Лугарда развивалась блестяще и стремительно, а сам он был удостоен всевозможных почестей. С 1900 по 1906 гг. он занимал пост Верховного Комиссара Северной Нигерии и был произведен в рыцари. В 1907-1911 гг. Лугард был назначен генерал-губернатором Гонконга, и вслед за этим в 1912 г. снова вернулся в Африку выполнять грандиозную задачу по объединению разрозненных нигерийских владений Короны в единую колонию – Нигерию, генерал-губернатором которой он был назначен. За заслуги перед империей он был удостоен титула пэра. После выхода в отставку в 1919 г. потребность Британии в способностях бывшего колониального администратора не уменьшилась. С 1922 г., в течение тринадцати лет лорд Лугард являлся британским представителем Постоянной Мандатной Комиссии Лиги Наций [9, pp. 308-309]. Его перу принадлежит теоретический труд «Двойной мандат в Британской Тропической Африке», выдержавший многократное переиздание и являвшийся настольной книгой каждого британского колониального чиновника. Лугард по праву считается одним из главных идеологов британского колониализма и официально признанным создателем административной системы косвенного управления, распространенной почти на все британские владения в Африке.

В 1883 г. И.В. Гурко был назначен на пост генерал-губернатора Одессы, где он занимался обучением войск и преследованием террористов-народовольцев. Продолжение государственной службы было связано с Польшей. В период 1883-1894 гг. Гурко исполняет обязанности генерал-губернатора Варшавы. После подавления восстания 1863 г. Польша рассматривалась не иначе как боевой пункт, отчуждение которого от империи достигло размера пропасти [6]. Отягчающим обстоятельством представлялись антирусские настроения поляков, которые были готовы перейти на сторону Германии или Австро-Венгрии в возможном военном конфликте. Следуя общему курсу политики русификации, Гурко со свойственной методичностью приводил устоявшиеся нормы национальной окраины в соответствие с общеимперскими реалиями. Система обучения войск вар-



шавского гарнизона, заложенная генералом, сохранялась вплоть до Первой мировой войны. Завершение карьеры ознаменовалось для И.В. Гурко признанием заслуг и присвоением высшего воинского звания Российской империи – генерал-фельдмаршала.

Пятым критерием являются особые личностные качества пришедших из военной сферы новых представителей административной элиты. Эти качества влияли на их неоднозначное восприятие со стороны имперских властей и современников. Результатом своеобразия военного и управленческого опыта становились индивидуализм, стремление к административной независимости, специфические представления о чести и справедливости, а также нестандартные рамки допустимости максимального действия. Все это приводило к частым конфликтам с высшим руководством, с которыми оно предпочитало мириться, поскольку польза от эффективной административной деятельности генерал-губернаторов многократно перевешивала все возможные трудности.

На протяжении всей своей административной карьеры Ф. Лугард отличался чрезвычайной властью, индивидуализмом и стремлением к независимости. Он чувствовал себя не губернатором, а генералом, а в колониальных чиновниках видел военных офицеров. Больше всего его возмущали попытки министерства колоний контролировать его работу. Так при распространении британского влияния в Северной Нигерии министерство выступало за приоритет мирных методов проникновения в регион. Лугарду же от местных эмиратов требовалось полное безоговорочное подчинение, обоснованное «правом завоевания» [11, pp. 60-61]. Чтобы избежать санкций Лондона, Верховный Комиссар порой прибегал к тактике «хранения молчания». Так, при подчинении эмиратов Бида и Кантагора министерство колоний сначала получило телеграмму об агрессии этих двух эмиратов. Затем наступило продолжительное молчание, после чего пришел отчет о успешно проведенной военной операции и покорении эмиратов. Родственники подчиненных Лугарда, получавшие корреспонденцию из Нигерии, порой были информированы лучше, чем министерство колоний [8, p. 62]. Это было причиной постоянных конфликтов с должностными лицами любых рангов, что не только не раздражало Лугарда, но даже приносило ему своеобразную радость. В письме жене он писал, что значительно меньше любил бы свою работу, если бы перед ним не было постоянных препятствий, чинимых Министерством Колоний [15, p. 194]. Министерские клерки нигерийского департамента ненавидели Лугарда, однако именно упорство, твердый характер и настойчивость делали в их глазах Верховного Комиссара наиболее ценным административным кадром.

Своенравность, отчасти конфликтность И.В. Гурко нередко ставила под вопрос не только дальнейшее продвижение по служебной лестнице, но и само нахождение на службе. В 1861 г. флигель-адъютант Гурко был командирован в Самарскую губернию для организации оглашения Манифеста и Положений об освобождении крестьян. Одним из итогов стало придание огласке многочисленных случаев притеснения крестьян со стороны графа М.В. Кочубея, гофмаршала императорского двора. В период турецкой кампании 1877-1878 гг. Гурко не раз сталкивался с цесаревичем Александром Александровичем, критично относился к действиям армии под Плевной. В бытность столичным генерал-губернатором 1879-1880 гг. И.В. Гурко позволил себе пойти против мнения Александра II и отменил смертный приговор Л. Мирскому [2, 353], совершившему неудачное покушение на генерала А.Р. Дрентельна, приняв во внимание раскаяние обвиняемого и его несовершеннолетие. В период исполнения обязанностей генерал-губернатора Варшавы Гурко кардинально разошелся во мнениях с попечителем учебного округа А.А. Апухтиным и его покровителем, главой правительства Д.А. Толстым. Генерал-губернатор был противником тотального запрета обучения божьему закону на польском языке, что могло послужить поводом для открытого противостояния с властью [5]. При этом собственные представления о справедливости, отсутствие конформизма никоим образом не отразились на эффективности решения управленческих задач и оценки его заслуг перед государством.

Военный опыт повлиял на складывание особого стиля административного поведения, выражавшегося в управленческой резкости, предпочтении волевых и силовых решений, достижении административных целей военными методами. Это предопределило неоднозначное восприятие представителей административной элиты с военным прошлым в глазах имперских властей, населения управляемых территорий, современников и потомков. Драматичность темы их восприятия и оценки можно также выделить в качестве критерия.

Восприятие образа Ф. Лугарда было весьма неоднозначно. Современное ему британское общество видело в нем славного завоевателя, известного строителя империи, рыцаря цивилизации, любящего начинания которого неизбежно приводили к славным победам. Но уже через несколько десятилетий вслед за «вящей славой» пришла «слава дурная». Кризис и критика колониальной системы, отказ от «реакционной» системы косвенного управления, автором и символом которого был Лугард, привели к тому, что именно он стал восприниматься главным виновником всех неудач и ошибок ко-

лониального режима в Западной Африке [12]. Особые отношения взаимной неприязни связывали генерал-губернатора с представителями новой европеизированной африканской элиты. Лугард, как типичный викторианский джентльмен, испытывал неприязнь к образованным туземцам, напыщенно и неумело копировавшим европейский образ жизни. Намного большее уважение у него вызывали африканцы, существовавшие в рамках своей исконной цивилизации [10, pp. 69-72]. Нигерийская европеизированная интеллигенция отвечала Лугарду неприкрытой ненавистью. Косвенное управление сравнивали с испанской Инквизицией, а главной целью ее видели унижение всех прогрессивных членов нигерийского общества [17, pp. 272-279]. В современной исторической науке находят выражение порой диаметрально противоположные подходы к личности Ф. Лугарда.

Болгария, обязанная России свержением четырехсотлетнего турецкого ига, увековечила И.В. Гурко в исторической памяти. Именем национального героя названы улицы и города. В России полководцу и государственному деятелю отведено несколько скупых страниц в учебниках отечественной истории. Военные заслуги Гурко с течением времени тускнели на фоне эксцентричного и неординарного М.Д. Скобелева, буквально затмившего своим блеском остальных полководцев эпохи Русско-турецкой войны 1877-1878 гг. Участие в проведении крестьянской реформы 1861 г. выпало из поля зрения историков в силу малозначительности явления третьего порядка. Однако проявленные личные и административные качества Гурко не определялись званием, а эффективность решения управленческих задач – масштабом политической арены. Бытность временным генерал-губернатором столицы отразилась на его оценке и восприятии навешиванием идеологических ярлыков – «сатрап», «каратель», «один из шести Аракчеевых» [1, с. 154]. Не попали в фокус внимания его действия по помилованию народовольцев и решению студенческого вопроса. Польский период в биографии характеризовался как следование политики русификации, примитивно понимаемой в рамках лозунга «Россия для русских». Сам Варшавский генерал-губернатор во многом незаслуженно причислялся к «типичным военным николаевской эпохи» или считался «пожирателем поляков» [4, с. 573]. При этом незатронутой исследователями оставалась сфера гражданского управления в отношении действий по унификации польских норм и империи в целом.

Таким образом, положенное в основу гипотезы допущение представляется обоснованным фактически. Проведенный анализ двух типичных представителей имперской административной элиты, рекрутированных из военной сферы с целью решения задач управления условно враждебными территориями в рамках имперских владений, демонстрирует адекватность выделенных критериев. Представляется вероятным, что повторение анализа с использованием других типичных представителей административной элиты любого имперского пространства, согласно выявленным критериям, приведет к аналогичным результатам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зайончковский П.А. Кризис самодержавия на рубеже 1870-1880 гг. / П.А. Зайончковский. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. 513 с.
2. Лурье Ф.М. Нечаев. Созидатель разрушения / Ф.М. Лурье. М.: Молодая гвардия, 2001. 480 с.
3. Нарбут А.Н. Гурко-Ромейки / А.Н. Нарбут. М.: Б. тип, 1998. 44 с.
4. Паренсов П.Д. Из прошлого / П.Д. Паренсов // Русская старина. 1907. № 6. С. 571-575.
5. Российский государственный военно-исторический архив (РГВИА). Ф. 232. Оп. 1. Д. 161. Л. 21.
6. РГВИА. Ф. 232. Оп. 1. Д. 166. Л. 16.
7. Татищев С.С. Император Александр II. Его жизнь и царствование / С.С. Татищев. М.: АСТ, 2006. 1005 с.
8. Carland J. M. The Colonial Office and Nigeria, 1898-1914 / J. M. Carland. Stanford, 1985. 258 p.
9. Flint J. E. Frederic Lugard: The Making of an Autocrat / J. E. Flint // African Proconsuls: European Governors in Africa. N.Y., 1978. P. 390-312.
10. Lugard F.D. The Dual Mandate in British Tropical Africa. Edinburgh / F.D. Lugard. L., 1965. XXIII. 643 p.
11. Muffett D.J. D. Concerning brave captains. Being a history of the British occupation of Kano and Sokoto and of the last stand of the Fulani forces / D.J. D. Muffett. L., 1964. 224 p.
12. Nicolson I. F. The administration of Nigeria. 1900-1960. Men, Methods and Myths / I. F. Nicolson. Oxford, 1969. 326 p.
14. Perham M. Lugard: The Years of Adventure, 1858-1898 / M. Perham. L., 1956. 565 p.
15. Perham M. Lugard. The years of authority 1898-1945 / M. Perham. L., 1960. 540 p.
16. Thomson A. A. Lugard in Africa / A. A. Thomson, D. Middleton. L., Hale, 1959. 335 p.

17. The Retirement of Sir Frederick Lugard (The Lagos Weekly Record. Lagos, February 1-22, 1919 // Lugard and the amalgamation of Nigeria. A documentary record. L., Cass, 1968. P. 194.

**Гвоздев Максим Геннадьевич** –  
кандидат исторических наук, доцент  
кафедры «История Отечества и культуры»  
Саратовского государственного технического  
университета имени Гагарина Ю.А.

**Max G. Gvozdev** –  
Ph.D., Associate Professor  
Department of Russian History and Culture,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Сурыпин Сергей Юрьевич** –  
кандидат исторических наук, доцент  
кафедры «История Отечества и культуры»  
Саратовского государственного технического  
университета имени Гагарина Ю.А.

**Sergei Yu. Suryapin** –  
Ph.D., Associate Professor  
Department of Russian History and Culture,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 03.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 343.8

**Е.М. Данилин, Н.В. Давыдова, С.А. Семенова**

### **РЕАЛИЗАЦИЯ ПРАВА ОСУЖДЕННЫХ НА ОБРАЗОВАНИЕ**

*На основе результатов исследования, проведенного сотрудниками ФКУ НИИ ФСИН России, рассматривается проблема реализации конституционного права на образование в отношении осужденных, отбывающих наказание в исправительных учреждениях. Анализируются данные 2012-2013 учебного года. Поднимаются проблемы организационного, управленческого и педагогического характера, связанные с образованием осужденных, намечаются пути их решения.*

Конституционное право на образование, осужденный, обучение, вечерняя общеобразовательная школа, исправительные учреждения, социализация

**E.M. Danilin, N.V. Davydova, S.A. Semenova**

### **REALIZATION OF THE RIGHT OF PRISONERS TO EDUCATION**

*The problem of realization of a constitutional right on education of imprisoned persons is analyzed in the article based on results of the research performed by employees of Russian Scientific Research Institute of the Federal Penitentiary Service. Data for 2012-2013 academic years is analyzed. The problems of organizational, administrative and pedagogical nature connected with education of imprisoned persons, ways of their solution are outlined.*

Constitutional right on education, imprisoned person, education, evening comprehensive school, correctional facilities, socialization

Конституция Российской Федерации предоставляет каждому человеку право на образование (ст. 43). В отношении осужденных к лишению свободы механизм его реализации имеет свои особенности.

В соответствии с действующим законодательством Российской Федерации уголовно-исполнительная система (далее – УИС) обязана обеспечить общее образование осужденных. В исправительных учреждениях (далее – ИУ) создаются необходимые условия для получения осужденными основного общего и среднего (полного) общего образования (ст. 112 Уголовно-исполнительного кодекса Российской Федерации (УИК РФ)) [1]. С этой целью в ИУ организуются вечерние (сменные) общеобразовательные школы (далее – школы) или учебно-консультационные пункты (далее – УКП).

В своей деятельности школы и УКП при ИУ руководствуются «Законом об образовании в Российской Федерации» от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ, вступившим в силу с 1 сентября 2013 года, Законом РФ «Об учреждениях и органах, исполняющих уголовные наказания в виде лишения свободы» от 21.07.1993 г. № 5473-1, Уголовно-исполнительным кодексом Российской Федерации и правовыми актами субъектов Российской Федерации.

Порядок организации получения осужденными основного общего и среднего (полного) общего образования регулируется совместным приказом Министерства юстиции и Министерства образования и науки Российской Федерации от 27.03.2006 № 61/70 «Об утверждении Положения об организации получения основного общего и среднего (полного) общего образования лицами, отбывающими наказание в виде лишения свободы в исправительных колониях и тюрьмах уголовно-исполнительной системы».

Получение общего образования, с одной стороны, выступает как конституционное право осужденных, с другой – наряду с режимом, воспитательной работой, общественно полезным трудом, профессиональным обучением и общественным воздействием является одним из основных средств исправления осужденных (ст. 9 УИК РФ).

Обучение осужденных во многом способствует выполнению цели, стоящей перед ИУ, – исправление осужденных, возвращение их к законопослушной жизни после освобождения. В условиях лишения свободы общеобразовательные школы и УКП выступают одним из важных институтов ресоциализации личности осужденных.

Важность и значимость общего образования в процессе исправления осужденных осознавались на протяжении всей истории развития УИС. Так, известный ученый-пенитенциарист С.В. Познышев еще в 20-е годы XX столетия, подчеркивая позитивное воздействие обучения на исправление осужденных, писал: «Образование в пенитенциарном учреждении должно иметь место, поскольку оно необходимо, чтобы уничтожить тот умственный мрак, в котором порок и преступление скрывают свои глубокие корни... Образование, даваемое в школе мест заключения, должно, насколько это возможно, затрагивать мир нравственных понятий и жизненных идеалов» [2].

В нашей стране особое внимание стало уделяться проблеме обучения осужденных в период широкой кампании борьбы с неграмотностью. Обучение осужденных закреплялось рядом нормативных актов. Изданные Декреты «О мобилизации грамотных» (1918 г.) и «О ликвидации безграмотности среди населения РСФСР» (1919 г.) имели прямое отношение и к образованию лиц, содержащихся в местах лишения свободы. Во временно принятой Инструкции «О лишении свободы как мере наказания и о порядке отбывания такового» (1918 г.) предусматривались вопросы организации общего образования, снабжения учебными материалами и формирования учительских кадров для мест лишения свободы.

Принятое Наркоматом юстиции 15 ноября 1920 года «Положение об общих местах заключения» устанавливало, что в исправительно-трудовых учреждениях необходимо организовывать школы для всех неграмотных заключенных, не достигших пятидесятилетнего возраста. На учителей школ возлагалась обязанность проведения воспитательной работы как среди осужденных учащихся, так и освобожденных от учебы. Успехи в учебе наряду с примерным поведением рассматривались как показатели исправления заключенных. Их отношение к учебе отражалось в характеристиках и учитывалось при решении вопросов об условно-досрочном освобождении или о предоставлении заключенным тех или иных льгот.

Исправительно-трудовой кодекс РСФСР 1924 года в качестве задачи минимум школьной работы определял ликвидацию неграмотности и обучение политической грамоте осужденных.

Исправительно-трудовой кодекс 1933 года предусматривал проведение культурно-просветительной работы, в сферу которой включалось и общеобразовательное обучение осужденных. В это время проблема неграмотности не являлась для большинства населения, в том числе и заключенных, актуальной. Поскольку в это время страна нуждалась в подготовке грамотных кадров для развивающейся экономики, выдвигалась задача формирования политической грамотности, а также трудовых навыков путем общеобразовательного и профессионального обучения.

В 1958 году было принято «Положение об общеобразовательных школах при исправительно-трудовых учреждениях МВД СССР». Все осужденные имели возможность получить среднее образование в школе при колонии. В этот период значительно расширяется сеть образовательных учреждений в местах лишения свободы. Наибольшее распространение получили вечерние (сменные) восьмилетние, а затем и средние школы, которые открывались местными Советами депутатов трудящихся по согласованию с органами образования.

В дальнейшем согласно статье 7 «Основ исправительно-трудового законодательства Союза ССР и союзных республик» (1969 г.) [3] общеобразовательное обучение осужденных признавалось одним из основных средств их исправления и перевоспитания. Подобное признание нашло отражение и в Уголовно-исполнительном кодексе Российской Федерации 1997 года [4]. Новое отечественное уголовно-исправительное законодательство рассматривает уголовное наказание не только как кару за содеянное преступление, но и, в первую очередь, как процесс исправления осужденных, как возможность предотвращения рецидивной преступности.

Таким образом, на разных этапах истории страны общеобразовательная школа выполняла конкретные, соответствующие времени социально значимые задачи.

Концепция развития уголовно-исполнительной системы Российской Федерации до 2020 года (далее – Концепция) в сфере образовательной работы предполагает «дальнейшее развитие благоприятных условий для получения осужденными общего, начального, среднего и высшего профессионального образования посредством заочного и дистанционного обучения, разработку и внедрение специальных методик обучения, учитывающих уровень умственного развития и педагогической запущенности осужденных, а также образовательных и коррекционных программ работы с различными категориями осужденных».

В настоящей статье анализируется состояние общеобразовательного обучения осужденных в исправительных колониях (далее – ИК) и тюрьмах в 2012-2013 учебном году. В основе анализа лежат результаты опроса 167 директоров и 1546 учителей общеобразовательных учреждений (школ и УКП), 21763 осужденных учащихся.

Всего в текущем учебном году в школах и УКП при ИУ обучались 80301 осужденный.

Важным показателем, позволяющим положительно оценить состояние общеобразовательного обучения осужденных, является наличие среди них лиц, обучающихся по желанию. Согласно ч. 2 ст. 112 УИК РФ это осужденные старше 30 лет и осужденные, являющиеся инвалидами первой и второй групп. Остальные осужденные в обязательном порядке должны получить общее образование.

По результатам опроса осужденных 10,6 % в целом по УИС обучается по желанию. Исследование позволило выявить следующую тенденцию: в тех ИУ, где доля осужденных, обучающихся по желанию, выше, отмечается стабильное, положительное состояние общеобразовательного обучения. Подобные ИУ располагаются, например, в УФСИН России по Республике Башкортостан, где 30,7 % осужденных учатся по желанию, УФСИН России по Белгородской области – 30,3 %, УФСИН России по Республике Марий Эл – 22,9 % и т.д.

Результаты проведенного исследования выявили следующие мотивы обучения осужденных: обязаны учиться в соответствии с законом – 37,3 %; желание получить образование – 25,1 %; посещая школу, быстрее проходит время – 18,1 %; образование пригодится после освобождения – 15,7 %; затруднились с ответом – 3,8 %.

Если бы у находящихся в ИУ была возможность не учиться, то 52,9 % осужденных все равно учились бы, 29,7 % – не учились, а 17,4 % затруднились с ответом.

До осуждения значительная доля лиц (46,7 %) положительно относилась к обучению, как, впрочем, и отрицательно – 42,5 %, а 10,8 % затруднились с ответом. За время пребывания в ИУ, осознав значимость получения общего образования, изменилось отношение к учебе в лучшую сторону у 53,5 % осужденных; не изменилось – 36,4 % и изменилось в худшую сторону – 10,1 %. Результаты опроса показали, что осужденных учащихся, успевающих по всем предметам, – 85,3 %, а не успевающих по одному и более предметам – 14,7 %.

По мнению большинства осужденных (89,2 %), состояние общеобразовательного обучения в ИУ их удовлетворяет. Те, кого оно не удовлетворяет (10,8 %), называли следующие причины: не нравятся учителя, старые учебники и наглядные пособия, не люблю учиться.

Среди осужденных, получивших среднее (полное) общее образование, изъявили желание учиться в высших учебных заведениях (дистанционно), находясь в местах лишения свободы, 39,4 %. После освобождения предполагают продолжить образование 24,2 % осужденных в вузе либо в среднем специальном учебном заведении, совмещая обучение с работой.

Концепция предусматривает дальнейшее развитие благоприятных условий для получения осужденными среднего и высшего профессионального образования по заочной и дистанционной формам обучения. В настоящее время подобным образом более 3200 осужденных обучаются по следующим специальностям: «Экономика», «Менеджмент», «Финансы и кредит», «Бухгалтерский учет и аудит», «Социальная работа», «Психология» и другим. Наиболее востребованной специальностью среди осужденных является «Менеджмент».

ФСИН России еще в 2005 году заключила соглашение о сотрудничестве с Современной гуманитарной академией (СГА). В настоящее время преподаватели СГА работают в 136 ИУ. В 2012-2013 учебном году в этом вузе обучались 1026 осужденных. Из них больше всего студентов в Центральном, Северо-Западном и Сибирском федеральных округах.

Кроме СГА, подобные соглашения заключены с автономной некоммерческой организацией «Высшая школа педагогики» (май 2012 г.), Московским институтом экономики политики и права (декабрь 2012 г.).

Вопрос получения осужденными высшего образования решается не только на федеральном, но и на региональном уровне. Например, УФСИН России по Тверской области заключило соглашение с Тверской государственной сельскохозяйственной академией о получении осужденными образования по специальностям «агрономия» и «зоотехник». В настоящее время 69 студентов из ИУ этого региона учатся в вузе.

В 2012-2013 учебном году в образовательных учреждениях при ИУ работали 6418 учителей. Из них с высшим педагогическим образованием – 6223 человека. С осужденными работают в основном опытные, квалифицированные педагогические кадры. Данный вывод подтверждается результатами исследования. Примерно 90,0 % учителей имеют общий педагогический стаж более 10 лет. По стажу работы непосредственно с осужденными в общеобразовательных учреждениях при ИУ они распределились следующим образом: до 1 года – 2,3 %, от 1 года до 3 лет – 6,3 %; от 3 до 5 лет – 8,7 %; от 5 до 10 лет – 11,7 %; свыше 10 лет – 71,0 %.

