

**Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дагестанский государственный технический университет»**

# **ВЕСТНИК**

**ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**№ 1**

**Том 40**

**2016**

**Журнал основан в 1997 году.  
Выходит 4 раза в год**

**Herald of Daghestan state technical university. Technical sciences**

**2016. №1 (40)**

**ISSN 2073-6185**

# **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Дагестанский государственный технический университет»**  
**ВЕСТНИК ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО**  
**ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ №1 (том 40), 2016 г.**

Журнал основан в 1997 году	ISSN 2073-6185
<p><b>Главный редактор –</b> Исмаилов Т.А., д.т.н., профессор, ректор ДГТУ;</p> <p><b>Заместитель главного редактора-</b> Эсетова А.М., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой ДГТУ.</p> <p><b>Редакционная коллегия:</b> Абакаров А.Д., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ДГТУ; Абакаров Г.М., д.х.н., профессор, заведующий кафедрой ДГТУ; Абдулгалимов А.М., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой ДГТУ; Адамов А.П., д.т.н., профессор ДГТУ; Батдалов М.М., д.т.н., член-корр. РААСН, профессор ДГТУ; Билалов Б.А., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой ДГТУ; Гулиев М.Е., д.э.н., доцент Азербайджанского ГЭУ; Гусейнов Р.В., д.т.н., профессор ДГТУ; Исалова М.Н., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой ДГТУ; Исмаилов Э.Ш., д.б.н., профессор ДГТУ; Каргин Н.И., д.т.н., профессор, начальник Управления развития перспективных исследований МИФИ; Кутузов В.М., д.т.н., профессор, ректор С-ПбГЭТУ; Магомедов А.Г., д.э.н., профессор ДГТУ; Мелехин В.Б., д.т.н., профессор ДГТУ; Митаров Р.Г., д.ф.-м.н., профессор ДГТУ; Павлюченко Е.И., д.э.н., профессор, проректор по НИИД ДГТУ; Саркаров Т.Э., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ДГТУ; Сафаралиев Г.К., д.ф.-м.н., член-корр. РАН, научный руководитель НИИ «Микроэлектроники и нанотехнологий» ДГТУ; Хаджишалапов Г.Н., д.т.н., профессор, декан ДГТУ; Финаев В.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ЮФУ.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Научные направления:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Физико-математические науки</b> Механика</p> <p style="text-align: center;"><b>Технические науки</b></p> <p style="text-align: center;">Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение</p> <p style="text-align: center;">Информатика, вычислительная техника и управление</p> <p style="text-align: center;">Строительство и архитектура</p> <p style="text-align: center;"><b>Экономические науки</b></p>
<p><b>Редакционный совет:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Председатель редакционного совета:</b> Якимович Б.А., д.т.н., профессор, ректор ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова», Россия, г. Ижевск.</p> <p style="text-align: center;"><b>Сопредседатели</b> Иванов К.М., д.т.н., профессор, ректор БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.Устинова, Россия, г. Санкт-Петербург. Исмаилов Т.А., д.т.н., профессор, ректор ДГТУ, Россия, г. Махачкала. Кутузов В. М., д.т.н., профессор, ректор СПб.ГЭТУ, Россия, г. Санкт-Петербург.</p> <p style="text-align: center;"><b>Члены редакционного совета</b> Бабанлы М.Б.-О., д.т.н., профессор, ректор Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Азербайджанская республика, г. Баку. Давидок А.Н., д.т.н., заслуженный строитель России, директор НИИЖБ им. А.А.Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Россия, г. Москва. Джанзаков И. И., д.т.н., профессор, член-корр. НИА РК, академик МАНЭБ, Республика Казахстан, г. Атырау. Казачек В.Г., д.т.н., профессор, главный научный сотрудник Института жилища - НИПТИС им. Атаева С.С., директор ООО «Мобильная диагностика в строительстве», Республика Беларусь, г. Минск. Магомедов М. Х., д-р.физ.-мат. наук, генеральный директор ООО «САУНО», НПФ, Россия, г. Москва. Несветаев Г.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Россия, г. Ростов-на-Дону. Райзер В. Д., д.т.н., профессор, штат Калифорния, США, г. Сан-Диего. Сулин А.Б., д.т.н., профессор, член-корр. МАХ, НИИ промышленной и морской медицины федерального медико-биологического агентства, Россия, г. Санкт-Петербург. Хачумов В.М., д.т.н., профессор, заведующий лабораторией Института системного анализа РАН, Россия, г. Москва. Эмиров Ю.Н., д.ф.-м.н., ученый-исследователь Центра нанотехнологий Университета Южной Флориды, США. Якунин А.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Вычислительные системы и информационная безопасность», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Россия, г. Барнаул.</p>	<p>Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Выпуск 1. Том 40 Махачкала, 2016 – 168с.</p> <p>Издается по решению Ученого Совета ФГБОУ ВО «ДГТУ»</p>
<p>Научно-исследовательский журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР), свидетельство ПИ № ФС77-30186 от 9 ноября 2007г.</p> <p>Подписной индекс 71366 в федеральном каталоге периодических изданий ОАО Агентства «Роспечать». Подписной индекс 93522 в объединенном каталоге «Пресса России».</p> <p>Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.</p> <p>Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), доступный в интернете, по адресу <a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> (Научная электронная библиотека).</p>	<p><b>Адрес учредителя:</b> 367015, РД, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, ФГБОУ ВО «ДГТУ» Тел./факс 8722)623715 (8722)623964 E-mail: <a href="mailto:vestnik.dgtu@mail.ru">vestnik.dgtu@mail.ru</a> Website: <a href="http://vestnik.dstu.ru/">http://vestnik.dstu.ru/</a></p>

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### МЕХАНИКА.....8

*Агаханов Э.К., Курачев Р.М., Чепурненко А.С., Языев С.Б.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ БЕТОНА В ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ РЕАКТОРОВ АЭС ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....8

*Атлуханова Л.Б., Табибов Ф.С., Ризаханов М.А.*

НЕСТАНДАРТНЫЕ РЕЛАКСАЦИИ ИНДУЦИРОВАННОЙ ПРИМЕСНОЙ ФОТОПРОВОДИМОСТИ В СОЕДИНЕНИЯХ А<sup>II</sup>В<sup>VI</sup> И А<sup>III</sup> .....15

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ

#### МАШИНОСТРОЕНИЕ.....23

*Исмаилов Т.А., Мирземагомедова М.М.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ.....23

*Саркаров Т.Э., Шангереева Б.А., Шахмаева А.Р.*

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРАНЗИСТОРНЫХ СТРУКТУР СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ.....31

#### ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ.....38

*Абаев З.К., Бачиев Б.А.*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ГАЗОПРОВОДОВ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ.....38

*Батманов Э.З., Гусейнов Р.В.*

ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ.....46

*Гаджиев Х.М., Челушкин Д.А., Шкурко А.С.*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРЕЦИЗИОННОЙ ПЕЛЕНГАЦИИ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ.....52

*Демин Е.С.*

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УРОВНЯ И ПЛОТНОСТИ В СРЕДЕ ELCUT.....62

*Кадиев И.П., Кадиев П.А.*

КЛАССЫ МАССИВОВ С ИНДЕКСНО НЕПЕРЕСЕКАЮЩИМИСЯ КОМПОНЕНТАМИ И СПОСОБЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ.....71

#### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА.....77

*Абакаров А.Д., Зайнулабидова Х.Р.*

ОЦЕНКА ОБЛАСТЕЙ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ СО СКОЛЬЗЯЩИМ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ПОЯСОМ.....77

<i>Байрамова Д.М.</i> ХУДОЖЕСТВЕННО-ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТЬ ВНУТРЕННЕГО ПРОСТРАНСТВА В АРХИТЕКТУРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ.....	85
<i>Бисултанов Р.Г., Муртазаев С.-А.Ю., Саламанова М.Ш.</i> ЦЕМЕНТЫ НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ НА ОСНОВЕ АКТИВНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ.....	98
<i>Воробьева К.В., Зайнулабидова Х.Р., Фрезе М.В.</i> УЧЕТ ДЕМПФИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ СЕЙСМОСТОЙКИХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ .....	108
<i>Батманов Э.З., Гасанов Т.Г., Гусейнов М.Р.</i> ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ НА СНИЖЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН.....	119
<b>ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ.....</b>	<b>133</b>
<i>Гаджиева М.И., Эсетова А.М.</i> ОСОБЕННОСТИ СМЕТНОГО НОРМИРОВАНИЯ И ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ .....	133
<i>Искендерова Э.Т., Исмаилов Р.Т.</i> ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПО- ТЕНЦИАЛОМ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	143
<b>НАШИ АВТОРЫ.....</b>	<b>152</b>
<b>ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ.....</b>	<b>161</b>

**Ministry of Education and Science of the Russian Federation  
Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education  
“Daghestan State Technical University”**

**VES T N I K OF DAGHESTAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY. TECHNICAL SCIENCES**

**№ 1 ( v o l u m e 4 0 ), 2 0 1 6 г .**

<b>The Journal was founded in 1997</b>	<b>ISSN 2073-6185</b>
<p><b>Editor-in-Chief -</b> T.A. Ismailov, Doctor of Technical Science, Professor, Rector, DSTU;</p> <p><b>Deputy Editor -</b> A.M. Esetova, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department, DSTU;</p> <p><b>Editorial Board:</b> A.D. Abakarov, Doctor of Technical Science , Professor, Head of the Department, DSTU; G.M. Abakarov, Doctor of Chemical Science, Professor, Head of the Department, DSTU; A.M. Abdulgaliyev, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department, DSTU; A.P. Adamov, Doctor of Technical Science , Professor, DSTU; M.M. Batdalov, Doctor of Technical Science , Corresponding member of RAACS, Professor, DSTU; B.A. Bilalov, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department, DSTU; R.V. Guseynov, Doctor of Technical Science . Professor, DSTU; M.N. Isalova, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department, DSTU; E.Sh. Ismailov, Doctor of Biology, Professor, DSTU; N.I. Kargin, Doctor of Technical Science , Professor, Head of the department of the development of perspective re- searches of MEPI; V.M. Kutuzov, Doctor of Technical Science , Professor, Rector of St. Petersburg Electrotechnical University "LETI"; Magomedov A.G., Doctor of Economics, Professor, DSTU; V.B. Melekhin Doctor of Technical Science , Professor, DSTU; R.G. Mitarov, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, DSTU; E.I. Pavlyuchenko, Doctor of Economics, Professor, Vice Rector on scientific and innovative activity, DSTU; T.E. Sarkarov, Doctor of Technical Science , Professor, Head of the Department, DSTU; G.K. Safaraliyev, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Scientific director of the «Microelectronics and Nan- otechnology» research institute, DSTU; V.I. Finayev, Doctor of Technical Science , Professor, Head of the Department, SFU; M.E. Guliev, Doctor of Economics, Associate Professor, Azerbaijan SUE; G.N. Khadzhisalapov, Doctor of Technical Science, Professor, Dean, DSTU.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Research areas</b></p> <p><b>Physical-mathematical science</b> Mechanics</p> <p><b>Technical science</b> Power, Metallurgical and Chemical Mechanical Engineering</p> <p>Computer science, Computer Engineering and Management</p> <p>Building and architecture</p> <p><b>Economic science</b></p>
<p><b>Editorial council</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Chairman of editorial Board:</b> B. A. Yakimovich, Doctor of Technical Science, Professor, rector, FSBEI HP “Kalashnikov Izhevsk State Technical University”, Izhevsk, Russia.</p> <p style="text-align: center;"><b>Co-chairs</b> K. M. Ivanov, Doctor of Technical Science, Professor, rector, Ustinov Baltic State Technical University "VOEN-MECH", Saint-Petersburg, Russia T. A. Ismailov, Doctor of Technical Science, Professor, rector, DSTU, Makhachkala, Russia. V.M. Kutuzov, Doctor of Technical Science, professor, rector, SPb.GEHTU, Saint-Petersburg, Russia.</p> <p style="text-align: center;"><b>Members of the editorial Board</b> M.B.-O. Babanly, Professor, Rector, Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan. A. N. Davidyuk, Doctor of Technical Science, honored Builder of Russia, Director, Gvozdev NIIZHB, JSC "SIC Construction", Moscow, Russia. I. I. Djanzakov, Doctor of Technical Science, Professor, corresponding member, SRA RK, academician of MANEB, Atyrau, Republic of Kazakhstan. V. G. Kazachek, Doctor of Technical Science, Professor, senior researcher, Ataev Institute of Dwelling - NIPTIS Director of Mobile diagnostics in construction", Minsk, Republic of Belarus.. M.Kh. Magomedov, Doctor of Mathematics and Physics, General Director, "SAUNO" Ltd. Moscow, Russia. G. V. Nesvetayev, Doctor of Technical Science, Professor, Head of Construction Technologies Department, FSBEI HE "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia. V. D. Raizer, Ph.D., Professor, California, San Diego, USA. A.B. Sulin, Doctor of Technical Science, Professor, corresponding member, MAX, Institute of Industrial and Marine Medicine of Federal Medical and Biological Agency, St. Petersburg, Russia. V. M. Khachumov, Doctor of Technical Science, Professor, head of laboratory, Institute for Systems Analysis of RAS, Moscow, Russia. Yu.N. Emirov, Doctor of Mathematics and Physics, research associate, Nanotechnology Research and Education Center, University of South Florida, USA. A.G. Yakunin, Doctor of Technical Science, Professor, head of the department, Computing Systems and Information Security", FSBEI HE "Polzunov Altai State Technical University" Barnaul, Russia.</p>	<p>Vestnik of Daghestan State Technical University. Technical science Edition 1 volume 40 Makhachkala, 2016 –168p.</p> <p>Published by decision of the Academic Council FSBEE HE «DSTU»</p>
<p>The research journal is registered in Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR), the certificate of PINo. FS77-30186 of November 9, 2007. Subscription index 71366 is in the federal catalogue of periodicals of the JSC Rospechat Agency. Subscription index 93522 in the integrated catalogue "Press of Russia". The journal is included in the List of leading reviewed scientific journals and periodicals of the Higher Certifying Commission (VAK) of the Russian Federation, in which basic scientific results of dissertations are to be published. The journal is included in the Russian Index of Scientific Citing (RISC) available on the Internet (<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> Scientific electronic library). <b>Edition address:</b> 70, I. Shamil Ave., 367015, Makhachkala, the Republic of Daghestan FSBEI HE “DSTU”</p>	<p>Tel./fax (8722)623715 (8722)623964 E-mail: <a href="mailto:vestnik.dgtu@mail.ru">vestnik.dgtu@mail.ru</a> Website: <a href="http://vestnik.dstu.ru">http://vestnik.dstu.ru</a></p>

© FSBEE HE «Daghestan State Technical University», 2016

## CONTENTS

### PHYSICAL-MATHEMATICAL SCIENCE

MECHANICS.....8

*Agakhanov E.K., Kurachev R.M., Chepurnenko A.S., Yazyev S.B.*

MODELING OF CHANGE IN DEFORMATION PROPERTIES OF CONCRETE IN PROTECTIVE STRUCTURES OF NUCLEAR REACTOR BY IONIZING RATION.....8

*Rizakhanov M. A., Gabibov F.S., Atlukhanova L.B.*

CUSTOM RELAXATION INDUCED IMPURITY PHOTOCONDUCTIVITY IN THE UNITED A<sup>II</sup>B<sup>VI</sup> and A.....15

### TECHNICAL SCIENCE

#### POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL

MECHANICAL ENGINEERING.....23

*Ismailov T.A., Mirzomagomedova M. M.*

RESEARCH OF STATIONARY OPERATING MODES OF THERMOELECTRIC HEATEXCHANGE DEVICES.....23

*Sarkarov T. E., Shangereeva B. A., Shakhmaeva A. R.*

THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURING OF TRANSISTOR STRUCTURES OF POWER ELEK-TRONIKA.....31

#### COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND

MANAGEMENT.....38

*Abaev Z.K., Bachiev B.A.*

DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEM FOR MONITORING OF STRESS CORROSION CRACKING OF THE PIPELINE UNDER TENSION .....38

*Batmanov E.Z., Guseynov R. V.*

PROBABILISTIC MODELING IN STUDIES OF THE ACCURACY THE MANUFACTURE OF ENGINEERING PRODUCTS.....46

*Gadzhiev H.M., Chelushkina D.A., Shkurko A.S.*

AUTOMATED SYSTEM FOR HIGH-PRECISION DIRECTION FINDING CELL PHONES..... 52

*Demin E.S.*

SIMULATION OF MAGNETIC SYSTEMS MAGNETOSTRICTIVE LEVEL CONVERTERS AND MEDIUM DENSITY ELCU.....62

*Kadiev I. P., Kadiev P.A.*

CLASSES OF ARRAYS WITH INDEX NON-OVERLAPPING COMPONENTS AND METHODS OF THEIR FORMING.....71

BUILDING AND ARCHITECTURE.....77

*Abakarov A.D., Zajnulabidova H.R.*

THE ASSESSMENT OF AREAS FOR THE RATIONAL USE OF SEISMIC ISOLATION SYSTEM FOR BUILDINGS WITH MOVING THE BELT.....77

<i>Bayramova D.M.</i> <b>ARTISTIC-AESTHETIC EXPRESSIVENESS INTERNAL SPACE IN THE ARCHITECTURE OF CENTRAL ASIA.....</b>	<b>85</b>
<i>Bisultanov R. G., Murtazaev S-Y. A., Salmanov M. Sh.</i> <b>CEMENTS WITH LOW WATER DEMAND BASED ON ACTIVE MINERAL SUPPLEMENTS OF DIFFERENT ORIGIN.....</b>	<b>98</b>
<i>Vorobieva K. V., Zainalabidova H. R., Frese M. V.</i> <b>ACCOUNTING FOR DAMPING IN THE EVALUATION OF SEISMIC STABILITY OF BUILDINGS AND STRUCTURES.....</b>	<b>108</b>
<i>Batmanov E. S., Gasanov T. H., Guseinov G. M.</i> <b>THE IMPACT OF ROAD CONDITIONS ON THE REDUCTION OF STABILITY ROAD TRANSPORT IN CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN.....</b>	<b>119</b>
<b>ECONOMIC SCIENCE.....</b>	<b>133</b>
<i>Gadzhieva I. M., Esetova A.M.</i> <b>THE CHARACTERISTICS OF THE ESTIMATED VALUATION AND PRICING IN CONSTRUCTION.....</b>	<b>133</b>
<i>Iskenderova E.T., Ismailov R. T.</i> <b>MAIN FEATURE AND PARTICULARITIES OF MANAGEMENT PRODUCTION POTENTIAL BUILDING ENTERPRISE.....</b>	<b>143</b>
<b>OUR AUTHORS.....</b>	<b>157</b>

## ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

### МЕХАНИКА

УДК 519.63

*Агаханов Э.К., Курачев Р.М., Чепурненко А.С., Языев С.Б.*

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ БЕТОНА В ЗАЩИТНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ РЕАКТОРОВ АЭС ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

*Agakhanov E.K., Kurachev R.M., Chepurnenko A.S., Yazyev S.B.*

#### **CHANGE IN DEFORMATION PROPERTIES MODELING OF CONCRETE IN PROTECTIVE STRUCTURES OF NUCLEAR REACTOR BY IONIZING RADIATION**

*Аннотация.* Обоснована необходимость изучения влияния воздействия элементарных частиц на прочностные и деформационные свойства материалов, применяемых в защитных конструкциях реакторов АЭС и реакторной технике.

Исследованию подлежит корпус ядерного реактора (КВД) из предварительно напряженного железобетона, совмещающий в себе функции биологической защиты. Решена задача о распределении флюенса нейтронов в корпусе высокого давления ядерного реактора. Решение задачи выполнено в осесимметричной постановке при помощи метода конечных элементов (МКЭ) с использованием плоского треугольного конечного элемента. Вычисления проводились в пакете Matlab.

Аналитически обобщено сравнение с результатами, полученными при помощи метода конечных разностей, а также построены графики изменения под действием радиационного облучения модуля упругости бетона и радиационных деформаций. Предложенная методика позволяет моделировать изменение деформационных свойств бетона под действием нейтронного облучения.

Результаты исследования могут быть использованы при расчете напряженно-деформированного состояния конструкций с учетом косвенной неоднородности, вызванной воздействием физических полей.

**Ключевые слова:** флюенс нейтронов, радиационные деформации, неоднородность, метод конечных элементов, эллиптические уравнения, корпус высокого давления.

**Abstract.** *The necessity of studying the effect impact of elementary particles impact on the strength and deformation materials properties used in protective constructions nuclear reactors and reactor technology has been stipulated. A nuclear reactor pressure vessel from prestressed concrete, combining the functions of biological protection is to be considered. The neutron flux problem distribution in the pressure vessel of a nuclear reactor has been solved. The solution is made in axisymmetric with the finite element method using a flat triangular finite element. Computing has been conducted in Matlab package.*

*The comparison with the results has been obtained using the finite difference method, as well as the graphs of changes under the influence of radiation exposure and the elastic modulus of concrete radiation deformations have been constructed. The proposed method allows to simulate changes in the deformation properties of concrete under the influence of neutron irradiation. Results of the study can be used in the calculation of stress-strain state of structures, taking into account indirect heterogeneity caused by the physical fields influence.*

**Key words:** *neutron fluence, radiation strain, heterogeneity, finite element method, elliptic equations, the pressure housing.*

**Введение.** Развитие ядерной энергетики обуславливает необходимость изучения влияния воздействия элементарных частиц на прочностные и деформационные свойства материалов, применяемых в защитных конструкциях реакторов АЭС и реакторной технике.

Действие на материал потока элементарных частиц высокой энергии представляет весьма сложное явление.

Под воздействием потоков нейтронов во многих материалах возникают вынужденные деформации  $\varepsilon_{\text{в}} = \varepsilon_{\text{р}}$ . Эти процессы аналогичны тому, что происходит в материале при нагреве.

Для радиационных деформаций бетона в работе [1] приводится следующая эмпирическая формула:

$$\varepsilon_{\text{р}} = \frac{\alpha \varepsilon_{\text{max}} [\exp(\beta \Phi) - 1]}{\varepsilon_{\text{max}} + \alpha \exp(\beta \Phi)}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_{\text{max}}$  – максимальная радиационная деформация, зависящая от состава бетона,

$\Phi$  – флюенс (интегральный поток) нейтронов,

$\alpha$  и  $\beta$  – эмпирические константы, зависящие от энергетического спектра нейтронов и вида заполнителя.

Эмпирическая зависимость модуля упругости бетона от флюенса  $\Phi$  приводится в работе [2]:

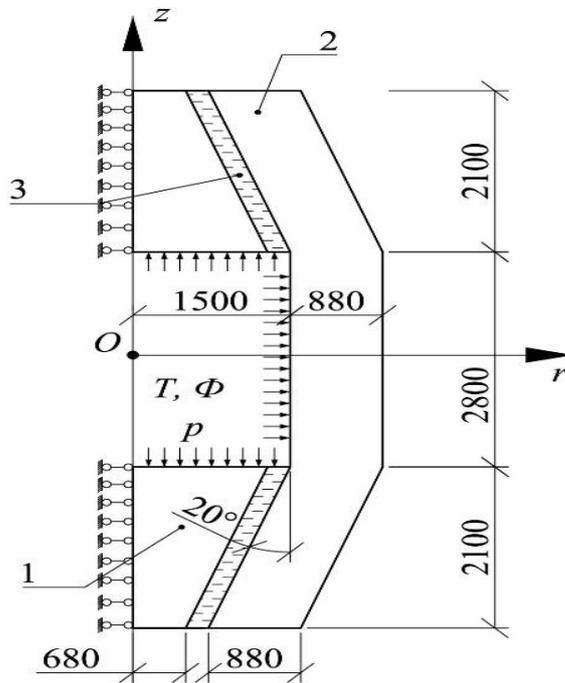
$$E = E_0 [\gamma_1 - \alpha_1 \lg(\beta_1 \Phi)], \quad (2)$$

где  $E_0$  – модуль упругости необлученного бетона,  
 $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$  – эмпирические параметры, зависящие от класса бетона и его состава, а также энергетического спектра потока нейтронов.

**Постановка задачи.** Рассматривается корпус ядерного реактора (КВД) из предварительно напряженного железобетона, совмещающий в себе функции биологической защиты. Расчетная схема представлена на рисунке 1.

Такая конструкция воспринимает как внутреннее давление, так и воздействие температуры и радиации.

При решении задачи определения напряженно-деформированного состояния КВД, прежде всего, необходимо найти в нем распределение флюенса нейтронов.



**Рисунок 1** – Расчетная схема КВД: 1 – торцевые элементы; 2 – стенка; 3 – слои, моделирующие шпонки

В работе [3] указывается, что для решения этой задачи может быть применено диффузионное приближение.

В случае отсутствия генерации нейтронов в теле конструкции (ядерные реакции не происходят) соответствующее дифференциальное уравнение записывается в виде:

$$\nabla^2 \Phi - \frac{\Phi}{L^2} = 0, \quad (3)$$

где  $L$  – длина диффузии, зависящая от энергии излучения.

Граничные условия для уравнения (3) принимаются следующие: на внутренней поверхности КВД флюенс считается заданным ( $\Phi = \Phi_0$ ), а на внешней поверхности  $\Phi = 0$ .

**Методы исследования.** Решение задачи выполняется в осесимметричной постановке при помощи метода конечных элементов (МКЭ). Используется плоский треугольный конечный элемент.

Уравнение (3) является эллиптическим уравнением, решение которого удовлетворяет минимуму следующего функционала [4]:

$$\chi = \int_V (\text{grad } \Phi)^2 + \frac{\Phi^2}{L^2} dV. \quad (4)$$

Градиент функции  $\Phi$  в цилиндрических координатах с учетом осевой симметрии записывается в виде:

$$\text{grad } \Phi = \bar{e}_r \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \bar{e}_\theta \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta} + \bar{e}_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} = \bar{e}_r \frac{\partial \Phi}{\partial r} + \bar{e}_z \frac{\partial \Phi}{\partial z}. \quad (5)$$

Подставив (5) в (4), получим:

$$\chi = \int_V \left( \frac{\partial \Phi}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)^2 + \frac{\Phi^2}{L^2} dV. \quad (6)$$

Функция флюенса нейтронов в пределах элемента аппроксимируется следующим образом:

$$\Phi(r, z) = \Phi_i N_i + \Phi_j N_j + \Phi_k N_k = \{N_i \quad N_j \quad N_k\} \begin{Bmatrix} \Phi_i \\ \Phi_j \\ \Phi_k \end{Bmatrix} = \{N\}\{\Phi\}, \quad (7)$$

где  $\Phi_i, \Phi_j, \Phi_k$  – узловые значения флюенса,  $N_i, N_j, N_k$  – функции формы.

$$N_i = \frac{1}{2A} (a_i + b_i r + c_i z),$$

где  $A$  – площадь конечного элемента,  $a_i = r_j z_k - r_k z_j$ ,  $b_i = z_j - z_k$ ,  $c_i = r_k - r_j$ .

С учетом принятой аппроксимации функционал (6) принимает вид:

$$\chi = \{\Phi\}^T \int_V \left( \frac{\partial \{N\}^T}{\partial r} \frac{\partial \{N\}}{\partial r} + \frac{\partial \{N\}^T}{\partial z} \frac{\partial \{N\}}{\partial z} + \frac{1}{L^2} \{N\}^T \{N\} \right) dV \{\Phi\}. \quad (8)$$

После минимизации функционала (8) по узловым значениям флюенса получим систему линейных алгебраических уравнений:

$$[K]\{\Phi\} = \{P\}, \quad (9)$$

$$\text{где } [K] = \int_V \left( \frac{\partial\{N\}^T}{\partial r} \frac{\partial\{N\}}{\partial r} + \frac{\partial\{N\}^T}{\partial z} \frac{\partial\{N\}}{\partial z} + \frac{1}{L^2} \{N\}^T \{N\} \right) dV.$$

Матрица  $[K]$  аналогична матрице жесткости для задач теории упругости, либо матрице теплопроводности в задачах определения температурного поля.

Для учета граничных условий в строках глобальной матрицы  $[K]$ , соответствующих узлам, в которых флюенс нейтронов является заданным, все элементы, кроме стоящего на главной диагонали, обнуляются.

На главной диагонали ставится единица, а в векторе нагрузки  $\{P\}$  – соответствующее значение флюенса. Распишем интегралы, входящие в выражение для матрицы  $[K]$ :

$$\begin{aligned} \int_V \{N\}^T \{N\} dV &= 2\pi \int_A \{N\}^T \{N\} r dA = \\ &= 2\pi \int_A \begin{bmatrix} N_i^2 & N_i N_j & N_i N_k \\ N_i N_j & N_j^2 & N_j N_k \\ N_i N_k & N_j N_k & N_k^2 \end{bmatrix} (N_i r_i + N_j r_j + N_k r_k) dA = \\ &= \frac{\pi A}{30} \begin{bmatrix} 6r_i + 2(r_j + r_k) & 2(r_i + r_j) + r_k & 2(r_i + r_k) + r_j \\ 2(r_i + r_j) + r_k & 6r_j + 2(r_i + r_k) & 2(r_j + r_k) + r_i \\ 2(r_i + r_k) + r_j & 2(r_j + r_k) + r_i & 6r_k + 2(r_i + r_j) \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \int_V \left( \frac{\partial\{N\}^T}{\partial r} \frac{\partial\{N\}}{\partial r} + \frac{\partial\{N\}^T}{\partial z} \frac{\partial\{N\}}{\partial z} \right) dV &= \\ &= \frac{1}{4A^2} \left[ \begin{matrix} \left\{ \begin{matrix} b_i \\ b_j \\ b_k \end{matrix} \right\} \{b_i \quad b_j \quad b_k\} + \left\{ \begin{matrix} c_i \\ c_j \\ c_k \end{matrix} \right\} \{c_i \quad c_j \quad c_k\} \end{matrix} \right] \int_V dV = \\ &= \frac{\pi \bar{r}}{2A} \left[ \begin{matrix} \left\{ \begin{matrix} b_i \\ b_j \\ b_k \end{matrix} \right\} \{b_i \quad b_j \quad b_k\} + \left\{ \begin{matrix} c_i \\ c_j \\ c_k \end{matrix} \right\} \{c_i \quad c_j \quad c_k\} \end{matrix} \right], \end{aligned} \quad (11)$$

где  $\bar{r} = (r_i + r_j + r_k)/3$ .

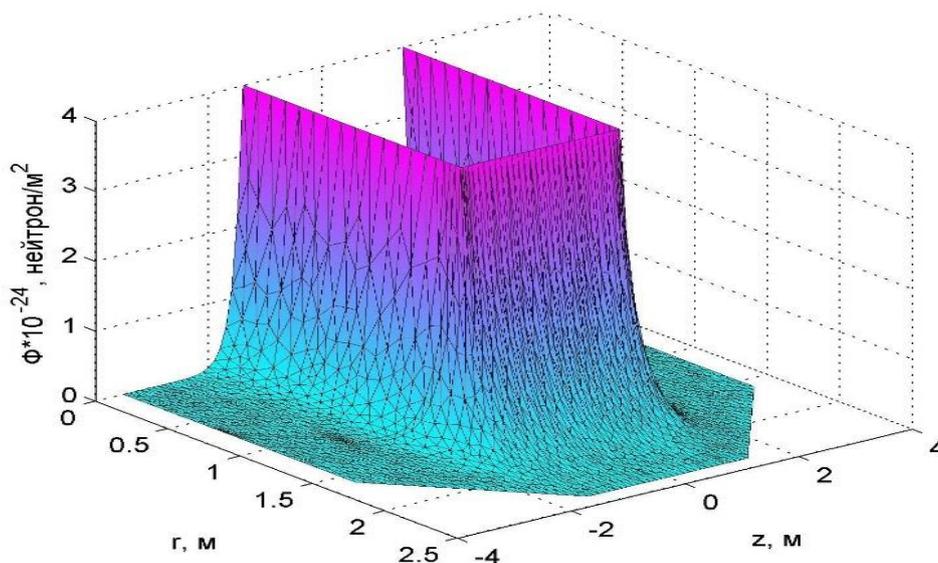
**Обсуждение результатов.** Был выполнен расчет при следующих исходных данных [5]: длина диффузии  $L = 0,16$  м, флюенс нейтронов у внутренней поверхности  $\Phi_0 = 4 \cdot 10^{24}$ , нейтрон/м<sup>2</sup>; эмпирические коэффициенты в формулах (1) и (2):  $\gamma_1 = 0,8$ ,  $\alpha_1 = 0,7$ ,  $\beta_1 = 10^{-24}$  м<sup>2</sup>/нейтрон,  $\alpha = 0,01$ ,  $\varepsilon_{\max} = 0,01$ ,  $\beta = 3 \cdot 10^{-24}$  м<sup>2</sup>/нейтрон.

На рисунке 2 представлен график распределения флюенса нейтронов в зависимости от  $r$  и  $z$ .

Отметим, что в средней части стенки корпуса (при  $z = 0$ ) из условия симметрии следует, что  $\frac{\partial\Phi}{\partial z} = 0$ , и уравнение (3) переписывается в виде:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial r} - \frac{\Phi}{L^2} = 0. \quad (12)$$

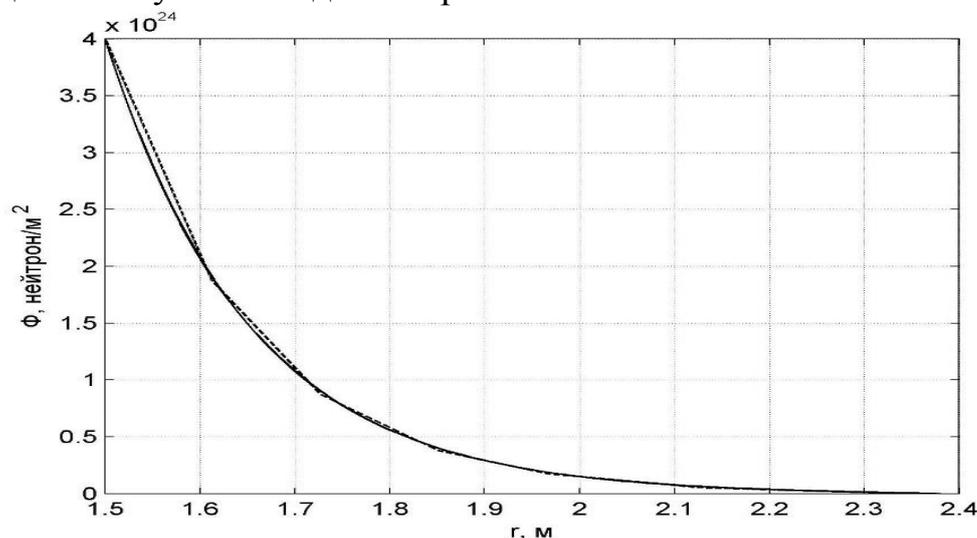
Данное уравнение было решено при помощи метода конечных разностей (МКР).



**Рисунок 2.** – Распределение флюенса нейтронов в зависимости от  $r$  и  $z$

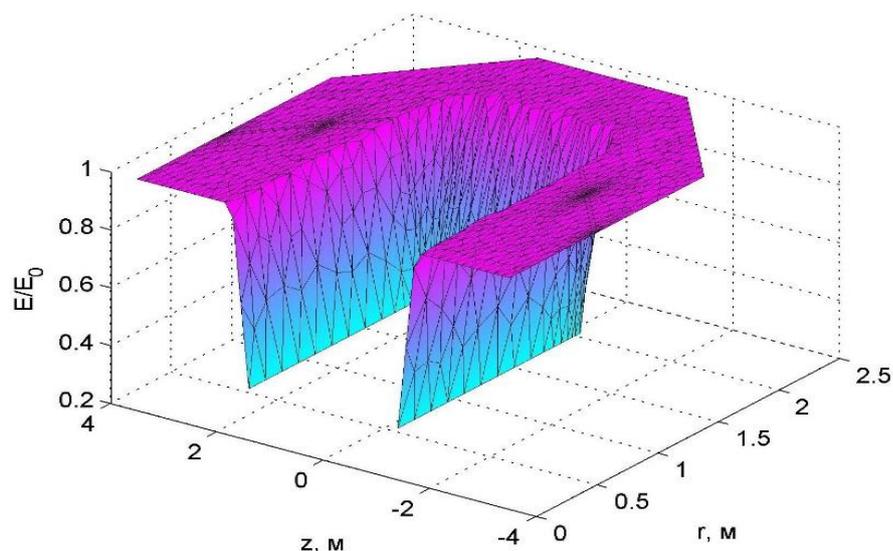
На рисунке 3 представлено распределение флюенса нейтронов в средней части стенки КВД.

Из приведенных графиков видно, что результаты практически совпадают, что свидетельствует об их достоверности.

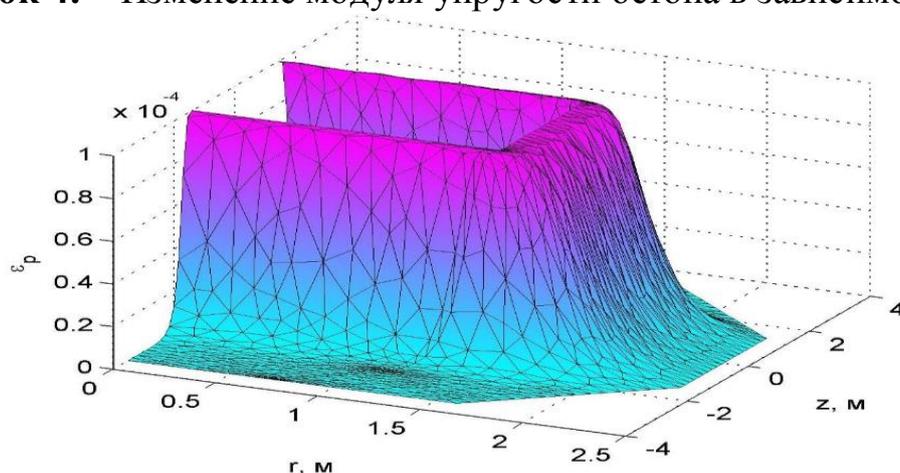


**Рисунок 3.** – Распределение флюенса нейтронов в средней части стенки КВД: штриховая линия – решение при помощи МКЭ; сплошная линия – решение при помощи МКР.

Графики изменения модуля упругости и радиационных деформаций приведены соответственно на рисунках 4 и 5.



**Рисунок 4.** – Изменение модуля упругости бетона в зависимости от  $r$  и  $z$



**Рисунок 5.** – Распределение радиационных деформаций

**Вывод.** Разработанная методика позволяет моделировать изменение деформационных свойств бетона под действием нейтронного облучения для корпусов высокого давления реакторов АЭС произвольной формы. Результаты могут быть использованы при расчете напряженно-деформированного состояния указанных конструкций с учетом косвенной неоднородности, вызванной воздействием физических полей.