Учителей с высшей квалификационной категорией – 20,1 %; с первой – 37,9 %; со второй – 16,5 %; не имеют квалификационной категории – 25,5 %.

Учителя, работающие в УИС, распределились по возрасту следующим образом: старше 55 лет – 43,5 %; от 45 до 55 лет – 25,2 %; от 35 до 45 лет – 19,2 %; от 25 до 35 лет – 10,5 %; от 20 до 25 лет – 1,6 %. Как видим, большинство учителей – лица предпенсионного и пенсионного возраста.

Практически в каждом общеобразовательном учреждении при ИУ работают учителя, имеющие почетные звания «Заслуженный учитель Российской Федерации», «Отличник народного просвещения Российской Федерации» и отмеченные государственными, ведомственными и наградами субъектов Российской Федерации.

В основном учителя в работе с осужденными используют традиционные дидактические методы и приемы. Наряду с этим осваиваются и новые педагогические технологии. Об этом свидетельствуют методические темы, над которыми учителя работали в прошлом учебном году. Заслуживают внимания, например, такие темы как «Формирование совокупности универсальных учебных действий в контексте усвоения дисциплин гуманитарных и естественно-математических циклов» (УФСИН России по Владимирской области), «Личностно-ориентированный подход к обучению в условиях учреждения закрытого типа» (УФСИН России по Республике Татарстан), «Использование инновационных технологий в образовательном процессе. Преемственность и перспективность обучения в условиях ИУ» (УФСИН России по Тверской области), «Современный урок в школе при ИУ» (УФСИН России по Тюменской области), «Личностно-дифференцированный подход к учащимся с разным уровнем обученности» (ГУФСИН России по Республике Башкортостан) и т.д.

Учитывая специфику учащихся в местах лишения свободы, низкий уровень их образования, серьезные изъяны в нравственной сфере, почти половина опрошенных директоров (47,9 %) и большинство учителей (63,9 %) отметили необходимость разработки специальных учебных программ и учебников по предметам (в рамках образовательных стандартов и учебного плана), предназначенных для обучения осужденных.

Важным моментом в работе учителя является его взаимодействие с сотрудниками других служб и отделов ИУ. Примером подобного взаимодействия является работа директоров школ и учителей в советах воспитателей отрядов ИУ. Членами советов являются 69,5 % опрошенных директоров школ и УПК, а 77,8 % представителей администрации ИУ участвуют в заседаниях педагогических советов школ и УПК. Эти результаты позволяют говорить, во-первых, об эффективном взаимодействии между директорами общеобразовательных учреждений и администрацией ИУ; во-вторых, об оказании учителями помощи начальникам отрядов в решении задач исправления осужденных. В свою очередь, 25,1 % учителей высказывают мнение о том, что они не получают от начальников отрядов и психологов ИУ необходимой информации, характеризующей того или иного осужденного. Подобная информация может оказать помощь учителю в организации учебной работы с осужденным.

Большинство опрошенных учителей (64,3 %) высказывают мнение о необходимости организации специальной подготовки для работы с осужденными в условиях ИУ. К сожалению, на курсах повышения квалификации этому вопросу не уделяется внимания.

Результативность образовательного процесса во многом зависит от уровня обеспечения материально-технической и учебно-методической базы школы. Большинство учителей (77,0 %) и директоров (64, 0 %) не удовлетворены материально-технической базой, а 53,7 и 46,7 % соответственно учебно-методической базой. Назывались следующие причины неудовлетворенности: оборудование классов и кабинетов не соответствует современным требованиям, отсутствуют учебники нового поколения, недостаточное оснащение образовательного процесса дидактическим материалом, наглядными пособиями, техническими средствами обучения.

В целом учителей, полностью удовлетворенных своей работой с осужденными, – 8,1 %; удовлетворенных не в полной мере – 91,6 %; не удовлетворенных – 0,3 %.

Среди наиболее распространенных причин неудовлетворенности своей работой учителя отмечают следующее: отсутствие мотивации осужденных к обучению; пропуски занятий из-за занятости осужденных на производстве; частая сменяемость осужденных учащихся.

Во всех субъектах РФ налажено конструктивное сотрудничество территориальных органов ФСИН и образования.

В целом полученные в ходе исследования результаты позволяют констатировать: конституционное право на образование граждан России, в том числе и в отношении осужденных, в полном объеме реализуется в исправительных учреждениях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Уголовно-исполнительный кодекс Российской Федерации. 178-ФЗ Общая часть (статьи 1-24). Официальный интернет-портал правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru), 03.07.2013
2. Познышев С.В. Основы пенитенциарной науки / С.В. Познышев. М.: Минкомпрос, 1923. С. 218.
3. Закон СССР от 11.07.1969 «Об утверждении основ исправительно-трудового законодательства Союза ССР и союзных республик».
4. Уголовно-исполнительный кодекс Российской Федерации № 1-ФЗ 0. Принят 18 декабря 1996 года Государственной Думой Федерального Собрания Российской Федерации.

**Данилин Евгений Михайлович** – кандидат педагогических наук, доцент, ведущий научный сотрудник НИИ Федеральной службы исполнения наказаний России

**Evgeny M. Danilin** – Ph.D., Associate Professor, Leading Researcher, Russian Scientific Research Institute of the Federal Penitentiary Service

**Давыдова Надежда Васильевна** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник НИИ Федеральной службы исполнения наказаний России

**Nadezhda V. Davydova** – Ph.D., a senior fellow, Russian Scientific Research Institute of the Federal Penitentiary Service

**Семенова Светлана Александровна** – кандидат педагогических наук, подполковник внутренней службы, старший научный сотрудник НИИ Федеральной службы исполнения наказаний России

**Svetlana A. Semenova** – Ph.D., Lieutenant Colonel of internal service, senior researcher at the Research Institute of the Federal Penitentiary Service

*Статья поступила в редакцию 12.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 316.74

**Т.А. Калугина**

#### **ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В СФЕРЕ ЧТЕНИЯ: ВЗГЛЯД МОЛОДЕЖИ (НА ПРИМЕРЕ МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ Г. САРАТОВА)**

*Статья посвящена проблеме увеличения числа россиян, не читающих книги. В связи с развитием информационных технологий большое число современных ин-*

*формационных ресурсов сразу создается в электронном виде. Исходя из этого, рассмотрено понятие сетевой литературы и проведен опрос среди молодых людей г. Саратова. По результатам исследования сделан вывод о том, что уровень чтения среди молодежи поддерживается во многом благодаря использованию электронных читательских ресурсов и электронных книг.*

Информатизация, чтение, молодежь, электронные книги, электронные ресурсы

**T.A. Kalugina**

## **INCORPORATING INFORMATION TECHNOLOGIES IN READING BASED ON THE SURVEY OF SARATOV YOUTH**

*The article deals with the problem of increasing the number of Russians who dislike reading books. With development of information technologies, a large number of modern information resources is published in the electronic format. The author analyses the concept of networking literature and conducts a survey among the youth in Saratov. The research helped the author conclude that the level of reading among the young people is largely supported by electronic library resources and electronic books.*

Informatization, reading, youth, e-books, electronic resources

За последние двадцать лет мир претерпел значительные изменения, которые не могли не отразиться на обществе. Обилие разнородной информации, повышенная значимость времени, трансформация системы образования и повышение требований к уровню квалификации, интенсивное развитие медиакультуры – это и многое другое в совокупности приводит к изменению мотивов чтения, что сказывается на выборе литературы и видов читательских ресурсов. В целом само чтение меняет свой характер: оно становится более функциональным, инструментальным и прагматичным. Выделяются две основные тенденции: процесс чтения либо используется преимущественно для получения конкретных сведений или самообразования, либо приобретает все более «легкий» характер, становится средством приятного времяпрепровождения, в то время как мировоззренческая функция чтения уходит на второй план, что проявляется в виде падения интереса к классической литературе [2].

Президент России Владимир Путин отметил увеличение числа не читающих книги россиян как значимую проблему современного общества, решение которой – общенациональная задача. Потенциал и культура нации зависят от нравственных, духовных ценностей, содержащихся в книгах. «Мы долгое время были одной из самых читающих стран мира. Нужно прямо сказать: есть опасность, что тот самый статус мы можем растратить. По данным социологов, растет цифра людей, которые вообще не читают книг – ни бумажных, ни электронных, никаких ... в интересах страны, ее будущего мы будем возрождать надобность людей в книге...», – сказал Путин на съезде Российского книжного Союза [3]. Вследствие этого актуальным вопросом на сегодняшний день является необходимость разработки методики и технологий приобщения населения к чтению.

Помимо того, на сегодняшний день книге трудно выдержать конкуренцию с видео, компьютерными играми, Интернетом. По данным ВЦИОМ, россияне стали больше читать, однако количество покупаемых книг уменьшается – только 17% респондентов за последние три месяца (на февраль 2013 г.) совершали покупку книги. Скорее всего, причиной служит распространение электронных книг и приложений для смартфонов, позволяющих совершать подобные приобретения бесплатно. Исключения составляют книжные новинки – в зависимости от политики издательства они либо платные, либо могут существовать только в печатном варианте [3]. Таким образом, интерес к чтению в целом не приходит в упадок – его поддерживает использование ряда других источников чтения: газет, журналов, комиксов и т.д. [3]. Свой вклад вносят возникшие с развитием Интернета их электронные издания, а также новостные ленты, блоги и т.д.

Вступление России на информационный этап развития общества привело к тому, что информация и знание стали одним из основных факторов развития и социального структурирования общества. Отличительной чертой данного этапа является представление информации и знаний не только в традиционной печатной форме, но и в электронной, цифровой, что позволяет принципиально иначе создавать, хранить, получать и использовать практически любую информацию. Развитие информационных технологий привело к тому, что большое число современных информационных ресурсов сразу создается в электронном виде [1].



В связи с этим следует рассмотреть такое понятие, как сетевая литература, или сетература – «понятие, предлагаемое некоторыми публицистами для обозначения совокупности литературных произведений, основной средой существования которых является Интернет. От вопроса о сетевой литературе (которая если существует, то именно в противопоставлении литературе несетевой, «обычной») необходимо отличать вопрос о дополнительных, чисто практических возможностях, предоставляемых Сетью любой литературе, – удобстве поиска текстов и по текстам, удобстве доступа к текстам из любой точки Земли и т.п.; существование этих возможностей уже привело к появлению множества сайтов, служащих Интернет-представителями бумажных литературных журналов, издательств, отдельных авторов» [4].

Наиболее динамичную, активную часть общества представляет собой молодежь, что позволяет использовать ее в качестве индикатора перемен, происходящих в социальной системе. Поэтому в августе 2013 года среди молодых людей г. Саратова было проведено исследование методом анкетирования по квотно-территориальной выборке объемом в 200 респондентов по критериям пола и возраста.

Согласно полученным данным, электронная книга популярна среди почти четверти опрошенных (24%). Однако самыми распространенными в использовании ресурсами являются печатные (33,1%) книги. Но при этом общее количество респондентов, выбирающих электронные ресурсы (50,7%), все же превышает численность респондентов, предпочитающих печатные источники (48,9%).

Самыми популярными местами приобретения читательских ресурсов являются сеть Интернет (30%) и книжные магазины (27,8%). Популярность последних обуславливается тем, что печатные источники чтения являются привычными, традиционными. Популярность же сети Интернет как источника читательских ресурсов вызвана, с одной стороны, удобством использования последних, а с другой – широкой распространенностью среди молодежи разнообразных электронных носителей и устройств, использование которых является модным. Т.е. обладая возможностью выбора между печатными и электронными читательскими ресурсами, выбор может быть сделан в пользу вторых, чтобы соответствовать большинству.

Интересно отметить, что, при возможности бесплатного доступа к электронным читательским ресурсам 51% молодежи г. Саратова купят печатный вариант. На электронном варианте останавливают свой выбор соответственно 49% опрошенных. При этом среди них 33,7% респондентам преимущественно жаль тратить деньги на платный печатный вариант. Основной функциональной характеристикой данного вида ресурсов является удобство его использования (23,9%). Для пятой части опрошенных среди данной категории причиной отказа от покупки платного печатного варианта является его дороговизна (20,7%). Для 18,5% респондентов, выбравших электронный ресурс, не существует принципиальных различий между обоими видами читательских ресурсов. Современностью электронного варианта при выборе ресурсов чтения руководствуется 1,1% молодежи. 2,2% затруднились с обоснованием своего выбора.

Причина выбора электронного читательского ресурса, % от ответов

Категория	Частота	% респондентов
Жалко денег на печатный ресурс	31	33,7
Удобство в использовании	22	23,9
Дороговизна печатного ресурса	19	20,7
Нет разницы	17	18,5
Это современно	2	1,1
Затрудняюсь ответить	1	2,2
Итого	92	<b>100</b>

Таким образом, можно сделать вывод о том, что уровень чтения среди молодежи поддерживается во многом благодаря использованию электронных читательских ресурсов и электронных книг, удобство которых отмечают представители опрошенной молодежи. Однако нельзя говорить о преобладании того или иного вида читательских ресурсов, поскольку печатный и электронный вариант дополняют, но не заменяют друг друга. Обладая существенными отличительными особенностями, они являются комплементарными элементами структуры читательских предпочтений молодых людей г. Саратова, поскольку нацелены на удовлетворение различных запросов современной молодежи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арме В. Электронные библиотеки: пер. с англ. / В. Арме. М.: ВИНТИ, 2001. 274 с.
2. Потребительские предпочтения на рынке книжной продукции // inFOLIO Research Group: информационный ресурс. 2009. URL: <http://www.pro-books.ru/sitearticles/1793> (дата обращения: 29.04.2011). Загл. с экрана. Яз. рус.

3. Путина тревожит рост числа россиян, не читающих книги // Interfax: частная диверсифицированная информационная группа. 2011. URL: <http://www.interfax.ru/culture/209820> (дата обращения: 28.09.2012). Загл. с экрана. Яз. рус.

4. Сетевая словесность // Сетевая литература. 2011. URL: <http://www.netslova.ru/>. (дата обращения: 19.04.2011). Загл. с экрана. Яз. рус.

5. Читающая Россия // Всероссийский центр изучения общественного мнения. 2013. URL: <http://wciom.ru/index.php?id=269&uid=113845> (дата обращения: 13.03.2013). Загл. с экрана. Яз. рус.

**Калугина Татьяна Алексеевна** –  
доктор социологических наук, профессор  
кафедры социокультурных основ образования  
Института дополнительного профессионального  
образования Саратовского государственного  
университета имени Н.Г. Чернышевского

**Tatyana A. Kalugina** –  
Dr.Sc., Professor  
Department social and cultural  
foundations of education,  
Institute of additional vocational education Cher-  
nyshevsky Saratov State University

*Статья поступила в редакцию 17.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 316.776.4

**Ю.В. Карпов**

## **НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ ЗАСТРОЙКИ САРАТОВА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ГОРОЖАН**

*Раскрыт потенциал социокультурного исследования коммуникативного аспекта городской архитектуры или, другими словами, изучены образы города и представления горожан о застройке. Дана характеристика методологических подходов и предложен методический инструментарий (конкретные исследовательские вопросы, гипотезы, допущения). Концепция социокультурного исследования коммуникативного эффекта архитектуры строится на допущении, что городская застройка является индикатором социально-экономических трансформаций. Изучение динамики восприятия облика города позволяет глубже понять рефлексию, рецепцию горожанами происходящих изменений.*

Социология архитектуры, культура городской застройки, дискурс-анализ, городские исследования

**Yu.V. Karpov**

## **THE PRESENT AND FUTURE DEVELOPMENT OF SARATOV**

*The article defines the perspectives for a socio-cultural analysis of communicative aspects in the city architecture presented as the images of the city and perceptions of the citizens about the city constructions and buildings. While analyzing the methodological approach, the author suggests a methodological Toolkit, which includes specific research questions, hypotheses, assumptions, and sample guides. We outline the specific research areas, outline cutting-edge research issues, analyze the empirical data obtained in the course of the two focus groups with the residents of Saratov.*

*The concept of socio-cultural study relating the communicative effect in the architecture is based on the assumption that an urban area is an indicator of socio-economic transformations. Research into dynamics of the perceptions related with the appearance of the city allows us to understand the reflection, receptions of the citizens, and the growing changes. Another issue is how the different categories of Saratov citizens perceive the impact of globalization on the image of the city.*

Sociology, architecture, culture, urban development, discourse analysis, urban studies

### **Введение**

Город как социальный феномен был интересен еще классикам социологии. Городская архитектура служила иллюстрацией, примером и эмпирическим материалом для множества исследований, носивших преимущественно обобщенный социально-философский характер (А. Лефевр,

Ж. Бодрийяр, М. Кастельс). К настоящему времени написано достаточное количество работ, посвященных проблемам градостроительства и городского планирования [14], культурологических эссе [2] на тему идеология в застройке и исследований города глазами чужака-фланера [8]. С недавнего времени растет интерес к общественным движениям в защиту архитектурного наследия [6; 7] и новым площадкам массового потребления в постсоветских городах [9; 11].

В тени исследовательского интереса остаются вопросы, связанные с восприятием горожанами архитектурных изменений. Анализ представлений горожан о застройке зачастую игнорируется, обходится стороной как некая величина, известная по умолчанию и не нуждающаяся в исследовании.

В статье будет раскрыт потенциал социокультурного исследования коммуникативного аспекта городской архитектуры или, другими словами, изучены образы города и представления горожан о застройке. Будет дана характеристика методологических подходов и предложен методический инструментарий (конкретные исследовательские вопросы, гипотезы, допущения). Мы наметим направления исследования, дадим обоснования их актуальности и предложим анализ эмпирических данных, полученных в ходе двух фокус-групп с жителями Саратова.

### **Городская застройка в тисках глобализации**

Изменение современного города происходит в контексте глобализационных процессов, растущей конкуренции между урбанизированными центрами за капиталы, людей и ресурсы [5]. Постсоветский транзит российского общества, продолжающийся последние 20 лет, сопровождается модернизацией социалистической городской застройки. Встраивание отечественной экономики в глобальную является основным фактором формирования облика городов. Застройка, сформированная в советский период, становится полигоном градостроительного экспериментирования в капиталистическом ключе.

В советский период заводы являлись градообразующими предприятиями, подверстывающими городскую застройку под обеспечение собственных потребностей. После распада СССР новые экономические и культурные формы стали утверждаться в первую очередь с освоения производственных пространств, разорившихся предприятий [13]. Вокруг заводов и промышленных комплексов советской застройки возникали мелкие субцентры с дворцами культуры, продовольственными и промтоварными магазинами. На сегодняшний день вокруг оставшихся на плаву производственных предприятий формируются «маленькие арбаты» и появляются бизнес-точки, предлагающие специализированные услуги и имитирующие центр города [10].

В постиндустриальный этап общественного развития все большее значение приобретают информационные и наукоемкие технологии, а также сфера потребления и услуг. Расширение роли частного капитала в сфере городского развития и застройки создает давление на городскую среду и особенно на исторический центр советских индустриальных городов.

Социальные ученые, работающие в критической парадигме, негативно оценивают неолиберальные тенденции, проявляющиеся в градостроительной политике. Харви Молоч был одним из первых, кто стал критиковать популярное мнение о полезности для всех горожан максимального извлечения прибыли из всего, что возведено в городе [16]. Ольга Вендина защищает данный тезис, утверждая, что экономический рост без учета интересов и жизненных траекторий горожан сам по себе не гарантирует процветание [4].

Пожалуй, основной тенденцией капиталистического переустройства города является уничтожение социальной однородности советских городов. Обращение внимания на особенности городской застройки позволяет ввести в оборот идеи классиков Чикагской школы, утверждавших значимость для социального взаимодействия понятия конкуренции между индивидами за ограниченные пространства (привлекательные в качестве места для жилья и расположения бизнеса). Данная концепция созвучна с идеями П. Бурдьё о физическом пространстве как своеобразном капитале борьбы индивидов в социальном пространстве, результаты которой и воплощаются в утверждении социальной однородности того или иного района. Другими словами, социальные структуры проецируются в физический мир и в реальном пространстве воссоздают существующие социальные дистанции.

### **Методология исследования**

Концепция социокультурного исследования коммуникативного эффекта архитектуры строится на допущении того, что городская застройка является индикатором социально-экономических трансформаций. Изучение динамики восприятия облика города позволяет глубже понять рефлексию, рецепцию горожанами, происходящих изменений. Можно задаться вопросом, как различные категории саратовцев воспринимают воздействие глобализации на облик города, материально воплощающееся, например, в строительстве торгово-развлекательных центров?

Социологическое исследование культуры застройки актуализируется критическим неомарксистским подходом и предполагает расшифровку различных дискурсов, существующих в обществе по поводу современного городского развития. Вот некоторые исследовательские вопросы. Как к изменениям в городской застройке относятся разные социальные группы? Почему возможны различные точки зрения на превращение старых промышленных объектов в офисы и строительство новых бизнес- и торговых центров? Насколько чувствительно городское сообщество к проявляющемуся в архитектуре конфликту между глобальным (разнообразие, креативность, изменчивость) и локально-индустриальным (традиции, крепкие социальные связи, сильная локальная идентичность)? Какова символическая значимость застройки? Какое коммуникативное воздействие она производит на горожан?

Теоретическое обоснование подобного исследования ценностного основания коммуникативных практик застройки можно найти в работе Й. Фишера, рассматривающего архитектуру как сложное средство социальной коммуникации [15]. Коммуникация и взаимодействие происходит внутри застроенного «жизненного пространственного мира», под который подстраиваются социальные субъекты. Самоидентификация индивидов зачастую создается и поддерживается теми или иными типами архитектурных коммуникационных предложений. Социальность архитектуры в первую очередь проявляется в ее специфической функции через создание физических пространственных границ, определяющих формы и способы коммуникации.

### **Методологические вопросы. Архитектура как текст и возможность его прочтения**

На сегодняшний момент все большую актуальность приобретает исследование дискурсивных и концептуальных структур, формирующих власть, городской опыт, субъективность человека. Социальные отношения конструируются текстом, а значит, для их понимания следует социальную реальность представить как дискурс и совершить его расшифровку. Городской ландшафт может быть представлен в виде текста, репрезентирующего социальные отношения через пространство и визуальные символы. В данном случае дискурс-анализ текста городского пространства будет означать определение, что говорит городской ландшафт, какие ценности и смыслы он репрезентирует, и как его понимают горожане и гости. Интерес к пространству как к тексту отражает влияние М. Фуко и Ж. Дерриды, в чьих теориях часто используются архитектурные метафоры.

Текст городского пространства (наряду с картографией, этнографией, историей, журналистикой, литературой) способен закладывать фундамент для абстрактного чувства пространства и места и способствовать возникновению национальных и географических идентичностей (или «воображаемых сообществ», выражаясь языком Б. Андерсона). Пионерным исследованием, в котором масштабные социальные процессы, связанные с советской модернизацией, были рассмотрены и через призму городского планирования, является книга С. Коткина «Магнитная гора: Сталинизм как цивилизация». Государственная власть, обладая монополией на публичный дискурс, объясняла гражданам, что значит быть советским человеком, используя, в том числе, и архитектурные образы социалистической застройки города. Вслед за С. Коткиным и другие исследователи (например, Е. Добренко) заинтересовались проблемами пространственно-символического кодирования идеологии, субъектности, идентичности и власти. Следует помнить, что архитектурное пространство является палимпсестом, отмеченным наличием нескольких текстовых слоев, репрезентирующих различные эпохи, идеи. При этом данные слои не обладают однозначными смыслами, и их прочтение зависит от эпохи и социального опыта реципиента. Таким образом, городская застройка обладает способностью к коммуникации с индивидами и целыми сообществами. Архитектура вписывается в рамки такого широкого понятия как локальный текст, который может быть написан, прочтен и переосмыслен.

### **Групповые интервью в исследовании городской застройки**

Настоящее исследование будет направлено на изучение мнений простых саратовцев. Методологическая основа базируется на феноменологическом осмыслении образа города, что предполагает следующий круг вопросов для беседы на фокус-группах: Удовлетворены ли граждане новой застройкой? Есть ли пожелания к развитию города? Какие районы можно выделить в городе? Изменились ли представления горожан о престижности тех или иных районов в связи с трансформацией застройки? Как горожане определяют престижность того или иного района? Какие объекты наиболее важны для определения центра города? Существует ли в Саратове исторический центр? Деловой центр? Развлекательный и рекреационный центр?

Таким образом, интервью и опросы позволяют выявить значимые городские объекты, специфику и критерии престижности тех или иных районов города, а также логику зонирования Саратова в восприятии отдельных социальных групп [Бреславский, 2012]. Немаловажное значение имеют декларированные причины выделения горожанами престижных и непрестижных районов и последующий поиск связи между престижностью и качеством застройки.

В результате мы определили значимость архитектурного облика города в представлениях его жителей, а также выяснили, как горожане воспринимают и оценивают бурное развитие Саратова за последние 5-6 лет, каким видят будущее города. Эмпирической основой анализа стали материалы двух фокус-групп, проведенных летом 2013 г. В первую фокус-группу попали 3 мужчин и 3 женщины 20-29 лет. Во вторую группу вошли 3 мужчин и 3 женщины от 40 до 59 лет.

Изучение постсоциалистических городских пространств выходит за традиционные дисциплинарные рамки, требует выработки новых теоретических подходов к изучению эмпирического материала. В центре исследовательского интереса оказываются сложные отношения, благодаря которым создаются пространства, а также точка зрения общества на процессы городской застройки. В современный период мозаика пространственных форм является продуктом глобализации (особой системы конфигурации отношений производства). Падение коммунистических режимов в Европе вызвало изменение социальных отношений, а значит, были запущены процессы реконструирования городских пространств.

Но за пределами исследовательского внимания обычно остаются следующие важные вопросы: как оценивают ситуацию сами граждане, осознают ли они, что вокруг привычного городского пространства разворачиваются конфликты, связанные с неподвижностью городского облика и стремлением капитализма к пространственному развитию.

Иными словами, исследование пространства – это анализ того, как городская архитектура структурирует и конструирует способ переживания мира. Осознание горожанами сути происходящих изменений в облике города позволяет понять их отношение к общим трансформационным процессам. Выяснение восприятия горожанами пространства, способов жить в нем, говорить о нем позволит прочесть социальные процессы сквозь пространственную оптику.

#### **Облик Саратова в сознании горожан**

В начале беседы информанты назвали новые здания, построенные в Саратове. Как это ни удивительно, но первое, что вспоминали в обеих группах, – это новые жилые здания и активно строящиеся микрорайоны. Пожалуй, наибольшей популярностью по упоминаниям пользовались высотка на Предмостовой площади, угрожающе нависшая над мостом через Волгу, и два разноцветных небоскреба («свечки-башни») почти в самом центре города.

Три вышеназванных высотных здания можно назвать символами новой архитектуры Саратова, которые привлекают внимание и наделяются определенными смыслами. Строительство новых жилых многоэтажных домов отдельными информантами осуждается, другими же одобряется. Дело в том, что эти здания являются и знаком развития, обновления города, а также и жупелом социального неравенства, доминирования одной социальной группы над другой. Вторым по популярности ответом на вопрос о новых зданиях является упоминание строительства ТЮЗа. Его открытия горожане ждали свыше десятилетия, и его современный дизайн радует и молодых, и зрелых информантов.

Кроме жилищного строительства, в Саратове расширяется сеть торговых и деловых центров. Однако торгово-развлекательные или офисные центры вспоминались информантами реже: молодежью лишь после наводящего вопроса. Можно предположить, что для молодых появление новых зданий является обыденностью, рутинной; для старших – знаком обновления города, а значит важным событием. Информанты и молодого, и зрелого возраста отмечают развитие в городе капиталистического типа застройки без ярко выраженного негативного подтекста. Город развивается – и это хорошо.

#### **Будущее исторического центра Саратова**

В западной исследовательской литературе, в практике общественных городских движений все больше актуализируется вопрос, связанный с правом на город. Кто же должен определять будущий облик городов? Конфликт завязывается вокруг столкновения интересов крупного капитала, рассматривающего город как средство извлечения прибыли, и городского сообщества, заинтересованного в сохранении комфортности и привлекательности среды городского обитания. Данные споры являются актуальными для общественности российских провинциальных городов, однако во время фокус-групп было выяснено, каким представляется город его рядовым жителям, каким они видят его будущее, что для них означает удобный город и как относятся к влиянию неолиберализма и глобализации на городской ландшафт.

Информантам задавался вопрос, какими они видят перспективы исторического центра в связи с давлением современной застройки. Ответы молодежи были прагматичными (если не циничными), для них старая архитектура – это прошлое. *«Архитектура, которая существует сейчас, будет уходить, как мне кажется, в прошлое»*. В ответах старшего поколения наряду с сентиментальными нотами сожаления об утрате дореволюционного облика присутствует и понимание того, что городская архитектура будет развиваться в соответствии с рыночной логикой. *«Будет больше свечек и торго-*

вых центров, может быть, что-то из старого фонда будет переделываться...». Рынок же, в том числе, заинтересован в сохранении старых красивых зданий или же в создании новоделов (копирующих стиль «старинны»). *«Может, будет выгодно просто отреставрировать старое».* Перспективы утраты старого дореволюционного купеческого Саратова, хотя и кажутся неизбежными, вызывают у старшего поколения протест. Таким образом, известная консервативность мировоззрения проявляется и во взгляде на городскую застройку.

Для молодых информантов капиталистическое переустройство Саратова, приводящее к возникновению несуразных контрастов старого и нового, описывается в успокоительных выражениях: «все идет своим чередом», и «ничего страшного в этом нет»... *«Жутко забавная будет у нас застройка, которая уже проявляется во многих вещах. Ну, вот Парус, под ним стоит одноэтажный домик. На Мичурина есть архитектурный комплекс – стоит два многоэтажных здания, а справа-слева от него стоят деревянные здания, деревянный частный сектор. Вот такой у нас будет город. Город контрастов и соответственно контраст будет усиливаться. Будет больше современных домов».* Необходимо отметить, что единственным оценивающим эпитетом в данной цитате о будущем города является прилагательное «забавное», которое иронически оттеняется наречием «жутко». Создается впечатление, что информант относится к архитектурному контрасту с известной долей цинизма. Остальные участники молодежной фокус-группы продемонстрировали, скорее, даже большую долю безразличия.

Например, другой информант заявляет, что *«старые дома подвергнут сносу и на их месте построят офигенно дорогие квартиры».* Выражение «офигенно дорогие» отражает насмешку и в то же время некоторую зависть и уважение к тем, кто будет жить в этих домах. Таким образом, молодежь не испытывает боль или утрату, связанную со сносом старых домов и потерей Саратова своего архитектурного облика.

Молодежь почти без наводки смогла назвать и указать примерное расположение новых деловых центров, которые, с их точки зрения, являются свидетельством развития города. Бурное строительство связывается с процветанием города и данный факт, возможно, примиряет с несуразностью вида деловых новостроек центра, окруженных старой застройкой, и их явное противоречие с архитектурным контекстом города.

Информанты зрелого возраста демонстрируют спокойно-отстраненное отношение к новым бизнес-центрам и дорогим новостройкам, воспринимая их как объективную данность. *«Жилищная застройка будет в любом случае, а вот вопрос, будет ли это красиво или нет. Ну, в центре должно быть красиво, на окраинах будет так, как сейчас есть...».* Таким образом, демонстрируется покорность к неизбежному влиянию рынка на изменение городской застройки. *«Люди, у которых есть деньги и средства, будут в это вкладываться. Они будут смотреть, как им будет выгодно. Может, будет выгодно просто подреставрировать старое».* Однако мнения зрелых информантов разделились, одна часть сожалеет о потере Саратова традиционного архитектурного облика, другая часть высказывает иную точку зрения. *«Разрушенные ветхие купеческие дома хорошо было бы по кирпичику воссоздать, но их снос не вызывает жалости».*

Многих молодых информантов характеризует согласие на полное забвение исторического центра, зато *«будут появляться новые бутики».* Цинизм проявляется в заявлениях о том, что останутся здания, на которые можно просто посмотреть и насладиться и красивым видом. Таким образом, можно сформулировать основной принцип отношения молодых саратовцев к старым зданиям: если они красивы, то их следует сохранить. *«А исторически ценные здания пока еще, наверное, останутся. Некоторые очень хорошо отреставрируются».* При этом упускается из виду, что для полноценного восприятия красоты и целостности облика исторических зданий необходим соответствующий контекст, в который новостройки и бизнес-центры совершенно не вписываются.

### **Саратов: перспективы развития**

Город – это аккумулятор социокультурной памяти. Различные элементы городской застройки несут в себе определенные значения и смыслы, которые, будучи связаны в социальной памяти с определенными историческими событиями и процессами, оказываются актуальными и значимыми для определенных горожан или социальных групп. Городская архитектура является одним из оснований и ресурсов консолидации городского сообщества на основе знания и понимания истории места своего проживания. Процесс осмысления тех или иных элементов городской застройки можно рассматривать как своеобразную культурную практику освоения городского пространства [1]. Архитектура дает возможность для свершения своеобразного коммуникативного действия, когда элементы городского ландшафта оказывают то или иное воздействие на индивида. Следует подчеркнуть, что символичность данного воздействия носит дуалистическую природу. Городская застройка способна и

создавать целый комплекс значений и смыслов, который в то же время в общественном сознании постоянно подвергается процессам переинтерпретации, переосмысления.

Какие элементы городской застройки Саратова становятся тем, что Марк Оже называл «местами, формирующими идентичность» (anthropological places)? Как различными социальными группами воспринимается архитектурное переформатирование символического пространства города? В какой мере циркулирующие на микроуровне образы города преемственны или, напротив, конкурируют с образами, вынесенными из прошлого?

Итак, можно констатировать, что молодые информанты поддерживают ускорение архитектурного преобразования города; старшее поколение демонстрирует более сдержанное отношение. Прагматизм и цинизм молодого поколения в основном проявляются лишь в рассуждениях о будущем Саратова, в которых отражаются мечты о бурном коммерческом развитии регионального центра. Однако жизнь разворачивается в старых декорациях, которые пока и формируют имидж города, и наиболее важными зданиями Саратова и молодые, и зрелые информанты называют именно те, что были построены на рубеже XIX и XX веков.

Каков же Саратов в сознании горожан? Какой имидж города ему приписывается и почему? Любопытно, что имидж города чаще всего в ответах информантов связывается с культурными объектами. Данный факт тем более примечателен, если мы вспомним, что в советское время город считался закрытым центром секретной оборонной промышленности. Кроме того, для молодого поколения оказалось важным подчеркнуть также и значимость образа Саратова как делового центра. Для старшего поколения большее значение имеет ни деловая репутация, а, скорее, развлекательная.

Жизнь информантов разворачивается в декорациях старого города, поэтому и в качестве символов Саратова во время фокус-групп назывались культурные объекты, и дореволюционного и советского периода. Здания XIX и XX века и сегодня продолжают оставаться основными объектами-ориентирами, своеобразными субцентрами, к которым тяготеют районы города. Наиболее популярными архитектурными объектами в ответах информантов выступают университетские городки (СГУ и СГТУ), старые рынки (Сенной, Крытый, на 3-й Дачной) и, как это ни удивительно, промышленные предприятия: Жировой комбинат, Крекинг, район Аэропорта.

И старшее, и младшее поколения предлагают поместить на гипотетическую открытку с достопримечательностями города музеи, театры, Крытый рынок, тем самым проявляя потребительское отношение к памятникам архитектуры. Цинизм по отношению к судьбе исторического центра со стороны горожан оказывается помноженным на демонстрацию культурности и хорошего воспитания. Однако фокус-группа показала, что старая архитектура не утратила своей значимости. Информанты, определяя границы городского центра, в качестве ориентиров называли именно памятники архитектуры, тем самым подчеркивая, что новые торгово-развлекательные комплексы пока не являются объектами-ориентирами в городе или же серьезными факторами в вопросе разграничения районов. Главным элементом, определяющим границы городского центра, остается историческая застройка.

Парадоксально, но молодежь спокойно относится к перспективам утраты Саратовом купеческого облика. Свой прагматизм и цинизм информанты объясняют, ссылаясь на эклектичность саратовской архитектуры. *«Все считают, что город придерживается определенного стиля. Хотя Саратов никогда никакого стиля не придерживался. Все строят, что хотят. Единого стиля нет».* Смешение стилей оправдывает возможность строительства новых зданий, так как ярко выраженное архитектурное лицо города отсутствует как таковое. *«Мне кажется, это нормально для большинства российских городов, когда единого стиля не наблюдается».* Возникает парадокс: с одной стороны, наши информанты не проявляли видимого почтения к саратовской архитектуре, но с другой – уверены, что город привлекает туристов.

Рассуждая о восприятии городской застройки, стоит отметить, что саратовчане разделяют современные взгляды на городское проектирование. Например, в качестве наиболее престижных районов для проживания назывались территории с экологически благоприятными условиями. Основной угрозой для будущего города информанты называют возрастание социальной нагрузки в первую очередь на центр. В беседе указывалось, что сокращение мест для парковок, парковой зоны, недостаток детских садов, пробки сопровождают уплотнительную застройку и строительство коммерческих зданий в центре. Осознание данных проблем является доказательством современности мировосприятия саратовчан и поводом приравнять город к ведущим мировым мегаполисам если не по размерам, то хотя бы по качеству проблем.

Однако молодые информанты демонстрируют гораздо более адаптированный и приближенный к реалиям глобализации образ будущего Саратова, который разнообразнее и конкретнее, нежели у старшего поколения. Варианты будущего широко варьируются от: «старые дома будут сносить, ни-

какого ретро не останется», и до смягченного варианта, предполагающего, что архитектура исторического центра будет гармонично интегрирована в современную застройку. Молодые проникнуты новыми постмодернистскими ценностями: такими как важность экологии, восхищение коттеджной застройкой и понимание перспектив новых строящихся районов на периферии.

Равнодушие к судьбе исторического центра сочетается у молодых информантов с более резкой и прочувствованной (чем у зрелых информантов) критикой уплотнительной застройки. Правда, старшее поколение более чувствительно к проявлению в городской застройке процессов социальной поляризации общества. *«Строительство высоток – это момент демонстрации: смотрите все, какой я успешный, и эта демонстрация накладывает негативный отпечаток на эстетику постройки».* В будущем недовольство нарастающей закрытостью и социальным разделением будет лишь четче осознаваться и увеличиваться. *«Современные здания ограждают и имеют свой дворик – там кодовый замок, там у детей своя песочница, то есть общество расслаивается. Там живут люди, которые далеки от мира, и им наплевать и на исторический центр, и на старую застройку».* Эти проблемы волнуют социально ориентированное старшее поколение.

Социокультурное осмысление городской застройки предполагает выяснение ценностных основ реформирования бывшего социалистического в город капиталистический. Эмпирическое исследование представлений горожан позволит прописать типовую модель городского территориального развития [12]. О различных проблемах капиталистической реконструкции центров городов, созданных еще в социалистическое время, писал В.Л. Глазычев. Ответ на вопрос, какие изменения в застройке осознаются горожанами и как оцениваются, позволит учесть мнение общественности в градостроительном планировании, а значит, придаст спорам экспертов с властью осмысленный характер, что, в свою очередь, позволяет более осознанно подходить к проблемам городского планирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абашеев В.В. Неосязаемое тело города. Опыт работы со смыслом / В.В. Абашеев // Антропологический форум исследования города. 2010. № 12.
2. Абрамян Л. Ереван. Память и забвение в организации пространства постсоветского города / Л. Абрамян // Антропологический форум. 2010. №12. С. 248-271.
3. Бреславский А. С. «Город окраин»: территориальная сегрегация и ее (вос)производство в постсоветском Улан-Удэ / А. С. Бреславский // Лабиринт. 2012. № 3.
4. Вендина О. Можно ли увидеть четкие перспективы в туманном будущем городов? / О. Вендина // Неприкосновенный запас. 2010. №2.
5. Визгалов Д. Маркетинг города / Д. Визгалов. М.: Фонд «Институт экономики города», 2008.
6. Гладарев Б. Культура вместо политики: рождение петербургской общественности из духа города / Б. Гладарев // Пути России: будущее как культура: прогнозы, репрезентации, сценарии: доклады участников XVII Междунар. симпозиума / под ред.: М.Г. Пугачевой, В.С. Вахштайна. М.: НЛЮ, 2011. С. 440-457.
7. Закирова М.М. «Вот здесь видно все»: самопрезентация городского общественного движения / М.М. Закирова // Журнал исследований социальной политики. 2008. Т. 6. № 2. С. 217–240.
8. Запорожец О. Прятки, городки и другие исследовательские игры (Urban Studies: в поисках точки опоры) / О. Запорожец, Е. Лавринцев // Communitas. 2006. № 1.
9. Иванов П. Потребление как агент лёгкой социальности в городском пространстве / П. Иванов // Журнал социологии и социальной антропологии. 2011. № 5.
10. Карпов А.Е. Имплотация городского пространства: проблема существования центра в городах современной России / А.Е. Карпов // Российское городское пространство: попытка осмысления: науч. докл. М.: МОНФ, 2000. С. 92-112.
11. Китайцева О.В. Торгово-развлекательный комплекс как «идеальная» площадка для потребления в российском мегаполисе / О.В. Китайцева, Е.А. Ирсетская // Журнал социологии и социальной антропологии. 2011. № 5.
12. Социокультурные трансформации в контексте социальных изменений / Н.Р. Корнев, А.С. Мищенко, А.В. Тихонов, И.И. Травин // Россия в глобальных процессах: поиски перспективы / отв. ред. чл.-корр. РАН М.К. Горшков. М.: Ин-т социологии РАН, 2008. С. 119-135.
13. Макарова К. Постиндустриализм, джентрификация и трансформация городского пространства в современной Москве / К. Макарова // Неприкосновенный запас. 2010. № 2.
14. Сассен С. Глобальные города: постиндустриальные производственные площадки / С. Сассен // Прогнозис. 2005. № 4.
15. Фишер И. Шедевры современной архитектуры и дизайна / И. Фишер. М.: АСТ, 2009.



16. Molotch H.R. The City as a Growth Machine: Toward a Political Economy of Place / H.R. Molotch // American Journal of Sociology. 1976. Vol. 82. № 2. P. 309-355.

**Карпов Юрий Владимирович** –  
аспирант кафедры «Менеджмент туристического  
бизнеса» Саратовского государственного  
технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Yuri V. Karpov** –  
Postgraduate  
Department of Tourist Business Management,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 11.09.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 7.038.6

**Р.Н. Лейни**

### **ЛИТЕРАТУРНАЯ И МАСС-МЕДИЙНАЯ ОБРАЗНОСТЬ В КОНТЕКСТЕ ПОСТМОДЕРНИЗМА**

*Обсуждаются вопросы закономерностей развития искусства и пересмотр ценностных и стилевых ориентиров, произошедших в XX веке. Принадлежностью всего искусства XX века является тенденция к усложнению языка искусства, игровое начало в процессе воспроизведения реальности. Рассматриваются примеры визуально-вербального арт-творчества, которые являются носителями стиля постмодерн.*

Диалог культур, литература, масс-медиа, арт-творчество, мимезис, постмодернизм, ирония

**R.N. Leyni**

### **LITERARY AND MASS-MEDIA IMAGERY IN THE CONTEXT OF POSTMODERNISM**

*The article discusses the laws governing the development and revision of the value of art and style guidelines that have occurred in the twentieth century. Affiliation of all twentieth-century art is a tendency to complicate the language of art, playing during playback reality. The article deals with examples of verbal and visual art works, which are carriers of postmodern style.*

Dialogue of cultures, literature, media, art creativity, mimesis, postmodernism, the irony

Сложная духовная культура XX века не раз переживала «закат» цивилизации и истории, тотальный релятивизм и смятение перед лицом бесконечного отрицания, экзистенциальную завершенность, разбожествление мира и отказ от его системности. Последняя из таких культурных эпох получила название постмодернистской. Однако один из адептов постмодернизма справедливо напоминает: «большинство весьма самодовольных разговоров о постмодернизме, о пресыщенности искусством происходит от нашего невежества. Мало кто учитывает то, что существовали целые эпохи, когда творцы искусства переживали ощущение сказанности всего»[5].

Со второй половины XX века номинация «постмодернизм» из гуманитарных наук, таких как философия, социология, культурология, филология, проникает и в другие науки: антропологию, семиотику, кибернетику и теорию информации, экономику. На рубеже XXI века почти бытовое употребление понятия еще больше сгущает туман над феноменом постмодернизма.

Постмодернизм – один из дискурсов современности – характеризуется фундаментальным разрушением кодов культуры. Постмодернистская симуляция реальности и языковое, стилевое и жанровое многоголосие явились общекультурным ответом на кризис мировоззрения второй половины XX века. Вместе с тем в постмодернизме нашли свое специфическое воплощение некоторые «сквозные» эстетические тенденции всего XX века.

Интересным представляется рассмотрение некоторых «взрывных» моментов в литературе XX столетия, во многом спровоцировавших возникновение стилевых и мировоззренческих новаций на рубеже нового тысячелетия. Для данной работы принципиально важное значение имеет теория Ю.М. Лотмана о взрывных и постепенных закономерностях развития искусства. Пересмотр ценностных и стилевых ориентиров, произошедший на рубеже XIX – XX веков, создал взрывное эстетическое пространство и пучок неожиданных возможностей. Применительно к истории развития искусства XX века можно говорить, что модернистские эксперименты предопределили не только литературное постмодернистское новаторство, но и обусловили возникновение новых языков искусства, одним из которых явилось телевидение. Как пишет Лотман, эстетический взрыв может реализоваться и как цепь последовательных, сменяющих друг друга взрывов, придающих динамической кривой многоступенчатую непредсказуемость [11]. «Во всякую живую культуру встроены механизмы умножения ее языков» [12].

Несмотря на богатство стилевых исканий, стилевых фактов, родовой принадлежностью всего искусства XX века является тенденция к усложнению языка искусства, примату субъективного начала в процессе воспроизведения реальности, игра неупорядоченностей и перераспределение реальностей. Иррациональная, а во многом и страшная действительность прошедшего века может быть познана только с помощью особых средств познания. Образ абсурдного бытия требует для своего выражения уникальных художественных средств. Одним из них становится нарушение формальной логики. Художник XX столетия стремится к особому типу логики, свободной от стереотипов.

В XX веке трансформировались не только способы и механизмы восприятия художественных объектов, но и реципиент искусства. И искусство неизбежно должно было отреагировать на подобные антропологические подвижки. Во многом изменяются приоритетные функции искусства. Художник замкнут между моделированием образа катастрофичной реальности и попыткой сбалансировать неизбежные духовные «перекося» века. Наша эпоха – это эпоха гротеска и карикатуры; сказанные с горечью, эти слова стали творческой позицией для многих художников XX века [2]. Но существующие в качестве приемов гротеск и карикатура XX столетия не подразумевают стройную реконструкцию картины мира, а эксцесс и аномалия становятся единственными способными формами воспроизведения действительности.

В XX веке разрушается традиционное представление о мимезисе (подражании реальности). Неоспорим факт, что все искусства в своей отдельности и в сложной совокупности творят не вторичную, но иную, другую реальность. Одной из особенностей искусства XX века является, с одной стороны, поиск истинной реальности, с другой – демонстративный отказ от изображения реальности, которая похожа на реальность обыденную. Как писал В. Шкловский, «необходимо создание нового, «тугого», на видение, а не на узнавание рассчитанного языка» [16].