**Библиографический список:**

1. Радиационная стойкость материалов. Справочник. /Под ред. В.Б. Дубровского – М.: Атомиздат, 1973. – 264 с.
2. Дубровский В.Б. Радиационная стойкость строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1977. – 278 с.
3. Андреев В.И. Некоторые задачи и методы механики неоднородных тел. Монография – М.: Издательство АСВ, 2002. – 288 с.
4. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978 – 512 с.
5. Литвинов С.В., Козельский Ю.Ф., Языев Б.М. Расчёт цилиндрических тел при воздействии теплового и радиационного нагружений // Инженерный

вестник Дона: электронный журнал. 2012. №3. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/954>

**References:**

1. Radiation resistance of materials. Reference. Ed Dubrovsky V. B. Atomizdat, 1973. – 264 p.
2. V. B. Dubrovsky, Radiation resistance of construction materials. Stroizdat, 1977. – 278 p.
3. V. I. Andreev, Some problems and methods of mechanics of heterogeneous bodies: Monograph – M.: Publishing house ASV, 2002. – 288 p.
4. N. N. Kalitkin, Numerical methods. M.: Nauka, 1978 – p.512
5. S.V. Litvinov, Yu.F. Kozelsky, B. M. Yazyev, Calculation of cylindrical bodies at impact of thermal and radiation loads [Engineering journal of don]. 2012. №3. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/954>

УДК 537.226/.621.315.592

Атлуханова Л.Б., Габиров Ф.С., Ризаханов М.А.

**НЕСТАНДАРТНЫЕ РЕЛАКСАЦИИ ИНДУЦИРОВАННОЙ ПРИМЕСНОЙ ФОТОПРОВОДИМОСТИ В СОЕДИНЕНИЯХ  $A^{II}B^{VI}$  И  $A^{III}B^V$**

Atlukhanova L.B., Gabibov F. S., Rizakhanov M.A.

**CUSTOM RELAXATION INDUCED IMPURITY PHOTOCONDUCTIVITY IN THE UNITED  $A^{II}B^{VI}$  and  $A^{III}B^V$**

*Аннотация.* Описаны два типа нестандартных релаксаций индуцированной примесной фотопроводимости (ИПФ), наблюдаемых в фотопроводниках CdS, ZnSe, GaAs и др.) в зависимости от кинетических особенностей ловушек. В одном случае на стадии послевспышечного монотонного спада, характерной для релаксаций, связанных с медленными ловушками (отношение скорости захвата электрона к скорости рекомбинации  $R \ll 1$ ), фотоответ испытывает колебания низкой частоты ( $f=0.03-0.3$  Гц). Релаксация второго типа свойственна быстрым фотоэлектрически ловушкам ( $R \gg 1$ ): в измерениях на переменном сигнале ( $f \geq 20$  Гц) кривые релаксации приобретают форму кривых обычной примесной фотопроводимости. Проанализированы электронные процессы, ответственные за нестандартные релаксации ИПФ. На примере быстрых центров, в состав которых входит характерный для  $A^{II}B^{VI}$   $\langle Ag \rangle$  до-

нор  $Ag_i^0$ , впервые в полупроводниках экспериментально исследована зависимость сечения захвата электронов ловушек от энергии, выделяемой при локализации.

**Ключевые слова:** индуцированная фотопроводимость, электронная ловушка, центр рекомбинации, энергия ионизации, сечение захвата, оптически активная ловушка, фотоионизация, макронеоднородности.

**Abstract.** Two types of non-standard relaxation induced impurity photoconductivity (IIP) observed in photoconductors CdS, ZnSe, GaAs and others, depending on the kinetic characteristics of the traps are described. In one case, at the stage of post flashing monotonic decay which is typical for relaxation associated with slow traps (the ratio of the speed of the electron capture to the recombination rate ( $R \ll 1$ ), the photo response is experiencing vibrations of low frequency ( $f=0.03-0.3\text{Hz}$ ). Relaxation of the second type characterized by rapid photoelectric traps ( $R \gg 1$ ): measurement alternating signal ( $f \geq 20\text{Hz}$ ) relaxation curves take the form of curves usual impurity photoconductivity. Electronic processes responsible for relaxation of non-standard IIP are analyzed. For example, fast-centers, which include the characteristic  $A^{II}B^{VI} <Ag>$  donor  $Ag_i^0$ , for the first time in semiconductors experimentally, investigated the dependence of the cross section of electron capture by traps energy released during localization.

**Key words:** the induced photoconductivity, electronic trap, center of recombination, ionising energy, section of capture, optically an active trap, photoionization, macroinhomogeneities.

**Введение.** В физике полупроводников широкое распространение получили представления об электронных ловушках (центрах прилипания), как о локальных центрах, способных обмениваться электронами лишь с одной (с-зоной). Исследованию электронных ловушек посвящено большое число работ [1]. Однако физико-химическая природа и различные особенности поведения электронных ловушек недостаточно изучены.

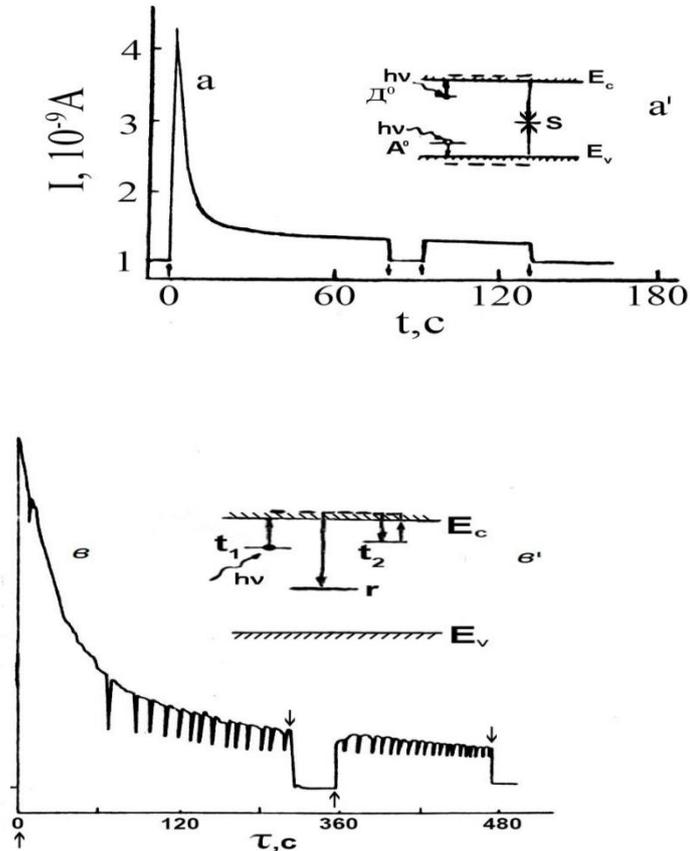
**Постановка задачи.** В данной работе методом индуцированной примесной фотопроводимости выполнены исследования с целью установления кинетических особенностей электронных ловушек в широкозонных фотопроводниках АПВVI (CdSe, CdS ZnSe и др.) и АПВV (GaAs).

**Методы исследования.** Классический вариант релаксации ИПФ в фотопроводниках с одной оптически активной ловушкой описан Рывкиным [1]. Соответствующие кривые кинетики ИПФ, записанные по методике последовательного воздействия на фотопроводник собственным светом с целью неравновесного заполнения электронной ловушки и примесным светом для ее ионизации, состоят из двух стадий.

На первой стадии фотоответ резко увеличивается по причине фотоионизации ловушки, а на второй постепенно спадет из-за активизации процесса перехода носителей заряда на центр рекомбинации. Скорость релаксации фотоотве-

та зависит от соотношения кинетических параметров ловушки и центра рекомбинации.

**Обсуждение результатов.** Релаксация классического типа (рис.1, кривая а) может наблюдаться и в предварительно возбужденных собственным светом фотопроводниках типа GaAs с двумя близкими по глубине оптически активными центрами, один из которых донор, другой – акцептор.



**Рисунок 1.** - а, в – кривые релаксации ИПФ в кристаллах и в ZnSe<Ag> при 90 К.

Инфракрасное излучение синхронно ионизирует оба центра, что сопровождается вспышечным ростом ИПФ. Рекомбинация носителей через быстрый (s-) центр рекомбинации стимулирует переход структуры в квазистационарное состояние постепенного спада фотоответа (схема а').

Релаксация ИПФ, сопровождаемая низкочастотными колебаниями, наблюдается в кристаллах ZnSe<Ag> с оптически активной ловушкой  $E_c-0,4 \text{ эВ}$  (рис. 1, кривая в), фотоответ на стадии после вспышечного спада переходит в отличие от классического варианта в режим колебаний с частотой, возрастающей по мере фотопередислокации электронов из оптически активной ловушки  $t_1$  на центр рекомбинации (схема в'). Колебания являются затухающими.

Декремент затухания, частота колебаний привязаны к числу свободных фотоэлектронов.

Стрелками показаны точки включения ( $\uparrow$ ) и выключения инфракрасного света а в схемы электронных переходов, ответственных за релаксацию ИПФ в

GaAs и ZnSe<Ag>. Ранее в CdSe<Au> исследована неустойчивость темнового тока в форме S-образной вольт-амперной характеристики, наблюдаемой как следствие ударной ионизации  $\gamma$ -центра рекомбинации  $E_v + 0,6$  эВ [2].

Колебания, наблюдаемые на стадии роста равновесного примесного фототока, исследованы в CdSe<Cu> [3]. Роль рабочего центра играет ловушка  $E_c - 0,11$  эВ, которая, если судить по ее весьма низкому сечению захвата электрона  $\sigma_{np} \approx 10^{-23}$  м<sup>2</sup>, может быть причислена к двухзарядным акцепторам. Двойные акцепторы с уровнями вблизи с-зоны характерны для соединений АІВVI [4]. Перечисленные неустойчивости тока в CdSe<Au>, CdSe<Cu> объяснены [2,3] CdSe<Au>, CdSe<Cu> в предположении об их электрической макронеоднородности. Центры  $E_v + 0,6$  эВ,  $E_c - 0,11$  эВ могут размещаться в объеме крупномасштабных нарушений, в пределах которых формируются электрические поля, достаточные для разогрева носителей заряда и варьировать населенность электронных центров.

Попытки объяснить природу осциллирующей ИПФ приводят к выводу о существовании и в ZnSe<Au> высокоомных фрагментов (электродоменов), в пределах которых не раздельно, а вместе локализованы  $\gamma$ -центр рекомбинации и двойной акцептор, играющий роль ловушки, непосредственно ответственной за колебания ИПФ.

По мере фотопередислокации электронов из оптически активной ловушки  $t_1$  на  $\gamma$ -центр рекомбинации (рис. 1.) происходит рост внутреннего поля в объеме макронеоднородности, разогрев фотоэлектронов до уровня, достаточного для преодоления рекомбинационного барьера вокруг ловушки - двойного акцептора  $t_2$ .

Лавинообразный захват фотоэлектронов может привести к новому поэтапному быстрому росту внутреннего поля в объеме макронеоднородности, достаточному для тепловой ионизации ловушки  $t_2$ . Прямые доказательства явления термической ионизации ловушки, облегченной электро модуляцией ее сечения захвата электрона, представлены в сравнительно недавно опубликованной работе [5].

Фотоответ в ZnSe<Ag>, благодаря ловушке-пульсара, переходит, как и в названном выше, CdSe<Cu>, в автоколебательный режим под влиянием электрических полей, разгораемых в макронеоднородных фрагментах кристалла в зависимости от интенсивности и характера рекомбинационно активных процессов. Электронные центры такого класса в переменном локальном поле способны периодически переходить из разряда медленных в разряд быстрых ловушек.

Фотопроводники с ловушками-пульсарамы представляют прикладной интерес. На их основе могут быть сконструированы малогабаритные низкочастотные генераторы. Релаксация ИПФ, подобная релаксации равновесной примесной фотопроводимости.

В кристаллах АІВVI с примесями Ag наблюдаются быстрые ловушки, связанные с изолированным междоузельным донором  $Ag_i^0$  ( $i=1$ ) [6-9], распределенными по длине донор-донорными парами  $Ag_{20}$  ( $i=2$ ) [10,11] и многоатом-

ными частицами  $Ag_i0$  ( $i \geq 3$ ) [9,12]. Ассоциаты  $Ag_i0$  ( $i \geq 3$ ) являются глубокими центрами с уровнями ниже  $E_c - 0,6$  эВ и ведут себя в типичных соединениях как центры равновесной примесной фотопроводимости.

Одно и двухатомные центры  $Ag_i0$ ,  $Ag_20$  выделяются состояниями выше уровня  $E_c - 0,6$  эВ и в достаточно высокоомных соединениях играют роль как электронных ловушек, обуславливают ИПФ. Из-за значительного различия между сечениями захвата электрона ловушек  $Ag_i0$ ,  $Ag_2(i)$  ( $\sigma_{tn} = 10^{-14} - 10^{-16}$  (см. рис.2) и г-центра рекомбинации ( $\sigma_{rn} = 10^{-17} - 10^{-19}$  см<sup>2</sup> [13]) процессы повторного захвата электронов на ловушки преобладают над скоростью их рекомбинации. Как следствие, релаксация, связанной с  $Ag_i0$ ,  $Ag_2(i)$ -центрами, приобретает при частоте модуляции инфракрасного света  $f \geq 20$  Гц форму релаксации равновесной примесной фотопроводимости (рис. 2, кривая а'), в том числе и релаксации фотоответа от многоатомных ассоциатов  $Ag_i0$  ( $i \geq 3$ ).

Распределение центров  $Ag_i0$  ( $i \geq 1$ ) по энергии в широком интервале  $E_c - (0,20-1,2)$  эВ, однотипный характер релаксации соответствующих фотосигналов открывают возможность проконтролировать недостаточно исследованную экспериментально зависимость скорости захвата носителей заряда на ловушки от энергии, выделяемой при локализации. Ценность предпринятых исследований в том, что захват электронов на центры  $Ag_i0$  ( $i \geq 1$ ), несмотря на различие в их структуре, происходит в притягивающем поле заряда  $+e$ .

Релаксация равновесного и индуцированного примесного фотоответа, центров  $Ag_i0$  ( $i \geq 1$ ) на стадии спада носит биомолекулярный характер. Изменение на этой стадии числа фотоэлектронов  $n$  за время  $d_t$

$$d_n = -v_n \sigma_{tn} n^2 d_t. \quad (1)$$

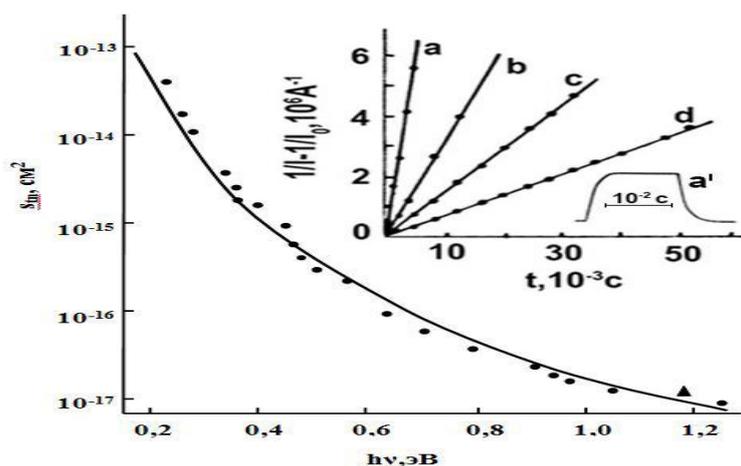
Решение дифференциального уравнения (1) представляет собой равенство

$$1/n - 1/n_0 = v_{tn} \sigma_{tn} t. \quad (2)$$

Здесь  $v_n$  - тепловая скорость электронов,  $n_0$  - стационарная концентрация фотоэлектронов. Кривые релаксации фотопроводимости  $CdS<Ag>$  в токово-временных координатах ( $1/I - 1/I_0$ ,  $t$ ), линейны (рис. 2, прямые а-d) в соответствии с выражением (2),  $I_0$ ,  $I$  - стационарные и текущие значения силы фототока.

Темными кружочками показаны экспериментальные значения сечения  $\sigma_{tn}$  в  $CdS<Ag>$ . Знаком «▲» выделены значения  $E_{tn}$ ,  $\sigma_{tn}$  электронного центра  $E_c - 1,18$  эВ в  $CdS<Cu>$  [15].

Вставки: а-d - кривые релаксации ИПФ в координатах [ $1/I - 1/I_0$ ,  $t$ ], построенные по данным измерения кинетики ИПФ в точках  $h\nu = 0,26, 0,31, 0,4$ , и  $0,46$  эВ; а' - типичная кривая релаксации ИПФ в  $CdS<Ag>$ , наблюдаемом при модулированном воздействии инфракрасным светом ( $h\nu = 0,26$  эВ).



**Рисунок 2.** - Зависимость сечения захвата носителей заряда электронной ловушки  $\sigma_{stn}$  [14] от энергии, выделяемой при локализации

Наклоны прямых  $1/\sigma_{stn} - I_0 = f(t)$ , определяемые сечениями  $\sigma_{stn}$ , а, следовательно, и сами сечения  $\sigma_{stn}$  (на рис. 2 выделены кружочками) уменьшаются с ростом энергии фотонов или, что то же самое, с увеличением энергии, выделяемой при захвате электронов. Ошибки измерений таковы, что истинные значения сечений укладываются в интервале  $\sigma_{stn} \times 10 \pm 1 \text{ см}^2$ . Уменьшение скорости захвата  $\sigma_{stn}$  с ростом энергии локализации носителей заряда может быть объяснено в рамках предположения о динамическом аспекте механизма захвата носителей заряда на электронные центры  $Ag_i^0 (i \geq 1)$ .

Нормированная в точке  $h\nu = 1.0 \text{ эВ}$  теоретическая зависимость  $\sigma_{stn} \sim E_{stn}^{-5}$  [14], справедливая для электронных центров безизлучательного захвата (рис. 2, сплошная кривая), удовлетворительно описывает экспериментальные данные, несмотря на пренебрежение в расчетах зависимостью сечений  $\sigma_{stn}$  от радиуса орбит соответствующих электронных центров. Возможно, что рост электронной орбиты центров  $Ag_i^0 (i \geq 1)$  с уменьшением глубины компенсируется увеличением их геометрических размеров.

**Вывод.** В кристаллах  $ZnSe$  обнаружена и исследована новая электронная ловушка, способная периодически переходить в непрерывных условиях из разряда медленного центра в разряд быстрого центра.

Установлена зависимость сечения захвата электронов от энергии, выделяемой при локализации носителей заряда на электронные ловушки, распределенные в широком интервале энергии.

Наблюдаемая падающая зависимость  $\sigma_{stn} = f(E_{stn})$  свидетельствует о безизлучательном захвате электронов на быстрые электронные ловушки.

#### Библиографический список:

1. Рывкин С.М. Фотоэлектрические явления в полупроводниках, М., ГИФМЛ, 1963, 573 с.

2. Ризаханов М.А., Зобов Е.М. N-образное нарастание и колебания примесного фототока в кристаллах CdSe<Cu>, Физика и техника полупроводников, 1979, том 13, №1, 2030-2032
3. Ризаханов М.А., Зобов Е.М. Регулирование примесным светом тока в кристаллах CdSe<Au> в области отрицательного дифференциала сопротивления. Физика и техника полупроводников, 1979, т.13, №5, с. 998-1000
4. Девлин С.С. Свойства переноса. С.417-464 (в кн. Физика и химия соединений АII BVI (пер. с англ. под ред. С.А. Медведева), М., изд. «Мир», 1970.
5. Зобов Е.М., Зобов М.Е., Ризаханов М.А. Термическая ионизация электронной ловушки  $E_c - 0.17$  эВ в  $Zn_{0,97}Cd_{0,03}S(Cu,Cl)$ , облегченная электромодуляцией ее эффективного сечения захвата, Письма в ЖТФ, 2012, т. 38, №1, 86-93.
6. Ризаханов М.А., Эмиров Ю.Н, Габибов Ф.С., Хамидов М.М., Шейнкман М.К. Природа оранжевой люминесценции в кристаллах CdS<Ag>, Физика и техника полупроводников, 1978, т. 12, №.7, с. 1342-1345.
7. Ризаханов М.А., Габибов Ф.С. Спектральные сдвиги полос индуцированной примесной фотопроводимости в кристаллах CdS<Ag>, Физика и техника полупроводников, 1979, т.13, №7, 1324-1328.
8. Ризаханов М.А., Зобов Е.М.. Неохлаждаемый примесный детектор ИК света среднего диапазона на основе неравновесно очувствленного CdS<Ag>, Физика и техника полупроводников, 1980, т.14, №12, с 2407-2410.
9. Ризаханов М.А., Хамидов М.М. Фотостимулированные явления нетепловой диффузии и ассоциации доноров в кристаллах ZnSe<Ag>, Письма в ЖТФ, 1985, т.11, №9, с.561-567.
10. Зобов Е.М., Гарягдиев Г.Г., Ризаханов М.А. Новые квазилинейчатые спектры индуцированной примесной фотопроводимости в CdS<Ag>, обусловленные рапсделенными донор-донорными парами, Физика и техника полупроводников, 1987, т. 21, №9, с.1637-1641.
11. Зобов Е.М., Ризаханов М.А. Инжекционное очувствление симметричных МПМ структур на основе CdSe<Ag> в среднем диапазоне ИК света., Физика и техника полупроводников, 1989, т.23, №7, с. 1291-1293.
12. Габибов Ф.С. Глубокие электронные центры, обуславливающие равновесную фотопроводимость в CdSe<Ag> в области  $h\nu > 0,6$  эВ. Фотоэлектрические явления в полупроводниках. Тезисы докл. II научной конференции, Ашхабад. Ылым. 1991, с. 39-40.
13. Лашкарев В.Е., Любченко А.В., Шейнкман М.К. Неравновесные процессы в фотопроводниках, 1981, Киев, "Наукова думка", 285 с.

#### References:

1. S. Rivkin Photoelectric phenomena in semiconductors, М., GIFML 1963, 573

р.

2. Rizakhanov M.A., E.M. Zobov N-shaped rise and fluctuations in the impurity photocurrent in crystals CdSe <Cu>, physics and technology of semiconductors, 1979, vol 13, №1, pp. 2030-2032.
3. Rizakhanov M.A., E.M. Zobov Adjusting the impurity in the light of current crystals CdSe <Au> in negative differential resistance. Physics and engineering of semiconductors, 1979, vol.13, №5, pp. 998-1000.
4. Devlin SS transfer properties. S.417-464 (in the book. Physics and chemistry of compounds AII VVI (trans. From English. Ed. S. Medvedev), M., ed., "Mir", 1970.
5. Zobov E.M., Zobov M.E., M.A. Rizakhanov Thermal ionization electron-electron traps  $E_c - 0.17$  eV in Zn<sub>0,97</sub>Cd<sub>0,03</sub>S (Cu, Cl), lightweight elektromodulyatsiey its effective capture cross section, Technical Physics Letters, 2012, vol 38, №1, pp. 86-93.
6. Rizakhanov M.A., JK Emirs, Habibov F.S., M.M. Khamidov, Sheinkman M.K. Nature orange luminescence in crystals CdS <Ag>, physics and technology of semiconductors, 1978, vol. 12, No. 7, pp.1342-1345.
7. Rizakhanov M.A., FS Habibov Spectral shifts bands induced impurity photoconductivity in crystals CdS <Ag>, physics and technology of semiconductors, 1979, vol .13, №7, pp.1324-1328.
8. Rizakhanov M.A., E.M. Zobov impurity detector Uncooled IR medium range light on the basis of nonequilibrium Sensing CdS <Ag>, physics and technology of semiconductors, 1980, vol .14, №12, pp. 2407-2410.
9. Rizakhanov M.A., M.M. Khamidov Fotostimulirovannye nonthermal effects of diffusion and donor associations in the crystals of ZnSe <Ag>, Technical Physics Letters, 1985, vol .11, №9, pp.561-567.
10. E.M. Zobov, G.G.Garyagdy, M.A. Rizakhanov, New quasiline spectra induced impurity photoconductivity in CdS <Ag>, due rapsredelennymi donor-donor pairs, physics and technology of semiconductors, 1987, vol .21, №9, s.1637-1641.
11. E.M. Zobov, M.A. Rizakhanov, Injection SENSITIVE JCI symmetric structures based on CdSe <Ag> in the middle range of IR light. Physics and technics of semiconductors, 1989, vol.23, №7, pp. 1291-1293.
12. F.S. Habibov, Deep electronic centers, causing the equilibrium photoconductivity in CdSe <Ag> in  $h\nu > 0,6$  eV. Photoelectric phenomena in semiconductors. Abstracts. II conference, Ashgabat. Ylym. 1991, pp. 39-40.
13. V.E.Lashkarev, A.V. Lubchenco, M.K.Sheinkman Non-equilibrium processes in photoconductors, 1981, Kiev, "Naukova Dumka", 285 p.
14. G.Ascarelli, S.Rodriguez, Recombination of electron and Donors in n-type Germanum , Phys.Rev., 1961, vol.124, pp. 1321-1327.
15. J.M. Steydio Photoconductive d' impurites dans le Sulfure de Cadmium dope Cuirve,- Ann. Soc. Sci., Bruxselles, 1974, vol.88, №1, pp. 357-380.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.36

*Исмаилов Т.А., Мирземагомедова М.М.*

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕРМО- ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ

*Ismailov T.A., Mirzemaгомедова M. M.*

#### RESEARCH OF STATIONARY OPERATING MODES OF THERMOELEC- TRIC HEATEXCHANGE DEVICES

*Аннотация.* Обоснована необходимость детального исследования термоэлектрических полупроводниковых теплообменных устройств. Выявлены отличительные особенности термоэлектрических устройств проточного типа, вызванные изменением температуры потоков теплоносителей вдоль спаев термоэлектробатарей.

Использованы системы дифференциальных уравнений, определяющих изменение температуры теплоносителей, исключив из них значения температур спаев. Построены математические модели для прямоточных и противоточных термоэлектрических тепловых насосов. Разработана математическая модель термоэлектрического теплообменного аппарата с условием, что теплоток в зазорах между полупроводниками отсутствуют. Построены зависимости температур охлаждаемой и нагреваемой жидкостей на выходе из теплообменного аппарата от коэффициента теплоотдачи к внутренней поверхности теплообменного аппарата и приведенного коэффициента теплоотдачи от внешней поверхности теплообменного аппарата. Доказано, что при одинаковом изменении значений коэффициента теплоотдачи к внутренней поверхности теплообменного аппарата и приведенного коэффициента теплоотдачи от внешней поверхности теплообменного аппарата уменьшение температуры охлаждаемой жидкости более ощутимо, чем увеличение температуры нагреваемой жидкости.

Обобщены основные результаты полученной модели, анализ проведен с использованием пакета MathCAD.

**Ключевые слова:** термоэлектричество, теплообменные устройства, термоэлектрические модули, полупроводниковые теплообменники.

**Abstract.** *The necessity of detailed research, relevant consume cal semiconductor heat transfer devices. Distinctive features of thermoelectric devices flow type caused by the change of temperature of streams of coolant along the junctions of termoelectromotoare are identified. Differential equations systems determining the temperature change of the coolants, excluding from them the values of the temperatures of the junctions are used. A mathematical model for parallel flow and counter-flow thermoelectric heat pumps has been constuctucted.*

*A mathematical model of a thermoelectric heat exchanger without any flows of heat in the gaps between the semiconductors has been developed. The cooled and heated liquids temperature dependences at the outlet of the heat exchanger from the heat transfer coefficient to the inner surface of the heat exchanger and reduced heat transfer coefficient from the outer surface of the heat exchanger have been constucted. It is proved that for the same values of heat transfer coefficient to the inner surface of the heat exchanger and reduced heat transfer coefficient from the outer surface of the heat exchanger reducing the temperature of fluid to be cooled significantly more than the increase in the temperature of the heated liquid. The main results obtained by the model are summarized. The analysis is carried out using MathCAD.*

**Key words:** *thermoelectricity, heatexchange devices, thermoelectric modules, semiconductor heat exchangers.*

**Введение.** Необходимость разработки и всестороннего исследования термоэлектрических полупроводниковых теплообменных устройств непосредственно связана с решением задач температурной стабилизации и управления режимами приборов и устройств с высокими тепловыми нагрузками. Несмотря на значительный прогресс в области термоэлектричества работы по полупроводниковым теплообменным устройствам (ТЭУ) практически отсутствуют.

Как показало исследование, в настоящее время не достаточно проанализированы различные тепловые схемы и режимы работы ТЭУ проточного типа, что, безусловно, препятствует широкому использованию их в народном хозяйстве.

**Постановка задачи.** Отличительной особенностью термоэлектрических устройств проточного типа является изменение температуры потоков теплоносителей вдоль спаев термоэлектробатареи, что определяет индивидуальные режимы работы термоэлементов на каждом элементарном участке длины батареи. Математические модели для прямоточных и противоточных термоэлектрических тепловых насосов (ТТН) с учетом изменения температур теплоносителей в виде системы дифференциальных уравнений, построенные в соответствии со схемой устройства, приведены в работе [1].

Они включают в себя уравнения холодо - и теплопроизводительности термобатареи на теплопоглощающих и тепловыделяющих спаях и уравнения теплового баланса для потоков теплоносителей.

Система уравнений в этом случае в безразмерной форме имеет следующий вид [1]:

$$\frac{d\Theta_1}{dx} = N(\Theta_1' - \Theta_1);$$

$$\frac{d\Theta_2}{dx} = \frac{\eta}{m} N(\Theta_2' - \Theta_2); \tag{1}$$

$$\Theta_1 - \Theta_1' = \beta(\gamma \cdot \Theta_1' - \frac{\gamma^2}{2} - \Delta\Theta');$$

$$\Theta_2' - \Theta_2 = m\beta(\gamma \cdot \Theta_2' + \frac{\gamma^2}{2} - \Delta\Theta');$$

где  $N = \frac{\alpha_1}{W} S$ ;  $\eta = \frac{W_1}{W_2}$ ;  $m = \frac{Bi_1}{Bi_2}$ ;  $\beta = Bi_1^{-1}$ ;  $Bi_{1,2} = \alpha_{1,2}d / \lambda$  ;  $S = lL$  ;

$$\Delta\Theta' = \Theta_2' - \Theta_1' .$$

$\Theta_1, \Theta_2$  - температуры охлаждаемых и нагреваемых теплоносителей соответственно;

$x$  - координата на оси OX, направленной вдоль термобатареи;

$l$  - длина термобатареи вдоль потока теплоносителей;

$\alpha_1, \alpha_2$  - коэффициенты теплоотдачи на охлаждаемых и нагреваемых сторонах термобатареи соответственно;

$d$  - высота термоэлемента;

$\lambda$  - коэффициент теплопроводности термоэлемента;

$L$  - ширина термобатареи;

$W_1, W_2$  - водяные эквиваленты охлаждаемых и нагреваемых теплоносителей.

**Методы исследования.** Для получения системы дифференциальных уравнений, определяющих изменение температуры теплоносителей вдоль координаты  $X$ , исключим из выше указанных уравнений значения температур спаев  $\Theta_1'$  и  $\Theta_2'$ .

Решение такой системы для прямоточных ТТН имеет вид:

$$\begin{aligned} \Theta_1(x) &= \frac{1}{\Psi} [\Theta_1^*(\Psi ch\Psi x - vsh\Psi x) + \Theta_2^* b \eta sh\Psi x] e^{-Ux} - 1 + \frac{v}{2}; \\ \Theta_2(x) &= \frac{1}{\Psi} [\Theta_2^*(\Psi ch\Psi x + vsh\Psi x) + \Theta_1^* b \eta sh\Psi x] e^{-Ux} - 1 - \frac{v}{2}. \end{aligned} \tag{2}$$

где:

$$\Theta_1^* = \Theta_1^H + 1 - \frac{\nu}{2}; \quad \Theta_2^* = \Theta_2^H + 1 + \frac{\nu}{2}; \quad H_1 = 1 + \nu - \nu^2 m \beta, \quad H_2 = 1 - \nu - \nu^2 \beta;$$

$$U = \frac{b}{2}(H_1 + \eta H_2); \quad \nu = \frac{b}{2}(H_1 - \eta H_2); \quad \Psi = \sqrt{\nu^2 + \eta b^2}; \quad b = \frac{KS}{W_1}.$$

При граничных условиях:  $\Theta_1|_{x=0} = \Theta_1^H; \Theta_2|_{x=0} = \Theta_2^H;$

Решение данной системы дифференциальных уравнений для случая противотока имеет вид:

$$\Theta_1(x) = \frac{\Theta_2^*[Ush\varphi(1-x) + \varphi ch\varphi(1-x)] + \Theta_1^* b e^{\varphi x} sh\varphi x}{(Ush\varphi + \varphi ch\varphi)e^{\varphi x}} - (1 - \frac{\nu}{2}); \quad (3)$$

$$\Theta_2(x) = \frac{\Theta_2^*(Ush\varphi x)e^{\varphi x} + \Theta_1^* b \eta sh\varphi(1-x)}{(Ush\varphi + \varphi ch\varphi)e^{\varphi x}} - (1 + \frac{\nu}{2}).$$

при граничных условиях:  $\Theta_1|_{x=0} = \Theta_1^H; \Theta_2|_{x=0} = \Theta_2^H.$

где  $\varphi = \sqrt{U^2 - \eta b^2}; \varphi^2 > 0$

Приведенная математическая модель разрабатывалась в предположении, что теплоперетоки в зазорах между полупроводниками отсутствуют.

Рассмотрим трубчатый термоэлектрический теплообменный аппарат, стенки которого изготовлены из полупроводниковых термоэлектрических элементов, соединенных последовательно, причем, снаружи аппарат обретен продольными ребрами на рисунке 1.

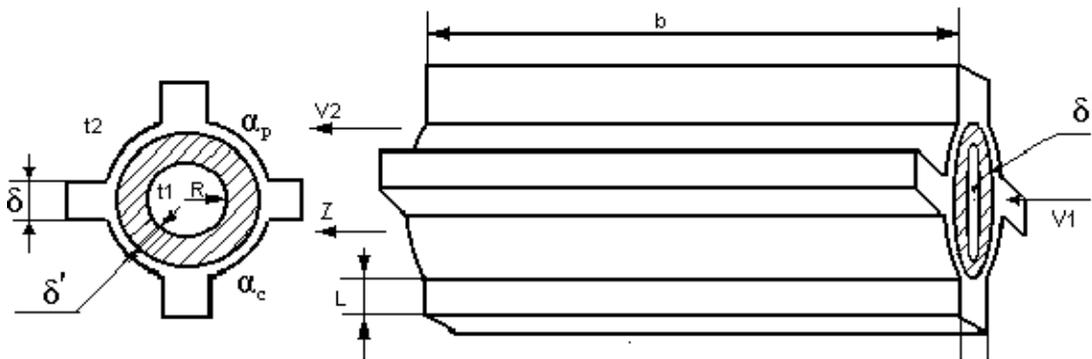


Рисунок 1. - Принципиальная схема термобатареи с продольными ребрами

На рисунке 1 термобатареи заштрихованы. С одного конца в термоэлектрический теплообменник втекает жидкость со скоростью  $V_1$ , а снаружи теплообменник в этом же направлении  $Z$  омывается другой жидкостью со скоростью  $V_2$ . Необходимо составить математическую модель указанного процесса, позволяющую определить температуры жидкостей вне и внутри теплообменника, на его выходе при учете указанного типа оребрения.

При составлении математической модели предполагалось, что значение коэффициента теплопроводности ребра достаточно велико, а его линейные размеры таковы, что можно допустить изменение температуры в нем только на высоте, и коэффициент теплоотдачи от поверхности ребра к окружающей среде считается постоянным для всей поверхности.

Используя дифференциальные уравнения [2], описывающие изменение температуры при сделанных выше допущениях, а также теплового баланса на спаях термобатарей в стационарном режиме, получим систему обыкновенных дифференциальных уравнений, определяющих изменение температур жидкостей вдоль теплообменника:

$$\frac{d\Theta_1}{dx} = b_1 \left\{ [v^2 m_1 \beta - (1+v)] \Theta_1 + \Theta_2 + \frac{v^2}{2} [1 + (2-v)m_1 \beta] \right\}, \quad (4)$$

$$\frac{d\Theta_2}{dx} = \eta b_1 \left\{ [v^2 \beta - (1-v)] \Theta_2 + \Theta_1 + \frac{v^2}{2} [1 + (2+v)\beta] \right\}. \quad (5)$$

$$\text{где } b_1 = 2\pi R \frac{bK}{W_1}; \quad K = \left[ \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_{np}} + \frac{\delta'}{\lambda_1} + v \left( \frac{1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_{np}} - \frac{v\lambda_1}{\alpha_1 \alpha_{np} \delta'} \right) \right]^{-1}.$$

Данная система уравнений позволяет определить температуры жидкостей вдоль теплообменника, в частности, на выходе из него при  $x=1$ .

Полученная система уравнений, хотя и совпадает по виду с системой, приведенной в работе [3], отличается от нее коэффициентами, учитывающими конфигурацию теплообменника и наличие на нем продольных ребер.

**Обсуждение результатов.** Рассмотрим основные результаты, полученные при расчетах теплообменного аппарата проточного типа с продольными ребрами. В данном случае рассмотрим распределение температуры как внутри теплообменного аппарата, так и снаружи.

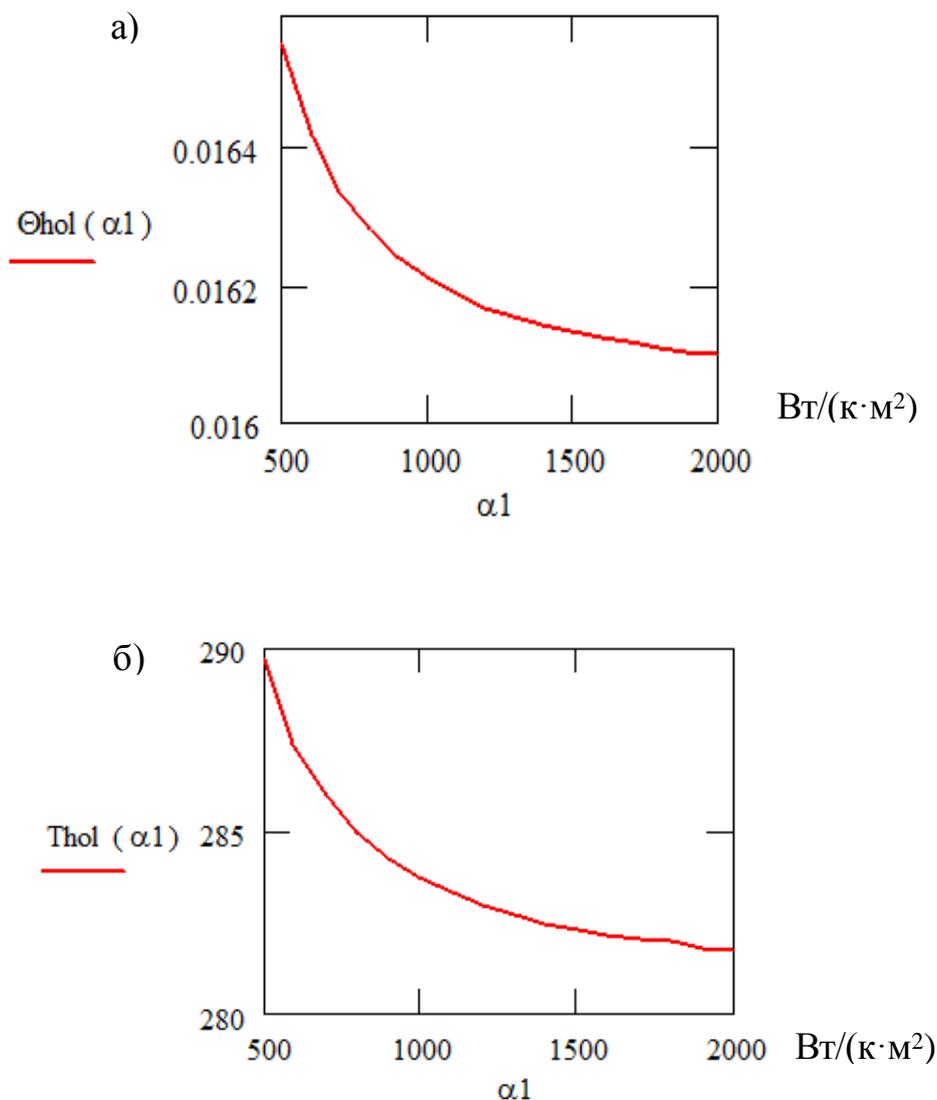
При этом считаем, что охлаждаемая жидкость протекает внутри теплообменного аппарата, а нагреваемая – снаружи.