Современные литературоведы отмечают, что важнейшей проблемой модернистского и постмодернистского искусства оказывается ситуация кризиса конвенционных форм сознания автора и читателя [13]. Если традиционный миметический акт реализуется в моменте узнавания, то во взаимодействии сознаний автора и читателя в искусстве XX века узнавание не обеспечивает понимания: «Понимание оказывается сложной деятельностью, требующей воображения и активных творческих усилий, направленных на преодоление готовых моделей, стереотипов и мифов» [13]. Читателю приходится выполнять трудную работу, «ориентированную не столько на узнавание объекта, сколько на его новое понимание» [13].

Это – и символистский мировоззренческий дуализм: «мир – человек», «идеал – действительность», «жизнь – искусство». Одним из открытий символизма остается смысловая стереоскопичность художественного текста, возможность одновременного существования многих смыслов; зримое и незримое, реальность и фантазия равны в своих правах.

В истории литературы начала XX века известны и другие формы моделирования реальности («литература факта», теория «производственного искусства», создание агитационных произведений, внесюжетная проза). Футуризм фиксировал кризис самого языка искусства, который оказался не в силах совладать с расширившейся и усложнившейся реальностью [7].

Принцип «расширенного смотрения» ОБЭРИУ предполагал введение в поэтику фантастики и гротеска, принципа свободного монтажа в композиции, развитие поэтической «зауми» в области слова, отмену формальной логики («цисфинитная» логика). Гносеологические установки обэриутов осуществлялись через очищение обыденного и традиционного литературного языка от геометрических, утилитарных, эмоциональных и эстетических коннотаций.

«Техническое мироощущение» конструктивизма обусловило подход к произведению искусства как к технической конструкции. Максимально точно отразить динамичную действительность возможно через «грузофикацию» словаря, ритма, образов художественного произведения.

Итак, можно говорить, что в XX веке идет активный поиск по разгадыванию, воссозданию и трансляции новых образов реальности. Русский литературный модернизм XX века выступил в качестве своеобразной диссипативной системы. Сами создатели теории диссипативных систем проявили большую проницательность, считая, что теорию структурной устойчивости интересно и целесообразно применить к проблемам социальной и культурной эволюции. Эстетические новации к середине прошедшего столетия достигли качественного скачка. Модернизм стал способен образовывать новые системы, живущие по своим специфическим законам.

К концу XX столетия в искусстве становится возможным моделирование этического, нравственного, эстетического, социально-бытового поведения человека через цепь культурных кодов. Начало этому эксперименту легко обнаружить в альтернативной эстетической системе 70-х годов XX века. «Другое» искусство 70-х стремилось вырваться из силков политической власти, но и, отталкиваясь от иронической относительности модернизма, занимает особое место в становлении и развитии постмодернизма.

Ироническое отрицание, характерное для первой половины XX века, во многом предопределяет глубинную деформацию культуротворческой деятельности. Закрепление и тиражирование приемов модернистской иронии формирует современное понимание творческой деятельности как арт-деятельности, арт-практики. Особым аспектом изучения бытования иронии в культуре XX века могла бы стать ситуация, когда ирония, способствующая «творческому» монтажу реальности, явилась прообразом бытования художественных текстов в гиперреальности Интернета, в массовом сознании.

Особым вариантом и прообразом зарождения постмодернистской художественной арт-практики явилось стилистическое изменение визуальных искусств во второй половине XX века. В 80-е годы происходит значительное переосмысление функций, задач, стиля графического дизайна. На первый план начинает выходить осознание самобытности и индивидуальности творческого процесса. Авторское видение становится главной эстетической ценностью в дизайнерских продуктах. К концу 70-х и в 80-е годы стилеобразующими доминантами графического дизайна становятся альтернативность и конфликтность. Знаки и пиктограммы 80-х годов усложняются и становятся многомерными, число элементов, из которых они состоят, увеличивается. В новых знаках постоянно усложняется пространственная пропорция, появляются знаки, созданные на основе псевдообъемных построений, парадоксальных пространственных решений, оптических иллюзий.

Пластически-зрелищные искусства (реклама, графический дизайн) конца 80-х годов меняют принцип восприятия знака. Можно говорить о процессе восприятия графического дизайна 80-х годов как о процессе усложнения мимезиса: теперь знаки стремятся усложнить процесс считывания. Первой разработкой новаторского дизайнерского макета явился проект визуальной коммуникации для Международного конгресса ИКСИД в 1975 году: «Дизайн для человека и общества». Этот проект первым нарушил жесткую официальную линию стиля. Знаковым элементом конгресса становится образ человека, лишенного официоза, сквозь все проекты проходит мотив документальной фотографии человека, как бы случайно выхваченного из толпы. Если в 60-е годы процесс визуального наблюдения потребителя предполагал мгновенное прочтение и осознание знака, то в 80-е годы визуальное наблюдение становится процессом «медленного чтения» знака.

Процесс освобождения от строгих догм законов в отечественном стиле графического дизайна, пришедшийся на 80-е годы, совпадает с мировой тенденцией в дизайне. В это же время активно развивается стилевой «взрыв» дизайнерской группы «Мемфиса», Миланской группы, на Западе оформляется архитектурный постмодернизм. Общим духом времени и в зарубежном, и в отечественном дизайне становится тяготение к разрушению общепринятых догм и правил. Рваные края композиций, фигур, плоскостей, букв, преувеличение шероховатости, грубые фактуры линий и поверхностей – все это становится стилеобразующим принципом графического дизайна 80-х годов.

Предпринятые в 80-е годы XX века трансформационные изменения в визуально-графических сферах искусства сполна себя реализовали в современной рекламной арт-практике. Современное символическое рекламное изображение строится по принципу конструктора. Символы, образы и детали «выдергиваются» из разных стилей и собираются в новый визуальный образ, создавая новую эклектическую реальность. Современные рекламные символы, в отличие от традиционных, не только «больше себя самих», но предоставляют множество интерпретаций.

Одним из хорошо узнаваемых по всему миру логотипов является надкушенное яблоко Apple, которое сознательно продуцирует различность прочтения. Для знатоков истории создания этого логотипа актуальным остается символ яблока как «озарения» Исаака Ньютона; использование символики яблока, раскрашенного в цвета радуги, позволяло создавать инсинуации о поддержке Apple сексуальных меньшинств, этот образ прочитывался и как своего рода знак уважения перед математиком и

криптографом Аланом Тьюрингом. Надкушенное яблоко – это и ветхозаветный символ нарушения запрета, сами же покупатели *Mac* порой отмечают коннотацию логотипа как революцию образа жизни и компьютерного мира. Таким образом, миф нарушения запретов, анархия пересекается с архетипом перемены ценности жизни [9].

Постмодернистская незавершенность интерпретаций дизайнерских работ остроумно умножается возможностью пародийного использования. Шведский дизайнер Виктор Хертц, который испытывает тягу к креативной символике, создает серию работ под девизом: *Apple – Think different* (Думай по-другому). Объектом его опытов стал логотип компании *Apple*: используя пародийную технику трибьюта, дизайнер бесконечно продлевает поиск новых смыслов.

Сравним подобное функционирование логотипа с постмодернистским представлением о реальности. По мнению Ж. Бодрийера, постмодернизм сосредоточился не на отражении, а на конструировании, моделировании действительности, создании искусственной реальности. Современный мир функционирует как «мир-текст», мир видимостей, симулякров – фантомов сознания, мало соотносимых с реальностью, но воспринимаемых гораздо реальней, чем сама реальность. Такой мир Ж. Бодрийер называет гиперреальностью [3].

Включение штампов и идеологем в рекламный текст, сочетание разнотипных словарных элементов способствуют моделированию разорванной, потерявшей свою индивидуальность действительности. Как в постмодернистском, так и в рекламном дискурсе современная реальность рассматривается как огромный, непрерывный текст, в котором все уже когда-то было сказано. Новые комбинации и интерпретации возможно получить лишь случайно, при смешении отдельных элементов.

Подобная постмодернистская игра историческими клише и реальностями способствует развитию новых видов дизайнерского мастерства, например использование 3D-рисунков на асфальте. Дизайнеры по образованию, Эдгар Мюллер, Курт Веннер и Джулиан Бивер создают трехмерные оптические картины-иллюзии. Новая техника рисунка заключается в специальном способе нанесения красок, при взгляде на которые под определенным углом возникает эффект 3D. Нарисованная цветными мелками реальность создает иллюзию включенности рисунка в действительность.

И.П. Ильин отмечает, что собственно позиция нравственного протеста и неприятия окружающего мира, та позиция всеобщей контестации, получившая специфическую трактовку в постмодернизме, приобретает статус центральной идеи – выразительницы духа своего времени [8]. При этом маргинализм осознается как сознательная установка на периферийность по отношению к обществу в целом, к его морали. Подобная ситуация порождает пристальный интерес к «пограничной нравственности». Проблема, разумеется, не исчерпывается лишь имморализмом, ее суть в том, что Томас Манн устами Сеттембрини определил как *placet expereiri* – жажду эксперимента, искус любопытства и познания, часто любой ценой и в любой ранее считавшейся запретной, табуированной области [8].

С другой стороны, продукты рекламной и дизайнерской деятельности выполняют функцию, схожую с функцией, которую выполняют также искусство и религия. Это – создание структур значений. Именно с такого принципа рассмотрения начинается научная рефлексия в 70-е г. в США собственно феномена рекламы. Дж. Уильямсон писал, что реклама выступает в идеологической плоскости трактовки себя и мира.

Другой исследователь утверждает, что современная реклама не направлена на прямую покупку товара. «Целью рекламы является включение нас в ее структуру значений, побудить нас к участию в декодировке ее лингвистических и визуальных знаков и получить удовольствие от этой деятельности декодирования» [4]. По мысли современных коммуникативистов, техника рекламы состоит в создании корреляции между чувствами, ощущениями и материальными объектами, то есть недостижимое привязывается к достижимому.

Эстетическую задачу искусства, где «центр тяжести всегда где-то между автором, текстом и читателями» [12], можно определить как манипуляцию текстом. Предтечей своеобразных постмодернистских методов формирования структурных значений о мире и о человеке в нем можно обнаружить в традиции поэзии соц-арта XX века, в практике инсталляций французских дадаистов.

Соц-арт в живописи (В. Комар, А. Меламид, В. Пивоваров, Э. Булатов, И. Кабаков), концептуализм в литературе (Д. Пригов, Л. Рубинштейн, С. Гандлевский, Т. Кибиров) восприняли советскую идеологию как материал; идеологические «сущности» соцреализма были осознаны как простые означающие и низведены до уровня формы. «Соцартисты прибегли к присвоению этих означающих для того, чтобы дистанцироваться от означаемых, подвергнуть их иронии, укротить, эстетизировать» [15]. Как пишет Е. Деготь, искусство «вгляделось не только в саму реальность, но и в ее образ, порожденный и постоянно воспроизводимый руководящей идеологией, в самый механизм нарабатывания фальши» [6].

Акции-перформансы соц-арта, поэтические карточки Л. Рубинштейна, повторы, сноски, паузы Вс. Некрасова, имидж писателя-графомана Д. Пригова были необходимы, чтобы выявить процессуальность творчества, напрямую вовлечь читателя в процесс сочинительства. Поэтика поливалентности, неопределенности – попытка приоткрыть затекстовое пространство, сделать художественное произведение ситуацией. Постмодернистское желание избежать любого идеологического навязывания, включая соприкосновение с авторской личностью, наводит писателей-концептуалистов на мысль о единственном условии реализации диалогической природы художественного слова – «внетекстовом» существовании произведений.

Наиболее наглядно это проявляется в коллажном характере образного ряда. Карточки Л. Рубинштейна оставляют ощущение рваного, лоскутного холста: «Здесь все начинается. «Здесь написано: «Прохожий. Остановись. Подумай», «Другой голос: Ну, все, теперь начнется. Только ты-то хоть молчи, не лезь...» и т.д. Поэтический текст, составленный из нестыкующихся лексических, стилистических, смысловых элементов, оставляет впечатление лишнего конфликта существования лирического «я». Одни идеологемы сталкиваются с другими, их неразличимость уничтожает возможность живого обмена. «Множество звучащих голосов, ни один из которых не выделяется, да и не определяется. Так, некто – один из нас» [1].

В беседе В. и М. Тупицыных с И. Кабаковым оговаривается принципиальное отличие между модернистским стремлением к инсталляции и ее современным статусом: «Начав заниматься театром, русские авангардисты (в попытке дистанцироваться от картины) стремились создать тотальный художественный мир, как это, в частности, делалось у Мейерхольда или Евреинова: зрителей сажали вокруг сцены, а само действие выплескивалось в зал или на улицу, вовлекая в себя реальную жизнь и сливаясь с происходящим. Но существенно здесь как раз то, что у инсталляции несколько другие цели, а именно стремление отделиться от мира, стать автономной метафорой, демократичной в формальном плане и замкнутой, закрытой на других уровнях» [14]. Таким образом, в модернизме инсталляционное видение мира для читателя, зрителя открывает непременно четкую позицию, стержень, личность художника. Его позиция детерминирована стремлением к «открытию» реальности, осознанием художественными средствами законов мироздания. Постмодернисту, находящемуся в «темнице языка», отяжеленному знанием, что «изображенная» реальность является некой фикцией, иллюзией, приходится рассчитывать на означающее, то есть форму, строительный материал, средство репрезентации.

На рубеже XX-XXI веков одним из самых ярких языков постмодернистской репрезентации становится цифровое или дигитальное искусство. Именно в этой творческой деятельности, основанной на использовании компьютерных технологий, следствием которой являются художественные произведения в цифровом формате, реализуются принципиально новые виды художественного видения. Искусство новых медиа соединяет самые разные художественные практики, применяющие или создающие новые технологии. В медиаязык включаются вербальные и электроакустические элементы, видео-арт и компьютерную графику, 3D-анимацию, сетевое и интерактивное искусство, а также искусство робототехники и биотехнологий. Чем смелее формальные эксперименты художников дигитального искусства, тем больше форма порождает диалогическое напряжение.

Реципиент такой художественной продукции погружается в искусственно сконструированную квазиреальность, имеющую иллюзорно-чувственный характер, свойственный постмодернистской «зрелищности». Таким образом, реальность формирует сферу инобытийности, обеспечивающей беспрепятственные взаимопереходы реального и нереального без всякого сопротивления со стороны воспринимающего сознания.

Еще одним феноменом, организующим новые представления о реальности и саму реальность, становится телевидение. Произошедшее в середине XX века, в течение двух-трех десятилетий экспансивное, пандемическое распространение телевидения иначе как культурным взрывом назвать невозможно. В течение жизни одного поколения ТВ из небытия превратилось в мощнейший социокультурный институт, стало важнейшим субъектом политической, экономической, информационно-коммуникативной, психологической, художественной сфер общественной жизни. Сегодня можно говорить о существовании самостоятельной, сформировавшейся телевизионной культуры, имеющей уже свои устойчивые схемы организации общественного сознания, создающей собственную уникальную и властно подчиняющую себе «картину мира». При этом многие характеристики телевизионного языка: отчетливая фрагментарность образа, оборачивающаяся деконструкцией формально-содержательного единства, размывание границ между реальностью и ее представлением, экспансия телевизионного знака, приводящая к нивелированию значения – позволяют располагать телевизионную культуру на территории постмодернистской художественности.

Постмодернистская установка на диалог стилей, голосов и точек зрения предполагает активное воздействие и влияние на массовое сознание. Современные продукты визуально-вербального творчества стремятся говорить на языке «большинства», на языке своего времени и тем самым становятся основным носителем стиля постмодерна. Реклама, дизайн, новостная и развлекательная тележурналистика, литературная образность конца XX века обладают большим объемом общих характеристик, что и позволяет рассматривать их как взаимообусловленные явления современной культуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Айзенберг М. Вместо предисловия / М. Айзенберг // Личное дело №. М., 1991. С. 12.
2. «Бесконечное счастье есть лишь после смерти». Интервью редактора «Штерна» Свена Михаэльсена с Фридрихом Дюрренматтом // Литературное обозрение. 1991. №12. С. 51.
3. Бодрийяр Ж. Злой демон образов / Ж. Бодрийяр // Искусство кино. 1992. №10. С. 42.
4. Bignel J. Media Semiotics. An Introduction / J. Bignel. Manchester etc., 1997. P. 33.
5. «Важна только личность...». Беседа А. Аскоческой с Сергеем Гандлевским // Литературное обозрение. 1997. №1. С. 12.
6. Дёготь Е. Искусство между букв / Е. Дёготь // Личное дело №. М., 1991. С. 101.
7. Иванюшина И. Русский футуризм: идеология, поэтика, прагматика / И. Иванюшина. Саратов: Изд-во СГУ, 2003.
8. Ильин И.П. Постмодернизм от истоков до конца столетия: эволюция научного мифа / И.П. Ильин. М.: Интрада, 1998. С. 21-22.
9. Креативные логотипы Apple. <http://www.adme.ru/logotip/nad-logotipom-apple-podumali-podrugomu-344205/>
10. Лотман Ю. Внутри мыслящих миров / Ю. Лотман // Семиосфера. СПб.: Искусство-СПб, 2000. С. 151.
11. Лотман Ю. Культура и взрыв / Ю. Лотман // Семиосфера. СПб.: Искусство-СПб, 2000. С. 106.
12. Рубинштейн Л. Что тут можно сказать... / Л. Рубинштейн // Личное дело №. М.: Ad Marginem, 1991. С. 232.
13. Рымарь Н. Узнавание и понимание: проблемы мимезиса и структура образов в художественной культуре XX в. / Н. Рымарь // Вестник Самарского государственного университета. 1997. № 3. С. 34-35.
14. Тупицын В. «Другое» искусство. Беседы с художниками, критиками, философами: 1980-1995 гг. / В. Тупицын. М.: Ad Marginem, 1997. С. 56.
15. Тупицына М. Соцарт: русский вариант принципа деконструкции / М. Тупицына // Критическое оптическое / М. Тупицына. М., 1997. С. 42.
16. Шкловский В. Воскрешение слова / В. Шкловский // Гамбургский счет. М: Сов. писатель, 1990. С. 41.

**Лейни Регина Николаевна** –  
кандидат филологических наук, доцент кафедры  
«Реклама и компьютерный дизайн»  
Саратовского государственного технического  
университета имени Гагарина Ю.А.

**Regina N. Leyni** –  
Ph.D., Associate Professor  
of the Department Advertising and computer design  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 15.06.14, принята к опубликованию 25.09.14*

**В.В. Матвеева, Г.Р. Шамьенова**

#### **ПРОБЛЕМА МОНИТОРИНГА ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СО СТУДЕНТАМИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА**

*Статья посвящена проблемам воспитания студенческой молодежи в рамках технического вуза. Образование в системе инновационного общества требует изменения принципов отношения «педагог – обучающийся». Актуальность процесса воспитания в высшей школе обуславливает проведение социологических исследований, позволяющих вывести объект исследования – воспитательную работу со*

*студентами – на концептуально новый качественный уровень. Выделены приоритетные духовно-нравственные ценности, сформулированы основные направления воспитательной работы, выявленные в ходе исследования.*

Воспитание, инновационное общество, инновационное образование, мониторинг, личность студента, фундаментализация образования, языковая среда, социализация личности, ценности

**V.V. Matveeva, G.R. Shamyenova**

**THE PROBLEM OF MONITORING EDUCATIONAL WORK WITH STUDENTS  
IN A TECHNICAL UNIVERSITY IN THE CONTEXT OF THE FORMATION  
OF AN INNOVATIVE SOCIETY**

*The article investigates the education of students in the framework of a technical university. Education system in an innovative society requires a change in the principles of relationship «teacher – student». Relevance of the process of education in higher education makes sociological research, allowing research to bring - educational work with students – on conceptually new level. The article highlights the priority of spiritual and moral values, the main directions of educational work identified in the study.*

Education, innovative society, innovative education, monitoring, identity student fundamentalization education, language environment, socialization of the individual, values

Проблематика воспитательной работы со студенческой молодежью в рамках технического вуза приобретает большую актуальность в контексте формирования инновационного общества. Система образования выступает как элемент и социальной механизм воспроизводства традиционной культуры, через которую возможна трансляция традиций и инноваций в системе образования будущего. Инновационное общество представляет собой систему открытого и многостороннего взаимодействия различных социальных сегментов. В этих условиях инновационное образование в системе инновационного общества требует изменения принципов отношения «педагог – обучающийся». Также меняется роль социокультурной и когнитивной установки педагога в реализации инновационности образования.

Под воспитательной работой высшего учебного заведения на современном этапе понимается органическая часть учебно-воспитательного процесса вуза, направленная на реализацию задач формирования и развития культуры личности будущих специалистов. Специфика воспитательной работы университета в образовательном пространстве современного общества обусловлена особенностями современного студенчества и задачами, которые ставят общество и государство перед высшей школой.

Актуальность исследования объясняется стремительными изменениями в политической, социально экономической жизни нашей страны, повышения значимости высшего профессионального образования, развития и совершенствования системы образования. С этой целью авторами статьи было проведено социологическое исследование.

Результат анализа анкетных данных студентов, а также анализ результатов экспертного опроса преподавательского состава РОАТ МИИТ г. Москвы и филиалов: Поволжского, Ярославского, Воронежского, Смоленского, Нижегородского, Брянского, Волгоградского по теме: «Мониторинг воспитательной работы со студентами и пути повышения её качества в техническом вузе» методом анкетирования и экспертного опроса позволил вывести объект исследования – воспитательная работа со студентами – на концептуально новый качественный уровень. Выборочная совокупность составляет 1000 студентов заочной формы обучения, обучающихся как по техническим, так и по экономическим специальностям, а также 150 преподавателей с разных кафедр РОАТ МИИТ и перечисленных выше филиалов. Результаты исследования отражены в таблицах, представленных в приложениях. В целом отчет представляет собой подтверждение или опровержение сформулированных на ранних этапах исследования гипотез, определение целевых установок воспитательной работы в вузе, как основной результат исследования разработана модель организации воспитательной работы со студентами в техническом вузе и выстроена иерархия ценностей, обеспечивающая эффективность работы этой модели, сформулирована концепция повышения качества воспитательной работы со студентами в техническом вузе.

Исследование подтвердило, что наиболее плодотворно процесс воспитания и обучения обеспечивается правильно построенной системой взаимоотношений между педагогом и обучаемыми. Студенты должны видеть в лице преподавателей не только профессионалов, но и авторитетных помощников в различных сферах их деятельности. Необходимыми условиями для реализации демократичной системы социального партнерства в рамках инновационного общества в университете являются:

- функционирование института преподавателей-кураторов студенческих групп младших курсов очного отделения;
- регулярные встречи студенческой молодежи с представителями администрации университета, факультетов, заведующими кафедрами, кураторами;
- участие представителя студенческого профкома, выражающего интересы студентов, в работе органов управления университетом;
- совершенствование форм студенческого самоуправления. Важным шагом в воспитательной работе вуза должно стать создание социально-психологической службы, среди направлений деятельности которой существенное место должно отводиться проблемам социально-педагогической поддержки студентов и преподавателей. Обеспечение профессиональной готовности преподавателей к реализации современных педагогических принципов. С целью обеспечения профессиональной готовности к реализации современных педагогических принципов преподаватели обязаны непрерывно повышать свой уровень педагогической культуры, развивать умение активно управлять взаимоотношениями в учебном коллективе.

Совершенствование педагогического и профессионального мастерства преподавателей обеспечивается:

- системой повышения квалификации и переподготовки кадров;
- постоянно действующими семинарами;
- созданием условий самосовершенствования психолого-педагогических знаний, культуры и этики общения, коммуникативных умений и навыков;
- системой морального и материального стимулирования труда (конкурсами «Лучшая кафедра», «Профессор года», «Лучшее учебно-методическое пособие», «Лучшая монография», «Лучшая научная школа», «Лучший аспирант»; грантами университета и т.д.), встречами со студентами старших курсов, выпускниками вуза, учеными, видными специалистами и т.д.;
- проведением общеуниверситетских мероприятий, праздников;
- разработкой и внедрением рекомендаций (по организации умственного труда и самостоятельной работы студентов в рамках учебной деятельности и т.д.), пропагандой положительного опыта работы групп и отдельных студентов в средствах массовой информации и стенной печати и т.д.