Для определения степени влияния условий теплообмена между стенками теплообменного аппарата и температурами протекающих охлаждаемых и нагреваемых жидкостей, построены зависимости температур охлаждаемой и нагреваемой жидкостей на выходе из теплообменного аппарата от коэффициен-

та теплоотдачи к внутренней поверхности теплообменного аппарата и приведенного коэффициента теплоотдачи от внешней поверхности теплообменного аппарата.

Данные зависимости соответственно показаны на рис.2. и рис.3.

График зависимости температуры охлаждаемой жидкости на выходе из теплообменного аппарата от коэффициента теплоотдачи к внутренней поверхности теплообменного аппарата имеет убывающий характер.

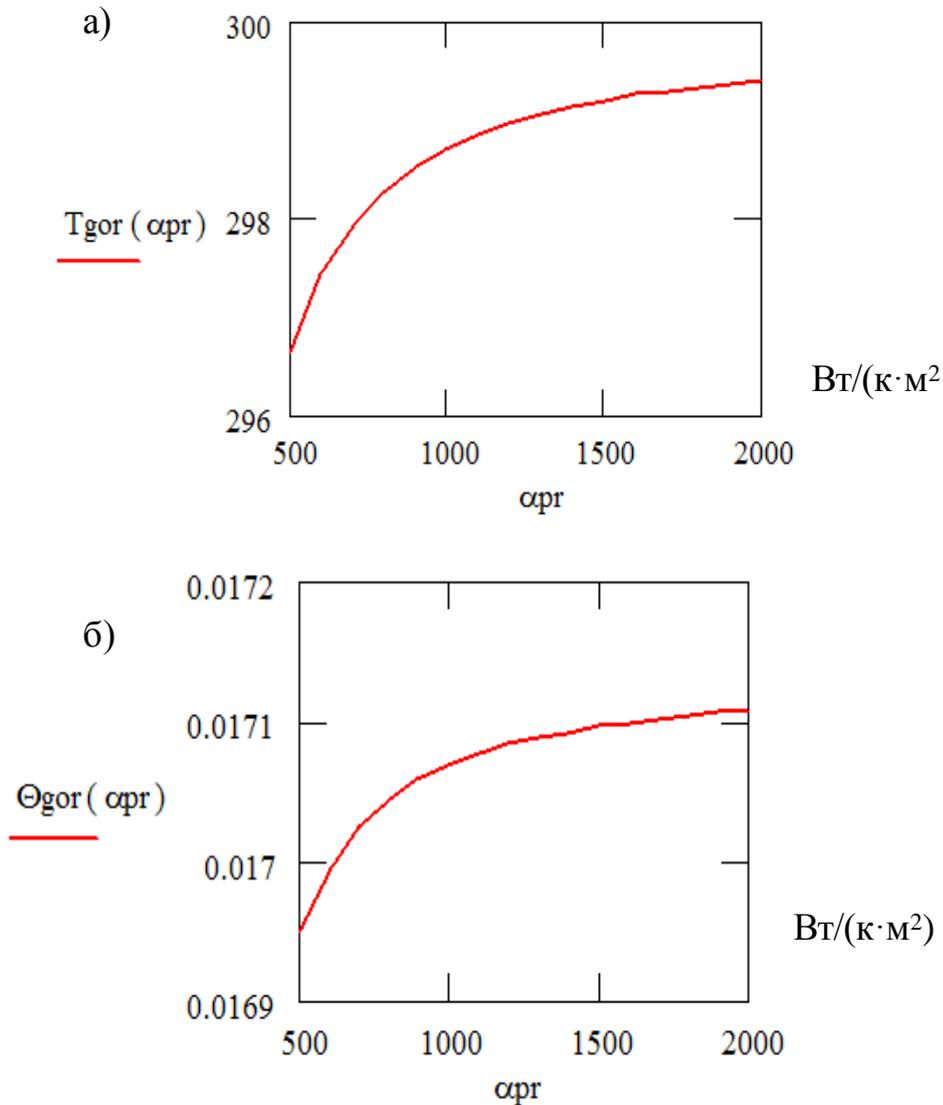


**Рисунок 2.-** Зависимость температуры охлаждаемой жидкости на выходе из теплообменного аппарата от коэффициента теплоотдачи к внутренней поверхности трубы при токе питания 8 А

(а – безразмерная температура, б – температура в К)

При увеличении коэффициента теплоотдачи к внутренней поверхности теплообменного аппарата с 500 Вт/(К·м<sup>2</sup>) до 2000 Вт/(К·м<sup>2</sup>) температура охлаждаемой жидкости уменьшается с 290 К до 282,5 К при величине электрического тока 8 А.

График зависимости температуры нагреваемой жидкости на выходе из теплообменного аппарата от приведенного коэффициента теплоотдачи от внешней поверхности теплообменного аппарата имеет возрастающий характер.



**Рисунок 3.** - Зависимость температуры охлаждаемой жидкости из теплообменного аппарата от приведенного коэффициента теплоотдачи от внешней поверхности теплообменного аппарата  
(а – безразмерная температура, б – температура в К)

При увеличении приведенного коэффициента теплоотдачи от внешней поверхности теплообменного аппарата с 500 Вт/ К·м<sup>2</sup> до 2000 Вт/ К·м<sup>2</sup> температура нагреваемой жидкости на выходе теплообменного аппарата увеличивается с 296,7 К до 299,5 К.

**Вывод.** Как видно из полученных данных, при одинаковом изменении значений коэффициента теплоотдачи к внутренней поверхности теплообменного аппарата и приведенного коэффициента теплоотдачи от внешней поверхности теплообменного аппарата уменьшение температуры охлаждаемой жидкости

более ощутимо, чем увеличение температуры нагреваемой жидкости (для охлаждаемой жидкости уменьшение температуры составило 7,5 К, а для нагреваемой жидкости увеличение температуры составило 3 К).

Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании термоэлектрических теплообменных аппаратов подобного типа. В частности, увеличивать приведенный коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности теплообменного аппарата за счет более развитого оребрения.

Таким образом, получены математические модели стационарных режимов работы термоэлектрических теплообменных устройств проточного типа.

### **Библиографический список:**

1. Цветков Ю.Н., Исмаилов Т.А. Термоэлектрические системы кондиционирования системы кондиционирования воздуха и приборы контроля. – Л.: Энергоатомиздат, ленинградское отделение, 1988. – 240 с.
2. Мурадова М.М., Гаджиева С.М. Моделирование стационарных режимов интенсификаторов теплопередачи с поперечными ребрами. – Изв.вузов., Приборостроение, 2000. -№ 5. – С. 48 -50.
3. Мурадова М.М. Моделирование стационарных режимов работы термоэлектрических теплообменных аппаратов. Изв.вузов., Приборостроение.- 2004.- № 7, С. 29-31.

### **References:**

1. Yu. Tsvetkov, T.A. Ismailov Thermoelectric air conditioning systems air conditioning systems and control devices. - L. : Energoatomisdat, Leningrad department, 1988. - 240 p.
2. M.M.Muradova, S.M. Gadzhiev Simulation of stationary modes of heat transfer intensifiers with transverse ribs. - Izv.vuzov, Instrument, 2000. -№ 5. -. p. 48-50.
3. M. Muradova Simulation of steady-state operation of thermoelectric heat exchangers. Izv.vuzov., 2004.- Priborostroenie.- number 7, pp. 29-31.

УДК 621.382.002

*Саркаров Т.Э., Шангереева Б.А., Шахмаева А.Р.*

## ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРАНЗИСТОРНЫХ СТРУКТУР СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

*Sarkarov T. E., Shangereeva B.A., Shakhmaeva A.R.*

## TECHNOLOGY OF MANUFACTURING OF TRANSISTOR STRUCTURES POWER ELECTRONICS

**Аннотация.** *Обосновано, что перспективным направлением развития силовой электроники являются интеллектуальные силовые компоненты: интегрированные силовые микросхемы, ключи и модули. Систематизированы приборы силовой электроники в области коммутируемых токов до 50 А. Обобщены результаты проведенного исследования технологии изготовления структуры полевого полупроводникового транзистора типа КП 961.*

*Решена задача оптимизации технологии изготовления транзисторных структур силовой электроники с целью улучшения выходных характеристик и надежности прибора. Особое внимание уделяется способам повышения надежности, стабильности и долговечности работы транзисторов в различных режимах и условиях эксплуатации. С целью совершенствования технологии были получены расчетные модели формирования областей стоковой и затворной области, проведены экспериментальные исследования.*

*Предложены оптимизированные процессы этапов формирования исследуемой структуры транзистора. Построены графики зависимостей на структурах транзисторов, выращенных по приведенной технологии.*

*Разработан маршрут технологии изготовления структуры полевого транзистора типа КП 961.*

**Ключевые слова:** *полупроводниковый транзистор, силовая электроника, полевой транзистор, характеристики, технология, прибор, структура, кристалл, надежность, сопротивление.*

**Abstract.** *It is proved that a prospective direction of electronic power development are intelligent power components: integrated power ICS and modules. Power electronic devices in the field of switched currents up to 50 A are arranged. The results of the semiconductor structures manufacturing technology study, field effect transistor type KP 961 are summarized.*

*The manufacturing technology optimization problem of the transistor structures for power electronics to improve the output characteristics and reliability of the device has been solved. Special attention is paid to the reliability increasing methods, stability and durability of transistors in various modes and operating conditions. To*

*improve the technology some computational model for the stock and the sealing areas formation have been obtained as well as experimental studies have been carried out.*

*Optimised process stages of the transistor structure formation have been proposed. The charts on the structures of transistors grown at the given technology have been made. The manufacturing technology route structure of a field effect transistor of the KP 961 type has been developed.*

**Key words:** *transistor semiconductor, power electronics, field-effect transistor, characteristics, technology, device, structure, crystal, reliability, resistance.*

**Введение.** Силовая электроника - одна из бурно развивающихся областей электроники в XXI веке. Наиболее перспективным направлением являются интеллектуальные силовые компоненты: интегрированные силовые микросхемы, ключи и модули.

Это направление стремительно развивается благодаря успехам в совершенствовании технологии изготовления и значительному улучшению параметров мощных полевых транзисторов (MOSFET), биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), силовых драйверов более высокой степени интеграции. Интеграция схем управления (драйверов, контроллеров) в силовые ключи и затем в исполнительные устройства и механизмы стала и необходимым, и оправданным шагом.

На наш взгляд, в настоящее время, а тем более в будущем, интеллектуальным силовым компонентам в силовой электронике альтернативы не предвидится [1].

Силовая электроника (Power Electronics) базируется на ключевых режимах преобразования энергии и связана с современными методами анализа и синтеза электронных цепей, которые обеспечивают эффективное преобразование, управление и регулирование электрической энергии с помощью силовых полупроводниковых приборов.

Основными приборами силовой электроники в области коммутируемых токов до 50 А являются:

- диоды (Diodes);
- тиристоры (Thyristors, SCR);
- биполярные транзисторы (BPT);
- биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT);
- полевые транзисторы с изолированным затвором (MOSFET);
- силовые интегральные схемы (Power IC);
- интеллектуальные силовые интегральные схемы (Smart Power IC).
- БСИТ-транзистор (биполярный транзистор со статической индукцией, Bipolar Static Induction Transistor);
- транзисторы кремниевые ключевые эпитаксиально-планарные с вертикальным каналом со статической индукцией; предназначены для приме-

нения в схемах высокочастотных источников питания и в других быстродействующих ключевых схемах радиоэлектронной аппаратуры; выпускаются в пластмассовых корпусах[2].

Все вышеперечисленные приборы широко используются в различных устройствах специальной и бытовой техники, таких, как плееры, телевизоры, автомобили, стиральные машины и компьютеры.

Полупроводниковые приборы прочно вошли в нашу жизнь, их характеристики продолжают совершенствоваться, а цена – снижаться. Особенно характерно это на примере компьютеров, когда сложность и характеристики современного компьютера значительно превышают возможности персональных компьютеров пятилетней давности.

Прогресс в области вычислительной техники значительно превышает и в других областях техники. Например, невозможно представить улучшение характеристик автомобиля в пять раз (по мощности и скорости) за пять лет по той же самой цене. Тем не менее, когда речь идет о персональных компьютерах, такие ожидания вполне реальны.

Определяющим фактором такого прогресса является совершенствование технологии производства транзисторов и микросхем, их микроминиатюризация, в частности на основе полевых транзисторов. Характеристики этих устройств улучшаются год от года, потребляемая мощность снижается, их стоимость уменьшается. Поэтому изучение физики работы таких приборов, технологии их производства и применения в различных областях является весьма актуальной темой.

**Постановка задачи.** Развитие полупроводниковых приборов происходит весьма быстрыми темпами. Разрабатываются приборы для работы в области высоких частот, мощностей и температур при минимизации их размеров.

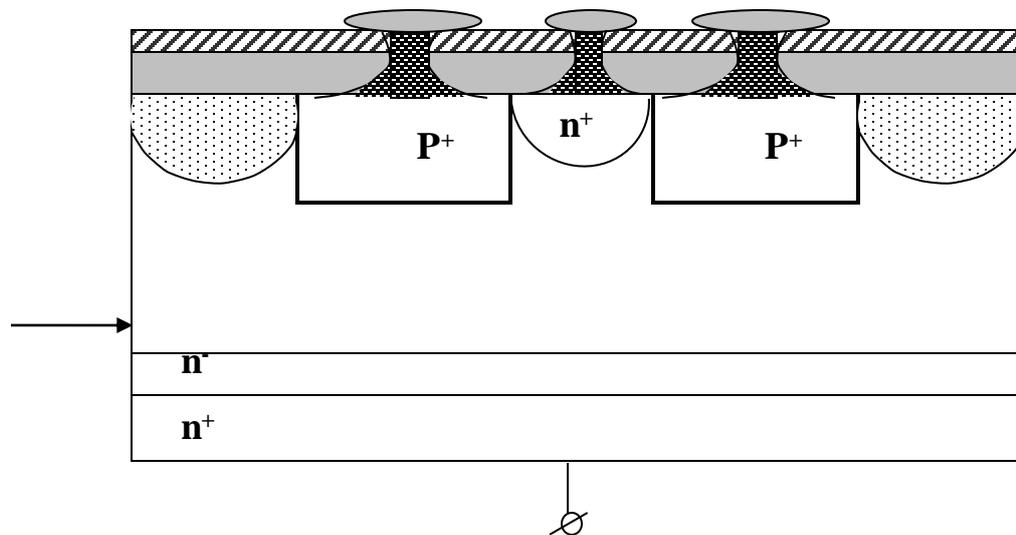
Особое внимание уделяется повышению надежности, стабильности и долговечности работы транзисторов в различных режимах и условиях эксплуатации. Наиболее важным направлением развития электроники является [3] миниатюризация приборов. Это связано с бурным развитием микроэлектроники и вычислительной техники с цифровой обработкой различной информации.

С учетом данных положений основной задачей исследований является оптимизация технологии изготовления транзисторных структур силовой электроники с целью улучшения выходных характеристик и надежности прибора.

**Методы исследования.** В научно-исследовательской лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств при ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет» были проведены исследования и разработан маршрут изготовления полевого транзистора типа КП 961.

Основными недостатками исследуемого транзистора являются большие значения: тока утечки сток-исток от температуры корпуса, тока утечки сток-исток от температуры корпуса, сопротивления сток-исток в открытом состоянии. Все эти электрофизические параметры зависят от технологии изготовле-

ния полупроводниковых приборов, в особенности при формировании активных областей транзисторной структуры[4].



**Рисунок 1** - Структура полевого транзистора КП -961

**Обсуждение результатов.** Для совершенствования технологии были получены расчетные модели формирования областей стоковой области, затворной области и проведены экспериментальные исследования.

**Вывод.** В результате экспериментальных исследований получена оптимальная технология формирования активной области, которая приведена в таблице 1[5].

**Таблица 1-** Основные этапы изготовления структуры исследуемого транзистора

п/п №	Технологические операции	Температура, °С	Длительность процесса	Глубина диффузионного слоя, мкм
1.	Разгонка бора	1200	240±10	6,7±0,3
2.	Разгонка бора	1125	15±5	2,3±0,2
3.	Разгонка фосфора	1160	10±4	1,3±0,2

В результате экспериментальных исследований построены следующие графики зависимостей на структурах транзисторов, выращенных по приведенной технологии (рис. 2-5):

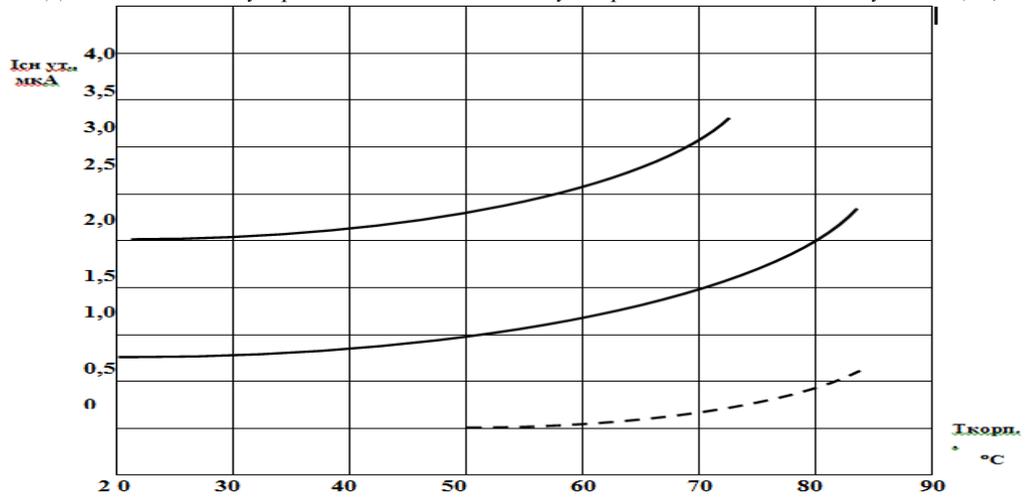


Рисунок 2. - Зависимость тока утечки сток-исток от температуры корпуса

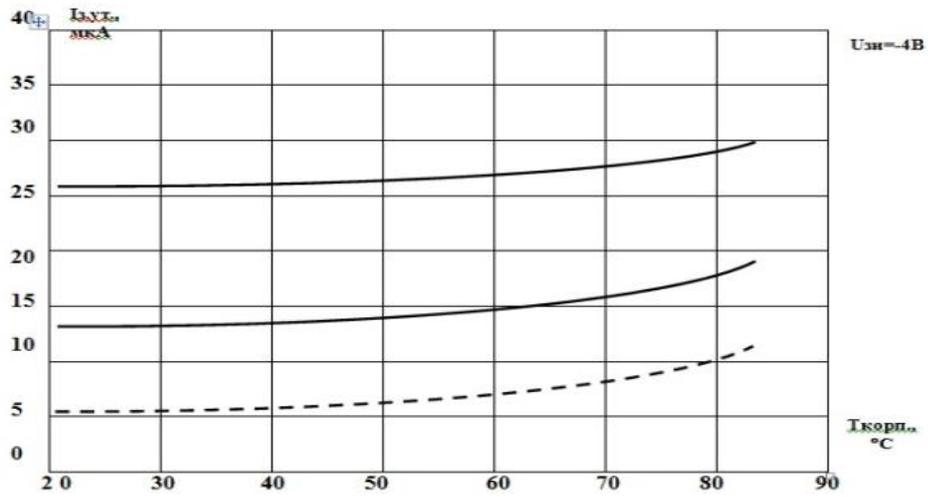


Рисунок 3. - Зависимость тока утечки затвора от температуры корпуса

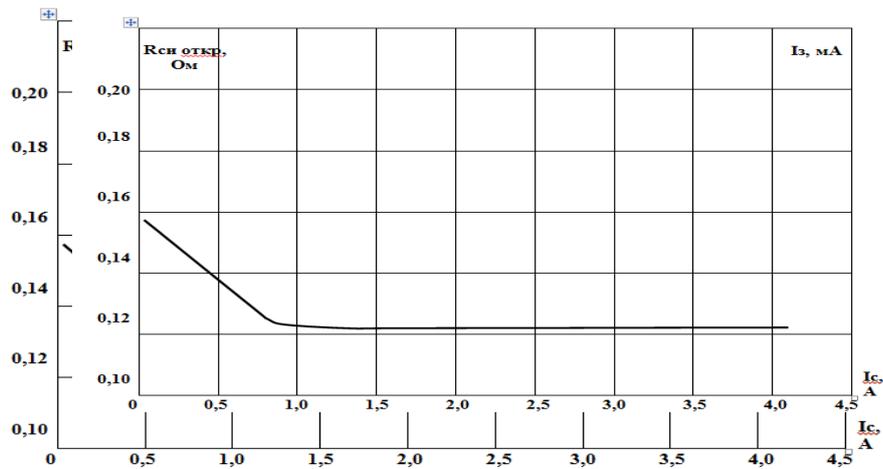
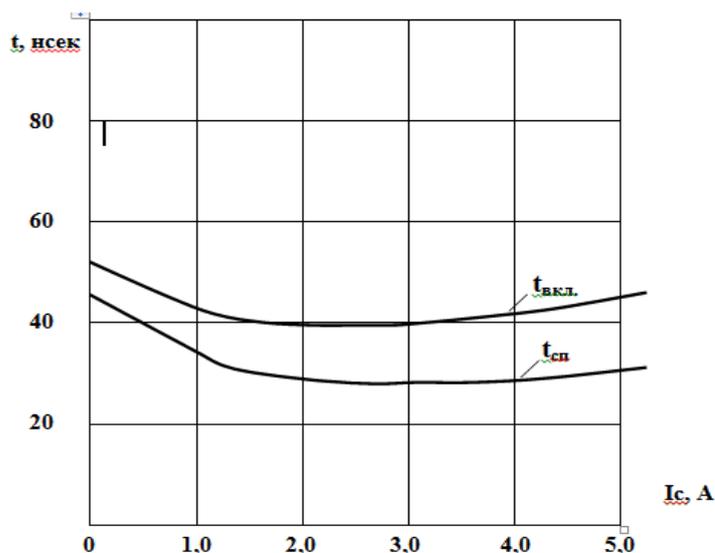


Рисунок 4. - Зависимость сопротивления сток-исток в открытом состоянии от тока стока



**Рисунок 5.** – Зависимость временных параметров  $t_{сп}$  и  $t_{вкл.}$  от тока стока

На основании проведенного исследования нами построен маршрут технологии изготовления структуры КП 961:

1. Формирование пластин
2. Химическая обработка (2-х стад.)
3. Окисление ( $d_{SiO_2}=0,11\pm 0,02$  мкм)
4. Осаждение нитрида кремния ( $d=0,2\pm 0,03$  мкм)
5. Фотолитография I (1-ый слой,  $d_{SiO_2}=3,0\pm 0,3$  мкм)
6. ПХТ нитрида кремния (без задубливания, до остаточной толщины окисла  $SiO_2$ )
7. Снятие фоторезиста
8. Дотравливание  $SiO_2$  в буферном травителе до скатывания ( $\tau=1\div 1,5$  мин.)
9. Химическая обработка
10. НТО ( $T=725^\circ C$ ,  $20\div 30$ )
11. Снятие БСС
12. Разгонка бора ( $T=1200^\circ C$ ,  $\tau=4$  часа,  $X_j=6,7\pm 0,3$  мкм в  $N_2$  большой
13. Расход+ $O_2$  мал.  $5\div 15$  л/ч,  $d_{SiO_2}$  после разгонки  $\leq 0,15$  мкм,  $R_S=350\pm 100$  Ом/см)
14. Химическая обработка
15. Диффузия бора II ( $T=1125^\circ C$ ,  $R_S=170\pm 10$  Ом/см,  $X_j=2,3\pm 0,2$  мкм)
16. Раскисление БСС в паре ( $T=725^\circ C$ ,  $\tau=30\div 60$  мин.)
17. Фотолитография II
18. ПХТ нитрида кремния (до остаточной толщины окисла  $SiO_2$ )
19. Травление БСС
20. ВАХ ( $U_{КБ}=200В$ ,  $I=20$  мкА)
21. Травление  $SiO_2$  (под маску нитрида кремния  $-Si_3N_4$ ,  $\tau=20\div 30$  мин)
22. Окисление ( $d_{SiO_2}=0,9\pm 0,1$  мкм)
23. ПХТ нитрида кремния (до остаточной толщины окисла  $SiO_2$ )

24. Дотравливание в буферном травителе ( $\tau=1\div 1,5$  мин.)
25. Диффузия фосфора ( $T=1160^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau=4$  часа 40 мин.,  $X_j=1,3\pm 0,2$  мкм.)
26. Химическая обработка
27. Фотолитография 5-слой (контактные окна, т/задубливание)
28. Травление в окнах ( $\tau=8\div 10$  мин.)
29. Снятие фоторезиста
30. Снятие ФСС (до скатывания  $\tau=6-9$  сек.)
31. Химическая обработка 2-х стадийная
32. Подсветление – осветление (1:10 или 1:20  $\tau=4-6$ сек.)
33. Напыление алюминия ( $d=2,5\pm 0,5$  мкм)
34. Фотолитография IV (задубливание фоторезиста)
35. Травление Al
36. Снятие фоторезиста
37. Отмывка в DI воде
38. Вжигание при  $T=475^{\circ}\text{C}$
39. Контроль ВАХ
40. Обработка перед напылением (1:10  $\tau=5$  сек.)
41. Напыление Ti-Ce-Al
42. Контроль электрических параметров

#### **Библиографический список:**

1. Электроника: Наука, Технология, Бизнес 3/2007. -26-29 с.
2. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебн. пособие, М.: Высшее образование, Юрайт- Издат. 2009.- 463 с.
3. Взаимозаменяемые транзисторы. Справочник. Петухов В. М. - 2-е изд., стереотип.- М.: ИП РадиоСофт, 2011.- 384 с.
4. Транзисторы: Справочник / О. П. Григорьев, В. Я. Замятин, Б. В. Кондратьев, С. Л. Пожидаев - М.: Радио и связь, 1989. - 272 с.
5. Полевые транзисторы. Справочник. Гришина Л. М., Павлов В. В. - М.: Радио и связь, 1982. - 72 с.

#### **References:**

1. Electronics: Science, Technology, Business 3/2007. –pp.26-29.
2. Staroselsky VI Physics of Semiconductor Devices micro-electronics: Training. manual, M.: Higher Education, Yurayt- Due dates. 2009.- 463 p.
3. Interchangeable transistors. Directory. Petukhov VM - 2 nd ed, stereotip.- M.: IP RadioSoft, 2011.- 384 p.
4. Transistors: Directory / OP Grigoriev, V. Ya Zamyatin, B. V. Kondratiev, SL Pozhidaev - M.: Radio and Communications, 1989. - 272 p.
5. Field effect transistors. Directory. Grishin, LM, Pavlov VV - M.: Radio and Communications, 1982. - 72 p.

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 620.194.519.2

*Абаев З.К., Бачиев Б.А.*

### РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ ГАЗОПРОВОДОВ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

*Abaev Z.K., Bachiey B.A.*

### DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEM FOR MONITORING OF STRESS CORROSION CRACKING OF THE PIPELINE UNDER TENSION

*Аннотация.* Выявлена тенденция развития программно-технических средств, обеспечивающих автоматизированный контроль и управление основными и вспомогательными технологическими процессами транспортировки газа через систему магистральных газопроводов.

Определена последовательность этапов создания программного обеспечения системы мониторинга коррозионного растрескивания под напряжением (КРН). Показана разработка новых полезных адекватных регрессионных моделей, определяющих уровень риска коррозионного растрескивания под напряжением. Представлен алгоритм ранжирования участков магистрального газопровода (МГ) по склонности к КРН. Разработано адекватное уравнение регрессии, определяющее уровень риска КРН. Для учета срока эксплуатации магистрального газопровода предлагается использовать переменную «ранг опасности КРН ( $R_{SCC}$ )» на основе методов нечеткой логики. Реализация нечеткой модели осуществлялась с использованием графических средств системы MATLAB с использованием пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox. Показан алгоритм работы разработанной программы, а также экранные формы.

**Ключевые слова:** коррозионное растрескивание под напряжением, КРН, газопроводы, мониторинг, система управления, программное обеспечение, уровень риска.

**Abstract.** The software and hardware development tendency, providing the automated monitoring and control of basic and auxiliary technological processes of gas transportation via system of main gas pipelines has been revealed. The article discusses the stages of creation of the software of system of monitoring corrosion cracking under tension (SCC). The new useful adequate regression models development determining the risk level of LCC is shown. A ranking sections algorithm of main gas

*pipeline (MG) on the propensity to SCC is presented. Adequate developed regression equation determining the LCC risk level has been developed. To count the main gas pipeline lifetime the variable rank of the danger of SCC (RSCC) on the basis of methods of fuzzy logic is proposed to use. Implementation of the fuzzy model was carried out using the graphical tools developed in MATLAB using the expansion pack Fuzzy Logic Toolbox. The working algorithm of developed program and the screen forms are presented.*

**Key words:** *corrosion stress cracking, stress-corrosion, pipeline, monitoring, system management software, the level of risk.*

**Введение.** Для обеспечения конструктивной надежности магистральных газопроводов (МГ), в частности, для выявления подверженности к коррозионному растрескиванию под напряжением (КРН) разработано и внедрено значительное количество методов мониторинга их состояния, в том числе и дистанционных [1]. Однако большинство из них ориентируется на диагностировании одного или нескольких связанных параметров состояния газопровода, что ведет к получению односторонней и далеко не полной информации [2]. Помимо этого, не разработаны и не реализованы алгоритмы мониторинга и ранжирования участков магистральных газопроводов, предрасположенных к КРН, учитывающие особенности данных участков.

Современные тенденции развития программно-технических средств газотранспортной отрасли ориентированы на повсеместный переход к управлению производственно-технологическим комплексом в режиме реального времени, при котором обеспечивается автоматизированный контроль и управление основными и вспомогательными технологическими процессами транспорта газа через систему магистральных газопроводов [3].

**Постановка задачи.** Для решения задач мониторинга коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) техническая система должна выполнять следующие основные функции:

- получение исходных данных для проведения вычислений;
- определение уровня риска КРН участка;
- определение ранга опасности участка;
- ранжирование участков по склонности к КРН;
- оповещение оператора о текущем состоянии МГ;
- формирование и выдача рекомендаций оператору.

**Методы исследования.** Для успешного выполнения этих функций предлагается три уровня аппаратно-программной реализации:

- нижний уровень - датчики и измерительные преобразователи;
- средний (контроллерный) - сбор данных от первичных преобразователей, и передача их на верхний уровень;
- верхний уровень - обработка, хранение и представление полученной информации.

Самой важной составляющей системы является программное обеспечение (ПО), установленное на автоматизированном рабочем месте оператора.

**Обсуждение результатов.** Для создания соответствующего ПО требуется последовательное проведение нескольких этапов исследований.

**Этап 1.** На первом этапе разрабатывалась математическая модель, описывающая процессы КРН.

Для построения регрессионной модели процессов КРН используется план Бокса с количеством опытов:

$$N = 2^n + n \cdot 2 = 8 + 6 = 14, \quad (1)$$

где  $n = 3$  — количество независимых переменных.

Выбор данного плана обоснован тем, что D-оптимальными являются планы, имеющие максимальное значение определителя матрицы M или минимальное  $M^{-1}$ . В этом случае рассматривается не дискретное распределение заданного числа опытов по отдельным экспериментальным точкам, а некоторая непрерывная функция, определяющая частоту наблюдений в точках плана [4].

В качестве независимых переменных выступали: значение pH грунта (pH), величина механических напряжений ( $\sigma$ ) и величина защитного потенциала ( $\phi$ ).

В качестве зависимой переменной выступает уровень риска КРН (Y), численно характеризующийся отношением ползучести «эталонного» образца к ползучести образца, соответствующего опыта. За «эталонную» ползучесть принята ползучесть, соответствующая появлению первых дефектов КРН.

Исследовались образцы на одноосное напряженное состояние из стали X70 в различных коррозионных средах. Время каждого испытания 14 суток. Каждый день снимались показания измерителя часового типа ИЧ-10 и строились графики изменения ползучести [5]. Результаты экспериментов и приведены в таблице 1.

**Таблица 1-** Матрица планирования и результаты эксперимента

№ опыта	Безразмерный масштаб			Размерный масштаб			$\Delta L$ , мкм	Уровень риска КРН – Y, доли ед.
	X1	X2	X3	pH, ед.	$\phi$ , [В]	$\sigma$ , доли от $\sigma_{\text{д}}$		
1	-1	-1	-1	2	0,5	0,5	37,5	0,25
2	+1	-1	-1	9	0,5	0,5	4,5	0,03
3	-1	+1	-1	2	3,5	0,5	70,5	0,47
4	+1	+1	-	9	3,5	0,5	48	0,32
5	-1	-1	+1	2	0,5	0,9	90	0,60
6	+1	-1	+1	9	0,5	0,9	60	0,40
7	-1	+1	+1	2	3,5	0,9	139,5	0,93
8	+1	+1	+1	9	3,5	0,9	102	0,68
9	-1	0	0	2	2	0,7	94,5	0,63
10	+1	0	0	9	2	0,7	72	0,48
11	0	-1	0	5,5	0,5	0,7	64,5	0,43
12	0	+1	0	5,5	3,5	0,7	120	0,80
13	0	0	-1	5,5	2	0,5	60	0,40
14	0	0	+1	5,5	2	0,9	105	0,65

Безразмерные значения независимых переменных в таблице:

$$X_1 - \text{независимая переменная} \quad X_1 = \frac{pH - \overline{pH}}{\Delta pH};$$

$$X_2 - \text{независимая переменная} \quad X_2 = \frac{\sigma - \overline{\sigma}}{\Delta \sigma};$$

$$X_3 - \text{независимая переменная} \quad X_3 = \frac{\varphi - \overline{\varphi}}{\Delta \varphi};$$

$$\Delta pH = pH(\max) - \overline{pH}, \quad \Delta \sigma = \sigma(\max) - \overline{\sigma}, \quad \Delta \varphi = \varphi(\max) - \overline{\varphi}.$$

В итоге было получено следующее адекватное уравнение регрессии (2) для определения уровня риска КРН:

$$Y = 0.618 - 0.097 \cdot X_1 + 0.149 \cdot X_2 + 0.179 \cdot X_3 - 0.063 \cdot X_1^2 - 0.025 \cdot X_2^2 - 0.093 \cdot X_3^2 + 0.025 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0.01 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0.013 \cdot X_2 \cdot X_3 \quad (2)$$

### Оценка адекватности модели экспериментальным данным

$$\bar{e} = \frac{1}{N} \cdot \left| \frac{\sum Y - YR}{\sum Y} \right| \cdot 100\% = 0.4 \quad \text{— Средняя ошибка аппроксимации.}$$

$$\text{corr}(Y, YR) = 0.991 \quad \text{— Коэффициент корреляции.}$$

$$Y_m = \frac{\sum Y}{N} = 0.505 \quad \text{— Средняя арифметическая зависимой переменной.}$$

$$D = \frac{\sum (Y - Y_m)^2}{N - 1} = 0.054 \quad \text{— Дисперсия зависимой переменной } Y.$$

$$D_{ad} = \frac{\sum (Y - YR)^2}{N - k} = 3.385 \cdot 10^{-3} \quad \text{— Дисперсия адекватности.}$$

$$FR = \frac{DY}{D_{ad}} = 15.87 \quad \text{— Расчетное значение F-статистики.}$$

$$F := qF(0.95, N - 1, N - k) = 5.891 \quad \text{— Табличное значение F-критерия.}$$

В связи с тем, что  $FR > F$  — уравнение регрессии признано адекватным экспериментальным данным коррозионно-механических испытаний на уровне значимости 0,05, что соответствует доверительной вероятности  $p = (1 - 0,05) \cdot 100 = 95,0\%$ .

**Этап 2.** На следующем этапе разрабатывался алгоритм ранжирования потенциально опасных участков (ПОУ) МГ по склонности к КРН. Разработанное адекватное уравнение регрессии способно определять уровень риска КРН или другими словами определять участки газопровода, условия в которых «благоприятны» для зарождения процесса растрескивания, однако для учета срока эксплуатации МГ предлагается использовать переменную «ранг опасности КРН ( $R_{SCC}$ )». Для использования переменной «ранг опасности КРН ( $R_{SCC}$ )» использовались методы нечеткой логики. В качестве входных переменных для определения ранга опасности КРН ( $R_{SCC}$ ) будем использовать следующие факторы: уровень риска КРН ( $r_{SCC}$ ), доли ед., срок эксплуатации МГ, годы.

Составим экспертную базу правил:

1. Если уровень риска КРН высокий, то ранг опасности высокий;

2. Если уровень риска КРН средний, то ранг опасности средний;
3. Если уровень риска КРН низкий, то ранг опасности низкий;
4. Если срок эксплуатации длительный, то ранг опасности высокий;
5. Если срок эксплуатации небольшой, то ранг опасности низкий.

Реализация нечеткой модели осуществлялась с использованием графических средств системы MATLAB с использованием пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox. На рисунке 1 представлен разработанный алгоритм ранжирования участков МГ по склонности к КРН.