Важная роль в решении задач формирования личности будущего специалиста отводится мониторингу, основным направлением которого должен стать анализ комфортности гуманитарной среды в вузе с целью выявления недостатков и слабых мест в деятельности коллектива и выработки конкретных рекомендаций, направленных на совершенствование воспитательной работы в университете.

Основные задачи мониторинга:

- разработка технологии отбора запросов и методик сбора информации;
- сбор информации;
- разработка компьютерной основы для сведения, обобщения, классификации и первичного анализа информации;
- обработка, корректировка и ввод информации в базы данных;
- создание информационного банка;
- выявление основных тенденций развития системы воспитания и образования в общеобразовательном учреждении;
- создание прогнозов, аналитических, справочных материалов, докладов;
- совершенствование технологии мониторинга системы воспитания и образования.

В процессе мониторинга выясняются следующие основные вопросы:

- достигается ли цель учебно-воспитательного процесса;
- существует ли положительная динамика в развитии личности студента по сравнению с результатами предыдущих лет;
- существуют ли предпосылки для совершенствования работы педагогического коллектива вуза.

Мониторинг может осуществляться с помощью проведения социологического исследования.

Построение деятельности по изучению эффективности процесса воспитания и обучения (так называемый мониторинг) основано на следующих принципах:



1. Личность студента рассматривается как цель, субъект и результат учебно-воспитательного процесса.
2. При отборе критериев, показателей и методик изучения эффективности учебно-воспитательной деятельности используется системный подход.
3. Диагностика результатов развития личности студента является главным содержанием деятельности по определению эффективности учебно-воспитательного процесса.
4. Диагностика изменений ситуации развития студента проводится в течение нескольких лет.
5. В ходе диагностики определяются наиболее эффективные педагогические средства и те формы и способы организации учебно-воспитательного процесса, которые в наименьшей степени повлияли на развитие личности студента (выявление позитивных и негативных тенденций).
6. Диагностический инструментарий не является, как правило, громоздким и требует минимального количества времени и сил для подготовки и проведения изучения, обработки получаемых результатов.
7. При подборе необходимого диагностического материала предпочтение отдается количественным методам оценки.
8. Результаты изучения эффективности учебно-воспитательной деятельности не являются средством административного давления на педагога, родителя или студента. При проведении диагностического исследования соблюдается педагогический такт.
9. Итогом мониторинга является принятие или непринятие управленческих решений (выбор метода воздействия на систему для достижения цели).

Особое внимание следует обратить на последнее требование. При исследовании результатов и эффективности учебно-воспитательного процесса необходимо использовать не одну методику, а их систему, в которой методы дополняют друг друга и подтверждают объективность и достоверность результатов. Систематичность изучения состояния воспитательной системы вуза предусматривает его плановость, которая помогает соблюдать «чувство меры» в организации исследований в коллективе, чтобы не перегружать педагогов, студентов. В противном случае может снижаться объективность получаемой информации.

Как было заявлено выше, в ходе исследования был сформулирован ряд гипотез, которые по результатам исследования либо опровергаются, либо подтверждаются.

#### **Гипотеза 1**

Воспитание студенчества в настоящее время происходит в обстановке идеологического демократизма, расширения свободы действий, увеличения возможностей для проявления самостоятельности и инициативы. Современный студент – это в большинстве своем аполитичная, суверенная личность, имеющая собственный стиль поведения, стиль жизни, собственные взгляды, интересы. Все это требует создания условий для развития каждого. Современного студента необходимо вовлекать, а не обязывать, заинтересовывать, а не настаивать, учитывать гражданскую позицию каждого обучающегося. Роль личного примера и авторитета преподавателя в формировании у студента гражданской позиции значительная, но не определяющая.

Данная гипотеза подтвердилась в ходе исследования. 60,7% респондентов считают роль личного примера и авторитета преподавателя в формировании гражданской позиции у студента значительной, но не определяющей. Важно, что 65% опрошенных указывают на необходимость существования собственной точки зрения на все происходящее для формирования гражданской позиции. 10% отмечают, что именно знание общественно-политической обстановки формирует гражданскую позицию. В этой связи необходимо развиваться в следующем направлении: формирование у студентов гражданственности, ответственности за свою профессиональную подготовку, трудолюбия, уважения к правам и свободам человека, раскрытие творческого потенциала, формирование человека физически и духовно развитого, адаптированного к современным условиям жизни, социализированного как личность.

Для достижения этих целей важными являются:

- создание социовоспитывающей среды;
- установление культа нравственности, высокого художественного вкуса, мотивации на здоровый образ жизни, непринятия асоциальных явлений;
- укрепление и сохранение лучших традиций;
- создание условий для непрерывного развития творческих наклонностей студентов, приобщение их к основам отечественной культуры, формирование ценностных ориентиров, патриотизма, устойчивых нравственных принципов и норм, приобщение к выбранной профессии, укрепление активной жизненной позиции;

- создание благоприятного климата коллектива, комфортных социально-психологических условий для коммуникативно-личностного развития будущих специалистов;
- активизация работы по гражданско-патриотическому, экологическому воспитанию молодежи;
- создание корпоративной культуры, определяющей систему ценностей, которая объединяет студентов, сотрудников и преподавателей университета для достижения общих целей, реализации миссии университета;
- развитие и совершенствование работы органов студенческого самоуправления, обеспечение социальной защиты студентов.

### Гипотеза 2

Библиотека осуществляет вклад в обеспечение гуманистического потенциала образовательных программ по основным направлениям воспитания. Объем и содержание фонда библиотеки имеют значение в организации и создании гуманитарной среды вуза как профессионального и культурного пространства, в формировании и развитии широкого кругозора, литературного вкуса студентов в наполнении сферы интеллектуального досуга молодежи.

Технологическая и информационная среда библиотеки предполагает нацеленность студентов на творческий поиск, на духовно-культурное, нравственное и эстетическое развитие, осуществление комплексного подхода к внеучебной работе вуза.

Информацию по общественным наукам, политической жизни страны студент узнает из источников СМИ.

Действительно 34,5% респондентов в качестве источников получения знаний по общественным наукам и политической жизни страны используют СМИ (радио, телевидение, газеты), 28,8 % – интернет. Важно, что лекции в вузе (12,2%) вносят вклад в познание студента, следовательно, лекционный материал должен обновляться и соответствовать запросу времени.

Современный высококвалифицированный специалист должен уметь решать сложнейшие технические задачи, и поэтому до настоящего времени система образования в технических вузах, прежде всего, ориентировалась на решение этих проблем. Однако в жизни и профессионально подготовленный специалист, получивший образование в техническом вузе, сталкивается с множеством проблем гуманитарного плана. Речь идет о формировании характера и способов взаимодействия человека с миром техники, природы, социальной и политической сферами и т.п. Гуманитаризация образования, таким образом, становится насущной необходимостью высшего технического образования. В соответствии с предлагаемой концепцией, образование в техническом вузе может считаться гуманитарно сформировавшимся, если оно направлено как на подготовку высокопрофессиональных специалистов, так и на воспитание нравственно и духовно состоятельных молодых людей, ориентированных в своей профессиональной поведенческой деятельности на общечеловеческие, гуманистические ценности.

Гуманитарной средой вуза является совокупность образовательно-воспитательных, культурно-нравственных условий, подкрепленных комплексом мер организационного, методического, психологического характера, обеспечивающих создание единой гуманитарной культуры и направленных на формирование и развитие личности, которая осознает смысл своей деятельности, свое предназначение, обладает активной жизненной позицией.

### Гипотеза 3

Гуманитарная среда обучения в техническом вузе представлена в основном набором гуманитарных дисциплин, имеющих свою специфику, связанную, прежде всего, с задачей раскрытия смысла существования человека в мире техники, общества и природы. В числе обязательных учебных дисциплин гуманитарного цикла в техническом вузе должны быть отечественная история, история науки и техники, социальная психология и педагогика, культурологи, философия, экономика, политология, социология, правоведение, физическое воспитание, иностранный язык, русский язык и культура речи. Учебные курсы данных дисциплин должны быть адаптированы к условиям технического вуза, а также учитывать специфику отдельных специальностей.

Преподавание общественных дисциплин в техническом вузе оказывает мощное воспитательное воздействие по сравнению с преподаванием технических дисциплин.

Действительно, 47% респондентов отмечают воспитательное воздействие преподавания общественных дисциплин; 24% – гуманитарных; 18,3% – технических; 16,5 % – экономических дисциплин.

Несомненно, значительное место в процессе формирования гуманитарного пространства занимает социология, так как возможности данной науки чрезвычайно широки. Необходимо активно вовлекать социологию в систему планирования внеучебной работы, оценки эффективности внеучебной работы, для проведения систематических социологических исследований среди студентов по различным вопросам развития личности, подготовки молодых специалистов.

Также важное место среди гуманитарных дисциплин занимает физическое воспитание, призванное воспитывать здоровое молодое поколение с устойчивой ориентацией на здоровый образ жизни. Основная цель физического воспитания в техническом вузе – сформировать у студентов четкое понимание, что профессионализм, жизненный успех невозможны без активных занятий спортом, формирования у студентов достаточного уровня знаний о культуре физического состояния личности.

Языковая среда является важнейшим средством социализации личности, которая должна рассматриваться не только как общекультурный фон, но и как инструмент познания окружающего мира и социума. Система ценностей, интересов личности, её социальные черты определенно обусловлены той языковой и культурной средой, в которой произошла его социализация, то есть усвоение индивидом социального опыта, приобретение им социально значимых качеств сознания и поведения. Отождествляя себя с определенной культурой, люди не всегда осознают, что её главные определяющие ценности формируются при непосредственной включенности личности в живую языковую среду.

Значительная роль в гуманитаризации технического образования принадлежит психологии. Специалист, руководитель любого профиля должен разбираться в психологии человека, мотивах его поступков, особенностях межличностных отношений отдельного человека и социальной группы, уметь дать психологическую характеристику личности, интерпретации собственного психического состояния, владеть формами, средствами и методами психологического воздействия на личность, а также простейшими приемами психической саморегуляции. В процессе изучения различных психологических дисциплин теоретико-методологические знания и фактические навыки в области психологии человека и социальной группы формируют свою психологическую культуру.

Специализированные кафедры гуманитарного цикла должны быть активно задействованы в реализации основных направлений воспитательной работы. Основная деятельность данных кафедр должна быть сфокусирована на студентах младших курсов.

#### Гипотеза 4

Система нравственно-эстетического воспитания опирается на традиции и опыт предыдущих поколений. Формирование нравственных принципов является ведущей задачей воспитательной работы. Это должен быть комплексный процесс, включающий разнообразные элементы, систему организационных форм педагогических действий, продиктованных высокими нравственно-этическими целями.

Семья как первичная социальная группа является основополагающей в духовно-нравственном воспитании личности, далее в процессе социализации авторитет преподавателя в вузе оказывает значительное влияние на формирование духовно-нравственных ценностей.

Первая часть гипотезы подтвердилась: 55,4% респондентов отметили семью как основной институт духовно-нравственного воспитания личности; 13,5% – социальное окружение, и это понятно, поскольку индивид интегрирован в социум; 10,4% – образовательные институты; 10,2% – церковь.

Вторая часть гипотезы не подтвердилась: лишь 32,9% респондентов считают роль авторитета преподавателя вуза в формировании духовно-нравственных ценностей значительной; 17% – незначительной; 16% указали на другие авторитеты.

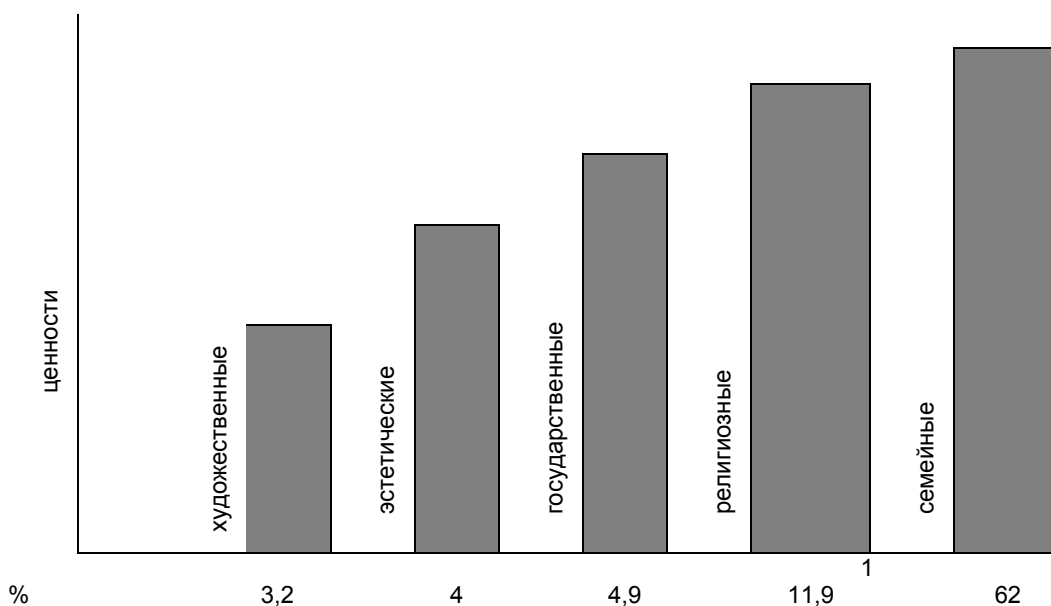
В этой связи целесообразно выделить основные направления духовно-нравственного воспитания студентов:

- повышение роли преподавателей в нравственно-эстетическом воспитании студентов;
- развитие эстетического вкуса у студентов через проведение на высоком художественном уровне культурно-массовых мероприятий, через активизацию чтения, использование библиотечного фонда, формирование ценностных ориентаций;
- развитие деятельности творческих коллективов университета;
- сохранение традиций, воспитание уважения к прошлому своего народа, воспитание стремления к сохранению и преумножению нравственных, культурных и научных ценностей вуза;
- формирование активной гражданской позиции,
- формирование высоконравственных идеалов и патриотизма;
- организация межвузовского, межведомственного взаимодействия, взаимодействия с учреждениями культуры городов области;
- развитие системы информационно-методического обеспечения организаторов внеучебной работы по вопросам нравственно-эстетического воспитания;
- сохранение, развитие и эффективное использование материально-технической базы объектов культуры вуза.

Критериями духовно-нравственного воспитания в системе образования являются уровень знаний и убежденности в необходимости соблюдения норм морали; духовность, проявляющаяся в формировании у студента смысло-жизненных духовных ориентаций; наличие у студентов этических

знаний, умений, способностей и потребностей к освоению и производству ценностей культуры, к соблюдению общечеловеческих норм гуманистической морали; культура личности, выражающаяся в интеллигентности, гражданственности, ответственности; степень гуманизации и гармонизации взаимоотношений студента с педагогами, родителями, друзьями.

В ходе исследования удалось определить лишь приоритетные духовно-нравственные ценности.



Наибольшее воспитательное воздействие на студентов в стенах вуза оказывает организация образовательного процесса, создающего атмосферу активного, творческого овладения специальностью. Основными требованиями к организации учебного процесса, обеспечивающего подготовку инициативных, творчески мыслящих специалистов, должны быть:

- соответствие подготовки специалистов требованиям Государственных образовательных стандартов, призванным обеспечить реальное единство учебно-воспитательного и научного процесса и дать возможность мобильно, в зависимости от постоянно развивающихся потребностей общества и производства, менять его содержание и приоритеты;

- совершенствование учебно-воспитательного процесса путем создания атмосферы состязательности в глубоком и творческом освоении учебных дисциплин, внедрения в учебный процесс информационных технологий, деловых игр и других форм активной учебной деятельности, стимулирующих творчество и самостоятельность мышления студентов, развития междисциплинарного знания;

- повышение уровня научных исследований, укрепление связи научного процесса с задачами повышения качества подготовки специалистов (внедрение в учебный процесс элементов творческого поиска, привлечение большинства студентов к научно-исследовательской работе в рамках учебного процесса, осуществление мер, направленных на широкое привлечение к руководству НИР преподавателей, научных сотрудников и аспирантов);

- обеспечение развития фундаментальных исследований как основы повышения теоретического уровня прикладных разработок и важнейшего условия подготовки специалистов широкого профиля;

- совершенствование форм контроля за ходом учебной деятельности, осуществление постоянного контроля за выполнением планов самостоятельной работы;

- систематический анализ и обобщение опыта работы кафедр и факультетов по применению различных форм и методов учебно-воспитательной деятельности, наиболее эффективно формирующих профессиональные качества студентов и отвечающих задачам социально-экономического развития общества в современных условиях;

- проведение смотров-конкурсов для студентов, студенческих и академических групп;

- организация проведения научно-технических конференций, представления студенческих работ на конкурсы и смотры и т.д.

В этой связи была выдвинута Гипотеза 5.

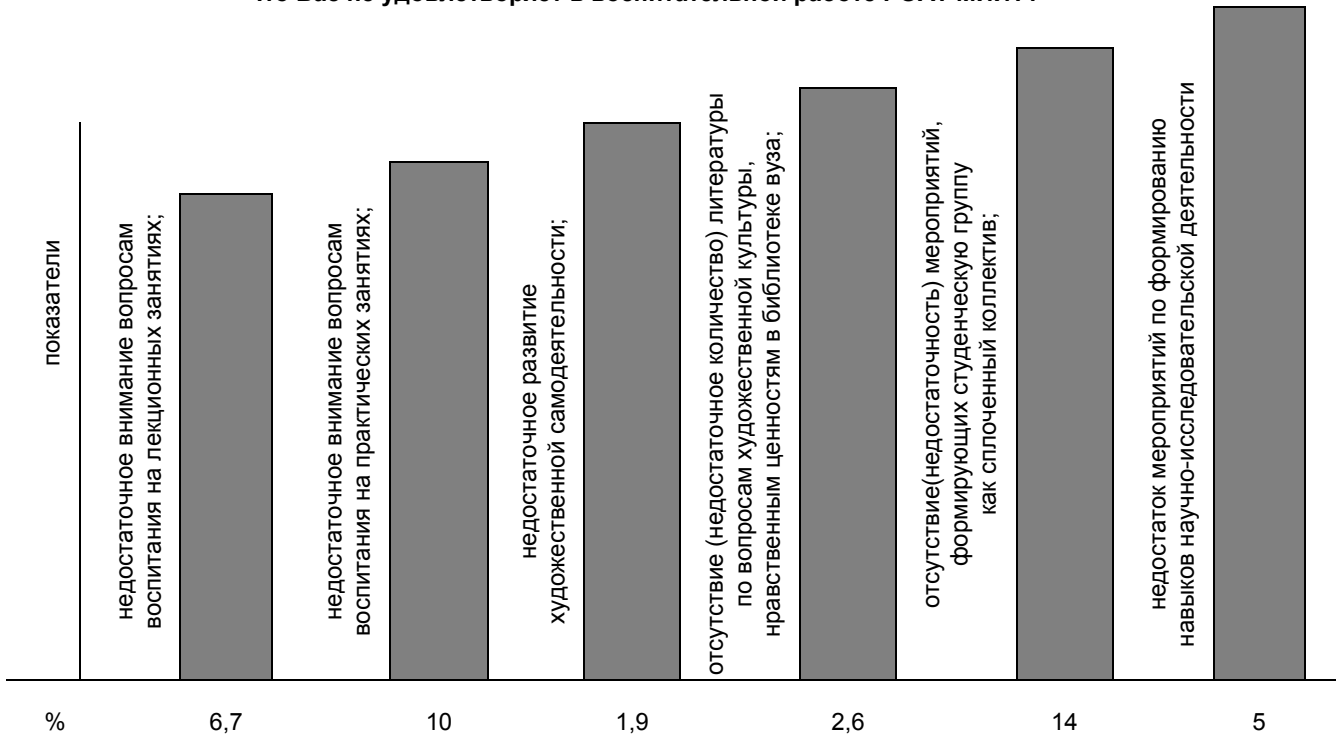
#### Гипотеза 5

Современное образование должно быть сориентировано на всестороннее развитие личности, а также на приоритет духовно-нравственного развития.

В ходе исследования гипотеза подтвердилась. 58% респондентов считают, что современное образование должно всесторонне развивать личность, 10% опрошенных отметили необходимость ориентации образования на приоритет духовно-нравственного развития. Исследователям интересно и полезно было выяснить мнение студентов об учебной, воспитательной работах непосредственно той образовательной структуры, куда они интегрированы – РОАТ МИИТ.

Полученные данные отражены в диаграмме.

Что Вас не удовлетворяет в воспитательной работе РОАТ МИИТ?



Формирование личности будущего специалиста является основной задачей системы высшего образования, обеспечивающей развитие и становление профессионала, гражданина, интеллигента, обладающего современным научным мировоззрением, способного к профессиональному, интеллектуальному и социальному творчеству.

Формирование личности предполагает наличие социокультурной среды для осуществления воспитательных воздействий через учебный процесс, научные исследования, общественную, художественно-творческую, спортивно-оздоровительную деятельность.

В процессе исследования очевидным явился факт, что направленность воспитательной работы определяется гуманистическими целями высшего образования, социальным заказом на качественную подготовку специалистов с высшим образованием, индивидуальными потребностями всех участников процесса воспитания разума, духа и тела.

Также исследование позволило сформулировать важнейшее направление воспитательной работы в вузе. Итак, важнейшими направлениями воспитательной работы в вузе следует считать:

- усиление воспитательного аспекта профессиональной подготовки с учетом мировоззренческих знаний, относящихся к системно ориентированному пониманию таких связей, как человек-человек, человек-общество, человек-техника, человек-природа;

- комплексное решение взаимосвязанных проблем в области осуществления учебного процесса, организации быта, досуга и отдыха, художественного и научно-технического творчества, развития физической культуры и спорта, создания здорового образа жизни;

- создание комфортного социально-психологического климата, атмосферы доверия и творчества, обеспечение реальных условий для развития участников воспитательного процесса на началах педагогики, сотрудничества, демократии и гуманизма;

- усиление фундаментальной естественно-научной, гуманитарной и общепрофессиональной подготовки.

Фундаментализация образования рассматривается как база общекультурной, социальной и научно-технической основы формируемой системы знаний, культуры, современного мировоззрения, а также таких необходимых качеств специалиста, как универсальность инженерного знания, широта научно-технической мысли, способность к самообразованию, профессиональной мобильности;

– развитие материально-технической базы и социокультурной сферы (достаточное количество учебной литературы, компьютерных классов, учебно-методических кабинетов, читальных залов, лабораторий, оснащенных современным оборудованием и приборами и т.д.);

– поиск наиболее эффективных путей и средств воспитания студентов и преподавателей;

– организация и проведение социологических исследований.

Основными принципами организации системы обучения и воспитания в современных условиях должны стать:

– научное сопровождение воспитания студентов;

– соответствие организации учебно-воспитательной работы и всей деятельности вуза современным принципам развития высшего образования в стране (демократизации, гуманизации, личностной активизации и др.);

– единство научного и прикладного аспектов функционирования системы воспитания;

– стремление к полному удовлетворению потребностей всех участников процесса обучения-воспитания. |

Формируемые в высшей школе социально-значимые качества личности будущего специалиста:

– способность к непрерывному усвоению системы знаний (фундаментальных, базовых и специальных профессиональных);

– владение методологической культурой (методами познавательной, профессионально-предметной, аксиологической и коммуникативной деятельности);

– умение профессионально самореализовываться на основе социокультурных качеств (духовно-нравственная, социально-психологическая и физическая культура).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гергокова Ж.Х. Роль образования в формировании национальной инновационной системы / Ж.Х. Гергокова // Педагогика. 2010. № 7. С. 22-29.