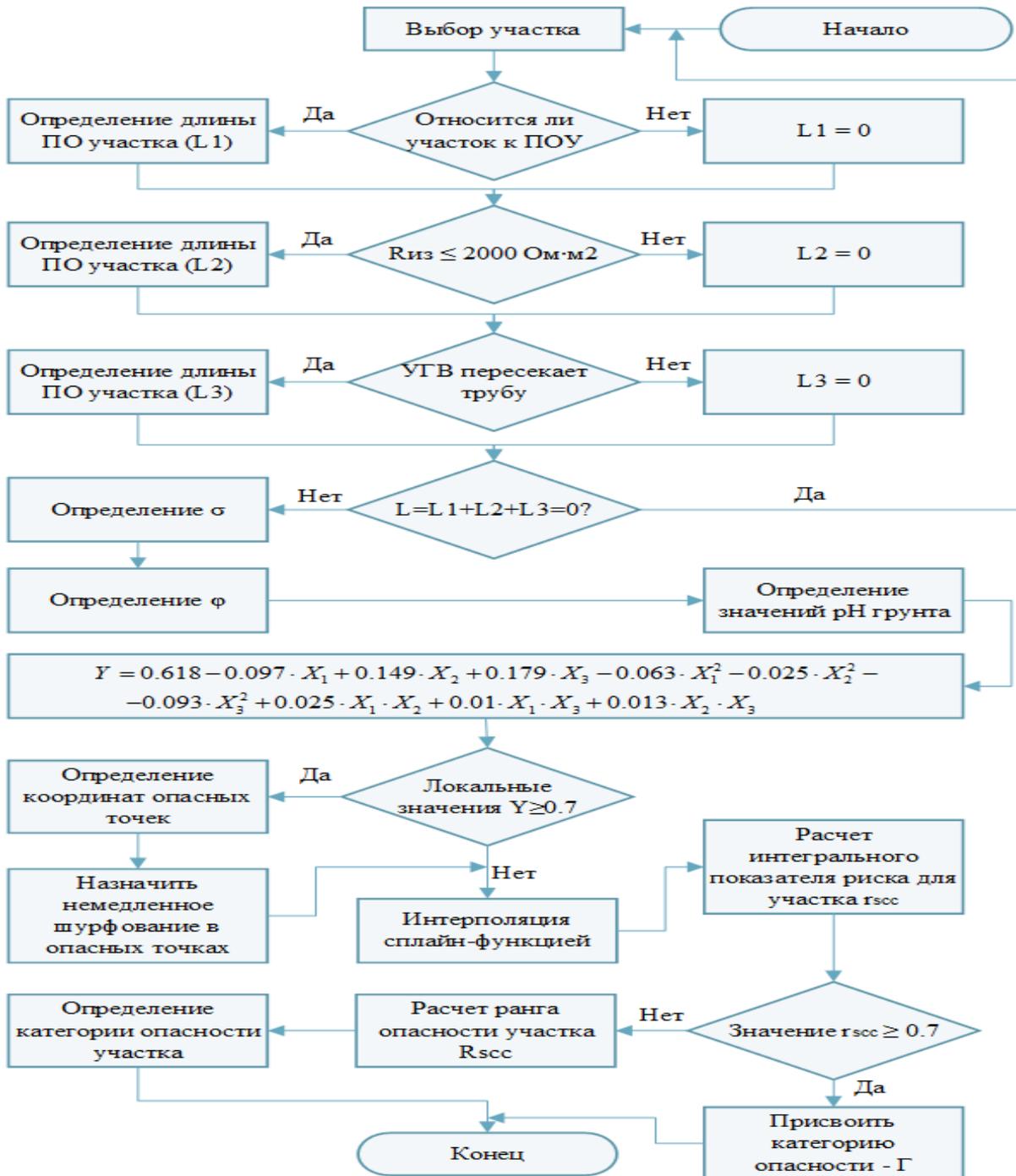


Рисунок 1. - Алгоритм ранжирования участков МГ по склонности к КРН

Пояснения к рисунку 1:  $УГВ$  — уровень грунтовых вод;  $R_{из}$  — интегральная величина сопротивления изоляции;  $r_{ссс}$  — интегральный показатель риска каждого участка длиной  $L$ .

Конечным результатом расчетов по предлагаемой методике является значение ранга опасности КРН, позволяющее присвоить газопроводу одну из четырех категорий опасности: «неопасен», «умеренно опасен», «опасен», «чрезвычайно опасен», и определить дальнейшие методы превентивного контроля.

**Этап 3.** Разработка программного обеспечения системы мониторинга КРН. На рисунке 2 представлен алгоритм работы разработанной программы.

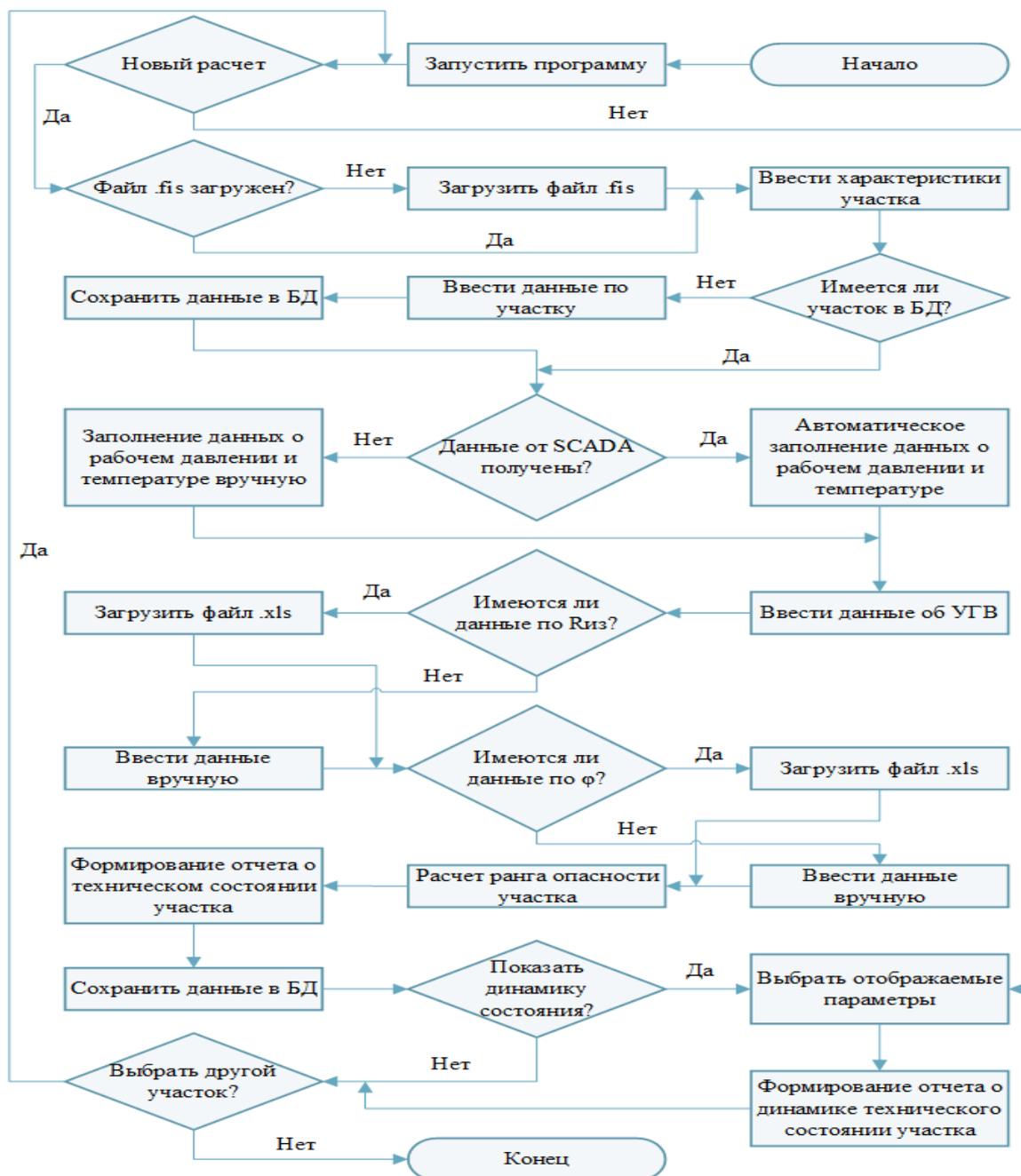


Рисунок 2. — Алгоритм работы программы

Пояснения к рисунку 2: *.fis* — расширение файла пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox; *БД* — база данных; *.xls* — расширение файла программы Microsoft Excel; *SCADA* — программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

На рисунках 3-4 представлены экранные формы разработанного программного обеспечения [6].

**Исходные данные**

Характеристики участка	Измайловка-Петрово	...
Расстояние от КС до начала участка	9.6	км
Рабочее давление	7.4	МПа
Температура МГ	-5	°C
Тип ПОУ	Поймы рек, края болот	
Протяженность ПОУ	...	
Пересечение с УГВ	...	
Интегральная величина сопротивления изоляции, $R_{из}$	Загрузить	...
Величина защитного потенциала, $\phi$	Загрузить	...
$pH$	4.8	ед
Файл нечеткой модели	Загрузить	

**Расчет**

Рисунок 3. — Окно ввода начальных данных

**Отчет о техническом состоянии участка**

Дата: 23.08.2015

Название ветки	Измайловка-Петрово			
Протяженность участка, $L$	17.6	км		
Расстояние от КС до начала участка	7	км		
Марка стали	X70			
Диаметр	1420	мм		
Толщина стенки	18.7	мм		
Срок эксплуатации	15	годы		
Уровень риска КРН, $R_{кpn}$	0.56			
Ранг опасности, $R_{осc}$	43%			
Категория опасности участка	<span style="background-color: green; color: white; padding: 2px;"> </span>			
Координаты шурфов (км от начала)	3.78	3.90	4.12	11.28

**Динамика технического состояния**      **Сохранить**      **Экспорт**      **Подробнее**

Рисунок 4. — Окно «Отчет о техническом состоянии участка»

**Вывод:** в результате проведенных исследований были разработаны новые полезные адекватные регрессионные модели, определяющие уровень риска КРН, разработан алгоритм ранжирования участков МГ по склонности к КРН, лежащий в основе программного обеспечения системы мониторинга КРН.

**Библиографический список:**

1. Колосова А.Л. Усовершенствованная система мониторинга скорости коррозии и прогноза технического состояния магистральных газопроводов // Вестник кибернетики. — 2012. — №11. — С. 64–70.
2. Спиридович, Е. А. Оценка эффективности назначения потенциально опасных участков магистральных газопроводов по признаку предрасположенности к КРН / Е. А. Спиридович // Территория «НЕФТЕГАЗ». — 2014. — № 3. — С. 70–74
3. Сагдиев, Р. Ф. Разработка, внедрение и перспективы развития автоматизированной системы управления рисками трубопроводов ТНК-ВР / Р. Ф. Сагдиев // Инженерная практика. — 2012. — №5. — С. 4–8.
4. Новик Ф. С., Арсов Я. Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. — М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. — 304 с., ил.
5. Есиев, Т.С. Разработка системы мониторинга стойкости к коррозионному растрескиванию под напряжением магистрального газопровода в горных территориях / Т.С. Есиев, З.К. Абаев // Устойчивое развитие горных территорий. — 2015. — №3. — С71–76.
6. Свидетельство № 2015616136 Российская Федерация. Программа «SCCplus 1.0»: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / З.К. Абаев, С.Г. Кануков; заявители и правообладатели З.К. Абаев, С.Г. Кануков — № 2015612874; заявл. 09.04.2015; зарегистр. 01.06.2015. — 1 с.

**References:**

1. A.L. Kolosov Improved corrosion rate monitoring system and forecasting of the technical condition of the main gas pipelines // Herald of cybernetics. - 2012. - № 11. - pp. 64-70.
2. Spiridovich, E.A. Evaluation of the effectiveness of the appointment of potentially dangerous sections of pipelines on the basis of susceptibility to SCC / EA // Spiridovich Territory "Naftogaz". - 2014. - № 3. – pp. 70-74
3. Sagdiev, R.F. Design, implementation and prospects of development of automated risk management system pipelines TNK-BP / RF Sagdiev // Engineering Practice. - 2012. - №5. - pp. 4-8.
4. F.S. Novick, Y.B. Arsov, optimization technology of metals methods of experiments planning processes. - M .: Mechanical Engineering; Sofia: Engineering, 1980 – 304p.

5. T.S. Esiev, The development of resistance monitoring system to stress corrosion cracking of gas pipeline in the mountainous areas / TS Esiev, ZK Abaev // Sustainable development of mountain areas. - 2015. - №3. – p.71-76.

6. The certificate number 2015616136 Russian Federation. The program «SCCplus 1.0»: certificate of state registration of the computer / ZK Abaev, SG Kanukov; applicants and rights holders ZK Abaev, SG Kanukov - № 2015612874; appl. 09/04/2015; Registered. 06/01/2015.

УДК 621.753

*Батманов Э.З., Гусейнов Р.В.*

## ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*Batmanov E.Z., Guseynov R.V.*

## PROBABILISTIC MODELING IN STUDIES OF THE ACCURACY THE MANUFACTURE OF ENGINEERING PRODUCTS

*Аннотация.* Рассмотрены методологические аспекты теории точности сборочных операций при изготовлении изделий машиностроения. Обосновано преимущество вероятностного моделирования в машиностроении. Выявлено, что первичные ошибки изделий машиностроения меняются с течением времени в силу износа, вследствие происходящих в материалах деталей физико-механических процессов, и экспериментальное изучение отмеченного характера изменения параметров деталей еще не дает исчерпывающих сведений, по которым можно судить о тех или иных достоверных закономерностях указанных явлений. Отмечается, что экспериментальное изучение весьма важно, так как позволяет получить многочисленные реализации, по которым можно судить о характере изменения первичных ошибок в тех или иных конкретных случаях. Показаны особенности использования вероятностного моделирования при решении проблем нелинейной теории точности. Установлено, что с помощью метода древа логических возможностей может быть решена задача по определению суммарной погрешности.

**Ключевые слова:** точность, законы распределения, погрешности, численные методы, вероятностное моделирование.

**Abstract.** Methodological aspects of the theory of precision Assembly operations in the manufacture of engineering products. Substantiated the advantage of probabilistic modeling in engineering. Noted that the primary error of engineering products change over time because of wear and tear, as a result of what is happening in the

*material details of the physical-mechanical processes, and experimental study of the marked character of changes in parameters of the parts does not give the exhaustive information on which to judge those or other reliable regularities of the phenomena. It is noted that the experimental study is very important, as allows to receive multiple implementations, which can be seen on the character of changes of primary errors in particular cases. The features of the use of probabilistic modeling in solving problems of the nonlinear theory of accuracy.*

**Key words:** accuracy, distribution laws, errors, numerical methods, probabilistic modeling.

**Введение.** В ранее проведенных исследованиях [1] нами были рассмотрены методические аспекты теории точности в общей постановке. Расчет точности сборочных операций при изготовлении изделий машиностроения имеет свои особенности.

Характерной особенностью исследования точности сборочных операций является необходимость учета целого ряда случайных факторов. При решении проблем теории точности широко используется аналитический аппарат и методы таких разделов математики, механики, как дифференциальное и интегральное исчисление, нелинейный и стохастический анализ, вероятностное моделирование, математическая статистика и др.

Для изучения случайных факторов подходит вероятностное моделирование на ЭВМ с использованием алгоритмического описания процессов.

**Постановка задачи.** Вероятностное моделирование является численным методом особого рода, отличающего его от обычных численных методов.

При использовании обычного численного метода его логическая структура в общем случае далека от самого процесса, так и его математической модели. Кроме того, при их использовании учет влияния случайных факторов весьма трудно и непреодолимо. Это связано с тем, что часто зависимости между случайными возмущениями искомыми величинами имеют нелинейный характер или учитываются случайные величины, распределенные по законам, не имеющим аналитического выражения.

При вероятностном моделировании моделирующий алгоритм воспроизводит сам процесс, сохраняя его логическую структуру и последовательность процесса во времени. С этой точки зрения можно указать на имеющую аналогию между исследованием процессов методом вероятностного моделирования и экспериментальными исследованиями.

Исходя из классической теории точности, при расчете точности фиксируются только отклонения размеров отдельных деталей от их номинального значения [2,3], и совершенно не учитывается вероятность их сочетания при сборке. При исследовании точности конкретного изделия исходные погрешности обычно детерминированы, принимают любое значение в пределах допуска. Число их значений могут быть достаточно велико. При рассмотрении партии изделий исходные погрешности имеют случайный характер и являются случай-

ными величинами. При случайном характере исходных погрешностей задача моделирования заключается в том, чтобы представить первичные ошибки случайными числами, подчиняющихся законам распределения первичных ошибок меняющихся в границах, соответствующих допускам. Требуемое количество чисел, представляющих первичную ошибку, зависит от того, насколько точно и с какой вероятностью эти числа представляют закон распределения первичной ошибки. Затем находят все возможные случайные сочетания случайных значений исходных погрешностей, если число случайных сочетаний не весьма велико.

Определяют вероятность каждого случайного сочетания на основе законов распределения первичных ошибок. При весьма большом числе случайных сочетаний или случайных значений первичных ошибок находят только некоторое число случайных сочетаний. В обоих случаях стохастические уравнения последовательно решают для условий, указанных в каждом очередном случайном сочетании.

**Методы исследования.** При вероятностном моделировании в расчетах точности применяются два метода: метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) и метод дерева логических возможностей – метод теории графов.

В качестве исходной информации для решения задач точности сборочных изделий можно выделить следующие:

1. Информация об исходных характеристиках и законах движения механизмов;
2. Информация о количественных показателях точности деталей;
3. Информация, определяющая вероятностные характеристики исходных погрешностей: для случайной функции – ее функционал распределения, а для случайной величины – ее функция распределения.

Все сведения об исследуемом объекте должно быть получены с помощью теоретических и экспериментальных исследований. Затем строится его математическая модель в виде совокупности стохастических уравнений и логических неравенств, позволяющих получить требуемые вероятностные характеристики точности.

Следует иметь в виду то обстоятельство, что, как правило, математическая модель строится лишь с известной степенью приближения в действительности вследствие того, что она в состоянии охватить только основные характерные зависимости. Учет факторов, влияние которых не является определяющим для оценки точности, приводит к тому, что математические модели становятся громоздкими, труднореализуемыми, а точность решения задачи при этом практически не повышается. В связи с этим при построении математической модели следует пренебречь несущественными факторами. Исследования механизма заканчивается построением моделирующего алгоритма, построенного на основе вероятностного моделирования (с использованием метода Монте-Карло или дерева логических возможностей). Алгоритм позволяет получить любые вероятностные характеристики на выходе, предусмотренные программой исследу-

дований, в частности, средние значения, средние квадратические отклонения, а также гистограммы распределения, характеризующие вид законов распределения исходных погрешностей.

В задачах точности сборочных единиц весьма распространен случай, когда каждая из исходных погрешностей может принимать согласно заданному закону распределения любые значения в границах допуска. Тогда первичная ошибка имеет бесконечно большое число значений. Необходимо стремиться к их уменьшению. Поэтому вопрос о числе реализаций приобретает первостепенное значение.

Необходимо стремиться к тому, чтобы каждая реализация была действительно случайным сочетанием случайных значений всех первичных ошибок, подчиняющихся своим законам распределения, и оно было таково, чтобы искомые ошибки были найдены с необходимой точностью.

При исследовании точности механизма практический интерес представляет вероятность выхода значений ошибки за установленные пределы.

Обозначим количество чисел, лежащих в границах поля допуска первичной ошибки  $k$  через  $M_k$ . Общее количество чисел набора -  $N_k$ .

Вероятность удовлетворения первичной ошибки допуском можно определить как:

$$P_k = M_k / N_k. \quad (1)$$

Введем случайный фактор в виде выражения:

$$Q^{(k)} = \begin{cases} 1, & \text{если первичная ошибка находится в границах поля допуска} \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases} \quad (2)$$

Тогда

$$M_k = \sum_{i=1}^{N_k} Q_i^{(k)} \quad (3)$$

С учетом (3) имеем:

$$P_k = \frac{\sum_{i=1}^{N_k} Q_i^{(k)}}{N_k}$$

Так как случайные числа  $Q^{(k)}$  независимы, согласно центральной предельной теореме вероятностей при достаточно больших значениях  $N_k$  мы имеем распределение, близкое к нормальному с математическим ожиданием, равным  $P_k$  и дисперсией:

$$D[M_k / N_k] = \frac{\sum_{i=1}^{N_k} D[Q_i^{(k)}]}{N_k N_k} = \frac{P_k(1-P_k)}{N_k} \quad (4)$$

Задаваясь определенной вероятностью  $P_k$ , можно найти по таблицам нормального распределения значения коэффициента  $t_p$ , удовлетворяющее равенству  $P = \Phi(t)$ , где  $\Phi$ - функция Лапласа, и получить доверительную оценку в виде:

$$P(|M_k / N_k - P_k| < \delta_k) = t_p \sqrt{\frac{P_k(1-P_k)}{N_k}} \quad (5)$$

С вероятностью 0,997 величина  $M_k / N_k$  удовлетворяет условию:

$$|M_k/N_k - P_k| < 3 \sqrt{\frac{P_k(1-P_k)}{N_k}} \quad (6)$$

то есть, погрешность метода Монте-Карло не превышает величины:

$$\delta_k = 3 \sqrt{\frac{P_k(1-P_k)}{N_k}} \quad (7)$$

Отсюда можно определить число реализаций  $N_k$ , необходимых для получения оценки  $M_k/N_k$  с точностью  $\delta_k$ .

Из формулы (7) видно, что при оценке среднего значения случайной величины погрешность метода вероятностного моделирования  $\delta_k$  имеет порядок  $\frac{1}{\sqrt{N_k}}$ .

Отсюда видно, что уменьшение ошибки  $\delta_k$  приближенного решения задачи методом вероятностного моделирования связано со значительным увеличением числа испытаний  $N_k$ , а значит, и с увеличением времени вычислений.

Например, увеличение точности в 10 раз приводит к увеличению времени решения задачи во 100 раз.

**Обсуждение результатов.** При вероятностном моделировании необходимое число реализаций получают с помощью ЭВМ. При этом весьма существенной частью аппарата вероятностного моделирования является умение формировать реализации случайных величин, подчиняющихся различным законам распределения. На практике обычно используют два способа реализации случайных величин: генератор случайных чисел и программный путь их получения с помощью некоторого рекуррентного соотношения.

Сущность последнего заключается в том, что каждое последующее число образуется из предыдущего путем применения некоторого алгоритма, состоящего из арифметических и логических операций. Первый алгоритм для получения таких, так называемых, псевдослучайных чисел был предложен Дж.Нейманом и назывался методом средних квадратов. Реализации, которые создаются генератором случайных чисел можно настраивать на нужные законы распределения первичных ошибок механизмов, изготавливаемых по единому технологическому процессу.

Программный путь получения случайных чисел имеет следующие достоинства:

- на получение каждого числа затрачивается всего несколько простых операций, так что скорость генерирования случайных чисел имеет тот же порядок, что скорость работы ЭВМ;
- любое из чисел может быть легко воспроизведено;
- программа простая и занимает мало памяти.

Единственным недостатком метода является ограниченность запаса случайных чисел. Однако есть способы, позволяющие получать гораздо больше чисел, в частности, меняя начальные числа.

С учетом изложенного, программный путь получения случайных чисел желательно использовать для расчетов статистических испытаний.

Как правило, при исследовании точности законы распределения погрешностей изготовления деталей получают эмпирическим путем и поддаются аппроксимации с требуемой точностью.

Метод дерева логических возможностей характеризуется относительной простотой формирования законов распределения случайных чисел, характеризующих исходные погрешности в изготовлении деталей, и является значимым преимуществом метода по сравнению с методом Монте-Карло. Отмеченное обстоятельство приобретает особое значение при исследовании точности, поэтому при исследовании механической точности в стохастической постановке наилучшие результаты может показать метод дерева логических возможностей.

Метод дерева логических возможностей основывается на представлении законов распределения погрешностей в виде дискретных законов, не уступая по своим показателям точности методу статистических испытаний, позволяет решить задачи простым путем, так как нет необходимости в формировании законов распределения при помощи генератора случайных чисел и метода псевдослучайных чисел.

Дискретность законов распределения объясняется следующим образом: исходные погрешности изготовления деталей имеет непрерывный характер в пределах допуска, и могут принимать любые значения в границах допуска. Однако измерительные средства дают дискретные значения погрешностей изготовления.

Таким образом, в вопросах исследования точности изделий приходится иметь дело с конечным множеством значений исходных погрешностей.

**Вывод.** С помощью метода дерева логических возможностей может быть решена задача по определению суммарной погрешности, когда в процессе расчета закона распределения производственные погрешности, полученные эмпирическим путем, поддаются аппроксимации.

Результаты статистического анализа точности показывают, что хотя погрешности размеров, формы и расположения поверхностей имеют во многих случаях нестабильный характер, можно считать, что:

1. Для распределения случайных погрешностей размеров достаточно использовать нормальный закон распределения, причем погрешности формы следуют модулю нормального закона;
2. Для распределения случайных погрешностей расположения поверхностей достаточно использовать закон Рэлея.

Таким образом, при решении задач точности сборки в машиностроении может быть использован аппарат, основанный на применении методов статистических испытаний и дерева логических возможностей.

#### **Библиографический список:**

1. Гусейнов Р.В. Методические аспекты теории точности в машиностроении / Гусейнов Р.В., Султанова Л.М. // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - №2(37). - 2015. - С.32-37.

2. Гусейнов Р.В. Интенсификация технологических процессов обработки труднообрабатываемых материалов путем управления динамическими параметрами системы: Автореф. дис.. докт. техн. наук: 05.02.08; 05.03.01/Гусейнов Р. В. Санкт-Петербургский государственный морской технический университет. - СПб., 1998.

3. Гусейнов Р.В. Определение показателей надежности автомобилей/Гусейнов Р.В., Султанова Л.М.// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки.- №3(38).-2015.-С.43-48.

#### **References:**

1. R.V. Guseynov, Methodological aspects of the theory of precision in machine building-ing / RV Guseinov, Sultanova LM . Herald of Dagestan State Technical University. Technical nauki.- №2 (37) .- 2015.-pp.32-37.

2. R.V. Guseinov, Intensification of technological processes of machining hard materials by controlling the dynamic parameters of the system: Author. Dis .. Doctor. tehn. Sciences: 05.02.08; 05.03.01 / RV Guseinov St. Petersburg State Marine Technical University. - SPb., 1998.

3. R.V. Guseynov, Opredelenie indicators reliable cars-lei / RV Guseinov, Sultanova LM. Herald of Dagestan State Technical University. Technical nauki.- №3 (38) .- 2015.-pp.43-48.

**УДК 621.396**

*Гаджиев Х.М., Челушкин Д.А., Шкурко А.С.*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРЕЦИЗИОННОЙ ПЕЛЕНГАЦИИ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ**

*Gadzhiev H.M., Chelushkina D.A., Shkurko A.S.*

## **AUTOMATED SYSTEM FOR CELL PHONES PRECISE DIRECTION FINDING**

*Аннотация.* Обосновано, что применение навигационной системы для пеленгации сотовых телефонов существенно расширит функциональные возможности и сервисные услуги сотовых операторов телефонных сетей. Раскрыты преимущества пеленгационной системы и предложено создание автоматизированной системы пеленгации сотовых телефонов, позволяющей существенно расширить возможности сервисных услуг операторов сотовой связи при использовании стандартного компьютерного сотового оборудования самих операторов. Разработанная система имеет модульный принцип построения, позволяющий дорабатывать программные пакеты, расширяя функциональные возможности. Изложена процедура и алгоритм пеленгации, позволя-

ющие провести кусочно-линейную аппроксимацию графика перемещения каждого абонента. Предложено применение разработанной пеленгационной системы для обработки статистической информации и оптимизации городских коммунальных служб, выбора скоростных режимов, маршрута движения и других мероприятий, повышающих качество жизни человека.

**Ключевые слова:** сотовый телефон, радиосигнал, пеленгация, автоматизированная система.

**Abstract.** *It is proved that the navigation system use for direction finding of cell phones will greatly expand the functionality and services of telephone networks mobile operators. The direction-finding system advantages and creation of automated system of direction finding cell phones proposed, which significantly expand the possibilities of services of operators of cellular communication in the cell using standard computer equipment operators themselves have been revealed. The developed system has a modular design, which allows modifying software packages, expanding the functionality. The procedure and algorithm of direction finding, allowing piecewise linear approximation of the graph of the displacement of each subscriber is outlined. The developed direction-finding system application for statistical information and optimization of urban public services processing, choice of speed, route and other activities improving the quality of human life is proposed.*

**Key words:** *cellular telephone, radio signal, direction-finding, computer-aided system.*

**Введение.** Широкое развитие сотовых телефонных сетей по всей стране и в мире привело к тому, что телефон стал необходимым атрибутом большинства абонентов. Причем, развитие идет как по расширению зоны покрытия сотовых телефонных сетей и использования различных тарифов, так и в направлении расширения сервисных функциональных услуг, предоставляемых сотовыми операторами. Одним из важнейших показателей, которые могут принести функциональные удобства, как самому пользователю, так и государственным службам и учреждениям является проведение пеленгации абонентов сотовых телефонных сетей. Эта информация позволит обеспечить необходимые рекомендации, позволяющие абонентам обнаружить свои точные координаты на местности и осуществить необходимое передвижение в заданные пункты.

Так, например, можно осуществить поиск необходимого человека в незнакомом месте, найти требуемое учреждение, магазин или другие структуры. Кроме того, данная информация может быть использована государственными службами.

Перемещение и местонахождение сотового телефона может быть использовано следственными органами для обнаружения состава преступления, для опроса свидетелей, для разбора дорожно-транспортных происшествий, для обнаружения превышения скорости или парковки в неположенных местах и т.д.

Таким образом, применение навигационной системы для пеленгации сотовых телефонов существенно расширит функциональные возможности и сервисные услуги сотовых операторов телефонных сетей, что является необходимым условием дальнейшего внедрения и расширения в этой области электронной промышленности [1].

Система пеленгации сотовых телефонов на местности позволяет оценить с высокой точностью координаты абонента, определить его скорость и направление движения. Данная информация может быть использована для того, чтобы выработать необходимый маршрут следования абоненту в случае возникновения такой потребности и указать ему конкретно его действия, в какую сторону идти, как переходить перекрестки, чтобы найти необходимое здание или место. Кроме того, имеется возможность для того, чтобы осуществить встречу двух абонентов или более в нужном месте, в конкретное время, соответственно проложив их маршруты таким образом, чтобы они пересеклись в заданной точке, в заданное время. Необходимые рекомендации могут выдаваться непосредственно голосовыми сообщениями на сотовый телефон каждого абонента.

Помимо перечисленных сервисных функций возможно осуществление контрольных функций. Так, например, сотовый телефон у ребенка позволяет проследить его маршрут в школу и обратно в заданное время, в заданных пределах маршрута следования от школы домой. Появляется также возможность органов правопорядка отслеживать соблюдение перемещений лиц с ограниченной степенью свободы. Наблюдение за сотовым телефоном подозреваемого, находящегося под подпиской о не выезде, позволит ограничить его перемещение в заданных пределах. Не смотря на ограничение гражданских свобод, это значительно снизит уровень преступлений.

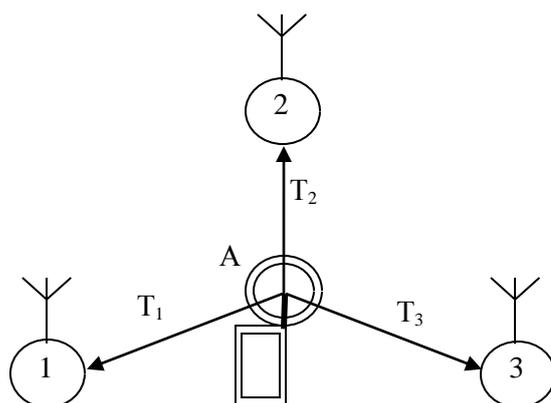
Дополнительным преимуществом является снижение количества сотрудников правопорядка, так как возможно компьютеризировать и формализовать всю процедуру по обнаружению и предотвращению большинства преступлений. Большим блоком сервисных услуг обладает пеленгационная система для автомобилистов. Сотрудники Госавтоинспекции могут быть заменены компьютерной системой слежения за каждым автомобилем. Помимо номерного знака на каждый автомобиль достаточно будет установить сотовый радиомаяк, стоимость которого будет значительно меньше даже стандартного номерного знака, так как в его задачу будет входить автоответчик на запросы сотовых операторов. В этом случае можно будет определить, где находится автомобиль, с какой скоростью он движется и в каком направлении. Таким образом, за автомобилем будет производиться постоянный надзор, что повысит безопасность на дорогах и улучшит сервис в автомобильной промышленности.

Одним из важнейших направлений перспективного применения автоматизированных систем пеленгации сотовых телефонов является запрет на осуществление связи в определенных зонах, к каким можно отнести кинотеатры, театры, лекционные и лабораторные залы в момент проведения занятий и экзаменов и другие помещения и зоны.

**Постановка задачи.** Разработка программного и аппаратного обеспечения автоматизированной системы пеленгации сотовых телефонов позволит существенно расширить возможности сервисных услуг стандартных операторов сотовой связи. Причем не потребуется никакого дополнительного оборудования, а будет использовано стандартное компьютерное сотовое оборудование самих операторов.

В пределах сот перемещающиеся абоненты могут быть запеленгованы одновременно несколькими базовыми радиостанциями. В реальности абонент будет работать только с ближайшей радиостанцией, но его сигнал будет приниматься всеми базовыми радиостанциями во всех сотах.

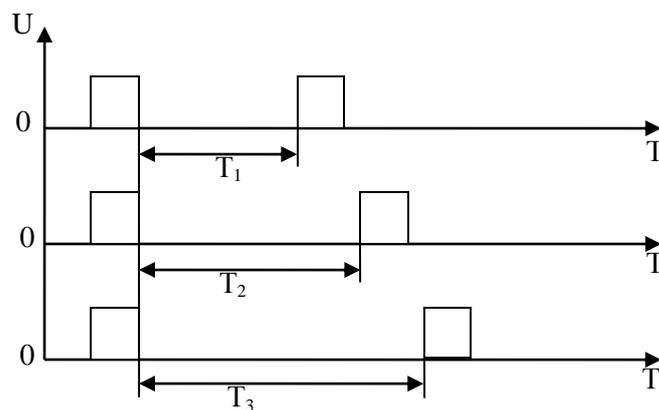
**Методы исследования.** На рисунке 1 приведен вариант, когда сотовый телефон пеленгуется сразу тремя сотовыми станциями. Процедура пеленгации заключается в следующем. Одна из сотовых станций, например, первая, посылает команду на абонента, чтобы в определенный момент времени он испустил радиосигнал. Именно в этот момент времени процессор через передатчик сотового телефонного аппарата испустит импульсный сигнал, который с задержкой  $T_1$  дойдет до первой станции, с задержкой  $T_2$  до второй станции и с задержкой  $T_3$  до третьей станции.



**Рисунок 1.** - Схема пеленгации сотовых телефонов.

Временные задержки отмечены на графиках, представленных на рисунке 2.

Время задержки с учетом фиксируемой скорости распространения радиосигнала дает информацию о том, на каком расстоянии от каждой базовой радиостанции находился абонент. Эта информация с учетом математической обработки может быть использована для пеленгации сотового телефонного аппарата. Так как частота излучения большинства операторов сотовой связи составляет порядка 2ГГц, то имеется возможность пеленгации с учетом скорости света и возможности пеленгации объектов, соразмерных половине длины волны в пределах нескольких сантиметров, что является очень высокой точностью для перемещения сотовых телефонов.



**Рисунок 2.-** Временные задержки распространения сигнала.

При таких условиях возможно определение перемещения в различных направлениях с высокими скоростями и скоростями на уровне пешеходов. Даже быстро перемещающийся автомобиль будет давать информацию о своей скорости и направлении движения.

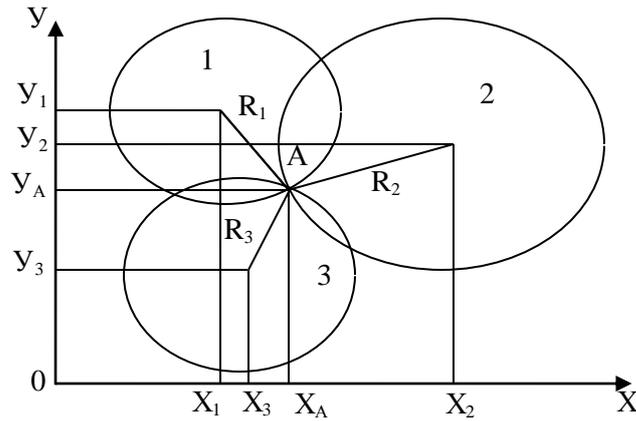
Быстродействие современных компьютеров позволяет одновременно отслеживать большое количество абонентов сотовых телефонных сетей, совершенно не препятствуя обычной стандартной работе голосовых сообщений, передаче SMS сообщений и других видов связи, осуществляемых абонентом. Непосредственно сам абонент практически не будет замечать, что его сотовый телефон пеленгуется, и не будет испытывать никаких неудобств оттого, что подключается пеленгационная система, которая непрерывно отслеживает его перемещение. Данная процедура позволяет, в случае если абоненту станет плохо или он подвергнется нападению, осуществить оперативный вызов скорой помощи или наряда сотрудников дорожно-патрульной службы.

В этом, на наш взгляд, состоят преимущества автоматизированной системы пеленгации сотовых телефонов.

**Обсуждение результатов.** Разработанная система должна иметь модульный принцип построения, позволяющий дорабатывать программные пакеты, расширяя функциональные возможности. Это позволит использовать систему для реализации отдельных функций, а при необходимости имеется возможность подключения дополнительных программ для аппаратных блоков, расширяющих функциональные возможности пеленгационной сотовой системы и увеличивающих её сервисные эксплуатационные характеристики.

Математическое обеспечение автоматизированной системы пеленгации сотовых телефонов предназначено для проведения всех необходимых расчетов по точной пеленгации абонентов на местности, находящейся в пределах зоны действия сотовых базовых радиостанций.

На рисунке 3 приведена схема пеленгации абонента находящегося в зоне действия трех сотовых базовых радиостанций, обозначенных на схеме 1, 2, 3.



**Рисунок 3.** - Схема пеленгации абонента, находящегося в зоне действия трех сотовых базовых радиостанций

Уравнениями окружности для каждой из этих трех сотовых базовых радиостанций является система уравнений, приведенная формулами (1):

$$\begin{cases} (x_1 - x_A)^2 + (y_1 - y_A)^2 = R_1^2 \\ (x_2 - x_A)^2 + (y_2 - y_A)^2 = R_2^2 \\ (x_3 - x_A)^2 + (y_3 - y_A)^2 = R_3^2 \end{cases} \quad (1)$$

Каждая базовая радиостанция строит свою окружность таким образом, что от первой базовой радиостанции до абонента расстояние составляет  $R_1$ , от второй -  $R_2$  и от третьей -  $R_3$ .

Данное расстояние, выбранное в системе декартовых координат, может быть вычислено по формулам:

$$\begin{aligned} R_1 &= \sqrt{(x_1 - x_A)^2 + (y_1 - y_A)^2}, \\ R_2 &= \sqrt{(x_2 - x_A)^2 + (y_2 - y_A)^2}, \\ R_3 &= \sqrt{(x_3 - x_A)^2 + (y_3 - y_A)^2}. \end{aligned} \quad (2)$$

С другой стороны, эти радиусы можно вычислить по величине временных задержек от абонента до каждой сотовой станции. Так как абонент в один фиксированный момент времени выдал импульсный сигнал с задержкой, зафиксированной первой, второй и третьей базовой радиостанцией, то умножение этого сигнала на скорость света дает расстояние до абонента:

$$\begin{cases} R_1 = C \cdot \Delta T_1 \\ R_2 = C \cdot \Delta T_2 \\ R_3 = C \cdot \Delta T_3 \end{cases} \quad (3)$$

Погрешности распространения и преобразования могут быть скорректированы за счет того, что это систематическая погрешность для всех базовых радиостанций в каждый момент времени измерения задержки в распространении радиосигнала. Эта погрешность одинакова для всех трех расстояний, поэтому достаточно при вычислении одновременно увеличивать или уменьшать радиусы, до пересечения их в одной точке.