2. Бондаревская Е.В. Методологические проблемы становления педагогического образования университетского типа / Е.В. Бондаревская // Педагогика. 2010. № 9. С. 73-84.

3. Зарипова В.М. Формирование комплексной информационной системы вуза на основе опыта европейских университетов / В.М. Зарипова // Alma mater. 2010. № 4. С. 119-134.

4. Матвеева В.В. Воспитательная работа со студентами в техническом вузе: проблема мониторинга / В.В. Матвеева, С.Н. Климов. Саратов: ИЦ «Наука», 2013.

**Матвеева Виктория Викторовна** – кандидат социологических наук, доцент кафедры «Философия, социология и история» Поволжского филиала Российской открытой академии транспорта Московского государственного университета путей сообщения

**Viktoria V. Matveeva** – Ph.D., Associate Professor of the Department Philosophy, Sociology and History Volga branch of the Russian Academy of open transport of Moscow State University of Railway Transport

**Шамьенова Галия Рушановна** – кандидат филологических наук, доцент, заведующая кафедрой «Реклама и компьютерный дизайн» Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

**Galia R. Shamyenova** – Ph.D., Associated Professor Head of the Department Advertising and Computer Design, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 10.06.14, принята к опубликованию 25.09.14*

**М.Р. Пашаева**

### **СОЦИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУКОВОДИТЕЛЕЙ УЧРЕЖДЕНИЙ КУЛЬТУРЫ И ИСКУССТВА**

*Дана характеристика современных руководителей учреждений культуры и искусства. Приведены данные социологического исследования: идеальное описание руководителя учреждения культуры и искусства, характерный стиль управления, возраст, необходимые качества и умения. Вопрос рассматривался с позиции молодого поколения г. Новосибирска.*

Социологическая характеристика, учреждения культуры и искусства, руководители учреждений культуры и искусства, лидерство, стиль управления, профессиональные качества и умения

**M.R. Pashaeva**

### **SOCIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE MANAGERIAL STAFF IN ARTS AND CULTURE INSTITUTIONS**

*The article analyzes the characteristics of the managers dealing with culture and arts organizations. Additionally we consider the results of sociological research which includes ideal descriptions of managers in the organizations of culture and arts, individual managerial style, age, and professional skills. The question was discussed from the perspectives of the younger generation in Novosibirsk City.*

The sociological characteristics, culture and arts organization, managers of culture and arts organization, leadership, management style, professional skills

Руководители учреждений культуры и искусства занимают особую нишу в структуре современного менеджмента – они одни из первых столкнулись с новыми рыночными реалиями, научились выживать в сложной социально-политической среде и удовлетворять различные, а зачастую и противоположно направленные интересы посетителей их учреждения. Эффективным руководством учреждениями культуры и искусства предполагает наличие сильного лидера, способного выстраивать политику организации в соответствии с рыночными целями и эстетическими предпочтениями потребителей культурных продуктов.

Если руководитель учреждения хочет стать не только формальным, но и неформальным лидером, ему необходимо уметь делать правильный выбор, управлять своей организацией и передавать свои убеждения не только своим сотрудникам, но и зрителям учреждения. Но, с другой стороны, руководитель, заикленный на построении своего лидерства, не способен эффективно выстраивать иерархию управления учреждением, ведь лидерство – это всего лишь часть комплексного подхода к управлению организацией.

Б. Шмитт считает, что «лидерство в стиле шоу включает три главные составляющие – образ, миф и этос. Образ – это легендарная личность руководителя, чьи главные качества разыгрываются в пьесе о лидере и организации – в мифе. Этос – это претворение образа и мифа в дух организации и ее образ действий: ее видение, ценности и уровень игры» [5, с. 276].

Поясним данные составляющие лидерства.

Образ помогает наделять лидера некой исключительностью, привлекательностью, харизмой. Образ должен носить последовательный характер. Образ может прибавить еще одну сюжетную линию к существующему мифу о себе. Образ необходим для создания этоса учреждения, отражающего личные свойства, ценности и методы руководителя.

Миф является личной сюжетной историей лидера, в основе мифа всегда должны лежать факты. Миф вселяет веру в лидера, объясняет ценности и побуждения лидера, поддерживающие этос. Миф порождает такие чувства как страх, зависть, сочувствие, желание, привязанность, благоговение.

Этос – это некая совокупность убеждений и ценностей, которыми руководствуются сотрудники учреждения культуры и искусства. Этос отражается на поступках лидера и стиле управления.

Стиль управления учреждения культуры и искусства во многом зависит от лидера и от специфики самой деятельности учреждения. Г.Л. Тульчинский и Е.Л. Шекова замечают следующую тен-

денцию: для художественных руководителей – главных режиссеров, главных балетмейстеров, хормейстеров, дирижеров характерен авторитарный и даже деспотический стиль руководства. Это, в некотором смысле, условие их профессионализма является следствием самой их деятельности. Главный замысел пьесы, кинофильма, музыкального произведения принадлежит только им. Зачастую он формируется в процессе репетиций и подготовки. Актеры, музыканты для них – средства воплощения этого замысла. Если главный режиссер начинает советоваться с актерами, то это означает, что ему самому не ясно, что надо делать» [4, с. 437].

В своем исследовании мы попытались проверить данную тенденцию.

Итак, согласно проведенному нами исследованию в 2013-2014 гг. в г. Новосибирске, в котором приняли участие 220 респондентов в возрасте от 20 до 30 лет, на вопрос «Какой стиль управления, по Вашему мнению, необходим для учреждений культуры и искусства?», 42 % респондентов считают, что наиболее подходящим является такой стиль управления, который сочетает в себе авторитарность с демократичностью в зависимости от ситуации. 36 % ответивших выбирают демократический стиль в качестве оптимального для управления подобными учреждениями. Только 12 % уверены, что необходим авторитарный стиль, так как он наиболее предпочтителен для управления в целом, для любого типа организаций, в том числе для учреждений культуры и искусства. 2 % респондентов считают, что оптимальным является деспотический стиль управления, ведь работники творческих профессий нуждаются в жестком контроле. 8 % не могут четко сформулировать свою позицию.

Стоит сказать, что стиль управления является четким показателем управленческой культуры организации, в нем проявляется степень зрелости трудового коллектива на определенном этапе развития. Стиль управления задает некий ритм всей деятельности учреждения, формирует режим работы, исполнение целей и задач.

Л.Е. Востряков в статье «Менеджеры культуры: стратегии выживания в рыночных условиях» приводит результаты своего исследования, где в качестве основной исследовательской группы он выбрал директоров музеев Северо-Запада России и директоров театров России. Данный автор указывает, что в руководящем корпусе учреждений культуры преобладают лица, занимающие эти должности свыше десяти лет. Большинство менеджеров культуры пришли на свои должности несколько десятков лет назад, что говорит о том, что приток новых кадров в эти сектора снижен [2, с. 28].

Для того чтобы узнать мнение опрошенных относительно данного факта, мы спросили у респондентов: «Каков «идеальный возраст» руководителя учреждения культуры и искусства?». 52 % ответивших считают, что руководителю учреждений культуры и искусства должно быть порядка 30-40 лет. 22 % респондента выбрали вариант – 40-50 лет. 12 % уверены, что для эффективного управления учреждениями культуры и искусства необходимо, чтобы руководитель был моложе 30 лет. 4 % опрошиваемых считают, что оптимальный возраст – это 50-60 лет. 1 % ответил, что руководитель должен быть старше 60 лет. 9 % затрудняются ответить на данный вопрос.

Следующий вопрос был такой: «Выберите идеальное описание руководителя учреждения культуры и искусства». 43 % выбрали следующее описание – молодой, амбициозный, готовый идти на эксперименты и риск. 26 % считают, что для руководителя такой фактор как «возраст» не важен, руководитель должен обладать хорошими топ-менеджерскими качествами. 23 % респондентов уверены, что руководитель должен быть опытным, консервативным, предпочитающим классику и стабильность во всем. Это мнение совпадает с данными, опубликованными Л.Е. Востряковым, который указывает, что ведущим качеством руководителя учреждения культуры и искусства считается консерватизм [2, с. 31].

Доминирование консерватизма связано с социальными функциями самих учреждений. Однако консерватизм часто становится барьером для динамичного развития и принятия инноваций. Консерватизм также становится барьером при выборе реализации культурных проектов. Все учреждения и культуры имеют дело с недолговечным продуктом, и если коммерческая организация может построиться под предпочтения своего потребителя, то художественный руководитель подобного учреждения должен полностью полагаться на свой вкус при выборе того или иного произведения. Поэтому консерватизм может служить ограничивающим фактором.

Далее мы спросили респондентов: «Какие качества необходимы руководителю при управлении творческим коллективом?». В данном вопросе опрошиваемые могли выбрать несколько вариантов ответа. 67 % считают, что руководителю необходимо такое качество как стремление к креативному мышлению. Стоит сказать, что наличие данного качества предполагает специфика данной профессии. Также стремление к креативному мышлению является важнейшим качеством при реализации различных культурных проектов и позволяет рассматривать одну ситуацию с нескольких точек зрения.

57 % опрошиваемых выбрали такое качество как умение находить компромиссы и решать локальные конфликты. В крупном учреждении культуры и искусства часто отношения между отделами характе-



ризируются как нездоровое соперничество и взаимное недоверие. Причины подобных конфликтов кроются в несовпадении мнений относительно развития организации, существующих стереотипов и предубеждений.

Отметим, что творческий коллектив предполагает использование особых механизмов управления. А.Н. Асаул выделяет следующие черты творческих работников, которые необходимо учитывать при реализации концепции управленческой культуры: такие люди склонны в отношениях к игре и импровизации, остроумны, действуют всегда не по правилам, ориентированы на новые впечатления, спонтанны в своем поведении и независимы в суждениях; они испытывают трудности в делах, требующих точности и пунктуальности; для них характерно эстетическое восприятие окружающего мира; они энтузиасты, часто склонны к идеализации; такие люди могут видеть в событиях и предметах то, что не замечают другие; они страстны в достижении результата и одержимы идеями и целями, к которым стремятся [1, с. 184].

Конфликты могут возникнуть не только между отделами, но и внутри творческого коллектива. Все проблемы делятся на эмоциональные, профессиональные, проблемы восприятия, личностные. К эмоциональным проблемам относятся страх ошибиться, осуждение остальными членами творческого коллектива. Профессиональные – неопытность, отсутствие должных компетенций. Проблемы восприятия выражаются в односторонности мышления, отсутствии знаний.

Последний вид конфликтов часто носит межличностный характер. Это обусловлено постоянной конкуренцией за участие в том или ином культурном проекте. Подобная тенденция наблюдается и в бизнес-организациях в рамках выбора сотрудника, который продвигается или не продвигается по карьерной лестнице. Однако в сфере культуры и искусства эта проблема обостряется вследствие регулярного выбора между актерами и музыкантами одного и того же амплуа. Выбор между участниками проекта имеет оттенок личностного характера, так как данное решение принимает главный режиссер единолично. Мотивы данного выбора не всегда прозрачны и понятны всем участникам творческого коллектива, что провоцирует стресс и вызывает чувство зависти. Это негативно влияет на всю систему менеджмента учреждения и вносит негативный оттенок в управленческую культуру.

Вернемся к описанию качеств руководителя учреждения культуры и искусства. 56 % считают, что самым важным является умение организовать командную работу в творческом коллективе. А. Кузибецкий и Н. Рождественская в статье «Управленческая культура: лидер и его команда» выделяют следующие роли членов команды, необходимые для того, чтобы эта структура функционировала эффективно: креативщик, радикал, гармонизатор, технический эксперт, организатор, критик [3, с. 184].

Остановимся на функциях членов команды. Главная задача креативщика внутри команды – это разработка конструктивных идей и концептуальных решений. Креативщик должен в полной мере реализовать творческий потенциал команды. Член команды, который является радикалом, всегда мыслит свободно, без каких-либо ограничений и предубеждений. Он не приемлет традиционные пути решения той или иной проблемы, возникшей в ходе обсуждения и апробации проекта. Гармонизатор должен сглаживать возникшие конфликтные ситуации и недопонимания в команде. Его цель – это установление психологически комфортного климата в команде и микроклимата в группе. Технический эксперт всегда опирается на логические рассуждения и анализирует полученные коммуникационные потоки в кратчайшие сроки. Организатор выполняет системообразующие функции: формирует команду, задает общий психологический тон, стимулирует энтузиазм членов команды. Критик осуществляет функцию контроля, подвергает все положения критическому осмыслению и анализу.

Продолжим рассматривать ответы на вопрос: «Какие качества необходимы руководителю при управлении творческим коллективом?». 44 % ответивших считают, что руководителю для управления творческим коллективом требуются коммуникативные навыки. Они помогают проявить инициативу в беседе, сформировать доверие собеседников к себе, уверенно чувствовать себя на переговорах и совещаниях.

35 % респондентов выбрали следующую характеристику – способность быстро оценивать ситуацию и выстраивать антикризисное управление. 20 % опрошенных считают, что руководителям учреждения культуры и искусства необходимы навыки прогнозирования. Это связано с тем, что прогнозирование необходимо при реализации концепции стратегического менеджмента в целом.

Подведем итоги. Большинство респондентов считают, что руководитель учреждения культуры и искусства должен быть молодым, амбициозным, готовым идти на риск и эксперименты. Оптимальный возраст – 30-40 лет. Также опрашиваемые уверены, что стиль управления творческим коллективом должен совмещать в себе авторитарность с демократичностью в зависимости от конкретной ситуации. Среди системообразующих качеств руководителя учреждения культуры и искусства респонденты выделили стремление к креативному развитию, умение находить компромиссы и решать локальные конфликты, умение организовывать командную работу в творческом коллективе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Культура организации. Проблемы формирования и управления / А.Н. Асаул, М.А. Асаул, П.Ю. Ерофеев, М.П. Ерофеев. М.: Гуманистика, 2006. 216 с.
2. Востряков Л.Е. Менеджеры культуры: стратегии выживания в рыночных условиях / Л.Е. Востряков // Обсерватория культуры. 2005. № 6. С. 26-33.
3. Кузибецкий А. Управленческая культура: лидер и его команда / А. Кузибецкий, Н. Рождественская // Народное образование. 2011. № 6. С. 50-64.
4. Тульчинский Г.Л. Менеджмент в сфере культуры / Г.Л. Тульчинский, Е.Н. Шекова. СПб.: Планета музыки, 2007. 528 с.
5. Шмитт Б. Бизнес в стиле шоу. Маркетинг в культуре впечатлений / Б. Шмитт, Д. Роджерс, К. Вроцос. М.: Вильямс, 2005. 400 с.

**Пашаева Маргарита Расимовна** – аспирант кафедры социальных коммуникаций и социологии управления Новосибирского государственного университета экономики и управления «НИНХ»

**Margarita R. Pashaeva** – Postgraduate, Department Social Communications and Sociology Management, Novosibirsk State University of Economics and Management

*Статья поступила в редакцию 20.06.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 78.071.1

**С.О. Печенкина**

**ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ КОМПОЗИТОРСКУЮ ИНДИВИДУАЛЬНОСТЬ  
(НА ПРИМЕРЕ ТВОРЧЕСТВА В.-А. МОЦАРТА)**

*Композиторская индивидуальность – одно из ключевых понятий при анализе музыкального текста. Рассматриваются основные факторы, влияющие на становление композиторской индивидуальности и тем самым определяющие индивидуальность художественного текста. В.-А. Моцарт является одним из первых художников, в творчестве которого индивидуальность начинает выступать как самостоятельная категория, поэтому рассмотрение данного вопроса на примере его жизни и творчества представляется наиболее целесообразным.*

Композиторская индивидуальность, Моцарт, Просвещение

**S.O. Pechenkina**

**THE FACTORS SHAPING INDIVIDUALITY OF A COMPOSER  
(MOZART'S WORKS AS AN EXAMPLE)**

*Individuality of a composer is one of the most important concepts in the analysis of a musical text. The article discusses the key factors which influence individuality of a composer and determines individuality of a musical text. Mozart is one of the first artists in whose works individuality can be considered as an independent category. For that reason it is the most efficient to consider this issue on the example of his life and works.*

Composer individuality, Mozart, Enlightenment

XVIII век стал веком окончательной кристаллизации композиторского самосознания. Именно тогда понятия индивидуальное, индивидуальность обретают все большую значимость. Проблема индивидуального впервые встала перед композиторами именно в конце XVIII века. Творчество Моцарта, очерчивая историческую границу между принципом традиционализма и принципом индивидуальности, содержит эту границу как бы внутри самого себя. Г. Аберт, называя Моцарта последним из старых мастеров (а значит, последним из тех, кто ориентирован на актуальность традиции), одновременно говорит, что только в последнем периоде творчества для Моцарта «главным является первичное переживание, изначальное потрясение художника, за которым исчезает традиция» [1, 38]. Таким образом, творчество Моцарта – это та «точка отсчета», после которой индивидуальность начинает

утверждать свое право на внутреннюю целостность и самостоятельность сначала в «споре» с канонами ремесла, а далее – в их «опровержении».

Каждый исследователь, пишущий о Моцарте, неизбежно затрагивает проблему индивидуальности его произведений. Однако в отечественном музыкознании еще не предпринималось попыток обобщить и систематизировать основные факторы, ее формирующие. Что же определило творческую индивидуальность Моцарта?

#### 1. Школа.

Музыкальное окружение играет огромную роль в формировании стиля каждого конкретного композитора. Стиль Моцарта органически связан с почвой, на которой он сложился. Для творческого развития Моцарта было важно все, что происходило в музыкальном искусстве его страны: развитие австрийской музыкальной культуры, новые явления в инструментальной музыке, путь к высшим достижениям Гайдна. Близки ему были и новые направления в немецких центрах, в частности в Мангейме. Моцарт отлично знал музыку современных европейских мастеров. Кроме того, он имел возможность побывать в ряде городов Италии, в Париже, Мангейме, Мюнхене, Праге и многих других европейских музыкальных центрах, где мог ознакомиться с различными школами и направлениями.

В то время как важнейшие стороны искусства Й. Гайдна тяготеют к венской и северонемецкой школам, а Бетховена – и к северонемецкой школе, и к мангеймцам, у Моцарта, особенно восприимчивого и впечатлительного, дело обстояло гораздо сложнее. В его сочинениях долго нельзя заметить сознательного движения вперед: он понемногу «лакомится» то здесь, то там, порой вновь оказывается с итальянцами, воспринимая при этом и локальные влияния. Многообразие школ и направлений в музыкальном искусстве того времени предоставляло композитору некий «великолепный гардероб, где хранятся солнца, луны, ирисы, зеркала и унылые облака, годный к употреблению для любого умственного уровня и на всех широтах» [3, 139].

Первоначальное проявление композиторской индивидуальности происходит путем выбора, а затем впитывания и освоения уже сформированных законов и принципов, путем присвоения всеобщего, типического, ранее выработанного. Важным представляется и то, что композитор сознательно или бессознательно отвергает, ведь именно это обуславливает своеобразие его художественного стиля. Проблема влияний и заимствований в музыке Моцарта давно на повестке дня в музыковедческих работах. Существует мнение, что произведения Моцарта – это лишь блестящая комбинация уже существующих музыкальных интонаций, тем и композиционных моделей. Однако Моцарт не был бы гением, если бы это было так. Юный Моцарт впитал в себя все, что его окружало, для того, чтобы претворить это в нечто новое, индивидуальное. Уже в ранних сочинениях можно видеть сплав различных традиций в одном сочинении, что само по себе является достаточно самобытным. Так, к примеру, в серии квартетов К.168-173 можно обнаружить влияния сразу нескольких школ. Здесь имеются сонатные *allegri*, в которых не повторяются экспозиции, что говорит о влиянии итальянской школы, тематизм тоже напоминает манеру итальянцев, однако при всем при этом заметны перемены настроения, импульсивность в духе так горячо любимых Моцартом мангеймцев (как, например, в *Andante* из квартета К.169 или *Allegro moderato* квартета К.173). На счет Гайдна можно отнести четырехчастную структуру и фугированные финалы.

Однако музыка Моцарта не воспринимается как подражательная в силу того, что композитор не копирует известные ему образцы, а пропускает их через себя, придает индивидуальный облик. Так, например, уже здесь, в серии квартетов 1770-1773 годов, проявляется одна из главных черт творчества Моцарта – мелодическая щедрость. Представление нового материала, обновление тематизма обеспечивают гибкость движения и придают музыке Моцарта то своеобразие, отличавшее ее от музыки его современников.

Итак, с одной стороны, школа обеспечивает композитора всем необходимым – композиционными моделями, выработанными закономерностями музыкальной формы, приемами развития и т.д., с другой же – школа является своего рода опасностью для творческой индивидуальности, ограничивая ее рамками, нормами и правилами. Следующий шаг на пути становления композиторской индивидуальности – это уклонение от школьного эталона, нарушение типового. Школьный метод – рутинный, типовый, установленный – принимается композитором только для того, чтобы его освоить, а затем преодолеть, выйти за его пределы.

Совершенно ясно, что в следующей серии квартетов («Гайдновских» квартетах) Моцарт перешел грань, нарушил «меру», жанровую норму, которой десятилетием раньше с таким успехом следовал. Достаточно вспомнить вступление к «Диссонантному квартету», поражающее слух даже современного музыканта. Не случайно этот опус отнюдь не сразу был понят очень многими любителями, которых отпугнула его новизна. Хорошо известен случай, рассказанный Констанцией уже после

смерти Моцарта: «Эти квартеты имели разную судьбу в разных странах. Когда ныне покойный Артари отослал их в Италию, ему их вернули назад, полагая, что «при гравировке для печати было сделано слишком много ошибок». (...) Впрочем, и в Германии то тут, то там это сочинение Моцарта встречали не лучше. Покойный князь Грассалкович, например, распорядился однажды, чтобы музыканты его капеллы разучили и сыграли ему эти квартеты. Слушая, он время от времени вскрикивал: «Вы играете фальшиво!», и когда его убедили в обратном, взял ноты и порвал их прямо на месте» [5, 49]. Безусловно, диссонантность музыки переходит все границы – во втором такте перечасное чередование *as* у альты и *a* у первой скрипки (ув.8), а в третьем и седьмом благодаря двойному задержанию – созвучие, которое будучи сведено в тесное расположение, образует три большие секунды.

## 2. Социальное положение

Объективация индивидуальности художника тесно связана с той социокультурной реальностью, в которой он живет. Вторая половина XVIII века стала периодом стремительных социальных изменений, которые послужили толчком к изменению как музыкальной жизни в целом, так и социального статуса самого музыканта как личности, что, в свою очередь, оказало значительное влияние на его индивидуальность. Такие идеи Просвещения как достоинство отдельного человека, внимание к личности, свобода и равенство людей независимо от их социального положения стимулировали музыкантов к обретению новой позиции свободного художника, не зависящего ни от двора, ни от церкви. М. Вагнер так пишет о воздействии идей Просвещения на представление Моцарта о человеке: «...после «Идоменей» каждая новая опера, нота за нотой и сцена за сценой, отражает идеологию Просвещения как концепцию, направленную на изменение человека, а отнюдь не навязанную сверху, дабы авторитарно регулировать его поведение» [2, 7]. Эта перемена в сознании музыканта ярче всего прослеживается при сравнении жизни и творчества Моцарта с его старшим современником Йозефом Гайдном.

Франц Йозеф Гайдн был, возможно, последним и самым выдающимся придворным музыкантом. После смерти князя Николауса Эстерхази Гайдн получил свободу и обрел новый статус гастролирующего музыканта-антрепренера. Однако этот новый статус занимал лишь последние годы жизни композитора. Моцарт же почти всю жизнь творит в роли свободного художника. Была ли эта разница в социальном положении определяющей для творчества этих композиторов?