Данная система уравнений содержит неизвестные  $x_A$  и  $y_A$ , т.е. координаты абонента. Все остальные параметры являются фиксированными значениями, т.е. координаты первой, второй и третьей станции нам известны  $x_1, y_1, x_2, y_2, x_3, y_3$ .

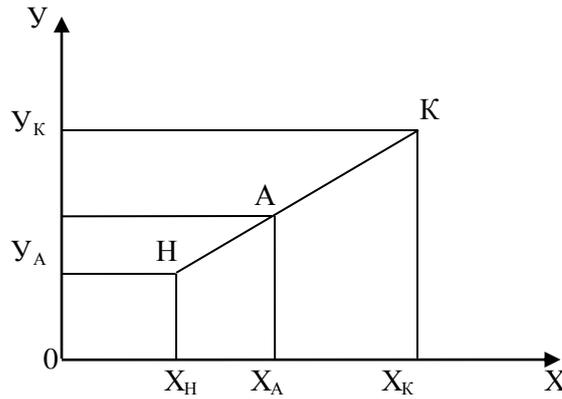
Расстояние до базовых станций также нам известно по вычислениям, что позволяет вычислить данную систему уравнений и с высокой точностью соответствующей половине длины волны можно определить координаты  $x_A, y_A$ .

Данные координаты в чистом виде могут быть не восприняты абонентом в случае передачи непосредственно ему этой информации. Компьютер же может использовать эту информацию, совмещая её с картой города и определяя, где находится абонент. Абоненту непосредственно информация должна передаваться в том виде, в котором он способен её воспринять, т.е. название улицы, на которой он находится, и номер дома, возле которого он находится. Можно использовать большее число базовых станций и трехмерную карту города, добавив координату абонента по высоте.

В первом приближении пеленгация по улицам приведена на рисунке 4.

В соответствии с уравнением (4) можно определить, что абонент  $A$  находится на улице обозначенной началом и концом  $x_H, y_H, x_K, y_K$  в том случае если уравнение (4) является тождеством. Расстояние между началом и концом является информацией о том, в какой именно точке пространства находится абонент.

Таким образом, абоненту можно выдать информацию о том, что он находится на конкретной улице возле конкретного номера дома. Информация обо всех улицах, либо участках улиц содержится в центральном компьютере и служит для выдачи информации непосредственно абоненту.



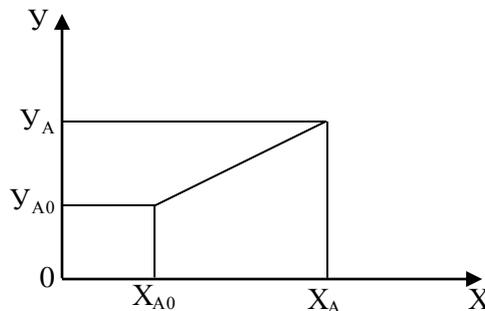
**Рисунок 4.-** Пеленгация по улицам

$$\frac{x_A - x_K}{x_H - x_K} = \frac{y_A - y_K}{y_H - y_K} \quad (4)$$

При необходимости определить скорость абонента можно воспользоваться формулой:

$$V_A = \frac{\sqrt{(x_{A0} - x_A)^2 + (y_{A0} - y_A)^2}}{T} \quad (5)$$

На рисунке 5 поясняется способ определения скорости движения абонента.



**Рисунок 5.-** Определение скорости движения абонента

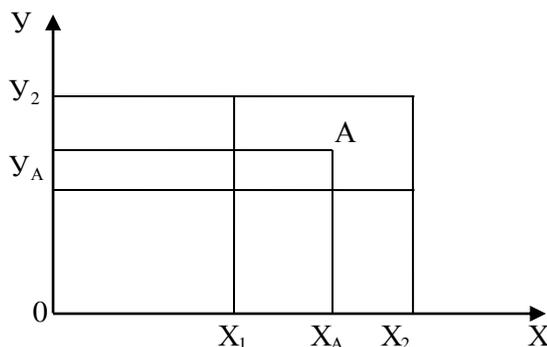
$x_{A0}$  ,  $y_{A0}$  - это начальные координаты абонента,  $x_A$  ,  $y_A$  - это конечные координаты абонента.

Формула (5) позволяет определить, что за временной интервал  $T$  абонент переместился на определенное расстояние, что позволяет оценить его скорость  $V_A$ . Значение скорости может быть использовано сотрудниками Госавтоинспекции для того, чтобы определить имеется ли нарушение скоростного режима на данном участке дороги с учетом того, что в компьютерной базе данных содержатся все маршруты автомобилей на всех улицах с указанием скоростных ограничений для каждой улицы. Для реализации сервисной функции по запрету те-

лефонных звонков, либо по обнаружению нахождения абонента внутри заданной зоны или здания, можно воспользоваться рисунком 6.

$$\begin{cases} x_1 \triangleleft x_A \triangleleft x_2 \\ y_1 \triangleleft y_A \triangleleft y_2 \end{cases} \quad (6)$$

Из него следует, что если выполняется система (6), то абонент находится внутри определенной зоны. Координаты этой зоны могут служить условием для запрета передачи или приема сообщений конкретного абонента.



**Рисунок 6.-** Запрет телефонных звонков, или обнаружение нахождения абонента внутри заданной зоны или здания

Данная сервисная услуга может быть использована для того, чтобы запретить абонентам пользоваться сотовыми телефонами внутри театров, кинотеатров и т.д. Причем имеется возможность каждому конкретному абоненту, в зависимости от его приоритета, осуществить запрет полный на все виды связи, запрещение только на передачу и разрешение только на прием сообщений, а также разрешить полный доступ определенным лицам на работу в данной зоне.

Алгоритмическое обеспечение подразумевает порядок выполнения программы после включения. Помимо основного программного обеспечения алгоритм по работе пеленгационной системы будет состоять в том, что непосредственно каждый сотовый телефон будет получать запрос от центрального компьютера на определение его пеленга. Каждый сотовый телефон кратковременно, в течение доли секунды, не занимая эфира, будет сообщать своим сигналом о координатах нахождения на местности. Данная информация будет поступать на центральный компьютер, и вычисляться по вышеприведенному математическому обеспечению. Информация будет запоминаться и храниться до тех пор, пока не будет в ней необходимость.

При необходимости, в зависимости от данного срока хранения, данная информация может уничтожаться. Неинформативным можно считать стационарное нахождение сотового телефона в пределах одной и той же зоны, так как все время телефон перемещаться не может и непосредственно фиксировать каждую его координату нет необходимости. Например, если абонент стационарно находится на рабочем месте, дома, в кинотеатре, то на все это время достаточно за-

фиксировать один раз координату и указать временной промежуток, в течение которого абонент находился в данной зоне.

Если абонент движется с какой-либо скоростью в пределах заданного направления, то прямолинейные участки движения с постоянной скоростью также могут быть зафиксированы всего лишь значением скорости и времени движения с этой скоростью от начала и до конца конкретного участка дороги. Это существенно уменьшит информацию для хранения, и такой алгоритм позволит провести кусочно-линейную аппроксимацию графика движения каждого абонента. Кроме того, такой метод хранения позволит оперативно обнаруживать необходимые совпадения и получать достоверную информацию о перемещениях абонентов.

Алгоритм, кроме того, должен уметь осуществлять необходимые сервисные функции, т.е. руководство может наблюдать за перемещением своих сотрудников во время рабочего времени и во время перерыва, или фиксировать опоздание на рабочее место. В дальнейшем, при необходимости, можно осуществить функции включения прослушивания телефонного аппарата и определения местонахождения своих сотрудников. Конечно, это будет необходимо в основном только для сотрудников специальных служб, банков и т.д.

Алгоритм по запрету работы в конкретных зонах может осуществлять свою работу следующим образом. Например, в зависимости от звонков проведения занятий во время перемены можно разрешать прием и передачу SMS сообщений, а также телефонную связь в пределах учебного здания. Можно разрешить телефонную связь только в коридорах, исключая лаборатории и лекционные залы.

Алгоритм может гибко позволять индивидуально каждому абоненту, в зависимости от того преподаватель, сотрудник или студент, выработать свой режим допуска к пользованию услугами сотовой телефонной сети, как в пространстве, так и во времени.

Алгоритм по отслеживанию, например, детей, подразумевает перемещение в заданных маршрутах в заданные временные рамки. В случае отклонения от маршрута будет поступать тревожный сигнал, и родители смогут поинтересоваться, куда перемещается ребенок. Таким образом, функционирует алгоритмическое обеспечение автоматизированной системы пеленгации сотовых телефонов.

**Вывод.** Автоматизированная системы пеленгации сотовых телефонов позволяет реализовать функцию по доставке абонента в нужную ему зону в результате выдачи ему необходимой информации с помощью голосовых сообщений. Эта опция позволит абонентам, в том числе с ограниченными возможностями, быть социально адаптированными в социальной среде. Кроме того, имеется возможность для облегчения работы сотрудникам Госавтоинспекции по перемещению транспортных потоков автомобилей в пределах, заданных правилами дорожного движения, с указанием ограничений скоростного режима.

В перспективе возможно применение разработанной пеленгационной системы для обработки статистической информации и оптимизации всех городских коммунальных служб для предотвращения образования «пробок» на дорогах, выбора скоростных режимов, маршрута движения и других мероприятий, повышающих качество жизни в городских условиях. Кроме того, будет снижен уровень преступности.

Как дополнительную услугу можно вести мониторинг состояния здоровья пациента с целью раннего выявления опасных симптомов.

**Библиографический список:**

1. Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Челушкина Т.А., Шкурко А.С., Магомедова П.А. / Энергоэффективная пассивная антенна для кодовоимпульсной модуляции за счет отражения сверхвысокочастотного сигнала. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2015. №37. С. 44-49.

**References:**

1. T.A. Ismailov, H.M. Hajiyev, T.A. Chelushkin, A.S. Skinless, P.A. Magomedov / Energy efficient passive antenna kodovoimpulsnoy modulation due to the reflection of a microwave signal. Herald of the Dagestan State Technical University. Technical science. 2015. №37. pp. 44-49.

**УДК 681.2.083**

*Демин Е.С.*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ МАГНИТОСТРИКЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ УРОВНЯ И ПЛОТНОСТИ В СРЕДЕ ELCUT**

*Demin E.S.*

**MAGNETIC SYSTEMS SIMULATION OF MAGNETOSTRICTIVE CONVERTERS OF LEVEL AND DENSITY IN ELCUT**

*Аннотация.* Аналитически обобщены преимущества универсальных пакетов программ, позволяющих решать разные типы полевых задач. Обосновано, что моделирование магнитных систем магнитострикционных преобразователей уровня и плотности в среде программы ELCUT сводится к решению двумерных задач – плоскопараллельных и осесимметричных. Раскрыты вопросы моделирования магнитных систем магнитострикционных преобразователей уровня и плотности жидких сред, использующие постоянные магниты, в среде программы ELCUT. Выявлены и систематизированы ограничения моделирования магнитных систем магнитострикционных преобразователей уровня и

плотности в среде программы ELCUT. Составлены карты измерений аксиального взаимодействия магнитов поплавков уровня и плотности марки ЮНДК40Т8АА. Сгруппированы и наглядно представлены результаты измерений магнитных сил. Фрагментарно приведены результаты исследования основных магнитных характеристик одиночного кольцевого магнита. Уточнена математическая модель пондеромоторных сил  $F_M$  смежных магнитов магнитных систем МПУиП в среде программы ELCUT.

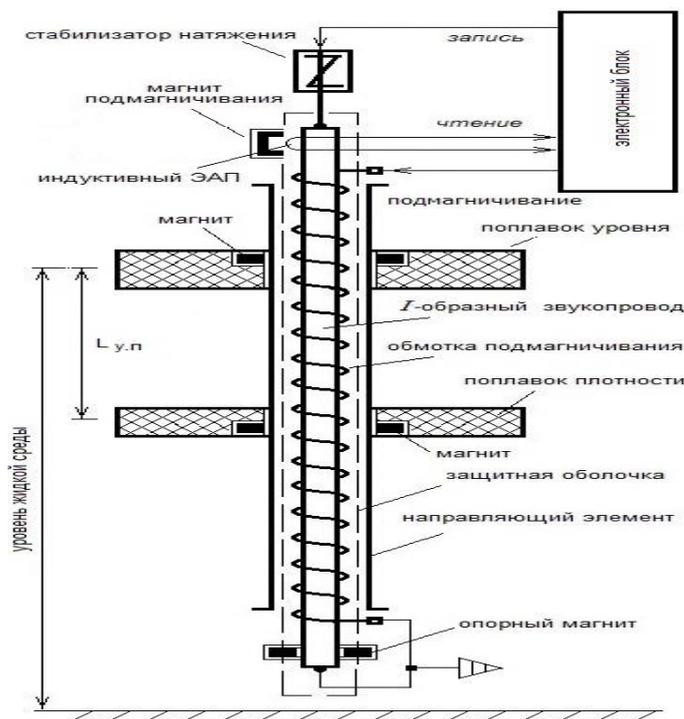
**Ключевые слова:** моделирование, магнитострикционные преобразователи уровня и плотности, магнитные системы, постоянные магниты.

**Abstract.** *The advantages of universal program packages, allowing to solve different types of field tasks are analyzed. It is proved that the simulation of the magnetic system of the magnetostrictive transducers of level and density in the ELCUT environment is reduced to the two-dimensional tasks solution – plane-parallel and axisymmetric. Issues of the magnetic system modeling of the magnetostrictive transducers of level and density of liquid environments using permanent magnets, in the program ELCUT are developed. Systematic constraints modeling the magnetic system of the magnetostrictive transducers of level and density in the ELCUT environment are revealed. The maps of the axial measurements of the interaction of magnets floats level and density of the brand UHDK40T8AA. The measurements results of magnetic forces are grouped and graphically presented. The basic magnetic characteristics study results of a single annular magnet are partly given. A mathematical model of the ponderomotive forces of adjacent magnets of the magnetic systems MPUP the ELCUT environment is defined.*

**Key words:** modeling, level and density magnetostrictive transducers, magnetic systems, permanent magnets.

**Введение.** Среди существующих прикладных пакетов программ, предназначенных для решения задач магнитостатики можно выделить несколько известных программ: Femm, Maxwell, ANSYS, MagNet, Jmag Designe, ELCUT, Comsol multiphysics, Littlemag и др. Многие из перечисленных пакетов программ являются универсальными и позволяют решать разные типы полевых задач, например, электромагнитные, тепловые, механические, гидравлические и пр. При исследованиях магнитных полей (задач магнитостатики), где проводится анализ таких магнитных величин поля, как индукция, напряженность, магнитный потенциал, плотность магнитной энергии, пондеромоторная сила и МДС, особый интерес представляют универсальные пакеты программ, получившие достаточно широкое распространение в России – ANSYS ([www.ansys.com](http://www.ansys.com)), ELCUT. Оба пакета предназначены для решения полевых задач, и в частности, задач магнитостатики, используют численные методы решения. Основным методом вычислений здесь является метод конечных элементов, который, несомненно, повышает точность расчетов.

**Постановка задачи.** Для моделирования магнитных систем МПУиП выберем пакет программ ELCUT v.5.10, который имеет наглядный графический интерфейс при решении задач магнитостатики.



**Рисунок 1** – Схема МПУиП на УЗВ кручения с I-образным звукопроводом

Моделирование магнитных систем МПУиП [1-3] на примере с I-образным звукопроводом (рис.1) в среде ELCUT, позволяет не прибегать к дорогостоящим физическим экспериментам, которые сложно провести с высокой точностью.

**Методы исследования.** Моделирование магнитных систем МПУиП в среде программы ELCUT сводится к решению двумерных задач – плоскопараллельных и осесимметричных. Плоскопараллельные задачи используют декартовую систему координат  $x, y, z$ , считая, что геометрия расчетных областей, свойства сред и их параметры являются постоянными величинами в направлении оси  $z$ . Поэтому, вычисление модели проводится в плоскости  $x, y$ . Осесимметричные задачи решаются в цилиндрической системе координат, предполагая, что физические свойства и источники магнитного поля не зависят от угловой координаты. В этом случае моделирование расчетной области представляет собой тело вращения.

Моделирование магнитных систем МПУиП на УЗВ кручения в среде программы ELCUT выполним при следующих ограничениях:

1. Среда постоянных магнитов неоднородная и их намагниченность  $M = const$ .
2. Внешние магнитные поля окружающей среды отсутствуют и не влияют на расчетную область.

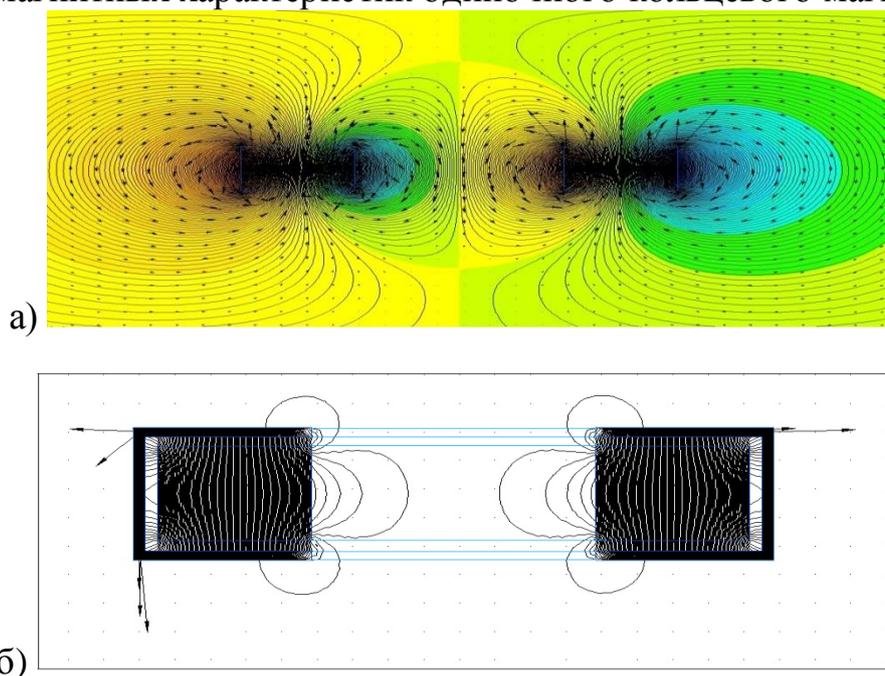
3. Магнитная проницаемость среды в расчетной области равна  $\mu=1$ .

4. Магнитный потенциал на границах расчетной области равен нулю.

В качестве материалов для постоянных магнитов поплавков уровня и плотности, опорных магнитов при проведении исследований, выберем кольцевые магниты марок *N42H*, *30EH*, ЮНДК24, ЮНДК40Т8АА [4, 5] типоразмеров  $50 \times 25 \times (3,5,10)$  мм. Выбор этих магнитных материалов (магнитов) основан на их высоких магнитных и механических характеристиках, что отражается на метрологических, эксплуатационных и экономических показателях МПУиП.

При выборе геометрических размеров кольцевых магнитов поплавков уровня и плотности МПУиП следует исходить соображений, что они имеют относительно большой внутренний радиус  $r_M$ , позволяющий им свободно перемещаться вдоль направляющего элемента акустического тракта. Внешний же радиус  $R_M$  выбирается типовым по номенклатуре магнитных изделий, и определяет межосевые расстояния  $A$ ,  $B$  в одно- и двухкоординатных МПУиП с  $\Pi$ -образными звукопроводами [1]. Толщина  $h_M$  кольцевого магнита также выбирается типовой, способной обеспечить возбуждение УЗВ кручения в среде магнитоэластичного звукопровода.

На рисунке 2 приведены несколько фрагментов результатов исследований основных магнитных характеристик одиночного кольцевого магнита.



**Рисунок 2** – Карты картины магнитного поля одиночного магнита марки 30EH с типоразмерами  $50 \times 25 \times 10$  мм и  $50 \times 25 \times 5$  мм:

а) векторный потенциал, б) полное экранирование кольцевого магнита

Здесь видно, что с изменением толщины  $h_M$  сужается область в рабочем пространстве магнита, где плотность магнитной энергии  $W_z$  или напряженность поля  $H_0$  остается однородной. Это обстоятельство позволяет говорить о

наличии краевого эффекта кольцевого магнита  $K_{кэ.м}$ , который приводит к уменьшению эффективной зоны преобразования  $h_{м.эф}$ :  $K_{кэ.м} = h_{м.эф} / h_{м}$ , определяемой толщиной  $h_{м}$  выбранного магнита. Численное значение  $K_{кэ.м}$  радиального (кольцевого) магнита может быть получено из следующего выражения:

$$K_{кэ.м} = \exp \left[ -\pi \left( \frac{x}{h_{м}} \right)^2 \cdot \left( \frac{r_{м}}{r_{м} + h_{м}} \right)^{-2} \right],$$

где  $x$  – продольная координата.

Сфокусировать магнитную энергию  $W_3$  постоянных магнитов в рабочем пространстве и одновременно уменьшить влияние на другие магнитные элементы МПУиП, а также исключить влияние внешних полей, позволяет его экранирование.

Это хорошо видно из экспериментов, выполненные с использованием программы ELCUT, и приведенные на рис. 2. а, б.

В тоже время, использование магнитных экранов в системе поплавков МПУиП отрицательно сказывается на их массогабаритных показателях, и в целом, на рабочих размерах межосевых расстояниях  $A, B$  МПУиП [1].

Из всего сказанного следует, что для обеспечения наиболее широкого диапазона измерения, в данном случае, уровня  $h_y$  жидкой среды объекта, и заданных значениях  $H_0, W_3, r_{м}$ , толщина  $h_{м}$  магнита выбирается минимальной по номенклатуре магнитных изделий производителя (при оптимизации себестоимости изготовления МПУиП).

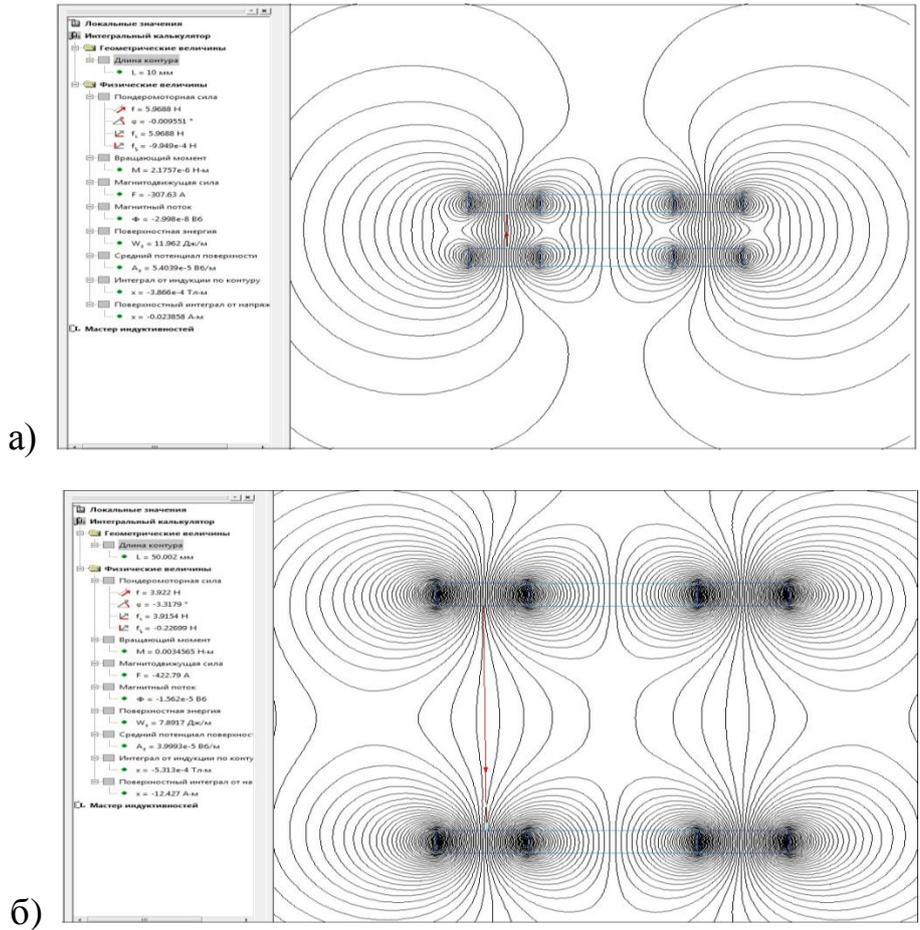
**Обсуждение результатов.** Исследуем следующие процессы взаимовлияния элементов магнитных систем МПУиП посредством программы ELCUT, когда возможны аксиальные и радиальные взаимодействия магнитов поплавков уровня и плотности, опорных магнитов из-за наличия пондеромоторных сил или сил  $F_{м}$  сцепления магнитов.

Существенное влияние силы  $F_{м}$  вызывает загроубление чувствительности МПУиП в крайних точках диапазона измерения (преобразования) уровня и плотности жидкой среды объекта.

Нарушается картина векторов напряженности  $H_0$  и индукции  $B_0$  магнитного поля сопрягаемых магнитов, и как следствие – нарушения в процессе формирования УЗВ кручения в средах магнотриксционных звукопроводов МПУиП.

На рисунке 3 приведены два фрагмента результатов этих исследований, где показаны карты измерений магнитных параметров кольцевых магнитов поплавков уровня и плотности выбранных типоразмеров исследуемых магнитных материалов.

Здесь видно, что при малых значениях  $L_{y,п} = 10 \text{ мм}$  между магнитами они выполняют функцию катушки Гельмгольца, формируя между магнитами аксиальное однородное магнитное поле. Это может привести к потере «автономности» магнитов и формированию одной УЗВ вместо двух, что недопустимо для МПУиП. Пондеромоторные силы  $F_M$  здесь тоже максимальны, но для каждого из магнитных материалов различны. Поэтому это расстояние  $L_{y,п} = 10 \text{ мм}$  между соосными кольцевыми магнитами поплавков уровня и плотности можно считать критичным.



**Рисунок 3** – Карты измерений аксиального взаимодействия магнитов поплавков уровня и плотности марки ЮНДК40Т8АА типоразмера  $50 \times 25 \times 5 \text{ мм}$  на расстояниях:

а)  $L_{y,п} = 10 \text{ мм}$ , б)  $L_{y,п} = 50 \text{ мм}$

По мере увеличения расстояния  $L_{y,п}$  картины магнитных полей магнитов «автономизируются», уменьшаются пондеромоторные силы (силы сцепления)  $F_M$  по нелинейной зависимости как это следует из таблицы 1.

Аналогичные процессы наблюдаются между магнитами поплавков уровня, плотности и опорными магнитами МПУиП.

На основании полученных результатов моделирования пондеромоторных сил  $F_M$  смежных магнитов магнитных систем МПУиП в среде программы ELCUT уточним их математическую модель, применив следующую известную методику.

**Таблица 1** – Результаты измерений магнитных сил

№ п/п	$L_{y.п}, \text{мм}$	Марка магнита					
		30EH		ЮНДК24		ЮНДК40Е8АА	
		$F_M, \text{Н}$	М.Д.С., А	$F_M, \text{Н}$	М.Д.С., А	$F_M, \text{Н}$	М.Д.С., А
1	10	1619	5066	0,45	84,9	5,97	307,6
2	30	1160	6637	0,32	111,0	4,26	402,6
3	40	1097	6852	0,31	114,8	4,04	416,1
4	50	1060	6959	0,29	116,0	3,92	422,8

Так для кольцевого магнита с остаточной намагниченностью  $B_r$  изменение индукции  $B_{o.x}, B_{o.y}$  в направлении осей  $x$  и  $y$  можно описать выражениями:

а) индукция аксиальная (по оси  $x$ ):

$$B_{o.x} = k_1 \frac{B_r}{4\pi} (R_M - r_M) \int_0^{2\pi} \left( \frac{h_M / 2 - x}{A1} + \frac{h_M / 2 + x}{A2} \right) \frac{R_M - r_M}{\sqrt{(R_M - r_M)^2}} dx, \quad (1)$$

б) индукция радиальная (по оси  $y$ ):

$$B_{o.y} = k_2 \frac{B_r}{4\pi} (R_M - r_M) \int_0^{2\pi} \left( \frac{1}{A3} - \frac{1}{A4} \right) dy, \quad (2)$$

здесь

$$A1 = \sqrt{(R_M - r_M)^2 + (h_M / 2 - x)^2}, \quad A2 = \sqrt{(R_M - r_M)^2 + (h_M / 2 + x)^2},$$

$$A3 = \sqrt{(R_M - r_M)^2 + (h_M / 2 - y)^2}, \quad A4 = \sqrt{(R_M - r_M)^2 + (h_M / 2 + y)^2},$$

$k_1, k_2, [M^{-1}]$  – нормирующие коэффициенты.

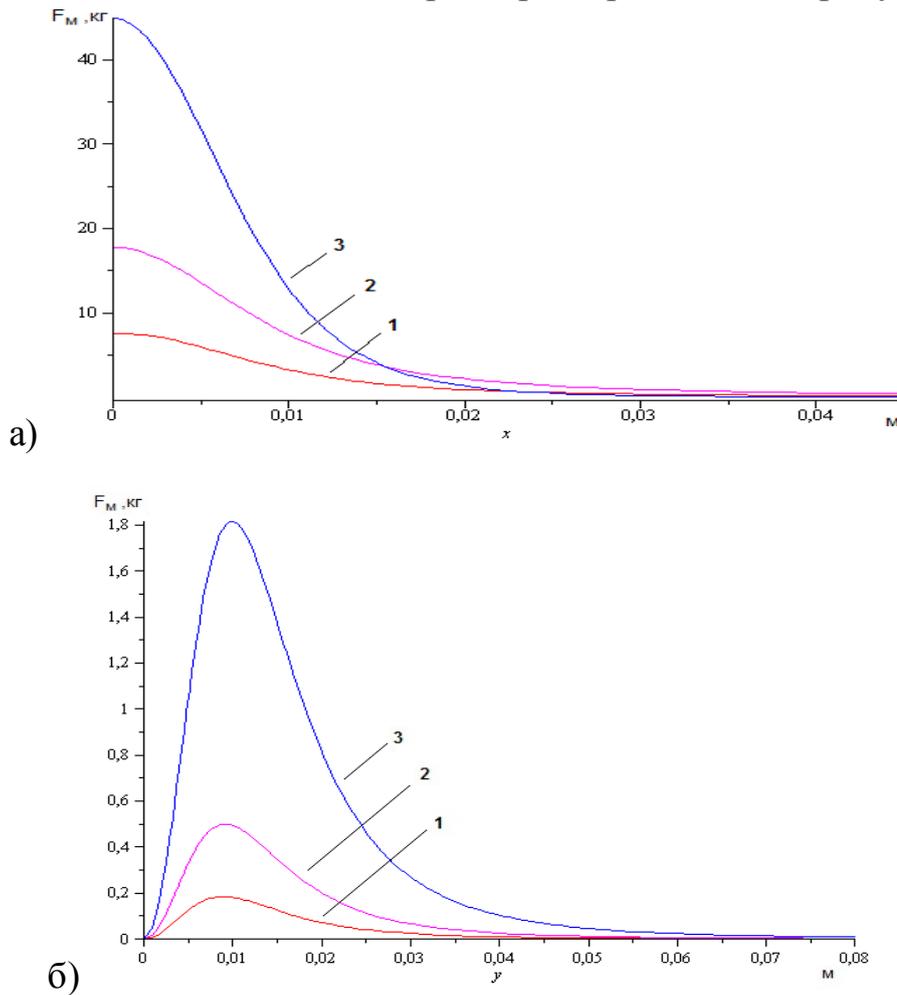
На основании выражений (1), (2) аксиальная и радиальная напряженности  $H_{o,x}$ ,  $H_{o,y}$  магнитного поля магнитов составят:

$$H_{o,x} = B_{o,x} / (\mu_0 \mu) \quad (3)$$

$$H_{o,y} = B_{o,y} / (\mu_0 \mu). \quad (4)$$

Рассматривая полюс кольцевого магнита как источник магнитных зарядов –  $G_{m,x} = B_{o,x}$  и  $G_{m,y} = B_{o,y}$ , с учетом (1)-(4), силу сцепления  $F_M$  магнита в аксиальном и радиальном направлениях, можно вычислить в соответствии с выражениями:  $F_{m,x} = H_{o,x} \cdot G_{m,x}$  и  $F_{m,y} = H_{o,y} \cdot G_{m,y}$ .

Результаты вычислений этих параметров приведены на рисунке 4.



**Рисунок 4.** – Изменение аксиальной (а) и радиальной (б) силы  $F_M$  сцепления кольцевых магнитов марки N42H типоразмера  $50 \times 25$  мм,

$B_r = 1,3 \text{ Тл}$ ,  $H_c = 1353 \text{ кА/м}$  при разной их толщине (или объеме):

1 –  $h_M = 3 \text{ мм}$ , 2 –  $h_M = 5 \text{ мм}$ , 3 –  $h_M = 10 \text{ мм}$

**Вывод.** В радиальном направлении силы  $F_M$  сцепления (пондеромоторные силы) кольцевых магнитов поплавков уровня МПУиП значительно слабее, чем по аксиальному направлению.

Это подтверждают исследования, выполненные в программе ELCUT.

Влияние пондеромоторных сил  $F_M$  в аксиальном и радиальном направлениях изменяют плавучесть поплавков уровня и плотности в критических точках диапазона измерений и должны быть учтены. Для их уменьшения выбирают «закритичные» расстояния  $L_{y.п}$ ,  $A$ ,  $B$  и др. МПУиП.

#### **Библиографический список:**

1. Патент RU №155410, МПК: G01F23/28, G01F23/30. Адаптивный магнитострикционный преобразователь уровня и плотности топлива транспортного средства (его варианты)/ Е.С. Демин// Оpubл. 10.10.2015. Бюл. №28.

2. Патент RU №2319935, МПК: G01F23/28, G01K23/30. Магнитострикционный уровнемер/ О.Н. Пчелинцева, С.Б. Демин, И.А. Дёмина// Оpubл. 20.03.2008. Бюл. №8.

3. Демин, С.Б. Магнитострикционные системы для автоматизации технологического оборудования: Монография. – Пенза, Изд-во ПГУ, 2002. – 182 с.

4. Постоянные магниты: Справочник/ А.Б. Альтман, А.Н. Герберг, П.А. Гладышев и др.: под ред. Ю.М. Пятина. – М.: Энергия, 1980. – 488 с.

5. Коленко, Е.А. Технология лабораторного эксперимента: Спр-к. – СПб.: Политехника, 1994. – 751 с.

#### **References:**

1. Patent RU №155410, IPC: G01F23 / 28, G01F23 / 30. Adaptive tostriksionny magnesium-level converter and the density of the vehicle fuel (variants) / ES Demin // Publ. 10/10/2015. Bull. №28.

2. Patent RU №2319935, IPC: G01F23 / 28, G01K23 / 30. Magnetostrictive transmitter / ON Pchelintseva, SB Demin, IA Demin // Publ. 20.03.2008. Bull. №8.

3. S.B.Demin, Magnetostrictive system for automation of the technological equipment: Monograph. - Penza, Publishing House of the PSU, 2002. - 182 p.

4. Permanent magnets: Directory / AB Altman, AN Gerberg, PA Gladyshev et al. : ed. YM Pyatina. - M. : Energia, 1980. - 488 p.

5. E.A. Knees, Technology laboratory experiment: Ref-to. - SPb. : University of Technology, 1994. - 751 p.

**УДК 519.6**

**Кадиев И.П., Кадиев П.А.**

**КЛАССЫ МАССИВОВ С ИНДЕКСНО НЕПЕРЕСЕКАЮЩИМИСЯ  
КОМПОНЕНТАМИ И СПОСОБЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ**

**Kadiev I.P., Kadiev P. A.**

## **CLASSES OF ARRAYS WITH INDEX NON-OVERLAPPING COMPONENTS AND METHODS OF THEIR FORMING**

**Аннотация.** Раскрыто понятие пересечения или непересечения множеств с объектами различной природы. В качестве основного признака, характеризующего отношения на множествах множеств, образующих массивы, рассматривается система индексации элементов сравниваемых множеств. Определены условия индексной непересекаемости компонентов массива. Предложен новый класс массивов, компоненты которых являются индексно непересекающимися множествами, введено понятие «индексная непересекаемость множеств»; приведены способы формирования массивов разных классов. Обосновано, что любые перестановки элементов массивов осуществляются с некоторой закономерностью, связанной с изменением индексации. Разработан способ формирования массивов на основе циклических сдвигов строк и столбцов исходного массива по предложенным в работе алгоритмам. Решена задача формирования массивов с непересекающимися множествами трех типов. Аналитически обобщены варианты построения массивов с непересекающимися компонентами – множествами, доказывающие, что свойства непересекаемости компонентов в них сохраняются для первого типа массивов при любых перестановках столбцов.

**Ключевые слова:** массивы, индексация, множества, индексная непересекаемость множеств.

**Abstract.** The concept of crossing or non-crossing sets with objects of different nature. The principles, which give the transformed arrays properties that increase the efficiency of information technology. As the main characteristic defining the relationship on the sets, forming the arrays, we consider the system of indexing of elements of the compared sets. The terms an index of non-crossing array components are. We propose a new class of arrays which components are indexed by disjoint sets, the notion of « non-crossing index sets»; provides methods of forming arrays of different classes. It is proved that any permutation of the elements of arrays are implemented with some regularity, associated with changes in indexing. The developed method of formation of arrays based on cyclic shifts of the rows and columns of the original array for the proposed algorithms. The task of forming arrays with disjoint sets of three types has been solved. The paper analyzes the proposed options for building arrays with disjoint components – sets, proving that the properties of non-crossing components are stored for the first type arrays in all permutations of columns.

**Key words:** arrays, indexation, index, disjointness of great numbers

**Введение.** Существующее и общепринятое определение непересекаемости двух и более множеств, предполагает отсутствие в них общих элементов.

Такое определение предполагает, что сравниваемые множества состоят из элементов одного типа, обладающие некоторыми общими свойствами. Ими могут быть числа или буквенные обозначения элементов. Приведенное определение не позволяет рассматривать понятие пересечения или непересечения множеств с объектами различной природы. Для сравнения множеств могут быть использованы и другие их свойства, такие как состав, структура, особенности индексации. Особенно полезны сравнения по этим свойствам при анализе массивов, представляющих множество множеств - массив, каждая из которых является строкой или столбцом массива. В массивах элементы отдельных множеств имеют адреса, определяемые их индексами, которые являются указателями адресов. Для двумерных массивов первый из индексов определяет принадлежность элементов определенному множеству в массиве, второй элемент – место элемента в структуре этого множества.

Во многих современных информационных технологиях выполняются преобразования массивов, заключающиеся в перестановках элементов множеств, образующих массив. Эти преобразования выполняются по некоторым принципам, которые придают преобразованным массивам свойства, повышающие эффективность информационных технологий. Например, защищенность от несанкционированного доступа в каналах коммерческого телевидения и сотовой связи; защищенность от ошибок большой кратности; улучшение статистического характера распределения элементов в сообщениях.

**Постановка задачи.** В данной работе в качестве признака, характеризующего отношения на множествах множеств, образующих массивы, рассматривается система индексации элементов сравниваемых множеств. Введение системы индексации, как признака сравнения множеств, позволяет выделить классы массивов, в которых образующие множества имеют определенную закономерность в отношениях между собой [1].

Ниже рассматриваются вопросы индексного различия, как признака отношений на множествах, образующих двумерные *nхп* – массивы. Образованы эти массивы из массивов с классической индексацией путем перестановки элементов. В основу перестановок положены принципы, обеспечивающие выполнение определенных индексных условий по элементам сравниваемых множеств в массивах. Эти условия определены как условия индексной непересекаемости компонентов массива, которые являются *n*-множествами, образующими строки и столбцы массива. Массивы, обладающие указанными свойствами индексации, называются системами индексно непересекающихся массивов.

Массивы с индексно непересекающимися множествами подразделяются на три класса: с индексно непересекающимися множествами, образующими строки; с индексно непересекающимися множествами, образующими столбцы; с индексно непересекающимися множествами, образующими строки и столбцы.

Поставленная задача относится к теории множеств и математической комбинаторике. Она может быть определена как задача формулировки понятия индексной непересекаемости множеств, определения понятия системы непересе-

секающихся множеств; разработка способов построения систем непересекающихся множеств; определение количества таких систем.

**Методы исследования.** Условие индексной непересекаемости двух множеств может быть определено следующим образом.

Два множества  $n \times n$  - массива называются индексно непересекающимися, если:

- индексы всех элементов на обеих позициях в этих множествах принимают все значения из ряда натуральных чисел от 1 до  $n$ ;
- значения индексов во множествах на одноименных позициях не совпадают.

Ниже приведен пример двух индексно непересекающихся множеств  $A_1$  и  $A_2$ , соответствующих приведенному выше определению.

$$A_1 = A_{11} A_{23} A_{35} A_{42} A_{54} \quad (1)$$

$$A_2 = A_{22} A_{34} A_{41} A_{53} A_{15} \quad (2)$$

Под системами индексно непересекающихся множеств в работе понимаются  $n \times n$  – массивы, строки, столбцы или и строки, и столбцы, которых являются взаимно индексно непересекающимися множествами.

Приведенное выше определение индексной непересекаемости множеств, структурно соответствует массивам, в которых каждая компонента – строка, столбец или и строка, и столбец, образованы таким образом, что включает в себя один и только один элемент из каждой строки и каждого столбца, исходного  $n \times n$  - массива с классической индексацией, причем эти элементы, должны занимать в своих строках и столбцах различные позиции. Как следует из определения условия индексной непересекаемости множеств, для их получения необходимы преобразования массивов с классической индексацией, позволяющие сформировать конфигурации с требуемыми по индексации свойствами.

Преобразования, позволяющие получить конфигурации с заданными свойствами, являются преобразованиями, меняющими принятую классическую систему индексации.

Изменения индексации в системе - массиве множеств может быть выполнено путем изменения начального местоположения элементов. Одним из самых распространенных методов изменения местоположения элементов в множествах являются комбинаторные перестановки. Любые перестановки элементов массивов, заключающиеся в изменении их местоположения, осуществляются с некоторой закономерностью, обязательно связанной с изменением индексации.

В данном случае эта закономерность должна обеспечивать индексацию, соответствующую требованиям индексной непересекаемости множеств, образующих строки и столбцы полученной системы.

**Обсуждение результатов.** Авторами разработаны способы циклического и индексного формирования массивов с индексно непересекающимися компонентами. Ниже рассмотрен только способ формирования этих массивов на основе циклических сдвигов строк и столбцов исходного массива по предложенным в работе алгоритмам. Анализ методов перестановки элементов массивов

показал, что наиболее эффективными методами изменения местоположения элементов по индексам являются перестановки методами циклических сдвигов.

При циклических сдвигах строк влево элемент, стоящий за один шаг циклического сдвига элементов  $j$ -го столбца вверх или вниз, индексы всех его элементов меняются с  $j$  на  $(j+1)$  при сдвигах вниз или на  $(j-1)$  при сдвигах вверх. Крайние слева элементы строк перемещаются в конец строки, в столбцах по аналогии.

При циклических сдвигах строк влево или вправо на  $1$  шаг в них меняются местоположение по первым индексам элементов, в  $i$ -ой строке на  $(i+1)$  при сдвигах вправо или на  $(i-1)$  при сдвигах влево.

Таким образом, при циклических сдвигах строк и столбцов нарушается индексация, при которой индексы указывали местоположение элементов в массиве. Меняя число шагов сдвига отдельных строк и столбцов, можно менять общую структуру индексации массива.

В индексном эквиваленте поставленная в работе задача, связанная с циклическими сдвигами компонентов  $n \times n$  - массива с классической индексацией, может быть сформулирована, как формирование массивов с непересекающимися множествами трех типов:

- массивы, в которых непересекающимися множествами являются их строки;
- массивы, в которых непересекающимися множествами являются их столбцы;
- массивы, в которых непересекающимися множествами являются их строки и столбцы.

Первый и второй тип массивов учитывают особенности индексации исходного массива: вторые индексы строк и первые индексы столбцов принимают значения от  $1$  до  $n$ .

Для выполнения условий индексной непересекаемости строк необходимо выполнить преобразование, в результате которого значения первых индексов элементов строки также принимали бы значения от  $1$  до  $n$ . Для выполнения этого же условия для столбцов, необходимо преобразование, при котором первые индексы принимали такие же значения.

При выполнении этих преобразований необходимо дополнительно выполнить условие различия индексов на одноименных позициях. Последнее может быть достигнуто путем выбора числа шагов циклических сдвигов в строках и столбцах.

Учитывая отмеченные особенности преобразований, предложены следующие алгоритмы формирования массивов указанного выше типов.

Первый тип рассматриваемых массивов образуется в соответствии с одним из следующих алгоритмов:

1.а - выполнить циклические сдвиги столбцов исходного  $n \times n$  – массива таким образом, чтобы элементы главной диагонали исходного массива образовали бы первую или последнюю строку формируемой конфигурации;

1.б. - выполнить циклические сдвиги каждого  $j$  - ого столбца исходного массива на  $(j - 1)$  – шагов вверх или вниз.

Второй тип массивов образуется циклическими сдвигами строк в соответствии одним из следующих алгоритмов:

2.а - выполнить циклические сдвиги строк исходного  $n \times n$  – массива таким образом, чтобы элементы главной диагонали образовали первую или последнюю её строку:

2.б - выполнить циклические сдвиги каждой  $i$  - ой строки исходного массива на  $(i - 1)$  – шагов в одну и ту же сторону.

Третий тип указанных выше массивов образуется циклическими сдвигами строк и столбцов в соответствии с приведенными выше алгоритмами 1 и 2 в последовательности «строки - столбцы» или в последовательности «столбцы - строки».

При этом последовательность выполнения операций циклического сдвига с переносом элементов главной диагонали исходного массива в первую строку или первый столбец, приводит к образованию двух трансформированных массивов, каждая из которых может содержать  $n$  индексно непересекающихся  $n$  – множеств в строках и столбцах[2].

Ниже приведены примеры формирования индексно непересекающихся систем множеств циклическими сдвигами строк и столбцов исходного массива  $A_{5 \times 5}$  (рис.1) трех типов: с индексно непересекающимися строками столбцами (рис.2)  $A_{ст6}$ , строками  $A_{стp}$  (рис.3), и строками и столбцами  $A_{I2}$  (рис. 4) в последовательности «строки-столбцы».

$$A_{11} A_{12} A_{13} A_{14} A_{15}$$

$$A_{21} A_{22} A_{23} A_{24} A_{25}$$

$$A_{5 \times 5} = A_{31} A_{32} A_{33} A_{34} A_{35}$$

$$A_{41} A_{42} A_{43} A_{44} A_{45}$$

$$A_{51} A_{52} A_{53} A_{54} A_{55}$$

**Рисунок 1.**

$$A_{11} A_{22} A_{33} A_{44} A_{55}$$

$$A_{21} A_{32} A_{43} A_{54} A_{15}$$

$$A_{стp} = A_{31} A_{42} A_{35} A_{14} A_{25}$$

$$A_{41} A_{52} A_{13} A_{24} A_3$$

$$A_{51} A_{12} A_{23} A_{34} A_{45}$$

**Рисунок 3.**

$$A_{11} A_{12} A_{13} A_{14} A_{15}$$

$$A_{22} A_{23} A_{24} A_{25} A_{21}$$

$$A_{ст6} = A_{33} A_{34} A_{36} A_{31} A_{32}$$

$$A_{44} A_{45} A_{41} A_{42} A_{43}$$

$$A_{55} A_{51} A_{52} A_{53} A_{54}$$

**Рисунок 2.**

$$A_{11} A_{23} A_{35} A_{42} A_{54}$$

$$A_{22} A_{34} A_{41} A_{53} A_{15}$$

$$A_{23} = A_{33} A_{45} A_{52} A_{14} A_{21}$$

$$A_{44} A_{51} A_{13} A_{25} A_{32}$$

$$A_{55} A_{12} A_{24} A_{31} A_{43}$$

**Рисунок 4.**

**Вывод.** Анализ приведенных примеров построения массивов с непересекающимися компонентами – множествами, показывает, что свойства непересекаемости компонентов в них сохраняются: для первого типа массивов при любых перестановках столбцов. Общее число таких перестановок равно  $n!$

Следовательно, на базе построенного по предлагаемым алгоритмам массива, путем перестановки в ней столбцов, может быть построен целый класс таких массивов, общее число которых равно  $n!$

По аналогии могут быть построены классы массивов второго и третьего типов: второго типа путем перестановок строк, общим числом  $n!$ , третьего типа путем перестановок строк и столбцов, общим числом  $(n-1)! * n!$ .

Это свойство построенных массивов позволяет рассматривать их как базовые, образующие массивы классов массивов с индексно непересекающимися множествами.

Алгоритмы их построения при этом являются базовыми алгоритмами отдельных классов массивов с такими свойствами.

#### **Библиографический список:**

1. Кадиев И.П., Кадиев П.А. Об одном классе комбинаторных конфигураций // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - 2013. №31. С.45-49.

2. Кадиев И.П., Кадиев П.А. Циклические методы индексной сортировки элементов информационных массивов // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - 2015, № 36, С.79-83.

#### **References:**

1. I.P. Kadiev, P.A. Kadiev, On a class of combinatorial configurations // Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical nauki.- 2013. №31. pp.45-49.

2. I.P.Kadiev, P.A.Kadiev, Cyclical methods of sorting the index element data arrays // Herald of Dagestan the State Technical University. Technical nauki.- 2015, number 36, pp.79-83.

## СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 699.841

*Абакаров А.Д., Зайнулабидова Х.Р.*

### ОЦЕНКА ОБЛАСТЕЙ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ ЗДАНИЙ СО СКОЛЬЗЯЩИМ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ПОЯСОМ

*Abakarov A.D., Zajnulabidova H.R.*

### THE ASSESSMENT OF AREAS FOR THE RATIONAL USE OF SEISMIC ISOLATION SYSTEM FOR BUILDINGS WITH FUNDAMENTAL SLIDING BELT

*Аннотация.* Целью исследования является оценка сейсмической реакции зданий при их разной этажности и жёсткости, а также при разных параметрах системы сейсмоизоляции и сейсмического воздействия для определения областей рационального применения данных систем сейсмоизоляции. Установлено, что в технологии скользящего пояса основным составляющим является устройство системы скольжения, включающее компонент минимизации трения и компонент ограничения больших горизонтальных перемещений.

Проведены исследования эффективности применения сейсмоизолирующего скользящего пояса в зданиях разной этажности. Оценены рациональные параметры скользящих опор из условия максимума надёжности рассматриваемых систем в широком диапазоне изменения преобладающего периода сейсмического воздействия. Обосновано, что существенное влияние на эффективность использования сейсмоизолирующего скользящего пояса оказывает этажность, конструктивная схема здания, а именно допустимые перекосы этажей.

**Ключевые слова:** сейсмозащита, скользящий пояс, перекосы этажей, вероятность не превышения, сейсмические нагрузки

**Abstract.** The aim of the study is to assess the seismic response of buildings when they are of a different height and stiffness, as well as at different parameters of the system of seismic isolation and seismic forces to determine the efficient application of these systems. It is established that in the technology of the moving belt are main-conductive device is a slip system, including a component of the minimization of friction and the component of the constraints of large horizontal displacements. Computational model of the building with fundamental sliding belt is presented in the form of a cantilever beam with lumped masses. Conducted research of efficiency of application of seismic isolation the moving belt in the buildings of a different height. The rational valued parameters of sliding bearings from the condition of maximum

*reliability of the systems under consideration in a wide range of variation of the predominant period of seismic excitation. It is proved that significant influence on the effectiveness of seismic isolation the sliding belt has a number of floors, design concept building, namely the permissible distortions of the floors.*

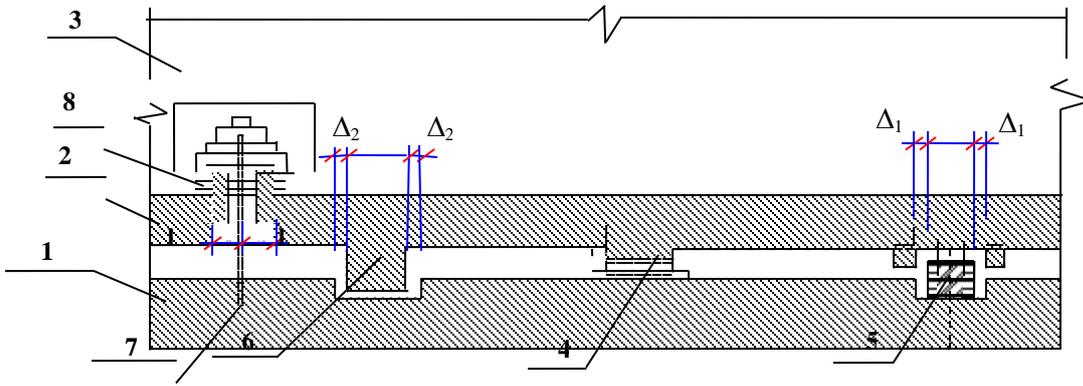
**Key words:** seismic protection, sliding belt, distorted floors, not exceeding probability, seismic loads.

**Введение.** В настоящее время в большинстве случаев сейсмостойкость зданий и сооружений обеспечивается путём увеличения прочностных характеристик конструкций и связей между ними. Практика показала, что такой подход к проектированию вызывает определённые проблемы, связанные с тем, что увеличение сейсмостойкости посредством увеличения размеров сечения конструкций ведёт к увеличению материалоемкости конструкций, их жесткости и веса. Существуют способы, позволяющие избежать эти недостатки, например, использование податливых опор-фундаментов, снижающих горизонтальные связи здания с основанием [1]. Основное преимущество таких опор - снижение сейсмических нагрузок на здания и сооружения, поэтому эти системы называются системами активной сейсмозащиты и сейсмоизоляции.

Одним из вариантов эффективной сейсмоизоляции является использование сейсмоизолирующего скользящего пояса [2]. В технологии скользящего пояса основным составляющим является устройство системы скольжения, включающее компонент минимизации трения и компонент ограничения больших горизонтальных перемещений. Для скользящих элементов необходим не только низкий коэффициент трения, обеспечивающий эффект сейсмоизоляции, но и высокая несущая способность для восприятия вертикальной нагрузки. Ограничители горизонтальных перемещений не воспринимают вертикальные нагрузки, а только ограничивают перемещения, вызываемые горизонтальными сдвигающими нагрузками. Существенное влияние на эффективность использования сейсмоизолирующего скользящего пояса оказывает этажность и высота зданий.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является оценка сейсмической реакции зданий при их разной этажности и жёсткости, а также при разных параметрах системы сейсмоизоляции и сейсмического воздействия для определения областей рационального применения данных систем сейсмоизоляции.

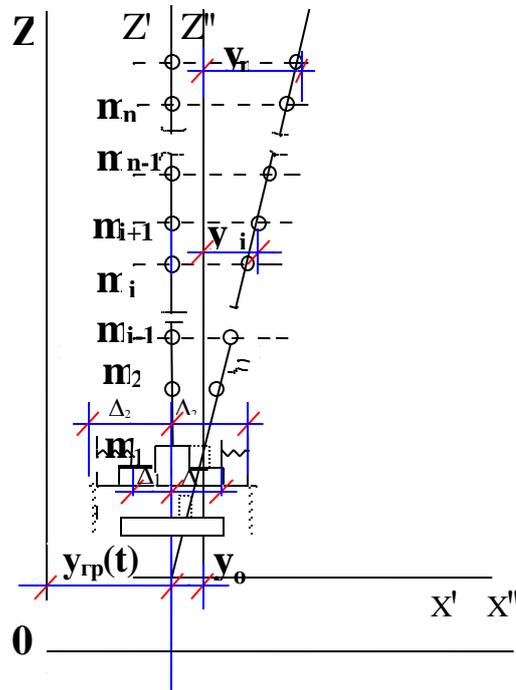
**Методы исследования.** Рассматриваемый сейсмоизолирующий пояс выполняется в виде ряда опор, расположенных между фундаментом здания и надземными конструкциями в местах пересечения стен, с шагом не более 3м [3]. Каждая опора имеет две пластины из нержавеющей стали и фторопласта. Для ограничения перемещений в фундаментном поясе предусмотрены упругие и жёсткие ограничители горизонтальных перемещений с зазорами  $\Delta_1$  и  $\Delta_2$ , соответственно. Опорный узел конструкции скользящего пояса показан на рис. 1.



**Рисунок 1.** - Схема элементов сейсмоизолирующего скользящего пояса

- 1 - верхняя обвязка фундаментов (стен подвала или технического подполья);
- 2 - ростверк;
- 3 - надземные конструкции здания;
- 4 - скользящая опора;
- 5 - упругий ограничитель горизонтальных перемещений (демпфер);
- 6 - жесткий ограничитель горизонтальных перемещений (упор);
- 7 - ограничитель вертикальных перемещений (вертикальная связь);
- 8 - вертикальный амортизатор.

Расчётная модель здания со скользящим фундаментным поясом, представленная в виде консольного стержня с сосредоточенными массами, приведена на рис.2.



**Рисунок 2.** - Расчётная модель здания с сейсмоизолирующим скользящим поясом

Система дифференциальных уравнений скольжения здания в горизонтальной плоскости при сейсмическом воздействии записывается в виде:

$$m_0 \ddot{Y}_0 + \beta_0 \dot{Y}_0 + F_{\text{тр}} \text{Sign} \dot{Y}_0 + \beta_1 (\dot{Y}_0 - \dot{Y}_1) - R_1 (Y_1 - Y_0) = -m_0 \ddot{Y}_{\text{гр}}$$

$$m_i \ddot{Y}_i + \beta_i (\dot{Y}_i - \dot{Y}_{i-1}) + R_i (Y_i - Y_{i-1}) + \beta_{i+1} (\dot{Y}_i - \dot{Y}_{i+1}) - R_{i+1} (Y_{i+1} - Y_i) = -m_i (\ddot{Y}_{\text{гр}} + \ddot{Y}_0) \quad (1)$$

$$m_n \ddot{Y}_n + \beta_n (\dot{Y}_n - \dot{Y}_{n-1}) + R_n (Y_n - Y_{n-1}) = -m_n (\ddot{Y}_{\text{гр}} + \ddot{Y}_0),$$

$$i=1 \div n-1 \quad Z$$

где  $Y_i$  – горизонтальное перемещение  $i$ -той массы;  $\dot{Y}_i$  – скорость  $i$ -той массы;

$\ddot{Y}_i$  – ускорение  $i$ -той массы;  $m_i$  – величина сосредоточенной массы;

$\beta_i$  – коэффициент внутреннего вязкого трения;  $R_i$  – жёсткость  $i$ -го этажа;

$\ddot{Y}_{\text{гр}}$  – ускорения колебания грунтов, представленные в виде нестационарного случайного процесса во времени.

$Y_0, \dot{Y}_0, \ddot{Y}_0, \beta_0, m_0$  – то же на уровне верха фундамента;

$\text{Sign} \dot{Y}_0$  – единичная функция;  $F_{\text{тр}}$  – сила трения

Основными управляемыми параметрами системы сейсмоизоляции со скользящим фундаментным поясом являются: коэффициент трения-скольжения пластин, который зависит от их материала; величины жёсткостей упругого и жёсткого ограничителей перемещений; задаваемые величины зазоров упругого и жёсткого ограничителей перемещений, которые по техническим требованиям не могут быть больше определённых значений.

В настоящей работе расчёт сейсмической реакции (перемещений, перекосов этажей, инерционных сил, горизонтальных сдвигающих сил) зданий жёсткой и гибкой конструктивных систем с этажностью 5, 9 и 12 произведена интегрированием на ЭВМ системы дифференциальных уравнений (1) методом Рунге-Кутты 4-го порядка.

При этом сейсмическое воздействие моделируется на ЭВМ в виде нестационарного случайного процесса с косинус плюс синус корреляционной функцией исходного стационарного случайного процесса [4].

Продолжительность сейсмического воздействия принимается равной, 20 сек, а интенсивность – 7, 8 и 9 баллам.

В настоящей работе рассмотрен вариант системы сейсмоизоляции без упругих ограничителей перемещений, а расстояние  $\Delta_2$  считается предельно допустимым.

На первом этапе оценивалась эффективность рассматриваемой системы сейсмоизоляции при разных параметрах зданий, скользящих опор и сейсмического воздействия путём сравнения с сейсмической реакцией зданий без сейсмоизоляции.

Результаты исследований по оценке сейсмических поперечных сдвигающих сил приведены в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1.-** Максимальные горизонтальные сейсмические сдвигающие силы в 5-ти этажном здании жёсткой конструктивной схемы

N п/п	Ускорение колебания грунта $\ddot{Y}_{гр}$ , см/с <sup>2</sup>	$T_j$ сек	Сдвигающие силы $Q_0$ в кН, в нулевом уровне в зависимости от коэффициента трения-скольжения пластин				Сдвигающие силы $Q_5$ в кН, в уровне верха в зависимости от коэффициента трения-скольжения пластин				Сдвигающие силы в здании без сейсмоизоляции, кН	
			$f_{тр}=0,12$	$f_{тр}=0,15$	$f_{тр}=0,20$	$f_{тр}=0,25$	$f_{тр}=0,12$	$f_{тр}=0,15$	$f_{тр}=0,20$	$f_{тр}=0,25$	$Q_1$	$Q_5$
1	100	0,1	961,80	1101,94	1462,36	1837,54	25,23	27,36	30,82	7,85	6757,9	1841
2		0,3	937,33	1107,85	1442,32	1820,12	60,69	59,41	78,77	47,85	6851,15	1786,66
3		0,5	888,15	1084,84	1455,44	1821,59	51,83	63,51	68,34	63,33	4226,7	1069,5
4		0,7	881,40	1087,18	1455,59	1826,97	79,90	72,60	83,53	87,77	3585,6	885,7
5		0,9	867,14	1071,48	1456,00	1828,22	62,89	79,82	51,65	114,47	3052,0	732,3

**Таблица 2.-** Максимальные горизонтальные сейсмические сдвигающие силы, в уровнях масс  $m_0$  и  $m_9$  девятиэтажного здания

№ п/п	Ускорение колебания грунта $\ddot{Y}_{гр}$ см/с <sup>2</sup>	$T_j$ сек	Параметры скользющего пояса	Сдвигающие силы $Q$ , кН в зданиях с жёсткой конструктивной схемой в уровнях:		Сдвигающие силы $Q$ , кН в зданиях с гибкой конструктивной схемой в уровнях:		Сдвигающие силы $Q$ в здании без сейсмоизоляции с жёсткой конструктивной схемой в уровнях:	
				масса $m_0$	массы $m_9$	массы $m_0$	массы $m_9$	массы $m_0$	массы $m_9$
1	400	0,1	$f_{тр}=0,12$ , [ $y_0$ ]=12 см	5271,71	1128,05	5133,96	1507,89	24685,78	4635,79
2		0,2		7363,25	1206,44	7665,37	1144,32	38790,63	8900,92
3		0,3		8651,44	1433,18	12281,43	1230,37	45322,93	10392,83
4		0,4		16819,16	2230,64	16372,28	1773,45	50537,17	8889,4

Анализ результатов расчёта показывает, что сейсмоизоляция 5-ти этажного здания скользящим фундаментным поясом приводит к снижению максимальных сейсмических сдвигающих сил в диапазоне преобладающих периодов сейсмических колебаний грунтов от 0,1 до 0,9 сек в 3-5 раз, при  $f_{тр}$  находящемся в интервале от 0,12 до 2,5.

Такая же картина наблюдается и для 9-ти этажных зданий как жёсткой, так и гибкой конструктивной схемы при интервале преобладающих периодов сейсмических колебаний грунтов от 0,1 до 0,4 сек при  $f_{тр}=0,12$ .

При увеличении значений  $T_j$  и  $f_{тр}$  эффект сейсмоизоляции снижается.

На втором этапе методом статистических испытаний оценивалась надёжность (вероятность безотказности) рассматриваемых зданий при разных параметрах системы сейсмоизоляции и сейсмического воздействия.

Вероятностные характеристики безотказности зданий со скользящим фундаментным поясом определялись по следующим выражениям:

вероятности  $P_0$  не превышения предельного перемещения  $[y_0]$  в уровне массы  $m_0$

$$P_0 = 1 - \frac{N_0^*}{N}, \quad (2)$$

где  $N_0^*$  - число испытаний, при которых перемещение нулевого уровня  $y_0$  больше допустимого  $[y_0]$ ,  $N$  – общее количество испытаний;

вероятности  $P_i$  не превышения перекосов этажей в уровне  $i$  – той массы:

$$P_i = 1 - \frac{N_i^*}{N}, \quad i=1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Здесь,  $N_i^*$ -число испытаний, при которых для  $i$ -го этажа выполняется условие

$$\theta_i = \frac{y_i - y_{i-1}}{H_i} > [\theta], \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

где  $[\theta]$  – допустимый уровень перекоса этажа,  $\theta_i$  – расчётный уровень перекоса  $i$ -го этажа,

$y_i$  и  $y_{i-1}$  - горизонтальные перемещения  $i$ -той и  $i-1$  массы,  $H_i$  –высота  $i$  – го этажа.

Надёжность надфундаментной части здания оценивалась в виде:

$$P_t = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (5)$$

где  $P_i$  определяется по формуле (2).

Надёжность здания в целом определяем по формуле:

$$P = P_0 \cdot P_t. \quad (6)$$

Число испытаний в расчётах принято равным  $N=100$ . Графики вероятностей  $P_0$  не превышения допустимого перемещения при меняющемся преобладающем периоде колебаний грунта приведены на рис. 3.

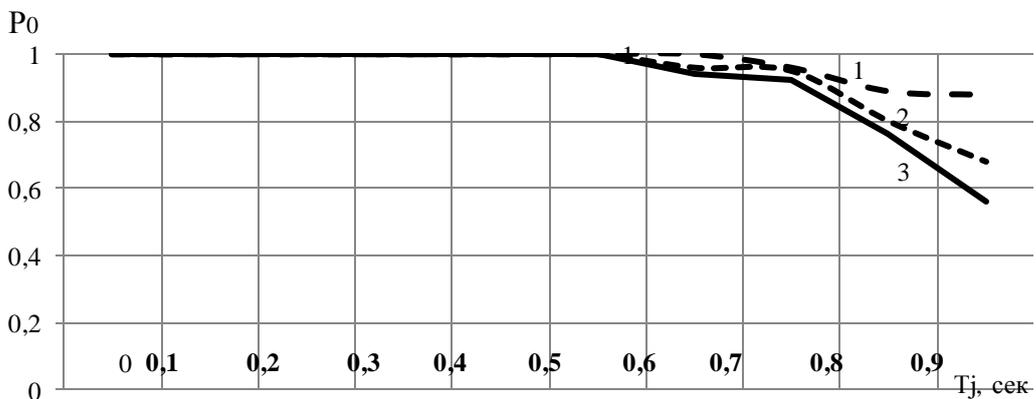


Рисунок 3. - Графики вероятностей  $P_0$

На рисунке 3 представлены графики вероятностей  $P_0$  не превышения допустимого перемещения  $[y_0]=12$  см в уровне верха фундаментов в зданиях разной этажности с жёсткой конструктивной схемой и со скользящим фундаментным поясом с коэффициентом  $f_{тр}=0,12$ , при сейсмическом воздействии с параметрами  $\ddot{Y}_{гр}=200$  см/с<sup>2</sup>,  $T_j=0,1\div 0,9$  сек: 1 - для 5 - ти этажного здания, 2 – для 9-ти этажного здания, 3 – для 12 - этажного здания.

Вероятности безотказности  $P_t$  и  $P_0$  для многоэтажных зданий с жёсткой конструктивной схемой и с сейсмоизолирующим скользящим поясом приведены в таблице 3.

**Таблица 3- Вероятность безотказной работы систем**

Максимальное ускорение $\ddot{Y}_{гр}$ см/с <sup>2</sup>	Коэф трения- скольжения $\mu$	[ $\theta$ ]	[ $y_0$ ], см	число этажей $n$	Вероятности не превышения $P_t, P_0$ при различных значениях преобладающего периода колебаний грунта $T_j$												
					0,1 сек		0,3 сек		0,4 сек		0,6 сек		0,7 сек		0,9 сек		
					$P_t$	$P_0$	$P_t$	$P_0$	$P_t$	$P_0$	$P_t$	$P_0$	$P_t$	$P_0$	$P_t$	$P_0$	
200	0,12	0,001	12	5	1	1	1	1	1	1	1	0,92	1	0,9	1	0,88	
				9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,96	1	0,68	
				12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,92		0,56	
				17	1	1	1	0,4	1	0,3	1	0,25	1	0,2	1	0,1	
	0,12	0,001	20	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,95	1	0,92	
				12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,96	1	0,92	
				17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	0,15	0,001	12	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,96	
				12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,84	
				17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	0,20	0,001	12	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
				9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
				12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,84	
				17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
400	0,12	0,001	12	5	1	1	1	1	1	1	0,88	1	0,80	1	0,72		
				9	1	1	1	1	1	0,88	1	0,72	1	0,68	1	0,48	
				12	1	1	1	1	1	0,86	1	0,78	1	0,83	1	0,58	
	0,20	0,001	20	5	1	1	1	1	1	1	0,83	1	0,76	0,8	0,48		
				9	1	1	1	1	1	0,96	0,98	0,90	0,85	0,76	0,79	0,32	
		12		1	1	1	1	1	1	1	0,70	1	0,52	0,55	0,2		
		0,006		5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
				9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				

Исследования показали, что существенное влияние на эффективность использования сейсмоизолирующего скользящего пояса оказывает не только этажность, но и конструктивная схема здания, а именно допустимые перекосы этажей.

В зданиях с жёсткой конструктивной схемой этот показатель принят равным 0,001, а с гибкой - 0,006. Чем больше эти показатели, тем выше надёжность зданий.

**Вывод.** Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать следующие положения.

Сейсмоизоляция жёстких зданий скользящим фундаментным поясом рациональна в следующих случаях:

- на территориях с преобладающими периодами сейсмических колебаний грунта в диапазоне  $T_j=0,1\div 0,9$  сек и расчётной сейсмичностью 7 баллов, что соответствует ускорениям колебаний грунтов  $100 \text{ см/с}^2$  при строительстве зданий до 12 этажей включительно с параметрами скользящего пояса  $f_{\text{тр}}=0,12$ ,  $\Delta_2=12 \text{ см}$ .
- при расчётной сейсмичности 8 баллов ( $200 \text{ см/с}^2$ ) и преобладающих периодах колебаний грунта в диапазоне  $T_j=0,1\div 0,9$  сек для зданий высотой до 9 этажей включительно с параметрами скользящего пояса  $f_{\text{тр}}=0,12$ ,  $[y_0]=12 \text{ см}$
- при расчётной сейсмичности 9 баллов ( $400 \text{ см/с}^2$ ) и преобладающих периодах колебаний грунта в диапазоне  $T_j=0,1\div 0,4$  сек для зданий высотой до 5 этажей включительно с параметрами скользящего пояса  $f_{\text{тр}}=0,12$ ,  $[y_0]=12 \text{ см}$

Сейсмоизоляция скользящим фундаментным поясом для зданий с гибкой конструктивной схемой рациональна в следующих случаях:

- при расчётной сейсмичностью 7 баллов ( $100 \text{ см/с}^2$ ) и преобладающих периодах колебаний грунта в диапазоне  $T_j=0,1\div 0,9$  сек для зданий высотой до 25 этажей с параметрами скользящего пояса  $f_{\text{тр}}=0,12$ ,  $[y_0]=12 \text{ см}$ . При большей этажности (до 25 этажей) на территориях с  $T_j=0,1\div 0,4$  сек;
- при расчётной сейсмичности 8 баллов ( $200 \text{ см/с}^2$ ) и преобладающих периодах колебаний грунта в диапазоне  $T_j=0,1\div 0,9$  сек для зданий высотой до 18 этажей с параметрами скользящего пояса  $f_{\text{тр}}=0,12$ ,  $[y_0]=12 \text{ см}$
- при расчётной сейсмичности 9 баллов ( $400 \text{ см/с}^2$ ) и преобладающих периодах колебаний грунта в диапазоне  $T_j=0,1\div 0,9$  сек для зданий высотой до 10 этажей с параметрами скользящего пояса  $f_{\text{тр}}=0,20$ ,  $[y_0]=20 \text{ см}$ , при большей этажности (25 этажей) здания можно строить на территориях с прогнозируемыми высокочастотными воздействиями ( $T_j=0,1\div 0,4$  сек).

#### **Библиографический список:**

1. Казина Г.А., Килимник Л.Ш. Современные методы сейсмозащиты зданий и сооружений. Обзор. М.: ВНИИИС, 1987. – 65 с.
2. Поляков В.С., Килимник, Л.Ш., Черкашин А.В. Современные методы сейсмозащиты зданий / В.С. - М.: Стройиздат, 1989.- 320 с.
3. Плевков В.С., Мальганов А.И., Балдин И.В. Железобетонные и каменные конструкции сейсмостойких зданий и сооружений: - М.: АСВ, 2010. – 290 с.
4. Абакаров А.Д., Зайнулабидова Х.Р., Курбанов И.Б. Синтезированные акселерограммы для г. Махачкалы //Труды института геологии Дагестанского научного центра РАН. - 2010. - №56. - С. 245-250.

### References:

1. G.A Casinos, L.S Kilimnik Modern methods of seismic built- and structures. Overview. М.: VNIIS, 1987. - 65 p.
2. V.S. Polyakov, L.S Kilimnik, Cherkashin AV Modern methods of seismic protection of buildings / VS - М.: Stroyizdat, 1989.- 320 p.
3. V.S. Spitting, A.I. Malganov, I.V. Baldin, Reinforced concrete and stone structures earthquake-resistant buildings and structures: - М.: ASV, 2010. - 290 p.  
A.D. Abakarov, H.R. Zaynulabidova, I.B. Kurbanov Synthesized aksellero-grammy to Makhachkala // Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences. - 2010. - №56. - pp. 245-250.

УДК 721.747.575

*Байрамова Д.М.*

## ХУДОЖЕСТВЕННО-ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТЬ ВНУТРЕННЕГО ПРОСТРАНСТВА В АРХИТЕКТУРЕ СРЕДНЕЙ АЗИИ

*Bayramova D.M.*

## ARTISTIC-AESTHETIC EXPRESSIVENESS OF INTERNAL SPACE IN THE ARCHITECTURE OF CENTRAL ASIA

*Аннотация.* Обосновано, что одной из основных задач архитекторов при проектировании туристических комплексов вблизи историко-культурных заповедников является соблюдение композиционных принципов и художественно-эстетической выразительности пространства с целью воспроизведения атмосферы прошлого. Целью исследования является поиск новых форм интерпретации древних культур в современных интерьерах, учитывая нарастающую тенденцию обращения к традиционному стилю в архитектуре и дизайне. Выявлены особенности композиции и художественной выразительности интерьеров в архитектуре Средней Азии. Определены их основные отличительные черты и художественно-эстетическая функция. Установлено, что объемно-пространственная структура здания определяет композицию внутреннего пространства, а также взаимосвязь между внешней и внутренней структурой здания с пространством интерьеров и окружающей средой. Рассмотрены примеры архитектуры объектов туристического обслуживания в историче-

ских центрах региона с применением элементов местной средневековой архитектуры.

**Ключевые слова:** внутреннее пространство, Средняя Азия, традиционные строительные материалы, орнамент, форма, композиция, объекты туристического обслуживания, гостиница.

**Abstract.** *The article is dedicated to the peculiarities of the internal space composition in architecture of Central Asia. There are some main distinguishing features of artistic and aesthetic functions of this direction considered. The purpose of the article is to find forms of ancient cultures interpretation in modern interiors, given the growing tendency of the traditional style use in architecture and design. There are some examples of tourism service facilities in the historic centers of the region with elements of national architecture given. Currently there is an increasing tendency of applying the traditional style in architecture and design using modern building materials. This makes the objects attractive for people interested in different cultures. Entire cities are becoming a modern interpretation of ancient cultures. In the case of designing tourist complexes near the monuments of culture, the direct study of their space-planning structure makes possible to identify the characteristics of the objects architecture, which will recreate the atmosphere of the cultural epoch of that time in a modern style.*

**Ke ywords:** interior space, Central Asia, hotel, traditional building materials, decoration, decoration, form, composition, tourism service facilities.

**Введение.** Исторические города Средней Азии обладают ярко выраженной самобытностью традиционной архитектуры, имеющей глубокие местные корни. К архитектурным элементам, отличающим монументальные среднеазиатские постройки прошлых веков, можно отнести следующие: большие купола, минареты, внутренние дворы, арабески, симметрию, стрельчатые арки [1]. Внутренняя структура традиционных зданий часто более выразительная, чем внешняя.

**Постановка задачи.** Целью исследования является поиск новых форм интерпретации древних культур в современном интерьере, учитывая тенденцию обращения к традиционному стилю в архитектуре и дизайне.

**Методы исследования.** Изучение основных композиционных принципов и художественно-эстетической выразительности пространства с целью их современной интерпретации и попытки воспроизвести атмосферу прошлого является одной из основных задач архитекторов при проектировании туристических комплексов вблизи историко-культурных заповедников.

Зодчие прошлого в своем творчестве были ограничены различными условиями: географическим положением, экономическими факторами, но прежде всего – художественным каноном. Наряду с этим композиция здания не могла иметь произвольную форму - технические возможности и строительные материалы ограничивали фантазию мастеров-строителей. Поэтому они самовыражались с помощью декораций и символов, совершенствуя роскошь интерьеров.

Ограниченность природных ресурсов естественным путем определила объемно-пространственную композицию и конструкцию зданий. Традиционные строительные материалы — камень и глина, дерево используется реже.