Общеизвестно, что служба при дворе давала Гайдну неоспоримые преимущества. Во-первых, в его распоряжении находился прекрасный оркестр. Гайдн писал: «Как дирижер оркестра, я могу экспериментировать и наблюдать, что усиливает и что ослабляет эффект, и, следовательно, улучшать, изменять или вводить новые приемы» [цит. по 7, 10]. Однако же Гайдн не был свободен в выборе собственных сочинений. Все его произведения – это музыка по случаю, заказанная князем для конкретных событий. Однажды, когда его спросили, почему он никогда не писал квинтетов, Гайдн недоуменно заявил: «Никто не заказывал мне квинтетов» [цит. по 7, 8]. То есть круг его сочинений ограничивался лишь запросами и вкусами князя.

Моцарт, ученик Гайдна, отверг статус придворного музыканта и занял совершенно иное социальное положение независимого гастролирующего музыканта, ориентирующего свои сочинения не только на «высшие круги», но и на новую городскую публику.

Анализируя произведения Моцарта, написанные в период службы у Зальцбургского архиепископа, можно заметить некую скованность и осторожность, что говорит о том, что он с большой неохотой приносил в жертву чужой воле свою индивидуальность. Душа Моцарта была не в силах подчиниться упорядоченности и строгой практичности своего покровителя, в нем постепенно проявлялась сильная и яркая индивидуальность, которая не только вызывала тревогу князя, но даже казалась ему опасной. Это был конфликт Моцарта как с самим архиепископом, так и со всем старым пониманием искусства.

Это противоречие, новое понимание роли художника, его возросшее самосознание определило как индивидуальность самого произведения, постепенно отделяющегося от заказчика и обретающего свое лицо, так и отношение к публике. Художники начинают работать на анонимного покупателя, не думая о его вкусах и предпочтениях.

Если Гайдн, будучи придворным музыкантом, хорошо знал вкусы своих слушателей, специально изучал их, то Моцарт пишет для публики, которую он не знает. И, возможно, для той, которая еще не существует. Ведь, как известно, не все произведения Моцарта были приняты и поняты при его жизни. Для Гайдна главным была именно публика как воспринимающая сторона, у Моцарта же центр тяжести смещается на само произведение, на его индивидуальность. Это приводит к тому, что начинает формироваться новый тип слушателя, которого, по сути, еще нет, но который может понять и оценить по достоинству эту индивидуальность. Чтобы проиллюстрировать вышесказанное, обратим-

ся к словам Умберто Эко, который прекрасно объясняет этот процесс с точки зрения литературного текста: «Разницу я вижу только между текстами, ориентированными на формирование нового идеального читателя, и текстами, ориентированными на удовлетворение вкуса публики такой, какая она есть. Во втором случае мы имеем дело с продуктом, изготовленным по стандарту серийного производства. Автор начинает со своеобразного исследования рынка, а потом подстраивается под его законы. Что он работает по шаблону, становится ясно немного погодя, при рассмотрении нескольких книг в совокупности: во всех этих книгах, меняя имена, географию и детали, он развивает один и тот же сюжет, которого ждет от него публика. В других же случаях – когда автор создает новое и помышляет о читателе, которого пока нет, – он действует не как исследователь рынка, составляющий перечень первоочередных запросов, а как философ, улавливающий закономерности *Zeitgeist*'а<sup>1</sup>. Он старается указать читателю, чего тот должен хотеть – даже если тот пока сам не понимает. Он старается указать читателю, каким читатель должен быть» [6, 55].

То же можно сказать и о музыкальном произведении. Так, Гайдн, аккумулируя все типичное, работает на ту публику, которая у него есть. Моцарт же, высвобождая индивидуальность, вольно или невольно адресует свои сочинения «идеальному слушателю». Моцарт сочиняет «не чтоб полюбиться той публике, которая есть, а чтобы воспитать новую публику, которой еще нет, но которая в его текст не может не влюбиться» [6, 57]. Таким образом, творчество Моцарта – это та точка отсчета, когда композитор перестает подчиняться вкусам публики, а сам текст произведения начинает формировать свою идеальную публику.

### 3. Музыкально-общественная жизнь

Еще один фактор, повлиявший на становление личности Моцарта и тот выбор, которые он сделал в пользу своей независимости, – это бурное развитие музыкально-общественной жизни. Впервые, постепенно начинают появляться новые формы концертной деятельности. Помимо концертов, которые давали княжеские капеллы, стали возникать так называемые академии – публичные концерты по подписке, организованные самими музыкантами. Как известно, Моцарт неоднократно устраивал такие академии, а также принимал участие в академиях совместно с другими композиторами. Резонанс таких концертов был довольно значителен, а исполняемые там произведения, написанные не по указке, а по собственной воле композитора, отличались гораздо большей свободой и индивидуальностью.

Во-вторых, в 1776 году Иосиф II издал декрет «О театральной свободе», который давал возможность открывать небольшие частные театры в пригородных районах Вены и ставить там пьесы без строгой цензуры. Это открыло перед композиторами бездонный рынок возможностей.

Таким образом, чем ярче проступают черты нового в организации музыкально-общественной жизни, тем больше проявляется тяга композитора к индивидуальному высказыванию, к свободе выражения, к творчеству, не ограниченному рамками и правилами.

### 4. Жанры

Разные жанры в силу своей природы обладают разным уровнем индивидуализации. Публичные жанры, такие как опера и симфония, безусловно, несут в себе авторское начало, но оно все еще остается в пределах нормы. Камерные жанры, изначально более гибкие и пластичные, таят в себе больше возможностей для воплощения индивидуализированного, так как в их основе лежит принцип возрастающей субъективности. Чем камернее произведение, тем теснее оно связано с индивидуальностью автора, с его внутренним миром.

Квартет, как жанр развивающийся, представляет собой наиболее яркое соединение типичного и индивидуального в разных аспектах. У Моцарта струнный квартет проделал эволюцию от произведения, полностью соответствующего вкусам и модам эпохи, к «авторскому» жанру, к совершенно индивидуальным концепциям, открывающим для квартета новые перспективы. Жанры квартета и квинтета предназначались в первую очередь не для слушателей, а для самих исполнителей, что допускало любую степень композиционной, психологической, интеллектуальной сложности каждого конкретного произведения, невозможной ни в более публичных жанрах, ни в более лирических по своей природе (соната или трио).

К тому же, квартет наряду с фортепианной сонатой являлся главной творческой лабораторией композитора. Каждый квартет Моцарта – это шаг вперед к освоению, а затем и утверждению новых законов и принципов. По сравнению с симфонией, квартет оказался жанром более гибким, а соответственно более подходящим для разного рода экспериментов и интеллектуальных игр.

### 5. Психологические особенности личности

<sup>1</sup> «духа времени» (нем.) Термин «духовно-исторической» школы исследователей (XIX-XX вв.).

Наконец, самое важное качество, определяющее индивидуальность художественного текста, – это внутренний мир, индивидуальные качества человека его создающего. Представления о личности Моцарта открываются нам, главным образом, в его переписке. Анализируя письма Моцарта, прежде всего, стоит задуматься, как он пишет и о чем он пишет.

Известно, что Моцарт оформлял свои письма своеобразно. Помимо анаграмм и перевертышей, которые давно привлекают умы исследователей, в письмах Моцарта можно видеть обилие различных знаков препинания, чрезмерно длинные предложения, мешанину из строчных и прописных букв. Что все это значит? Неужели Моцарт не был знаком с правилами грамматики и пунктуации? Нет, в официальных письмах Моцарта все обстоит должным образом, письма выдержаны по стилю и грамотно оформлены, поэтому говорить о невежестве Моцарта неправомерно. Однако мы видим, что Моцарт как в музыкальном тексте, так и в словесном нарушает правила, идет против норм. Почему? Судя по всему, Моцарт обладал необыкновенной вербальной свободой. Он то перескакивает с одного языка на другой, то перемешивает буквы или слоги в словах, то предлагает читателю самому составить фразу из предложенного набора слов. Ротация букв, обыгрывание и вышучивание имен, стишки и рифмы, которыми пересыпаны многие его письма, – не что иное как легкая и изобретательная игра, присущая эпистолярному стилю Вольфганга с ранних лет. Эта «словесная эквилибристика» или свобода по отношению к устоявшейся норме языка переходит и в текст музыкальный. Так, Моцарт «говорит на разных языках», смешивая итальянские, австрийские и северонемецкие традиции все в том же квартете К.169. Или же перемешивает музыкальные фрагменты в менюэте из квартета К.170. Тема здесь представляет собой три мелодических фрагмента, причем первые два повторены дважды (1 1 2 2 3). Из-за этих повторений образуется не характерный для танца период – 12 тактов. В репризе же простой трехчастной формы Моцарт свободно меняет «буквы» местами: 2 2 3 1 1. В этом явно ощущается некий игровой подтекст, схожий со словесной комбинаторикой в письмах Моцарта.

Такие игры были для Моцарта своего рода развлечением и отдыхом, приносили радость, а, кроме того, тренировали ум и давали пищу для остроумия. В его художественном мышлении, в композиционной технике, в том, насколько он был изобретателен в создании новых музыкальных идей и их развитии, дух игры, безусловно, ощутим.

Тематика писем Моцарта исследована музыковедами довольно детально. Известно, что Моцарта не интересуют ни архитектура, ни художественные достопримечательности, ни красоты природы посещаемых им мест. Ум Моцарта занимают лишь музыкальные впечатления, об этом он пишет много и часто, ведь музыка была главной составляющей его жизни. Сведения, почерпнутые из переписки Моцарта, дают нам обширную информацию о его композиторах-современниках, о музыкальных постановках того времени, об известных исполнителях и о многом другом. С этой точки зрения тексты Моцарта довольно хорошо изучены, поэтому не будем останавливаться на этом подробно. Что же еще привлекает Моцарта, кроме музыки? Второй по значимости темой его писем становятся индивидуальные характеристики отдельных людей. Так, например, он дает замечательный портрет поэта Кристофа Мартина Виланда: «Я представлял его себе не таким, каким он оказался; речь у него немножко скованная. Голос похож на детский; все время смотрит в лорнет, говорит с некоторой ученой грубостью, а порой – с какой-то глупой презрительностью. Но меня не удивляет, что он здесь благоволил вести себя так (даже если в Веймаре или где-то еще он ведет себя иначе), потому что люди здесь смотрят на него так, словно он с неба свалился. Перед ним все смущаются, никто ничего не говорит, все молчат; ловят каждое слово, которое он произносит; жаль только, что людям так долго приходится пребывать в ожидании, потому что у него какой-то дефект речи, по причине которого он может говорить только очень медленно, и не может и 6 слов подряд сказать без того, чтобы не сделать паузу. А в остальном он такой, каким мы его знаем, светлая голова. Лицо чудовищно безобразное, изъедено оспой, и довольно длинный нос. Ростом, наверное, немного повыше, чем батюшка» (письмо от 27 декабря 1777). Этот портрет не только реалистичен, но и характерен. От Моцарта ничего не ускользнуло – ни своеобразная внешность, ни манера поведения и разговора. Это говорит о том, что Моцарта привлекают индивидуализированные характеры, личности, в чем-то своеобразные и уникальные. Не случайно этот интерес к человеку как к индивидуальности сказался и на отношении к музыкальному тексту. Каждое музыкальное произведение становится у Моцарта подобным личности, несет в себе индивидуальные черты и неповторимые особенности.

Все эти факторы, складываясь воедино, определяют художественное своеобразие музыки Моцарта. Однако это своеобразие проявилось бы не в полной мере, если бы не чрезмерная восприимчивость и детская открытость Моцарта ко всему новому. Моцарт – вечный ребенок. Это утверждение можно встретить почти в каждом труде о Моцарте. Так, в своем некрологе о Моцарте Шлихтегротль пишет: «Сколько рано этот редчайший человек достиг зрелости в сфере своего искусства, столь же долго во всех других

отношениях он оставался ребенком – это следует признать с полной беспристрастностью» [цит. по [4, 33]]. Несомненно, по-детски чувствительная душа Моцарта оставалась открытой на протяжении всей его жизни, иначе проникновенность и трепетность его музыки не была бы столь искренней. Окружающий Моцарта художественный мир воздействовал на него гораздо активнее, новые впечатления волновали душу гораздо сильнее, чем это бывает у большинства музыкантов. Он сумел до конца своей жизни сохранить эту, собственно, инфантильную способность воспринимать обыденное как нечто новое.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аберт Г. В.А. Моцарт. Ч. 1. Кн. 1 / Г. Аберт; пер. с нем., вступит. ст., коммент. К. К. Саквы. М.: Музыка, 1978. 534 с.
2. Вагнер М. Лицом к лицу с эпохой / М. Вагнер // Советская музыка. 1991. № 12. С. 2-10
3. Гарсиа Лорка Ф. Об искусстве / Ф. Гарсиа Лорка. М.: Искусство, 1971. 624 с.
4. Луцкер П. Моцарт и его время / П. Луцкер, И. Сусидко. М.: Классика-XXI, 2008. 310 с.
5. Моцарт. Истории и анекдоты, рассказанные его современниками. М.: Классика-XXI, 2007. 176 с.
6. Эко У. Заметки на полях «Имени розы» / У. Эко. М.: Астрель: Corpus, 2011. 160 с.
7. Carlton R. A. Changes in Status and Role-Play: The Musician at the End of the Eighteenth Century / Richard A Carlton // International Review of the Aesthetics and Sociology of Music. 2006. Vol. 37, № 1. P. 3-16.

**Печенкина Светлана Олеговна** –  
аспирант Саратовской государственной  
консерватории имени Л.В. Собинова

**Svetlana O. Pechenkina** –  
Postgraduate  
Sobinov State Conservatory of Saratov

*Статья поступила в редакцию 22.08.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 316.733

**Н.В. Шеляхина**

#### **РЕАЛИЗАЦИЯ УСТАНОВОК ТОЛЕРАНТНОСТИ В ЯЗЫКОВОЙ ПОЛИТИКЕ НА ПОСТСОВЕТСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ (НА ПРИМЕРЕ АРМЕНИИ)**

*Поднимается проблема статуса русского языка на территориях бывшего Советского Союза на примере Армении. В статье представлены результаты анкетирования и интервьюирования граждан России и Армении, направленного на выявление дискриминации этнических меньшинств в повседневном и профессиональном дискурсах в обеих странах. Приводятся примеры языковой дискриминации, выраженные в использовании ироничных и уничижительных форм обращения русских и армян друг к другу.*

Статус языка, языковая интеракция, языковая дискриминация, сохранение национального языка

**N.V. Shelyakhina**

#### **TOLERANCE ATTITUDES IN THE LANGUAGE POLICY IN THE FORMER SOVIET REPUBLICS (THE EXAMPLE OF ARMENIA)**

*The article raises the problem of the Russian language status in the territories of the former Soviet Union; Armenia is taken as an example for the analysis. The article presents the results of the survey and interviews of the Russian and Armenian citizens targeted to identify the cases of discrimination against ethnic minorities in everyday and professional discourse in both countries. The provided examples relate the cases of language discrimination which is expressed in using ironic and derogatory nicknames when the Russians or Armenians address each other.*

## Language status, language interaction, language discrimination, preservation of the national language

С развалом Советского Союза претерпел серьезные трансформации статус русского языка, бывший во времена СССР государственным и обязательным для профессиональной деятельности и в программах образовательных учреждений. В годы перестройки произошел всплеск интереса к собственной национальной идентичности и культуре у народов бывших советских республик, что с течением времени привело к угрозе вытеснения и забвения русского языка на данных территориях. В каких-то странах сегодняшнего СНГ этот процесс выражен более явно, в каких-то – более латентно. В нашем исследовании мы рассматриваем статус русского языка в Армении, где данные трансформации не были продиктованы ухудшением дипломатических отношений, экономических или культурных связей. С данной страной Россия всегда поддерживала контакты различного уровня, миграционные процессы из этой страны достаточно интенсивны, процент смешанных браков также достаточно высок, как и количество армян, проживающих и оседающих на территории РФ.

Ю.В. Арутюнян в своих трудах называет армянский этнос одним из самых рассредоточенных по всему свету. У армян, родившихся или живущих в России продолжительное время, этническое самосознание выражено не так интенсивно, как у недавних мигрантов из Армении [1; с. 58-60]. Ю.В. Арутюнян вводит термин суперэтничности, отражающий ослабление своей национальной идентичности, соотнесения себя со своей титульной нацией. Кроме армянского сообщества, суперэтничность или собирательное надэтническое образование отражает также, например, модель американского общества, в котором представлено множество этничностей. В прошлом аналогом данного феномена была модель советского общества. В этой связи очевидной является достаточно высокая компетенция владения русским языком армян, проживающих долгий период времени в России, и, соответственно, понижение уровня их компетенции владения национальным языком. Как следствие, негативным фактором здесь, естественно, выступает угроза забвения родной культуры, постепенная ассимиляция в принимающем обществе. К сожалению, данные факты не отменяют столкновение с дискриминацией, обидными прозвищами утративших внутренне свою национальную идентичность представителей данного этноса в случае сохранения внешних признаков принадлежности к нации.

Исследователи А.М. Акопян и Э.Р. Григорьян также говорят об уникальности статуса армян в России и их роли в становлении российского государства. Ученые освещают экскурс в прошлое, упоминая о том, что история первых поселений армян ведет к истокам Древней Руси с XI века, повествуя об их вкладе в развитие российской культуры и внешнеэкономических связей между Востоком и Западом [2; 14-33]. Немаловажной компонентой является общность духовных связей Армении с Россией – христианство. Важной вехой в становлении интеграции с Россией исследователи называют присоединение Восточной Армении к России в XIX веке. Тем не менее армяне всегда старались поддерживать связь с корнями – армянские общины в России существовали в течение всего указанного периода. Несмотря на достаточно естественную интеграцию армян-мигрантов в принимающих государствах, они поддерживают связи с Арменией, создают фонды и культурные армянские центры за рубежом. Новым мощным витком в становлении армянской диаспоры в России стал распад СССР, когда в Россию хлынул новый поток мигрантов из Армении, отмечается, что с этого момента идет отсчет становления совершенно новой армянской диаспоры в России. Все эти факты свидетельствуют о тесных исторических контактах двух стран, о многовековом взаимопроникновении и взаимном обогащении обеих великих культур.

Учитывая тот факт, что развитие армянской и российской культуры взаимосвязано в течение многих столетий, интеграция новых армян-мигрантов в России происходит органично и достаточно спокойно [3; 88-123]. Э.Р. Григорьян упоминает о государственной программе «Соотечественники», по которой ускорился переезд армян в Россию, и акцентирует тот момент, что связи с Арменией могут послужить на пользу имиджу России на международном уровне. Ученый считает, что Россия не видит и не использует тех возможностей, которые могли бы ей предоставить армяне. Эти потенциальные возможности раскрываются в выстроенных взаимоотношениях Армении с Ираном, ее географическом положении на границе западной и восточной цивилизаций, предполагающем военно-стратегическую поддержку России в Закавказском регионе, экономическом сотрудничестве двух стран, бесценным для общества также является умение армян помогать друг другу и дружественным народам, что является мощным инструментом социальной интеграции обществ.

Но как обстоит дело со статусом русского языка непосредственно в Армении? Чтобы ответить на этот вопрос всесторонне, было проведено исследование с использованием как качественных, так и количественных методов. В 2013 году нами было проведено анкетирование русских и армян, прожи-



вающих в Армении, русских и армян, проживающих в России, а также метисов, поскольку их количество в обеих странах достаточно велико, и в этой связи в смешанных семьях со всей очевидностью проявляется доминирование одного языка над другим, то есть сквозь призму отдельной семьи можно выявить статусы языков при их интеракциях в обществе в целом. В анкетировании участвовало 100 респондентов. В результате анкетирования были получены следующие данные: прежде всего, у большинства респондентов двойная идентичность, то есть они себя идентифицируют гражданами как Армении, так и России. Около 66% опрошенных владеют обоими языками и используют их в повседневной жизни. Около 43% иногда испытывают раздражение, когда слышат неармянскую речь, затрудняются с ответом на данный вопрос 33%, всегда испытывают раздражение 6%.

С другой стороны, при использовании неармянского языка достаточно высокое число респондентов замечают чувство агрессии или раздражения у окружающих (44%). На вопрос: «Используете ли Вы шуточные или ироничные формы для обозначения русских?» некоторые респонденты (русские) приводили в пример «наши», некоторые (армяне) – «Иван-дурак», «сохи». *Сох переводится как «лук» (ленинканский диалект), это обозначение используется армянами в презрительном контексте по отношению к русским, выступая символом слабости и обозначая отношение к русским как к «овощам».* Существует следующее пренебрежительное жаргонное обращение к русским:

*Эт сохери бахт мишит э берел э!*

*Сох те сох! сохер=) эти сохери!*

В опросе только меньшинство русских респондентов в Армении (5,5%) призналось, что использует ироничные формы для обозначения армян: «хачики», «армяненок», «армяночка», «ара». Стоит отметить, что обозначение «хачик», помимо прочего, задевает религиозные чувства армян, поскольку «хач» переводится как крест. Это связано с тем, что русские, проживающие в Армении, с недоверием и опасением отнеслись к данному инструментарию как к провокационному.

Согласно результатам анкетирования выяснилось, что 60 % респондентов не считают, что в Армении существует угроза исчезновения русского языка. Опрошенные отмечают, что «русский язык имеет большое значение в культуре и в повседневной жизни» страны, также «два государства тесно связаны как деловыми, так и дружескими связями». В то же время армянские граждане заинтересованы в поддержании и сохранении, прежде всего, армянского языка на территории Армении: большинство опрошенных (60%) полагают, что официальный государственный язык в Армении должен быть один – армянский, 25 % считают, что возможны два официальных языка: армянский и русский. 50% не видят проблем, связанных с проведением языковой политики в Армении на государственном уровне. В некоторых анкетах отмечается, что данной проблемы быть не может из-за того, что «ведется активная языковая политика по сохранению родного языка», «языку уделяется большое внимание».

Приведем отрывок из интервью с девушкой-армянкой, 21 год, проживающей постоянно в России (Саратовская область), побывавшей летом 2013 г. в Нагорном Карабахе и Армении:

*«Побывав на исторической родине, я открыла для себя новое видение родного и русского языка, насколько они связаны между собой, как люди свободно могут говорить сначала на армянском языке и для усиления своего мнения говорят часть своей речи по-русски, порой такие же ситуации происходят и со мной: только в противоположность я говорю фразы на армянском языке.»*

*Также я заметила, что для многих людей, с которыми я контактировала в Армении, русский язык не чужд: многие свободно владеют им, правда, чувствуется акцент, так как произношение армянского языка резко отличается от русского.*

*Можно сказать, что Армения в отношении языков – открытая страна, наиболее распространенными являются английский и русский. Хотя нельзя не отметить присутствие культа армянского языка, во многих церквях есть маленькие настенные выгравированные буквы, в пятидесяти километрах от Еревана находится аллея Букв, где каждая буква имеет свой памятник. Жители страны считают, что пока будет существовать армянский язык, будет существовать сам народ и страна.*

*Общаясь с русскими знакомыми, я заметила, что большинство из них четко идентифицируют себя с русским этносом, но говорят, что Армения стала их второй родиной и что им нравится здесь жить, отношение к ним доброжелательное. Беседуя с ними, я могла отметить то же самое, что живя в России, тоже ее считаю второй родиной.*

*В отношении раздражения или агрессии, когда слышат неармянскую речь, я ничего не заметила, окружающие не обращают внимания на то, на каком языке люди разговаривают. Из личного опыта: когда мне звонили из России мои друзья, я с ними разговаривала на привычном мне русском языке, то мои родные и друзья из Армении относились к этому совершенно спокойно.*

*Единственное в этом отношении – не раздражение, а замечания со стороны самых старших моих родных, которые плохо понимают и говорят на русском языке, они всегда меня просили говорить на родном языке, а для меня это достаточно сложно – говорить или только по-русски или только по-армянски из-за того, что я привыкла добавлять слова из двух языков, когда не хватает слов или для усиления речи».*

*«Как в народе с чувством юмора в Армении и в Карабахе (откуда я сама родом) людям из определенных городов и сел дают смешные прозвища, которые очень сложно перевести, можно понять только смысл, так и в отношении русскоязычного населения есть свое название. В анкетах, которые я смогла собрать, люди не отвечали на этот вопрос искренне, мне сложно сказать, почему так произошло. Но сама, общаясь, в свой адрес я слышала, как в шуточной форме мне сказали о том месте, где я родилась. Так, в отношении русского этноса есть свое название – малаканы (молокане). По поводу перевода данного слова я не смогла узнать ничего точно, но смысловое содержание связано со светлым цветом волос и кожи, которое я услышала по приезду в Карабах или, как еще его сейчас называют, Арцах, хотя так его называли со времен Крещения».*

Словарь Ф.А. Брокгауза и Е.А. Ефрона дает следующее толкование обозначения «молокан». **Молокáне** – русская рационалистическая секта, образовавшаяся из секты духоборцев (см.) и удержавшая многое из ее учения и обрядов. Основателем секты был Семен Уклеин (жил в 2-й половине XVIII в.), крестьянин Тамбовской губ., Борисоглебского у. Занимаясь шитьем одежды и ходя из одного села в другое, он встретился с одним из основателей духоборчества, Побирохиным, женился на его дочери и принял духоборческое учение. Через 5 лет они разошлись, так как Уклеин не признавал, что единственный источник религиозной истины – внутреннее озарение. Отделившись от духоборцев, Уклеин сблизился с последователями протестантского рационалистического учения Тверитинова, которых в то время было немало в Тамбовской губ., и, усвоив их учение, организовал из них особую секту. Окруженный 70 «апостолами», он торжественно, с пением псалмов, вступил в Тамбов, где полиция посадила всех их в тюрьму. Императрица Екатерина II велела отпустить их для увещания духовенству, а если не обратятся к церкви, предать их суду. Уклеин, отказавшись на словах от своего учения, был освобожден, но снова принялся за пропаганду. К концу его жизни в губ. Тамбовской, нынешней Саратовской и Воронежской насчитывалось его последователей до 5000 душ. Затем секта проникла в губ. Астраханскую и Екатеринославскую, а также на Кавказ. Название молоканства усвоено секте еще в 1765 г. Тамбовской консисторией на том основании, что сектанты в пост едят молоко. Сами сектанты называют себя «духовными христианами», а усвоенное им название М. объясняют тем, что содержимое ими учение есть то «словесное млеко», о котором говорится в Св. Писании (Кор. III, 2; Евр. V, 12; I Петр. II, 2 и др.) [4].

Девушка-армянка в ходе интервью сообщила еще об одном прозвище русских в Армении: *«В Ереване я слышала еще одно ироничное название: маканун. К сожалению, когда я спросила, что оно значит, мне не ответили или посмеялись, а я, в свою очередь, встретила с данным словом впервые. Знаю, понимаю лишь вторую часть этого слова: оно переводится как имя, а вот именно что за имя – сказать не могу. (Маканун – кличка, прозвище на арм. (примечание автора)). Это характерно для людей живущих там, так как помимо литературного языка существует еще много диалектов, их количество, можно сказать, сравнивается с количеством больших населенных пунктов. Например, в Карабахе их более 50».*

Отвечая в ходе интервью на наш вопрос об угрозе исчезновения русского языка из обихода армянских граждан, респондент придерживается следующих взглядов: *«Если говорить об исчезновении русского языка в Армении, думаю, что такой угрозы нет, так как обе страны поддерживают достаточно хорошие отношения и сами люди расположены друг к другу положительно и необходимо отметить, что миграционные процессы достаточно интенсивны из Армении в Россию. Также межнациональные браки создаются, и их количество на сегодняшний день растет. В этом отношении очень интересно мнение детей, родившихся в таких браках: что характерно для живущих в Армении – они идентифицируют себя к армянскому этносу, в совершенстве владеют армянским и русским, но не все: некоторые владеют русским на уровне устной речи. В России можно отметить две отличительные черты: если отец армянин, то дети, как правило, воспитываются в соответствии с армянскими традициями, владеют языком, некоторые даже владеют письмом и чтением и на вопрос, кем Вы себя идентифицируете, отвечают: «армянином» или же «армянкой», а если мама армянка, то здесь можно встретить, что ребенок может сказать: «я – метис» или же «русский, русская», редко, когда говорят на армянском или владеют отдельными словосочетаниями или словами, обозначающими отдельные предметы. Важным здесь является место, где они живут, кто их окружает, какая культура преобладает в их жизни – так называемое ближайшее окружение».*

Таким образом, можно сделать некоторые выводы относительно интеракции русского и армянского языков в Армении и в России. Угрозы вымирания русского языка в Армении или армянского в России не существует. Реализация двуязычия происходит достаточно интенсивно в обеих странах, особенно в смешанных семьях. Несмотря на существование и употребление презрительных или, порой, оскорбительных прозвищ для обеих наций, это не влияет на статус русского языка в Армении, на права русских граждан в стране, на взаимоотношения между двумя этносами, что объясняется практически бесконфликтным сосуществованием обеих стран на протяжении всей истории их взаимоотношений и достаточно устойчивыми социальными, экономическими, культурными и духовными связями. Поэтому Армения – пример той страны, где статус русского языка не претерпел таких значительных трансформаций в последние 20 лет, как например, в странах Балтики, Грузии или Украины.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнян Ю.В. Армяне – россияне сквозь призму этносоциологии / Ю.В. Арутюнян // Социс. 2010. С. 58-66.
2. Акопян А.М. Исторические штрихи пребывания армян в России / А.М. Акопян, Э.Р. Григорьян // Армяне в России: сб. статей / под ред. Э.Р. Григорьяна. М.: Ин-т социальных наук, 2013. С. 14-33.
3. Григорьян Э.Р. Роль армянской диаспоры в международном контексте / Э.Р. Григорьян // Армяне в России: сб. статей / под ред. Э.Р. Григорьяна. М.: Ин-т социальных наук, 2013. С. 88-123.
4. Энциклопедический словарь Ф.А. Брокгауза и И.А. Ефрона. СПб.: Брокгауз-Ефрон, 1890-1907.

**Шеляхина Наталия Владимировна** – кандидат социологических наук, доцент кафедры «Иностранные языки и международная коммуникация» Саратовского государственного технического университет имени Гагарина Ю.А.

**Natalia V. Shelyakhina** – Ph.D., Associate Professor  
Department of Foreign Languages and International Communication,  
Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

*Статья поступила в редакцию 04.06.14, принята к опубликованию 25.09.14*

УДК 316.344.8

**М.Т. Шергалиева**

### ЭТНИЧЕСКАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ КАК ВИД СОЦИАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ

*Раскрывается сущность этнической идентичности на основе изучения теоретических и методологических подходов к исследованию данного вопроса, а также рассматривается процесс формирования (конструирования) этнической идентичности в социальном аспекте.*

Этническая идентичность, самоидентификация, конструирование, социальная идентичность, социальная группа

**М.Т. Schergalieva**

### ETHNIC IDENTITY AS A TYPE OF SOCIAL IDENTITY

*The paper defines the essence of ethnic identity using theoretical and methodological approaches to study the problem, and considers the process of formation / construction of ethnic identity in terms of sociological issues. .*

Ethnic identity, self-identification, construction, social identity, social group

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью теоретического осмысления новых явлений и особенностей социальной реальности, возникающих с развитием современного общества. В условиях мультикультурализма и становления гражданского общества на современном этапе развития во всех полиэтнических государствах постсоветского пространства и, в частности, в России актуализируются потребности в формировании гражданской идентичности и поддержании позитивной этнической идентичности, что обусловлено следующими моментами. В условиях глобализации в мире, с

одной стороны, происходят постоянная диффузия и взаимопроникновение культур, а с другой – возрастает их дифференциация, и чем сильнее процессы глобализации, тем более востребованной оказывается локальная специфика. Следует отметить, что этнокультурные различия в таких условиях жестко фиксируются, что может стать почвой для ксенофобии. В результате этническое разнообразие, его сложность и динамичность должны восприниматься толерантно, но при этом с ними не должны быть связаны вопросы организации гражданской жизни.

Современное состояние мирового общественного развития характеризуется наличием множественных идентичностей. Однако надо признать, что у граждан России процесс признания возможности множественных идентичностей делает только первые шаги. В этом контексте возникает проблема теоретической рефлексии национальной идентичности, которую, по нашему мнению, следует понимать как надэтническую гражданскую идентичность. Необходимость удовлетворения потребностей в поддержании позитивной этнической идентичности при условии её актуализированности и формировании национальной, то есть гражданской, идентичности является очевидной.

Понятие этнической идентичности в научных исследованиях является одной из наиболее сложных и дискуссионных тем, что обусловлено разнообразием теоретических и методологических подходов к исследованию данного вопроса. Изучением этнической идентичности занимаются различные дисциплины: этнология, социология, психология, политология, социальная философия.

Раскрытие сущности этнической идентичности необходимо начать с рассмотрения понятия «идентичность». Исследование идентичности и появление этого понятия берет своё начало с работы З. Фрейда «Групповая психология и анализ Эго» [1], где впервые понятие идентификации было использовано в психологическом контексте. З. Фрейд рассматривает идентификацию не только как бессознательную эмоциональную связь ребенка с родителями, но и как важный механизм взаимодействия между индивидом и социальной группой. Социально-психологические исследования и работы по личностной идентичности в рамках ролевых теорий личности рассматривались Дж. Мидом. Он рассматривает идентификацию как результат социального взаимодействия, в качестве инструмента идентификации он вводит понятие «обобщенного другого», под которым имеется в виду совокупность обезличенных установок, норм и ценностей общества. В процессе общения с другими людьми индивид начинает смотреть на себя со стороны, т.е. как на социальный объект [2]. По Дж. Миду, человек обретает сознание и собственное «Я» лишь в групповом действии, как бы примеряя на себя роли «обобщенных других» [3]. Также весомый вклад в разработку понятия идентичности внесли и исследования в психологической антропологии в процессе изучения сознательных и бессознательных проявлений этничности. Однако именно Э. Эриксон сформулировал концепцию идентичности и вывел ее на центральное место в современной социальной теории. Он выделил понятие «психосоциальной идентичности» как продукта взаимодействия между обществом и личностью. Психосоциальная идентичность характерна только для зрелой личности, у которой внутренняя тождественность и непрерывность синтезируется со стремлением ее интеграции с социальными структурами (государством, нацией, различными социальными группами). В качестве опосредствующего инструмента идентификации вместо «обобщенного другого» Дж. Мида у Э. Эриксона выступает «идеология» – систематизированная совокупность идей и идеалов. Исследуя динамическую адаптивную функцию идентичности, Э. Эриксон ввел понятие кризисов личностной идентичности и подчеркивал их неразрывную связь с кризисами общественного развития. В структуре психосоциальной идентичности он выделяет позитивные и негативные элементы, свойственные и индивиду, и его исторической эпохе. В зависимости от силы кризиса возможна ситуация, когда негативные элементы выходят на передний план за пределы позитивной этнической идентичности. Индивидуальные кризисы идентичности и кризисы общества Э. Эриксон рассматривал как особый поворотный пункт в развитии личности, когда создаются элементы новой идентичности [4].

Именно Э. Эриксон окончательно придал идентичности статус самостоятельной научной парадигмы, и все дальнейшие исследования данной проблематики так или иначе соотносились с его концепцией. Э. Эриксон понимал идентичность как процесс организации жизненного опыта в индивидуальное «Я», что предполагало его динамику на протяжении всей жизни человека. Э. Эриксон определяет идентичность как сложное личностное образование, имеющее многоуровневую структуру, которое состоит из трех взаимосвязанных уровней анализа человеческой природы: индивидуального, личностного и социального.

На индивидуальном уровне анализа идентичность определяется им как результат осознания человеком собственной пространственно-временной протяженности. Это представление о себе как о некоторой относительной неизменной данности того или иного физического облика, темперамента, задатков, имеющее принадлежащее ему прошлое и устремленное в будущее.

С личностной точки зрения идентичность определяется Э. Эриксонем как ощущение человеком собственной неповторимости, уникальности, своего жизненного опыта, задающее некоторую тождественность самому себе.

Третий уровень идентичности Э. Эриксон определяет как личный конструкт, который отражает внутреннюю солидарность человека с социальными, групповыми идеалами и стандартами и тем самым помогает процессу Я-категоризации – «это те наши характеристики, благодаря которым мы делим мир на похожих и не похожих на себя». Последнюю структуру он назвал социальной идентичностью.

Э. Фромм также включил потребность в идентичности в число универсальных человеческих потребностей. По мнению Э. Фромма, потребность в идентичности стоит за стремлениями людей к обретению социального статуса и за конформизмом как одним из четырех описанных им психологических механизмов «бегства от свободы». Одной из ведущих человеческих потребностей, по мнению Э. Фромма, является «потребность в связи с окружающим миром, потребность избежать одиночества», что достигается путем самоотождествления с какими-либо идеями, ценностями, социальными стандартами, т.е. путем формирования социальной идентичности [5].

В начале 70-х годов XX в. создатель структурной антропологии К. Леви-Строс утверждал, что кризис идентичности станет новой бедой века, и прогнозировал изменение статуса выдвинутой проблемы: социально-философское и психологическое рассмотрение расширится до междисциплинарного подхода [6].

В рамках когнитивистского направления проводится анализ идентичности как важнейшей психической структуры как личности, так и группы. Суть заключается в том, что впечатления о мире организуются в связные интерпретации – идеи, установки, стереотипы, ожидания, которые выступают как регуляторы социального поведения. Одной из самых известных работ, осуществленных на этой основе, является концепция социальной идентичности Г. Теджфела [7]. В соответствии с этой концепцией качество и значение идентичности определяются посредством логических операций сравнения своей группы с внешними группами по ряду значимых параметров. В ситуациях, когда групповое различие становится особенно заметным, индивид начинает реагировать с позиции своего группового членства, а не с позиции отдельной личности.

В области психологической антропологии наиболее известны исследования идентичности американских антропологов Дж. Де Вое и Л. Романусси-Росс. Они рассматривали идентичность как форму идентификации, обращенной в прошлое и воплощенной в культурной традиции определенно-го индивида или группы. Этническая идентичность – это одна из трех ориентаций «Я-образа», ориентация на прошлое. Помимо нее, они выделяют ориентации на настоящее, например как гражданина государства, и на будущее как последователя какой-либо идеологии в светской или религиозной форме. Практически Дж. Де Вое связывает этническую специфику, социальный статус и идеологию в единую систему, в которой этничность, как бы исходящая из прошлого, существует в качестве органической и неотъемлемой части настоящего и будущего индивида.

По В.Ю. Хотинец, этническая идентичность может быть рассмотрена по аналогии с психосоциальной идентичностью Эриксона, которая аккумулирует в себе ряд самоидентификаций, таких как этническая, культурная, языковая, религиозная и ряд других, базирующихся на уникальных этнокультурных особенностях этнической общности. Он считает, что основой этнической идентичности является этническая самоидентификация. Она формируется по градиенту своей направленности в прошлое (общность исторических судеб своего народа, исторические корни и др.), т.е. истоки зарождения ее находятся в прошлом [8].

В российской науке проблемы этнической идентичности с позиции анализа этого феномена в контексте этнической группы поднимались на основе более широкого понятия «этнического самосознания» в работах этнологов, историков, социологов, психологов (В.И. Клементьев, В.В. Пименов, Б.Ф. Поршнев, В.И. Козлов, Ю.В. Бромлей, Ю.В. Арутюнян, Л.М. Дробичева, В.С. Кондратьев, А.А. Сусоколов, Г.У. Солдатова). Проводимые исследования этнического самосознания Институтом этнологии и антропологии Российской академии наук, Институтом социологии Российской академии наук, Институтом социально-политических исследований Российской академии наук остаются объектом масштабных эмпирических исследований на стыке этносоциологии, политологии и социальной психологии. Методология этих исследований построена на принципе взаимодействия между структурными характеристиками общества, особенностями этносоциальной и этнокультурной среды и когнитивно-мотивационной сферой личности. Такой подход обеспечивает многомерное изучение этнической идентичности как сложного социально-психологического феномена. Таким образом, проблема конструирования этнической идентичности, с одной стороны, отличается актуальностью и присутствует в научной дискуссии, с другой – в отношении казахского населения РФ характеризуется

новизной. Анализ доступных источников позволяет говорить, что на современном этапе теоретические и практические основания по исследуемой проблеме недостаточны – отсутствует система категорий, не прояснена связь используемых понятий с академическими представлениями, не выявлены пути и механизмы конструирования этнической идентичности казахов в мультикультурном обществе. В этой связи актуальными представляются теоретическое осмысление и эмпирическое изучение способов конструирования этнической и гражданской идентичностей у казахского населения в русле социологических подходов.

В ряде других идентичностей (конфессиональная, гражданская, государственная/национальная, семейная, профессиональная) этническая идентичность в стабильной ситуации обычно не актуализирована, однако каждый человек соотносит себя обычно с какой-либо этнической общностью. Изучая идентичность, каждая научная дисциплина опирается на свое видение этого феномена, свою методологию и методику. При социологическом подходе к анализу идентичностей в центре внимания находится:

- соотнесение личности с группой,
- представления о группе,
- социальные механизмы самоопределения индивидов в многообразных группах.

Этническая идентичность включает индивидуальную и коллективную идентичность разного масштаба и содержания. Компонентами идентичности являются: самоидентификация и представления о своей группе – «образ мы», а также интересы, которые связывают эмоционально окрашенное отношение к таким образам с поведением людей и групп (регулятивная составляющая идентичности).

В «образ мы» включаются автостереотипы, которые формируются на основании соотнесения с гетеростереотипами (представлениями «о других»), а также представления о культуре, языке, территории проживания, историческом прошлом, государственности. Весь этот набор, как правило, присутствует на групповом уровне самосознания. Он находит отражение в мифах, легендах, литературе, произведениях художественного творчества, в текстах средств информации, выступлениях лидеров, программах общественных движений, партий. Этническая идентичность является неотъемлемой частью общей социальной идентичности, то есть она является составной частью социальной идентичности личности, психологической категорией, которая относится к осознанию своей принадлежности к определенной этнической общности. В ее структуре обычно выделяют два основных компонента – когнитивный (знания, представления об особенностях собственной группы и осознание себя как ее члена на основе определенных характеристик) и аффективный (оценка качеств собственной группы, отношение к членству в ней, значимость этого членства). Социальная идентификация и социальная дифференциация, используя категориальную сетку Г. Теджфела и Д. Тернера, строятся на процессе категоризации «мы» и «они». Единый процесс дифференциации/идентификации приводит к формированию социальной идентичности, которая есть результат процесса сравнения «своей» группы с другими социальными объектами. Именно в поисках позитивной социальной идентичности индивид или группа стремятся самоопределяться, обособляться от других, утвердить свою автономию.

Процесс этнической идентификации представляет собой не только осознание индивидом членства в группе, но и принятие группой индивида. Индивид может принять правильную самоидентификацию вместе с правильной оценкой группы, при этом у них формируется негативная этническая идентичность. Принимая негативную самоидентификацию, человек может по-разному реагировать на негативные суждения о своём этносе. Он может относить их к другим членам своей группы, но не к самому себе, устранив психологические границы между ними и собой. Вторая стратегия состоит в попытке сменить группу. Что касается этнической принадлежности, то в наши дни большинство исследователей считают её, скорее, приписываемым, нежели наследуемым качеством. Принадлежность к народу определяется не биологической наследственностью, а сознательным приобщением к культурным ценностям и святыням, которые образуют содержание истории народа. У большинства людей проблемы выбора не возникают, но многих, прежде всего членов групп меньшинства и выходцев из межэтнических браков, эта проблема затрагивает. В процессе этнической идентификации у них, кроме критерия приписывания, большую роль играет и критерий внутреннего выбора. Критерий приписывания более важен, когда этничность проявляется в явных физических характеристиках, например расовых различиях. Когда же нет явных межгрупповых различий, важнее может оказаться внутренний выбор человека, и группа его примет, даже если по крови он – «чужой». В полиэтничном обществе люди демонстративно поддерживают позитивную групповую идентичность, проявляя предубеждения по отношению к представителям других этнических групп, и уклоняются от тесного взаимодействия с ними. Моноэтническая идентичность с чужой этнической группой ведёт к полной ассимиляции, т.е. принятию норм, обычаев, языка чужой группы, вплоть до полного растворения в

ней. Множественная идентичность позволяет человеку использовать опыт одной группы для адаптации в другой, овладевать богатством ещё одной культуры без ущерба для ценностей собственной. Это благотворно сказывается на личности, росте выходцев из межэтнического брака. Существует и маргинальная этническая идентичность. В этом случае человек колеблется между двумя культурами, не овладевая ни одной из них. Такие люди, путаясь в идентичностях, часто испытывают внутриличностные конфликты. Они могут быть агрессивно настроенными националистами – в пользу своей или в пользу чужой группы в зависимости от того, какая из них имеет более высокий статус в обществе. Но случаев ассимиляции, маргинализации биэтнической идентичности меньше, чем попыток любыми путями поддержать свою этническую идентичность. Иными словами, при сравнении своей этнической группы с другими люди чаще всего стремятся сохранить или восстановить позитивную групповую идентичность. У членов группы доминантного большинства обычно не возникает с этим особых трудностей.

Существует ещё одна стратегия позитивной этнической идентичности – стратегия социальной конкуренции. В этом случае позитивные различия устанавливаются в прямом соревновании. Очень часто такая стратегия социальной конкуренции перерастает в ситуации межэтнической напряжённости. Таким образом, этническая идентичность является разновидностью социальной идентичности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фрейд З. Групповая психология и анализ Эго / З. Фрейд. М.: Современные проблемы, Н.А. Столляр, М., 1926.
2. Мид Дж. Аз и Я / Дж. Мид // Американская социологическая мысль: тексты / под ред. В.И. Добренкова. М.: Изд-во МГУ, 1994. С. 227-237.
3. Мид Дж. Интернализированные другие и самость / Дж. Мид // Американская социологическая мысль: тексты / под ред. В.И. Добренкова. М.: Изд-во МГУ, 1994. С. 224-227.
4. Эриксон Э.Г. Идентичность: юность и кризис / Э.Г. Эриксон. М.: Прогресс, 1996. С. 58-59.
5. Фромм Э. Бегство от свободы = Die Furcht vor der Freiheit (1941) / пер. Г.Ф. Швейника. М.: Аст, 2011. 288 с. (Philosophy).
6. Леви-Строс К.Л. Структурная антропология / К.Л. Леви-Строс; пер. с фр. Вяч. Вс. Иванова. М.: ЭКСМО-Пресс, 2001. 512 с. (Серия «Психология без границ»).
7. История психологии в лицах: Персоналии. Психологический лексикон // Энциклопедический словарь: в 6 т. / под ред. Л.А. Карпенко. М.: Пер Сэ, 2006.
8. Хотинец В.Ю. Этническая идентичность и толерантность / В.Ю. Хотинец. Екатеринбург, 2002. 124 с.

**Шергалиева Манар Туребековна** –  
старший преподаватель кафедры  
«Социально-гуманитарные дисциплины»  
Западно-Казахстанского инженерно-  
гуманитарного университета

**Manar T. Shergaliyeva** –  
Senior Lecturer  
Department of Social Sciences and Humanities,  
West Kazakhstan Engineering Humanitarian  
University

*Статья поступила в редакцию 14.07.14, принята к опубликованию 25.09.14*