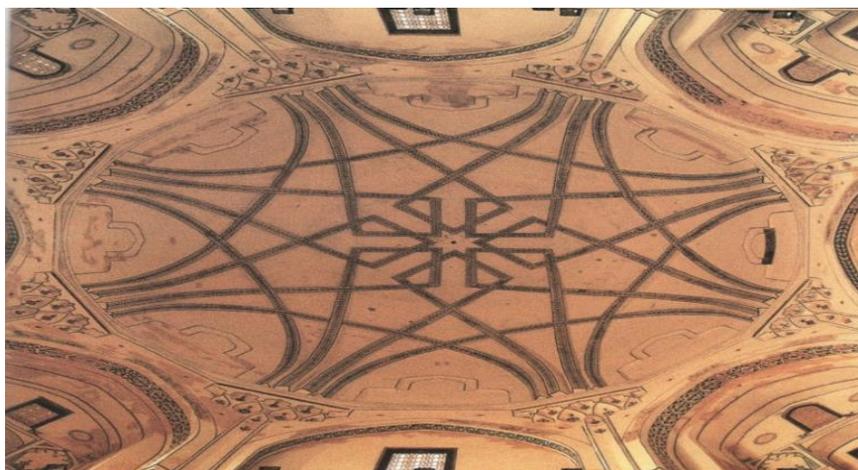
Важными технологическими достижениями в архитектуре, повлиявшими на региональный облик архитектуры, являются использование жженого кирпича с X века и цветных мозаик с XIV века (рис.1).



**Рисунок 1.-** Мозаика в медресе Улугбека на площади Регистан, Самарканд (Узбекистан, XV в.)

Стрельчатая арка михраба в прямоугольной раме стала символом мусульманства и основным мотивом архитектуры, каллиграфические религиозные надписи служили ее украшением [2].

Купол является одним из основных элементов среднеазиатской монументальной архитектуры. Если внешняя форма купола воспринимается как венчание объемной формы, то внутренняя часть завершает пространство интерьера (рис. 2).



**Рисунок 2. -** Купол мавзолея султана Санджара, Мерв (Туркменистан)

Страны рассматриваемого региона следуют различным пропорциям этого архитектурного элемента.

**Обсуждение результатов.** Объемно-пространственная структура здания определяет композицию внутреннего пространства. Взаимосвязи между внешней и внутренней структурой базируются на гармоничном, соразмерном един-

стве наружного объема здания с пространством интерьеров и окружающей средой, результатом которого является художественное завершение целого.

В архитектуре Средней Азии такое единство часто достигалось посредством использования жженого фигурного кирпича в качестве декоративного элемента, который зачастую служил лишь облицовкой сырцовых стен зданий (рис. 3) [3].



**Рисунок 3.** - Использование фигурного кирпича в интерьере мечети Галхатан-баба, город Мерв (Туркменистан, 1095 г.)

Использование декора в небольших проявлениях на фасадах плавно переходило в интерьер. В целом, архитектуру региона характеризуют пластически выразительные интерьеры и множество деталей, а фасады с небольшими проемами и минимумом элементов выражают собой статичность и монументальность.



**Рисунок 4.** - Богатая декоративная резьба аббасидской мечети в Самарре (Ирак, IX в.) – один из ранних образцов высокохудожественного стиля резной декорации Среднего Востока

Выразительность объемно-пространственной композиции достигается с помощью ряда композиционных средств – симметрии, ритма, пропорций, масштаба.

*Художественно-тектоническая выразительность* пространства достигалась пропорциями основных несущих элементов здания – стен, колонн, арок,

куполов на парусах, стрельчатых сводов. Пропорции арочных систем использовались в качестве художественно-пластического языка. Средняя Азия является регионом высокой сейсмичности. По этой причине наиболее распространенной в строительстве конструктивной системой является каркасная схема. Таким образом, интерьерное пространство заполнялось чередованием колонн, превращаясь в арки и задавая тон общему замыслу организации внутреннего пространства.

*Ритм* заключается в закономерном чередовании элементов композиции и имеет существенное влияние на восприятие объемных и пространственных структур. Выразительность внутренней композиции достигается за счет метрической повторности однотипных элементов – арок, колонн, орнаментов. В объемной и пространственной композиции восприятие идет от целого к частному, но важна временная последовательность смены зрительных образов. За счет подобных средств достигается художественный эффект архитектурной композиции, выразительность закономерного повтора как самих объемов и элементов архитектурного сооружения, так и интервалов между ними. Узоры в интерьере также часто выполнены ритмично. Расположение орнаментально-декоративных элементов и надписей, их ритм подчинены тектонике стены, соответствуют общему архитектурному замыслу.

*Тектоника*, как взаимосвязь формы и конструкции здания, закономерность построения пространства, прослеживается в архитектуре мечети в ее планировке. Обычно квадратная или прямоугольная планировка в интерьере выражалась через конструктивную систему стрельчатых арок. Открытый двор окружался аркадой. Часть мечети, которая направлена к священной Мекке, имеет в стене *михраб*. Его положение фиксировалось куполом. Проектировался *айван* – большой сводчатый зал, открывающийся во внутренний двор; с трех сторон он обнесен стеной и открыт с четвертой стороны. Фасады и интерьеры украшались узорной кирпичной кладкой, резьбой, арабесками, майоликой (рис. 5).



**Рисунок 5.** - Фестоны михраба мечети Машад-ата (Шир-Кабир) в Дехистане (X в.)

Стремление создать у зрителя впечатление ирреальности образа достигалось через семантико-эстетическую организацию орнамента. Это отражалось также в организации интерьера, создавая необходимую атмосферу духовности.

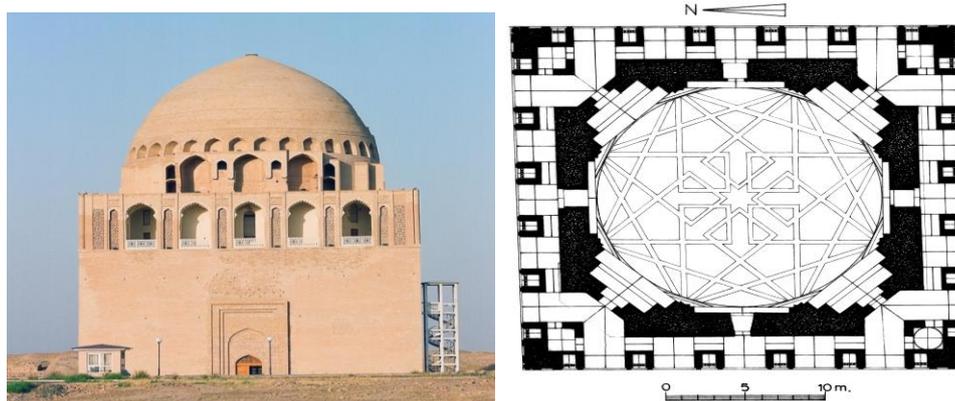
Каждая мировая религия создала систему художественных канонов. В исламе нет изображений икон, скульптур, свет не играл столь большого значения, как в христианских соборах. Акцент делался на монументальности объекта, а также на гробницах святых. Рисунки, составляющие орнамент поверхностей в архитектуре рассматриваемого региона, почти все произошли из правильных фигур — треугольников, пятиугольников, шестиугольников и т. д., и расположены на поверхности в строгой ритмичности.

*Пропорции* рисунка обычно имеют небольшие размеры, настолько, чтобы рассматривать их с расстояния вытянутой руки, но правильные фигуры создают пропорции общего рисунка стены, то есть создается целостная форма.

*Масштабность* – соразмерность относительно человека. Исламская архитектура, в частности мечети, часто поражает своими масштабами. Соразмерность окружающих зданий относительно мечети такова, что ее купол и минареты можно разглядеть с дальних точек города. В интерьере масштаб выражается в соотношении размеров разных предметов относительно друг друга и общего объема и тесно связан с пропорциями.

*Контраст* в художественном образе среднеазиатской архитектуры возникает при использовании контрастных цветов. Архитектурный декор построен на акцентах света и тени, на сопоставлении гладкой неорнаментированной плоскости стены и деталей, плотно насыщенных рельефным орнаментом. Использование глади стены на контрасте с тонким декором из арок и орнамента создает большую художественную выразительность. Красочная гамма довольно тяжела на восприятие, она построена на резком сопоставлении контрастных цветов.

*Симметрия* в принципе выражает общую направленность всей монументальной восточной архитектуры. Подчеркнутая симметрия возникает в планах, на фасадах и в интерьерах [7,8]. Симметрия простых архитектурных форм базируется на их зеркальном отображении (рис. 6).



**Рисунок 6.** - Мавзолей султана Санджара, город Мерв (Туркменистан, XII в.)

Арабская каллиграфия широко использовалась в архитектуре и как средство передачи текста, и просто для украшения (рис. 7). Архитекторы порой по-

крывали целые стены дворцов и мечетей затейливой арабской вязью, стилизованными мотивами из растительного мира и геометрическими узорами.

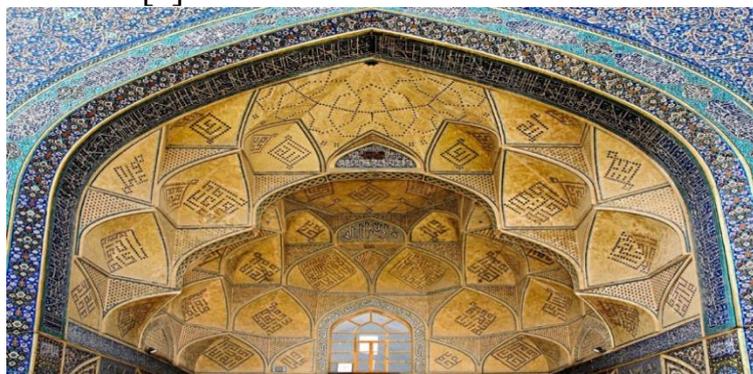


**Рисунок 7.** - Кufическая надпись в интерьере мавзолея султана Санджара, содержащая имя архитектора – Мухаммеда ибн-Атсыза ас-Серахси

Покрытие стен выполнялось с применением разноцветной керамики, резьбы по дереву или стук. Иногда подобный орнамент исполняет роль фриза, идущего по периметру внутреннего помещения.

В Иране мастера изготовляли специальную полихромную керамическую плитку в технике «*corde seka*». В соответствии с фразой, которая должна была быть изображена на стене, на каждой плитке размещались буква, слог или часть слова. Затем плитку подвергали нескольким обжигам (по числу наносимых красок) [6].

Широкое применение в восточном зодчестве получили *сталактиты*, которыми обычно заполняли своды или ниши (рис. 8). Их появление связано с конструктивным приемом, который архитекторы использовали, когда необходимо было перейти от прямых углов к кругу, например, поставить купол на прямоугольное основание [5].



**Рисунок 8.** - Сталактиты типа «мукарнас» в нишах медресе (XVII в.)



**Рисунок 9.** - Декоративная резная панель мавзолея в Самарканде. XIV век

Каждая эпоха в истории Средней Азии привнесла в архитектуру и дизайн свои отделочные материалы, используемые для декора. Первые образцы резного ганча появляются в раннее средневековье и встречаются во дворцах Топрак-Кала в Хорезме и Варахши близ Бухары [9]. Позднее ганч получает широкое применение в дизайне и искусстве региона (рис. 9).

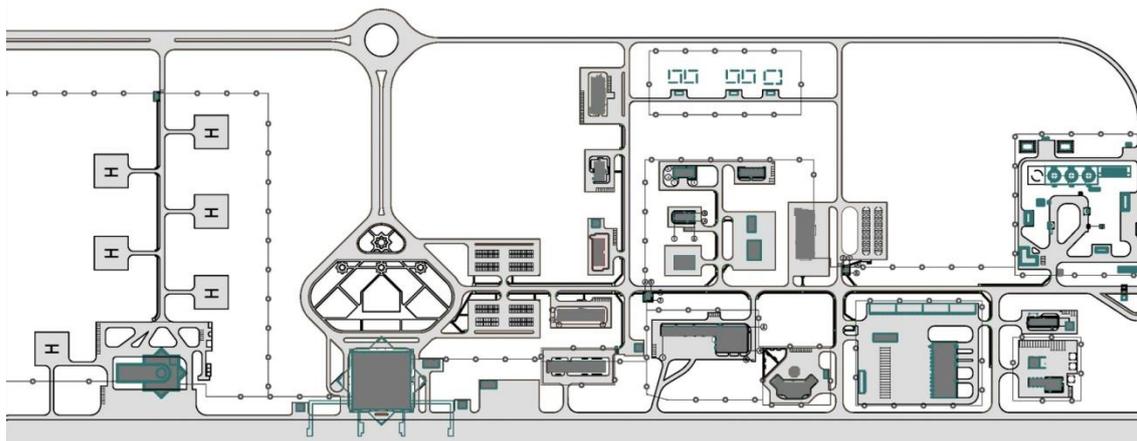
Применение традиционного стиля в архитектуре Средней Азии особенно распространено в гостиничных комплексах, расположенных в исторических центрах городов. Например, на фасадах и в интерьерах отелей вблизи площади Регистан в Самарканде (Узбекистан) часто присутствуют национальные узоры, майолика (рис. 10). В оформлении художественного замысла здания использованы традиционные виды прикладного искусства Узбекистана – такие как резьба по дереву и резьба по ганчу. Гости, прибывающих в регион, привлекают подобные гостиницы, в которых воссоздается атмосфера окружающей исторической застройки.



**Рисунок 10.** - Отель «Эмир Хан», Самарканд, Узбекистан

Современная интерпретация элементов восточной архитектуры активно отражается в новых постройках на территории Средней Азии. Одним из таких примеров является аэропортовый комплекс международных авиалиний в горо-

де Туркменабад (Туркменистан), (рис. 11). Новый аэропорт для обслуживания города и прилегающих районов области, решено строить в пустыне, в 7 км от города, с собственной инфраструктурой, включая водопровод, канализацию, электропитание и транспортную сеть с веткой железной дороги со станцией. Авторы проекта поставили перед собой задачу создания архитектурного комплекса на территории с расчетной сейсмичностью на уровне 8 баллов. На архитектурные и градостроительные решения повлияло нахождение участка строительства в зоне жаркого и сухого, резко-континентального климата.



**Рисунок 11.**- Международный аэропорт, г. Туркменабад (Туркменистан). Генплан.

Во время поисков визуального образа комплекса учитывались традиции национальной архитектуры в ее современном прочтении и современный опыт применения эффективных строительных и отделочных материалов. При этом одной из основных задач являлось применение актуальных технологических решений в контексте общих мировых тенденций развития архитектуры современных аэропортов и в соответствии с нормативными параметрами Международной ассоциации воздушного транспорта.

Сложный по составу и организации градостроительный комплекс сформирован отдельными сооружениями, отличающимися по функционально-технологическому принципу, что в условиях сейсмической зоны позволяет расположить здания на необходимом расстоянии друг от друга, а также создать объемы компактных размеров максимально правильной геометрической формы (рис. 11).

В экстерьерах зданий активно использованы мотивы традиционной национальной архитектуры Туркменистана, современные приемы сочетания стекла и камня, декоративных элементов из алюминия и нержавеющей стали.

Визуально прослеживается переход деталей от одного здания к другому, однако при этом каждое сооружение обладает своими отличительными особенностями. В архитектурном облике всех зданий единым образом использован мотив орнамента с включением восьмиконечной звезды - герба государства Туркменистан.

Образ звезды воплощен в контуре плана основного 3-х этажного здания Пассажирского терминала (рис.12).



**Рисунок 12.** - Международный аэропорт, г. Туркменабад (Туркменистан). Здание Пассажирского терминала.

Специфика типологии восточной, и более конкретизировано - туркменской архитектуры, проявилась в создании различных по своему назначению и художественному образу типов сооружений исходя из общей парадигмы и с использованием одних и тех же формообразующих элементов и композиционно-планировочных принципов.

С учетом национальных традиций в архитектуре подчеркивается симметрия здания терминала. Силуэт завершается куполом диаметром 30 м и высотой 6 м, отделанным мраморной плиткой, который располагается над зоной регистрации пассажиров. Образ здания дополняют декоративные солнцезащитные конструкции в виде струящихся по стеклу вертикальных полос орнамента.

Силуэт самого высокого сооружения комплекса – башни аэродромного командно-диспетчерского пункта высотой 55 метров, напоминает традиционные башни городов средней Азии. Это уникальное архитектурное сооружение является доминантой, визитной карточкой аэропорта.

Стекло активно используется в образе основных зданий комплекса, продолжая современные мировые тенденции архитектуры.

Светопрозрачные поверхности с использованием «умных» стекол с высокими энергосберегающими качествами и прогрессивные профильные системы также активно используются в облике других сооружений, но учитывая жаркие климатические условия, когда температура летом достигает +50 градусов и выше, обычное стекло заменяется фальшстеклом, а для создания дополнительной тени спроектированы большие вылеты козырьков.

Характерными для южного климата элементами пластического решения комплекса, являются открытые проветриваемые террасы под выносными козырьками-навесами с большим пролетом, дающие возможность погрузить в тень наружные ограждающие конструкции зданий.

Национальная особенность использования белого мрамора отражена в экстерьерах и интерьерах зданий комплекса. Ритмичность легкого стекла и кладки белого камня, плавный переход к деталям и узорам придает особое очертание архитектурному облику комплекса. За счет подобных средств достигается художественный эффект архитектурной композиции, выразительность закономерного повтора как самих объемов и элементов архитектурного сооружения, так и интервалов между ними.

Художественно – тектоническая выразительность пространства достигается четким членением структуры здания, когда в качестве художественно – пластического языка используется соотношения стекла к камню. Восприятие формы идет от целого к частному, важна временная последовательность смены отдельных зрительных образов.

Пересечение колонн, арок, видимых в перспективе, кладка камней, красочные узоры, детали и решетки, проникнутые сложным орнаментальным ритмом, - все это вносит в интерьер богатый и сложный ритм чередования архитектурных форм. Расположение орнаментально-декоративных элементов на фасаде и в интерьерах подчинено тектонике стены и соответствует общему архитектурному замыслу.

Рисунки, орнаментирующие поверхности в восточной архитектуре, почти все произошли из правильных фигур - треугольников, пятиугольников, шестиугольников и т. д., рассеянных на поверхности в определенной закономерности. Подобные элементы использованы на поверхностях пола и потолка, в декорировании колонн и отдельных элементов.

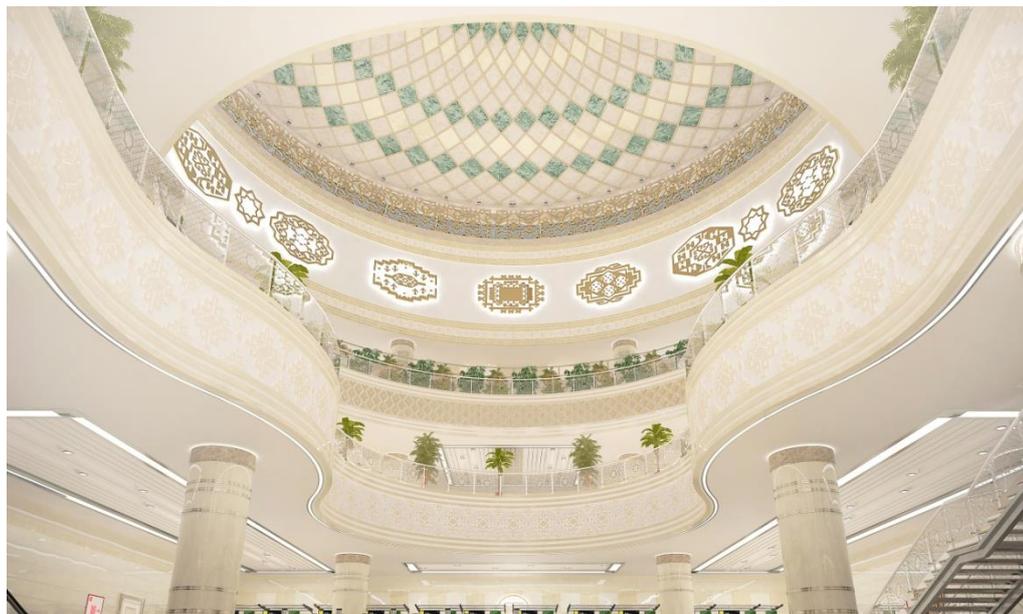
Архитектурный декор построен на контрастах света и тени, на сопоставлении гладкой неорнаментированной плоскости стены и деталей, плотно насыщенных рельефным орнаментом. Использование глади стены на контрасте с тонким декором из арок и орнамента придает большую художественную выразительность.

Важную роль в искусстве арабских стран играет орнамент — «музыка для глаз».

Многосветное пространство интерьера Пассажирского терминала, покрытое куполом, акцентирует монументальность объекта - элемент, присущий восточной архитектуре. Использование мягких оттенков и национальных цветов придает своеобразие интерьерам комплекса (рис. 13).

Город Туркменабад когда-то являлся крупным административным центром на пересечении караванных дорог Великого Шелкового Пути. Выдержанная в национальном стиле архитектура аэропорта, выражения посредством современных технических и инженерных решений, является примером и

началом для последующего создания сети объектов туристского обслуживания в регионе.



**Рисунок 13.** - Международный аэропорт, г. Туркменабад (Туркменистан). Здание Пассажирского терминала. Вид на купол

**Вывод.** В настоящее время все более широко развивается тенденция применения традиционной стилистики в архитектуре и дизайне посредством современных строительных материалов. Это делает здания интересными и привлекательными для людей, интересующихся разными культурами. Целые города становятся современной интерпретацией древних культур.

В случае проектирования туристических комплексов вблизи памятников культуры, непосредственное изучение их объемно-планировочной структуры делает возможным выявить характерные черты в архитектуре объектов, что позволит воссоздать атмосферу того времени в современном исполнении.

В дальнейшем предполагается выявление особенностей традиционного стиля на основе анализа исторически сложившихся принципов архитектуры объектов Средней Азии и специфических элементов археологических памятников отдельных регионов с целью разработки рекомендаций по проектированию туристической инфраструктуры на примере Туркменистана.

#### **Библиографический список:**

1. Засыпкин, Б.Н. Архитектура Средней Азии / Б. Н. Засыпкин. - М.: Издательство Академии художеств СССР, 1948. – 161 с.
2. Иманов, М.Н. Исламская архитектура на рубеже тысячелетий / М. Н. Иманов / Архитектура. Строительство. Дизайн. – 2000. - №3 (19).

3. Мамедов, М., Мурадов, Р. Архитектура Туркменистана от древних поселений до наших дней / М. Мамедов, Р. Мурадов / Архитектура. Строительство. Дизайн. – 2000. - №3 (19).
4. Искусство и архитектура Туркменистана. Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2012.
5. Пугаченкова, Г. А. Очерки искусства Средней Азии / Г. А. Пугаченкова, л. И. Ремпель. – М.: Искусство, 1982. – 288 с.
6. Сарианиди, В.И. Маргуш. Древневосточное царство в старой дельте реки Мургаб / В. И. Сарианиди.- Ашхабад: Мирас – 2002. -360 с.
7. Jepbarov, R. Gadymy Merw. Galalar, koskler, kummetler.../ R. Jepbarov. - Ashgabat: Ylym, 2006. – 62 с.
8. Jepbarov, R. Ancient Merv / R. Jepbarov. - Ashgabat: Ylym, 2012. – 55 с.
9. Halliday, T. The Silk Road / T. Halliday, D. Henley, A. Forbes, B. Mayhew, A. Palmer, S. Lawrence - London: Insight Guides, 2008 – 464 с.

### **References**

1. B.N. Zasiipkin, Architecture of Central Asia. BN Zasiipkin. - M .: Publishing house of the Academy of Arts of the USSR, 1948. - 161 p.
2. M.N. Imanov, Islamic architecture at the turn of the millennium. M.N Imanov. Architecture. Building. Design. - 2000. - №3 (19).
3. M. M. Mamedov, Turkmenistan R. architecture from ancient settlements to the present day. Mamedov, R. Muradov. Architecture. Building. Design. - 2000. - №3 (19).
4. The art and architecture of Turkmenistan. Ashgabat: Turkmenistan gosudonative Publishing Service, 2012.
5. G.A Pugachenkova, Essays art of Central Asia. Pugachenkova l. I. Rempel. - M .: Art, 1982. - 288 p.
6. V.I Sarianidi Margush. Ancient Eastern kingdom in the old delta of the Murghab river V.I .Sarianidi.- Ashgabat: Miras - 2002. – 360 p.
7. R.Jepbarov, Gadymy Merw. Galalar, koskler, kummetler R. Jepbarov. - Ashgabat: Ylym, 2006. – 62 p.
8. R.Jepbarov, Ancient Merv / R. Jepbarov. - Ashgabat: Ylym, 2012. – 55p.
9. T.Halliday, The Silk Road / T. Halliday, D. Henley, A. Forbes, B. Mayhew, A. Palmer, S. Lawrence - London: Insight Guides, 2008 – 464 p.

УДК 691.32

*Бисултанов Р.Г., Муртазаев С.-А.Ю., Саламанова М.Ш.*

## ЦЕМЕНТЫ НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ НА ОСНОВЕ АКТИВНОЙ МИНЕРАЛЬНОЙ ДОБАВКИ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

*Bisultanov R.G., Murtazaev S.-A.Y., Salamanova M.Sh.*

### LOW WATER CEMENTS BASED ON ACTIVE MINERAL ADDITIVES OF VARIOUS ORIGINS

*Аннотация.* В работе рассмотрены вопросы, связанные с разработкой эффективных высокопрочных вяжущих веществ. Установлено, что в растворах и бетонах немаловажным показателем является соотношение вяжущих свойств цементов с так называемым «удельным потреблением заполнителей». Выявлено, что активность портландцемента за последние десятилетия увеличилась незначительно и составляет 50-55 МПа; физико-технические свойства качественных фракционированных мелких и крупных заполнителей остались неизменными. Обоснована актуальность разработки новых видов цементов для высокопрочных и высококачественных бетонов с использованием активных минеральных добавок и эффективных суперпластификаторов. Доказано, что использование полученных цементов низкой водопотребности на основе применения активной минеральной добавки различного происхождения, позволяет получать высококачественные бетоны с классом прочности от В60 до В100, снижают водопотребность растворных и бетонных смесей на 25–30 % при равной подвижности.

*Ключевые слова:* цементы низкой водопотребности, активность, активные минеральные добавки, вулканический пепел, зола ТЭЦ, механохимическая активация, вяжущие вещества, водопотребность, гранулометрический состав.

*Abstract.* We consider the problems associated with the development of high-efficient binders. It was found that the mortars and concretes important indicator is the ratio of binding properties of cements with a so-called "specific consumption of aggregates." It was found that the activity of Portland cement in the past decade has increased slightly and is 50-55 MPa; physical and technical characteristics of high-quality graded fine and coarse aggregates remained unchanged. It substantiates the relevance of the development of new types of cements for high-strength and high-quality concrete with active mineral additives and an effective superplasticizers. It is proved that the use of the obtained cements of low water through the use of active mineral additives of different origin, allows to obtain high-quality concrete with strength class from B60 to B100, reduce the need for water-mortar and concrete mixtures of 25-30% for equal mobility.

**Key words.** *Low water cements, activity, active mineral additive, volcanic ash, heat station ashes, mechanochemical activation, cohesive materials, water necessity, grain-size composition.*

**Введение.** Широкому внедрению в промышленность бетонов в 100 МПа и более, начавшемуся в конце 80-х годов прошлого столетия, способствовало активное применение высокоэффективных суперпластификаторов и органоминеральных добавок-модификаторов [1,2]. Этот этап в достижении высокой прочности бетона, также связан с разработкой новых видов вяжущих – цементов низкой водопотребности (ЦНВ), предложенных В.Г. Батраковым, Ю.М. Баженовым, Ш.Т. Бабаевым, Н.Н. Долгополовым [1,4], на основе которых в различных лабораториях были получены высокопрочные бетоны марок М 1100-1200.

История создания цементов низкой водопотребности началась в 1989 году, когда в стране производили 145 млн. тонн цемента в год, и этого было недостаточно. Для разрешения этой проблемы группа специалистов занялась изучением японских цементных заводов. В результате исследований была предложена альтернатива – увеличить производство цемента, не строя новых заводов, за счет применения новой технологии модификации портландцемента в наноцемент. Технология заключалась в оборудовании, применяемом для производства наноцемента – шаровые мельницы, в которых каждое зерно цемента активизируется за счет механохимической обработки и покрывается сверхтонкой нанооболочкой другого вещества, причем толщина этой оболочки 20 – 50 нанометров. При этом получается материал, который превосходит свойства обычного портландцемента в несколько раз.

За сутки твердения в нормальных условиях бетон на этом цементе показал марку 600, тогда как традиционный портландцемент твердеет 28 суток и дает марку 400 – 500. Таким образом, было констатировано, что получили лучший цемент в мире и назвали его вяжущим (цементом) низкой водопотребности.

**Постановка задачи.** Для подтверждения вышесказанного, отметим, что в растворах и бетонах немаловажным показателем является соотношение вяжущих свойств цементов с так называемым «удельным потреблением заполнителей» (УПЗ), который измеряется массовым отношением суммы заполнителей и наполнителей к вяжущему (таблица 1) [1].

**Таблица 1.**– Показатель массового отношения суммы заполнителей и наполнителей к вяжущему в бетоне

Наименование показателя	Наименование вяжущего						
	гипс	известь	ПЦ*	ПЦ**	ТМЦ	ПБ	ЦНВ
Удельное потребление заполнителей (УПЗ)	0	1	6	10	12-13	>15	18-30

Примечание: ПЦ\* - портландцемент начала 20 века;  
 ПЦ\*\* - портландцемент конца 20 века;  
 ПБ - полимербетон, на основе полимерной связующего;  
 ТМЦ - тонкомолотые цементы, с применением суперпластификаторов;  
 ЦНВ - цементы низкой водопотребности.

Анализ приведенных данных показал, что для гипса, извести, ПЩ, типичного для начала XX века и для ПЩ конца XX века, во всех этих случаях лимитирующим фактором является пониженная плотность контактной зоны между тестом и частицами заполнителей. Оптимальная гранулометрия заполнителей, использование тонкомолотых традиционных цементов и суперпластификаторов, добавляемых с водой затворения, улучшение уплотнения и условий выдерживания – все это, повышая плотность контактных зон, может увеличить УПЗ до 13.

Полимербетоны являются родоначальником нового поколения бетонов с удельным потреблением заполнителей выше 15.

Цементы низкой водопотребности позволяют получать бетоны, в которых, вследствие значительного снижения контурных пор, УПЗ увеличивается от 18 до 30, что соответствует по величине характеристикам полимербетонов. Но если учитывать дефицитность и дороговизну полимерного связующего и широкую гамму наполнителей, ЦНВ являются намного эффективней по всем параметрам. С этой точки зрения ЦНВ являются новым поколением вяжущих веществ [1, 3, 5].

Несмотря на огромный размах научных исследований в нашей стране и за рубежом по использованию ЦНВ практический интерес к этим разработкам в Чеченской республике весьма ограничен, хотя промышленность сборного железобетона является той отраслью строительства, где в больших масштабах и с высокой эффективностью можно было бы их использовать.

В научно-техническом центре коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии» ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова проводятся экспериментальные исследования, направленные на создание цементов низкой водопотребности, которые получают по специальной технологии совместным помолом ингредиентов: готового портландцемента, сухого модификатора, активной минеральной добавки (золы - уноса, мелкие кварцевые пески, известняковая мука, вулканический пепел).

**Методы исследования.** В основу разработки ЦНВ положен принцип повышения химической активности портландцемента, кварца и других материалов в результате механохимической активации. В результате на поверхности частиц увеличиваются так называемые активные центры, которые представляют собой не что иное, как вышедшие на поверхность дефекты кристаллической структуры с некомпенсированными химическими связями.

Поверхностные слои частиц кварца из кристаллических становятся аморфными и растворимость в воде возрастает в десятки раз, следовательно, реакционная способность частиц порошка значительно возрастает. Кальцит тоже в процессе механоактивации может изменять вид кристаллической решетки и переходить в арагонит, вступать в реакцию с кремнеземом с образованием силикатов при нормальной температуре.

Таким образом, в результате механохимической активации получается однородный высокодисперсный продукт, выпуклость одних частичек, будет совпадать с вогнутостью других частичек, что будет приводить к максимальному сближению твердой фазы, созданию условий для диффузионного взаимодей-

ствия, резкому повышению когезионной прочности новообразований, доведению до минимума крупных пор.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы проводились экспериментальные исследования по разработке рецептур ЦНВ. В качестве исходного вяжущего применялся портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н ГУП «Чеченцемент» стабильного химического и минералогического состава и активные минеральные добавки (АМД) природного и техногенного происхождения. Основные свойства и химический анализ компонентов ЦНВ приведены в таблицах 2 - 5.

**Таблица 2.** – Основные свойства цемента ГУП «ЧЕЧЕНЦЕМЕНТ»

Марка и завод-изготовитель	Удельная поверх., м <sup>2</sup> /кг	НГ, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Сроки схватывания, час - мин.		Активность, МПа, 28сут, при	
				начало	конец	сжатии	изгибе
ЦЕМ I 42,5 Н, ГУП «ЧЕЧЕНЦЕМЕНТ»	330	25	3100	2-15	3-40	52,6	6,2

**Таблица 3.** – Химический состав портландцемента, %

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	ппп
17,45	3.88	3,72	1,12	71,56	0,76	0,33	1,07	0,11	-

**Таблица 4.** – Химический состав АМД, %

Наименование компонента	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	ппп
Зола ТЭЦ	2,49	23,89	42,88	0,48	4,6	7,95	0,11	0,66	16,9
Вулканический пепел	0,20	13,57	73,67	6,00	1,79	1,52	2,85	-	0,40
Известняк, мука	0,72	1,55	5,05	0,6	90,14	1,4	-	0,49	-
Кварцевый порошок	6,32	14,99	73,83	1,83	0,6	0,97	1,32	0,14	-

**Таблица 5.** – Свойства активных минеральных добавок

№	Наименование минеральной добавки	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг
1	Известняковый порошок	2620	650
2	Вулканический пепел	2400	650
3	Зола ТЭЦ г. Грозного	2000	700
4	Кварцевый порошок	2600	540

Изучение зерен АМД сканирующим электронным микроскопом (рис. 1-4) показало на поверхности частиц минеральных добавок неровности различной

формы и размеров, а у отдельных микросфер установлена закрытая пористость оболочек.

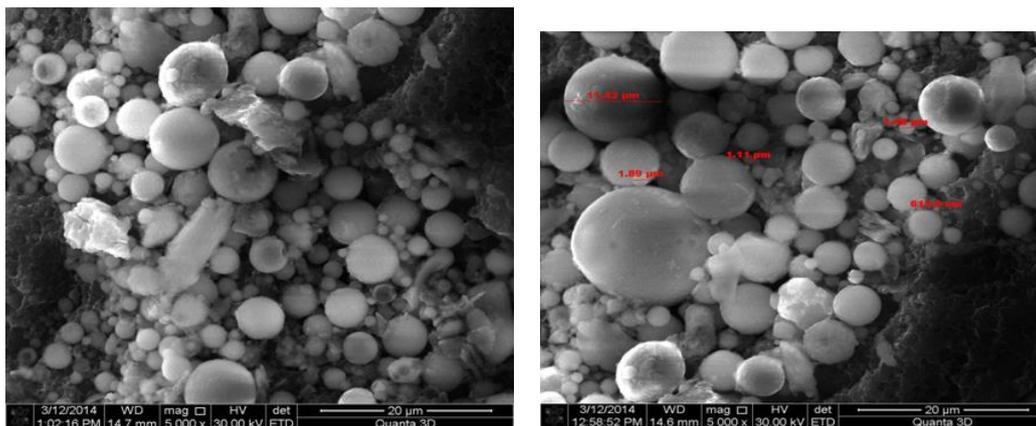


Рисунок 1. – Микрофотография зольных микросфер ТЭЦ г. Грозного

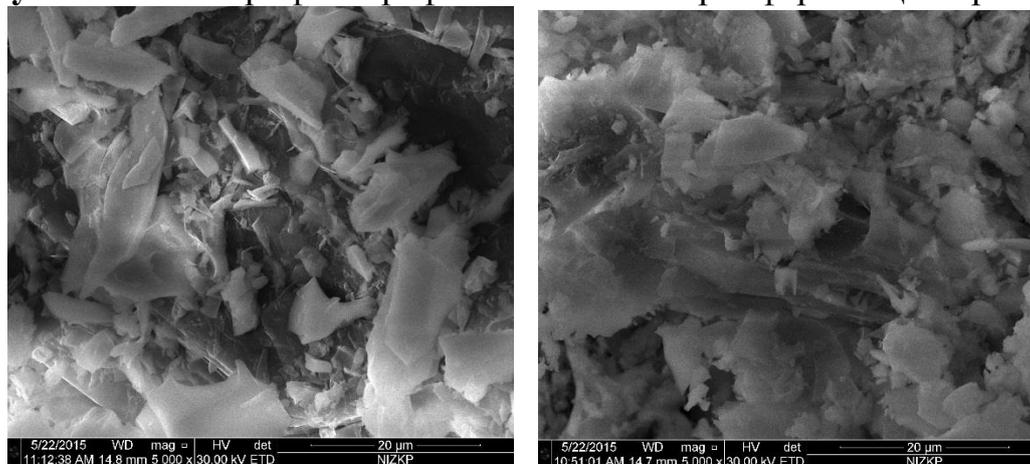


Рисунок 2. – Микрофотография частиц вулканического пепла КБР

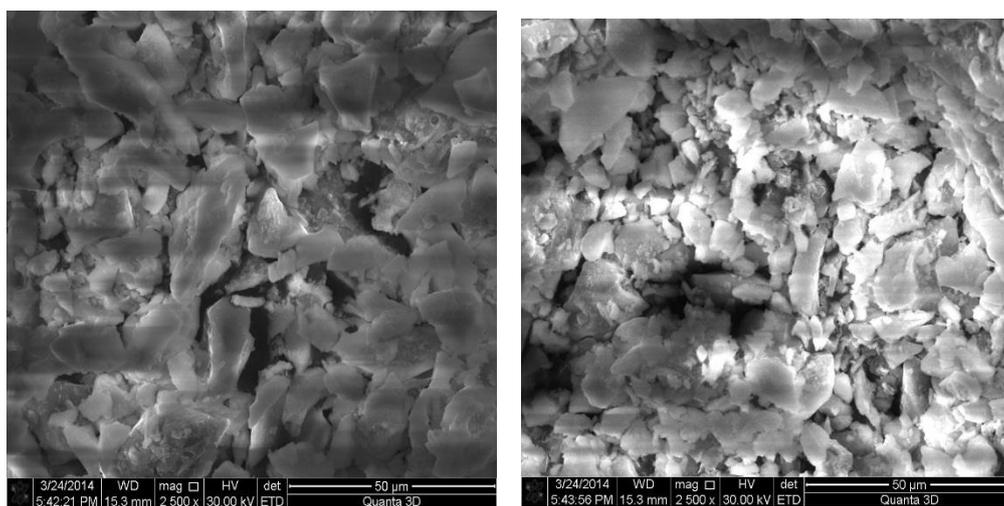
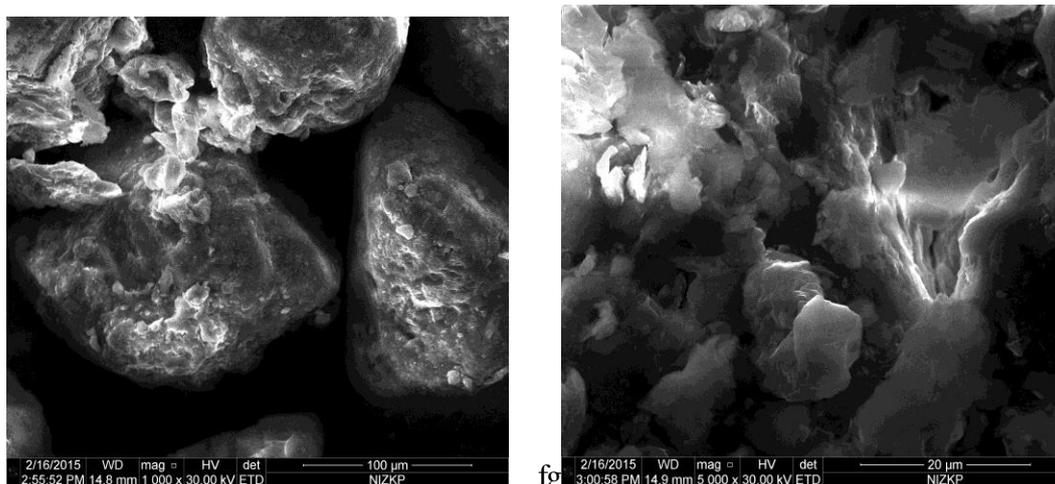


Рисунок 3. – Микрофотографии частиц известняковой муки



**Рисунок 4.** – Микрофотография зерен песка Веденского месторождения

В качестве суперпластификатора используется добавка «Полипласт СП-1», которая представляет собой смесь натриевых солей полиметиленнафталинсульфокислот различной молекулярной массы.

Она выпускается в форме водорастворимого порошка светло-коричневого цвета, показатели качества которой должны соответствовать требованиям ТУ 5870-005-58042865-05.

Дозировка составляет 2 % от массы цемента, при такой дозировке происходит «микрокапсулирование» цементных частиц тончайшими оболочками из суперпластификатора.

В данной работе ЦНВ получали путем домола выше описанных компонентов в течение 20 минут в лабораторной роликовой мельнице до удельной поверхности  $S_{уд}=600 \text{ м}^2/\text{кг}$ .

Составы и свойства ЦНВ приведены в таблицах 6,7.

**Таблица 6.** – Составы цементов низкой водопотребности

№	Наименование вяжущего	Содержание компонентов, %					
		ПЦ	зола	пепел	известняк	песок	Полипласт СП-1
1	ЦНВ-70	70	30	30	30	30	2
2	ЦНВ-60	60	40	40	40	40	2
3	ЦНВ -50	50	50	50	50	50	2
4	ПЦ	100	–	–	–	–	2

Примечание: В маркировке ЦНВ базовым остается расход ПЦ, а содержание АМД для каждой марки меняется в соответствии с его процентным содержанием.

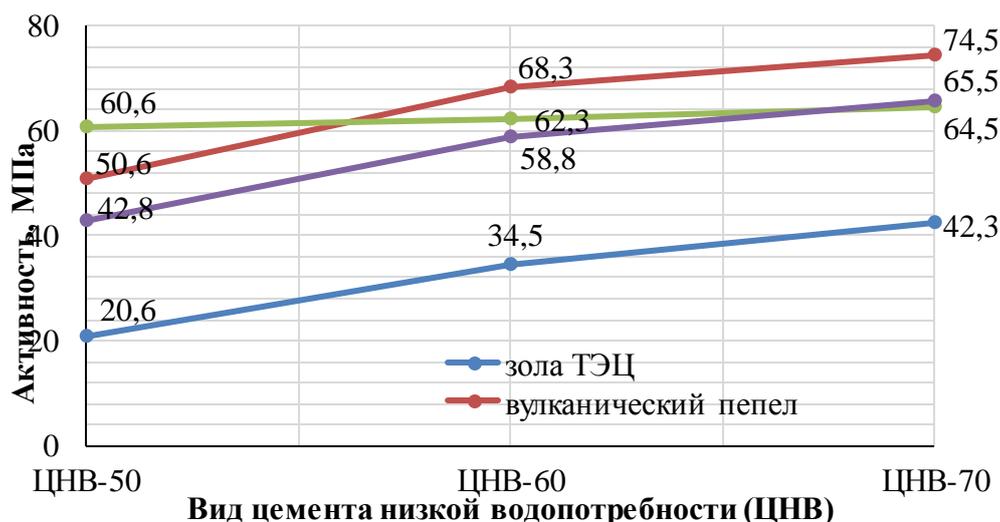
**Таблица 7.– Свойства ЦНВ**

Наименование вяжущего	Компонент вяжущего	НГ, %	Начало схватывания, мин	Конец схватывания, мин	Активность при твердении в течение 28 сут., МПа	
					R <sub>изг</sub>	R <sub>сж</sub>
ЦНВ–70	зола ТЭЦ	23,8	220	510	4,7	42,3
ЦНВ–60		22,8	230	510	3,6	34,5
ЦНВ–50		25,7	350	540	2,8	20,6
ЦНВ–70	вулканич. пепел	18,2	130	200	6,7	74,5
ЦНВ–60		17,8	130	210	7,6	68,3
ЦНВ–50		18,4	150	240	4,8	50,6
ЦНВ–70	известняк, мука	20,1	140	220	6,2	64,5
ЦНВ–60		21,2	150	210	5,6	62,3
ЦНВ–50		22,4	150	240	3,8	60,6
ЦНВ–70	кварцевый порошок	20,6	120	210	6,7	66,7
ЦНВ–60		21,2	130	210	5,8	65,5
ЦНВ–50		22,1	130	220	5,1	58,8
ЦНВ–70	–	26,0	140	200	5,4	42,8

Как показало проведенное исследование, все разработанные рецептуры ЦНВ проявили лучшие результаты в сравнении с аналогом.

Составы ЦНВ на основе золы ТЭЦ г. Грозного показали результат хуже других составов вяжущих, что можно объяснить характерными особенностями золы ТЭЦ, и наличием в ней низкого содержания кремнезема.

Наилучший показатель активности по прочности получили ЦНВ с использованием вулканического пепла, ЦНВ–70 показали 74,5 МПа, к тому же наблюдается экономия 20 % дорогого портландцемента (рис.5).



**Рисунок 5.– Зависимость активности ЦНВ от содержания и вида АМД**

Такое влияние вулканического пепла на свойства ЦНВ можно объяснить следующим: по фазовому составу он представляет собой смесь частично аморфизованного стекла (50-80%), силикатов и алюмосиликатов, а также их гидратов в кристаллическом состоянии, благодаря чему они дополнительно способны к самостоятельному твердению.

Далее был изучен гранулометрический состав ЦНВ–70, так как он оказывает определённое влияние на водопотребность, темпы набора прочности вяжущего, позволяет расширить представления о материалах, заглянув «внутрь» мелкодисперсных систем.

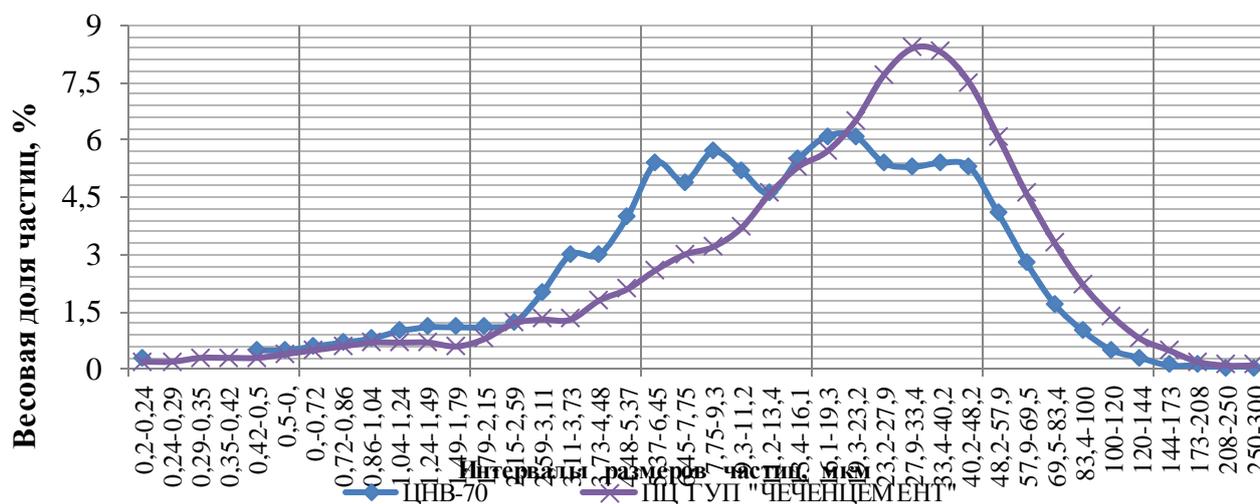
**Обсуждение результатов.** В данной работе для анализа распределения по размерам частиц вяжущего применялся метод лазерной гранулометрии, позволяющий непосредственно определять размеры частиц и процент их содержания в анализируемом материале.

Установка MicroSizer 201 позволяет исследовать частицы размерами от 0,2 до 600 мкм, разбивая указанный диапазон на 40 фракций, размеры частиц в которых показаны в таблице 8, а распределение частиц по размерам в зависимости от вида вяжущего показано на рисунке 6.

После помола ЦНВ–70 в течение 20 минут основной диапазон размеров частиц, в который попадает более 90% материала, ограничивается фракциями (1,81...81,1 мкм), максимальным становится содержание фракции (20...24,4 мкм).

**Таблица 8 – Размеры частиц относящихся к фракциям**

№фр.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D, мкм	0,20- 0,24	0,24- 0,30	0,3- 0,36	0,36- 0,45	0,45- 0,54	0,54- 0,66	0,66- 0,81	0,81- 0,99	0,99- 1,21	1,21- 1,48
№ фр.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D, мкм	1,48- 1,81	1,81- 2,21	2,21- 2,70	2,70- 3,30	3,30- 4,03	4,03- 4,92	4,92- 6,01	6,01- 7,34	7,34- 8,97	8,97- 11,0
№ фр.	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
D, мкм	11,0- 13,4	13,4- 16,3	16,3- 20,0	20,0- 24,4	24,4- 29,8	29,8- 36,4	36,4- 44,5	44,5- 54,3	54,3- 66,4	66,4- 81,1
№ фр.	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
D, мкм	81,1- 99,0	99,0- 121	121- 148	148- 181	181- 221	221- 269	269- 329	329- 402	402- 491	491- 600



**Рисунок 6.** – Распределение частиц по размерам

График распределения частиц по размерам портландцемента одномодальный, равномерный, плавный, с четким пиком в области частиц 27,9-33,4 мкм в отличие от ЦНВ-70. У ЦНВ-70 график распределения частиц смещен в область 15-16 мкм и имеет три ярко выраженных пика, что оптимизирует условия синтеза кристаллогидратов. Прерывистая гранулометрия улучшает структуру цементного камня и снижает конечную пористость на 12-14 %. Цементный камень на основе ЦНВ-70 имеет более плотную структуру, значительно меньший размер пор, тем самым улучшая эксплуатационные характеристики цементного камня. Этому же, способствует и суперпластификатор «Полипласт СП-1», он адсорбируется на частичках вяжущего и увеличивает величину отрицательного заряда [6,7].

**Вывод.** Таким образом, использование полученных цементов низкой водопотребности на основе применения активной минеральной добавки различного происхождения, позволяет получать высококачественные бетоны с классом прочности от В60 до В100, снижают водопотребность растворных и бетонных смесей на 25–30 % при равной подвижности. Кроме того, высокая интенсивность набора прочности бетонов на основе ЦНВ позволит отказаться от тепловлажностной обработки и получить необходимую для распалубки прочность в течение 18-24 часов.

#### Библиографический список:

1. Баженов, Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников// – М.: АСВ, 2006. – 289 с.
2. Муртазаев С-А.Ю. Горные породы вулканического происхождения как заполнители для получения легких бетонов/ С.-А. Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, С.А. Алиев, Р.Г. Бисултанов// Журнал «Научное обозрение» 2015. -№7. -С. 105-113.
3. Муртазаев С-А.Ю. Цементная промышленность Чеченской республики / С-А. Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, У.В. Ватаев// журнал Вестник Академии наук ЧР № 1 (22), Грозный 2014. -С. 109-114.

4. Колбасов, В.М. Технология вяжущих материалов / В.М. Колбасов, И.И. Леонов, Л.М. Сулименко // – М.: Стройиздат, 1987. – 430 с.
5. Ахматов, М.А. Применение отходов камнепиления туфкарьеров и рыхлых пористых пород в качестве заполнителей легких бетонов и конструкций из них / М.А. Ахматов. – Нальчик, 1981. – 128 с.
6. Саламанова, М.Ш. Высококачественный бетон с использованием наполнителей из техногенного сырья /М.Ш. Саламанова, З.А. Тулаев, А.А. Габашев //МГСУ XVII Международная межвузовская научно-практическая конференция молодых учёных, аспирантов и докторантов. «Строительство – формирование среды жизнедеятельности». -М.: МГСУ, 2015. - С. 1062-1065.
7. Муртазаев, С-А.Ю. Влияние тонкодисперсных микронаполнителей из вулканического пепла на свойства бетонов / С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, Р.Г. Бисултанов// Сборник статей международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова», 24-26 марта 2015 г., -Грозный, ГГНТУ, 2015. Т 1. – С171-176.

#### **References:**

1. Y.M Bazhenov Modified high-quality concrete. Y.M Bazhenov, B.C. Demyanova, VI Kalashnikov - M .: ASV, 2006. - 289 p.
2. C-AY.Murtazaev Mountain volcanic rocks as a filler for lightweight concrete. C-A. Yu Murtazaev, M.Sh. Salamanova, SA Aliyev RG Bisultanov. magazine "Scientific Review» 2015. -№7. -FROM. pp.105-113.
3. C-AY. Murtazaev The cement industry of the Chechen Republic. C-A. Yu Murtazaev, M.Sh. Salamanova, WV Vataev Journal Bulletin of the Academy of Sciences of the Czech Republic № 1 (22), 2014. Terrible –pp. 109-114.
4. Sausage, VM The technology of binders. VM Sausage, I.I Leonov, LM Sulimenko - M .: Stroyizdat, 1987. - 430 p.
5. M.A Ahmatov, The use of waste and stone sawing tufkarerov ryh-mated porous rocks as aggregates and lightweight concrete constructions of them . MA Ahmatov. - Nalchik, 1981. - 128 p.
6. M.Sh. Salamanova, High-quality concrete with filling materials from technogenic /M.SH. Salamanova, ZA Tula, A.A. Gabashev MGRS XVII International interuniversity scientific-practical conference of young scientists, post-graduate and doctoral students. "Building - the formation of living environment." -M .: MSUCE, 2015. - pp. 1062-1065.
7. C-AY. Murtazaev, Influence of fine microfillers of volcanic ash on the properties of concrete . C-AY. Murtazaev, M.Sh. Salamanova, R.G. Bisultanov. Collected papers of the international scientific-practical conference dedicated to the 95th anniversary of VPO "GGNTU them. Acad. MD Millionshtchikov ", 24-26 March 2015 - Grozny, GGNTU, 2015. 1. Vol. – pp.171-176.

УДК 699.841

*Воробьева К.В., Зайнулабидова Х.Р., Фрезе М.В.*

## УЧЕТ ДЕМПФИРОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

*Vorobieva K.V., Zainalabidov H.R., Frese M.V.*

## ACCOUNTING OF DAMPING IN THE EVALUATION AND SEISMIC STABILITY TASKS OF BUILDINGS AND STRUCTURES

*Аннотация.* Обосновано, что для большинства строительных конструкций характерно различное демпфирование в их элементах. Поставлена цель построения матрицы гистерезисного демпфирования, учитывающей внутреннее трение в материале. Исследование основывается на обобщенной гипотезе Е.С. Сорокина о пропорциональности матриц демпфирования и жесткости элементов конструкции. Приводятся методы учета демпфирования при оценке сейсмостойкости конструкций. Рассматриваются точный и приближенный методы разложения уравнений движения по формам колебаний. Установлено, что эмпирическим критерием применимости приближенного способа учета демпфирования и возможности его уточнения, исходя из начального приближения, могут служить коэффициенты корреляции форм колебаний.

Показано, что для непропорционального демпфирования возможно приближенное разложение движения по формам колебаний недемпфированной системы, если формы слабо коррелированы.

**Ключевые слова:** демпфирование, формы колебаний, разложение по формам, корреляция форм

**Abstract.** It is proved that for the majority of building structures characterized by different damping elements. The goal of constructing matrix hysteretic damping that takes into account the internal friction in the material. The study is based on generalized hypothesis of E. S. Sorokin on the proportionality of the matrices of damping and stiffness elements of the structure.

The methods of accounting for damping in the evaluation of the earthquake resistance of structures. The exact and approximate methods of decomposition of the motion equations for the mode shapes are considered. It is established that the empirical criterion of the approximate method applicability of accounting for damping and its refinement on the basis of the initial approximation can serve as the correlation coefficients of waveforms.

It is shown that for non-proportional damping it is possible to approximate the decomposition of movements according to oscillations forms of non-damped system, if the forms are weakly correlated.

**Key words:** *cushioning, mode shapes, decomposition by forms, correlation of forms.*

**Введение.** В современных задачах сейсмостойкого строительства все чаще приходится сталкиваться с проблемой учета демпфирования. Для большинства строительных конструкций характерно различное демпфирование в их элементах. Например, для моста характерно затухание в демпферах подвижного состава, в металлических пролетных строениях, в опорных частях, железобетонных опорах и грунтах основания. Но, даже для обычных зданий надо, как минимум, учитывать рассеяние энергии в здании и грунтах основания.

Принципиальное значение имеет учет затухания при расчете систем сейсмоизоляции и сейсмогашения. Другой важной областью, где необходим учет демпфирования, является расчет динамического взаимодействия сооружения с основанием.

В этом случае в расчетную схему вводятся демпферы, которые поглощают энергию, равную энергии излучаемой на бесконечность упругими волнами. Однако действующие нормативы вообще не рассматривают вопросы учета демпфирования.

**Постановка задачи.** На практике наиболее часто возникает необходимость решения следующих задач:

1. Учет гистерезисного демпфирования (внутреннего трения) в материале сооружения и в грунтах основания.
2. Учет геометрического рассеяния энергии в основании за счет ее уноса от сооружения упругими волнами.
3. Учет рассеяния энергии в специальных демпфирующих устройствах.

**Методы исследования.** Вопросы учета внутреннего трения в материале достаточно хорошо изучены [1-4 и др.]. Наиболее просто учесть этот вид демпфирования с использованием гипотезы Е.С.Сорокина [2].

При этом используется обобщенная гипотеза Е.С. Сорокина о пропорциональности матриц демпфирования и жесткости элементов конструкции.

В этом случае, если задать вместо модуля упругости  $E_s$   $s$ -го элемента соответствующее произведение  $\gamma_s E_s$ , то на выходе вместо матрицы жесткости  $\mathbf{R}$  получим матрицу демпфирования по Сорокину  $\mathbf{V}_c$ . Уравнение движения по Сорокину представляется в комплексной форме и имеет вид:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}}^* + (\mathbf{V}_c i + \mathbf{R})\dot{\mathbf{q}}^* = -\mathbf{M}\ddot{\mathbf{Y}}_0^* \quad (1)$$

Здесь  $\mathbf{V}_c$  – матрица гистерезисного демпфирования по Е.С.Сорокину; символом \* обозначены комплексные значения обобщенных перемещений и возмущений [4],  $\mathbf{M}$  – матрица инерции системы,  $\mathbf{R}$  – матрица жесткости.

Хорошо известны недостатки уравнения (1), описанные в литературе [4-6]. Поэтому затухание по Е.С.Сорокину заменяют эквивалентным вязким [4].

$$\mathbf{B}_{\text{экв}} = \mathbf{B}_c \mathbf{X}^{-1} \mathbf{K} \mathbf{X} \quad (2)$$

где  $\mathbf{X}$  – матрица собственных векторов недемпфированной системы (матрицы  $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{R}$ ),

$\mathbf{K}^2 = \begin{bmatrix} \lambda_1 & & \\ & \lambda_2 & \\ & & \dots \\ & & & \lambda_n \end{bmatrix} = \mathbf{\Lambda}$  - диагональная матрица собственных чисел матрицы  $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{R}$ .

С использованием (2) получаем вещественную систему уравнений, эквивалентную (1):

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{B}_{\text{экв}}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{R}\mathbf{q} = -\mathbf{M}\ddot{\mathbf{Y}}_0 \quad (3)$$

Для систем с пропорциональным демпфированием, т.е. в случае, когда матрица  $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}_c$  имеет ту же систему собственных векторов  $\mathbf{X}$ , что и матрица  $\mathbf{M}^{-1}\mathbf{R}$ , уравнения (1) и (3) раскладываются по формам колебаний:

$$\ddot{\xi}_j^* + (1 + \gamma_j i) k_j^2 \xi_j^* = p_j^* \quad (4)$$

$$\ddot{\xi}_j + \gamma_j k_j \dot{\xi}_j + k_j^2 \xi_j = p_j \quad (5)$$

Здесь  $k_j = \sqrt{\lambda_j}$ ,  $\gamma_j = \frac{\chi_j}{k_j^2}$ ,  $p_j$  – элемент вектора  $\mathbf{X}^{-1}\ddot{\mathbf{Y}}_0$

$\chi_j$  – диагональные элементы матрицы  $\mathbf{X}^{-1}\mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}_c\mathbf{X} = \boldsymbol{\chi} = \begin{bmatrix} \chi_1 & & \\ & \chi_2 & \\ & & \dots \\ & & & \chi_n \end{bmatrix}$ .

Эквивалентность уравнений (4) и (5) детально рассмотрена в литературе [3,7].

Если демпфирование не является пропорциональным, то в матрице  $\mathbf{X}^{-1}\mathbf{M}^{-1}\mathbf{B}_c\mathbf{X}$  можно удержать лишь диагональные элементы, считая  $\mathbf{B} \approx \begin{bmatrix} \chi_1 & & \\ & \chi_2 & \\ & & \dots \\ & & & \chi_n \end{bmatrix}$ .

Тогда можно получить еще одно представление матрицы вязкого демпфирования, которое по построению является пропорциональным

$$\mathbf{B}_{np} = \mathbf{M}\mathbf{X}^{-1}\boldsymbol{\chi}\mathbf{X} = \mathbf{M}\mathbf{X}^{-1}\boldsymbol{\Gamma}\mathbf{K}\mathbf{X} \quad (6)$$

где  $\boldsymbol{\Gamma} = \begin{bmatrix} \gamma_1 & & \\ & \gamma_2 & \\ & & \dots \\ & & & \gamma_n \end{bmatrix}$  - матрица коэффициентов неупругого сопротивления по формам колебаний.

Таким образом, для построения матрицы гистерезисного демпфирования, учитывающей внутреннее трение в материале, базовым является использование обобщенной гипотезы Е.С. Сорокина, позволяющей построить матрицу  $\mathbf{B}_c$  и переход к матрицам вязкого демпфирования по формулам (2) или (6).

Как показывают расчеты, при затухании в материале элементов  $\gamma_s < 0.3$ , что выполняется для обычных материалов и грунтов, использование приведенных формул дает близкие результаты [4].

Несколько сложнее обстоит дело с рассеянием энергии за счет ее геометрического излучения в грунты основания. Как показано в работах О.Я.Шехтер [8], В.А.Ильчева [9] и других специалистов, это рассеяние при вертикальных и сдвиговых колебаниях является частотно зависимым и удовлетворительно описывается классическим вязким демпфированием, т.е. может быть охарактеризовано коэффициентом вязкого демпфирования.

Что касается поворотных колебаний, то здесь зависимость от частоты оказывается более сложной [9], но в приемлемом диапазоне частот может рассматриваться как частотно независимое и описываться коэффициентом неупругого сопротивления [10]. В рамках МКЭ геометрическое рассеяние учитывается постановкой по контуру, учитываемой в расчете области основания демпфирующей (Лисмеровой, неотражающей или акустической) границы.

Во всех случаях матрица демпфирования оказывается непропорциональной и ее элементы приводят к затуханиям, значительно превосходящим величину 0,3. В результате формулы (2), (3) и (6) могут приводить к разным результатам. Ограниченная возможность применения формул (2), (3) и (6) характерна и при использовании специальных демпферов.

В современном сейсмостойком строительстве используются разнообразные демпферы вязкого и гистерезисного типа [11]. Часть из них непосредственно описывается вязким или гистерезисным демпфированием, однако для значительной части сила сопротивления считается нелинейной и описывается зависимостью. [11,12]

$$Q = -Q_0 |\dot{q}|^\alpha \text{sign}(\dot{q}) \quad (7)$$

где  $Q_0$  и  $\alpha$  - параметры демпфера.

В [12] показано, что с высокой точностью нелинейное демпфирование (7) можно представить в виде суммы вязкого и сухого трения (ДСТ)

$$Q = -Q_0 |\dot{q}|^\alpha \text{sign}(\dot{q}) \approx b_{\text{вк}} \dot{q} + F \text{sign}(\dot{q}) \quad (8)$$

С учетом представления (8) уравнение колебаний можно записать в следующей форме:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{B}_{\text{вк}}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{R}\mathbf{q} = -\mathbf{M}\ddot{\mathbf{Y}}_0 + \mathbf{Q}_{\text{тр}} \quad (9)$$

где  $\mathbf{Q}_{\text{тр}}$  – вектор обобщенных сил, вызванных трением в открытых ДСТ и остаточными смещениями в закрытых ДСТ.

Для всех форм уравнений, учитывающих демпфирование (1,3,9), в том числе и для нелинейных уравнений (9) [13], актуальным является вопрос об их разложении по формам колебаний.

Если для внутреннего трения в материале допустимо приближенное разложение уравнений по формам колебаний недемпфированной системы вследствие относительно малых сил демпфирования, то для учета геометрического рассеяния энергии и при использовании специальных демпферов такое разложение не обосновано.

В связи с этим в практике строительных расчетов стали появляться методики и программные средства вычисления комплексных собственных чисел и векторов рассматриваемых систем.

Для точного учета демпфирования приходится работать с полными матрицами  $\mathbf{A}$  систем (1) и (3), которые имеют вид

- Для систем (3,9)

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} -\mathbf{M}^{-1}\mathbf{B} & -\mathbf{M}^{-1}\mathbf{R} \\ \mathbf{E} & \mathbf{0} \end{pmatrix} \quad (10)$$

- Для системы (1)

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} \mathbf{0} & -\mathbf{M}^{-1}(\mathbf{R} + i\mathbf{B}_c) \\ \mathbf{E} & \mathbf{0} \end{pmatrix} \quad (11)$$

Существующие программные средства позволяют реализовать задачу о собственных значениях для комплексных матриц, однако в распространенных программных комплексах такого рода решения не предусматриваются. Исключение составляет ППП «Микрофе», включающее решение комплексной собственной проблемы [14].

**Обсуждение результатов.** Авторы настоящей статьи реализовали два метода определения комплексных собственных чисел и векторов для демпфированной системы.

Оба метода исходят из начального приближения собственных чисел  $\lambda$  и собственных векторов  $\mathbf{x}$  для недемпфированной системы.

При этом начальное приближение комплексной матрицы собственных векторов записывается в виде

$$\mathbf{z}^{(0)} = \left\| \begin{matrix} \mathbf{X} \cdot \left( -\frac{\mathbf{\Gamma} \cdot \mathbf{\Omega}}{2} + i\mathbf{\Omega}_* \right) & \mathbf{X} \cdot \left( -\frac{\mathbf{\Gamma} \cdot \mathbf{\Omega}}{2} - i\mathbf{\Omega}_* \right) \\ \mathbf{X} & \mathbf{X} \end{matrix} \right\| \quad (12)$$

комплексной матрицы собственных чисел в виде

$$\Lambda = \left[ -\frac{\gamma_1 \omega_1}{2}, -\frac{\gamma_2 \omega_2}{2}, \dots, -\frac{\gamma_n \omega_n}{2}, -\frac{\gamma_1 \omega_1}{2}, -\frac{\gamma_2 \omega_2}{2}, \dots, -\frac{\gamma_n \omega_n}{2} \right] + i \left[ \omega_*^{(1)}, \omega_*^{(2)}, \dots, \omega_*^{(n)}, -\omega_*^{(1)}, -\omega_*^{(2)}, \dots, -\omega_*^{(n)} \right],$$

где  $\omega_*^{(j)} = \omega_j \cdot \sqrt{1 - \frac{\gamma_j^2}{4}}$

(13)

Первый метод исходит из того, что приближение (8,9) имеет малую погрешность, которая итерационно уточняется. На  $i$ -ом этапе комплексное собственное число  $\lambda_*^{(i)}$  и соответствующий ему собственный вектор  $\mathbf{z}^{(i)}$  записываются следующим образом

$$\mathbf{z}^{(i+1)} = \mathbf{z}^{(i)} + \Delta^{(i)} \quad \lambda_*^{(i+1)} = \lambda_*^{(i)} + \delta$$
(14)

При этом выполняется условие

$$\mathbf{A} \cdot \mathbf{z}^{(i+1)} = \mathbf{z}^{(i+1)} \cdot \lambda_*^{(i+1)}$$
(15)

После подстановки (10) в (11) получим

$$(\mathbf{A} - \lambda_*^{(i)} \cdot \mathbf{E}) \cdot \Delta^{(i)} - \mathbf{z}^{(i)} \cdot \delta = \mathbf{M} \mathbf{p} + \Delta^{(i)} \cdot \delta^{(i)}$$
(16)

где,

$$\mathbf{M} \mathbf{p} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{z}^{(i)} - \mathbf{z}^{(i)} \cdot \lambda_*^{(i)}$$
(17)

Если пренебречь в (12) малой величиной  $\Delta \cdot \delta$ , то получим систему  $n$  линейных уравнений с  $n+1$  неизвестным  $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$  и  $\delta$ .

Детальное описание алгоритма имеется в работе [15].

Второй подход использует известный метод Леверье.

В соответствии с ним для  $i$ -го собственного вектора выполняется условие:

$$\mathbf{z}_i = \lim_{n \rightarrow \infty} (\mathbf{A}^n \mathbf{z}_i^{(0)})$$
(18)

Здесь  $\mathbf{z}_i^{(0)}$  - начальное приближение собственного вектора в соответствии с (8).

Авторы имеют большой опыт расчетов по предлагаемым методам для систем с разряженным спектром. В этом случае каждое начальное приближение по формуле (8) обеспечивает сходимость к соответствующему собственному вектору. Несколько хуже обстоит дело с системами, имеющими плотный спектр с точками его сгущения.

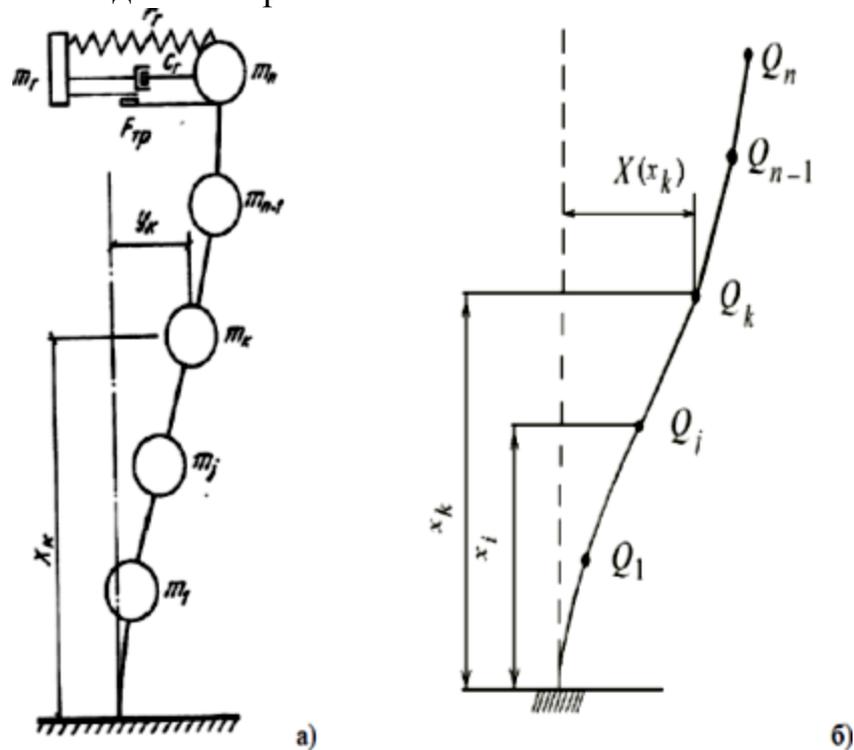
Такие задачи возникают при расчете сооружений совместно с грунтовым основанием, а также при расчете сложных пространственных систем.

Эмпирическим критерием применимости приближенного способа учета демпфирования и возможности его уточнения, исходя из начального приближения (8) могут служить коэффициенты корреляции форм колебаний  $\varepsilon_{ij}$  [16].

$$\varepsilon_{kj} = \frac{2\sqrt{\gamma_k \gamma_j k_k^3 k_j^3} \cdot (\gamma_k k_k + \gamma_j k_j)}{(k_k + k_j)^2 \cdot (k_k - k_j)^2 + k_k k_j [\gamma_k \gamma_j (k_k^2 + k_j^2) + k_k k_j (\gamma_k^2 + \gamma_j^2)]} \quad (19)$$

Если все коэффициенты корреляции не превосходят 0,2 вне зависимости от значений параметров демпфирования можно пренебречь его влиянием на формы колебаний.

Для иллюстрации изложенных теоретических соображений рассмотрим две характерные системы: динамический гаситель колебаний и жесткое сейсмоизолированное здание. Расчетная схема здания с ДГК показана на рис. 1а, а сейсмоизолированное здание на рис 1б.



**Рисунок 1. - Расчетная схема здания: с динамическим гасителем колебаний (а), жёсткое сейсмоизолированное здание (б)**

Система с ДГК заимствована нами из работы [17]. Эта система не является оптимальной по настройке, но вполне позволяет судить о методах учета демпфирования. Собственные частоты колебаний системы достаточно близки и отличаются примерно на 27%.

Система с сейсмоизоляцией рассмотрена для пятиэтажного здания жесткой конструктивной системы с парциальным периодом  $T_0=0,3$  с.

Период сейсмоизолированного здания превышает 3с. При этом собственные частоты достаточно далеки и отличаются примерно на 163%, т.е. спектр существенно разряжен.

Результаты расчета приведены в таблицах 1,2,3.

**Таблица 1-** Динамические характеристики системы с ДГК при затухании в пружине гасителя  $\gamma=1$

Матрица демпфирования	Разложение по формам колебаний	Период		Коэффициент неупругого сопротивления		Коэффициент корреляции, $\varepsilon_{kj}$
		$T_1$	$T_2$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
$B_c = \begin{pmatrix} 4.386 \cdot 10^5 & -2.193 \cdot 10^5 \\ -2.193 \cdot 10^5 & 2.193 \cdot 10^5 \end{pmatrix}$	точное	0.27	0.322	0.841	0.188	0.729
	приближенное	0.256	0.351	0.62	0.48	0.751
$B_{eq} = \begin{pmatrix} 1.552 \cdot 10^4 & -9.826 \cdot 10^3 \\ -5.172 \cdot 10^3 & 1.034 \cdot 10^4 \end{pmatrix}$	точное	0.31	0.39	0.894	0.219	0.8
	приближенное	0.256	0.351	0.62	0.48	0.751
$B_{eq}^{(1)} = \begin{pmatrix} 6.206 \cdot 10^4 & -5.172 \cdot 10^3 \\ -5.172 \cdot 10^3 & 5.689 \cdot 10^3 \end{pmatrix}$	точное	0.256	0.351	0.62	0.48	0.751
	приближенное	0.256	0.351	0.62	0.48	0.751

**Таблица 2-** Динамические характеристики системы с ДГК при затухании в пружине гасителя  $\gamma=0.3$

Матрица демпфирования	Разложение по формам колебаний	Период		Коэффициент неупругого сопротивления		Коэффициент корреляции, $\varepsilon_{kj}$
		$T_1$	$T_2$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
$B_c = \begin{pmatrix} 2.851 \cdot 10^5 & -6.58 \cdot 10^4 \\ -6.58 \cdot 10^4 & 6.58 \cdot 10^4 \end{pmatrix}$	точное	0.258	0.348	0.221	0.176	0.303
	приближенное	0.256	0.351	0.216	0.184	0.285
$B_{eq} = \begin{pmatrix} 1.19 \cdot 10^4 & -2.586 \cdot 10^3 \\ -1.552 \cdot 10^3 & 3.103 \cdot 10^4 \end{pmatrix}$	точное	0.258	0.348	0.217	0.184	0.308
	приближенное	0.256	0.351	0.216	0.184	0.285
$B_{eq}^{(1)} = \begin{pmatrix} 2.224 \cdot 10^4 & -1.552 \cdot 10^3 \\ -1.552 \cdot 10^3 & 2.069 \cdot 10^3 \end{pmatrix}$	точное	0.256	0.351	0.216	0.184	0.285
	приближенное	0.256	0.351	0.216	0.184	0.285

**Таблица 3-** Динамические характеристики системы с сейсмоизоляцией при затухании в сейсмоизоляции  $\gamma=1$

Матрица демпфирования	Разложение по формам колебаний	Период		Коэффициент неупругого сопротивления		Коэффициент корреляции, $\varepsilon_{kj}$
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	$\gamma_1$	$\gamma_2$	
$B_c = \begin{pmatrix} 1 \cdot 10^5 & -1 \cdot 10^5 \\ -1 \cdot 10^5 & 1.4 \cdot 10^5 \end{pmatrix}$	точное	3.145	0.313	0.982	0.109	$4.234 \cdot 10^{-3}$
	приближенное	3.157	0.313	0.991	0.109	$4.244 \cdot 10^{-3}$
$B_{eq} = \begin{pmatrix} 5.432 \cdot 10^3 & -4.527 \cdot 10^3 \\ -3.621 \cdot 10^3 & 1.539 \cdot 10^4 \end{pmatrix}$	точное	3.156	0.313	0.991	0.109	$4.236 \cdot 10^{-3}$
	приближенное	3.157	0.313	0.991	0.109	$4.244 \cdot 10^{-3}$
$B_{eq}^{(1)} = \begin{pmatrix} 1.04 \cdot 10^4 & -552.095 \\ -552.095 & 1.042 \cdot 10^4 \end{pmatrix}$	точное	3.157	0.313	0.991	0.109	$4.244 \cdot 10^{-3}$
	приближенное	3.157	0.313	0.991	0.109	$4.244 \cdot 10^{-3}$

**Вывод.** Результаты, приведенные в таблицах 1-3, наглядно показывают, что для систем с плотным спектром и большими коэффициентами корреляции форм колебаний приближенные методы учета демпфирования приемлемы, если затухания в системе не превосходит 0,3; для систем с разряженным спектром и с коэффициентом корреляции менее 0,3 использование приближенных методов учета демпфирования приемлемы.

Хотелось бы еще обратить внимание на следующие особенности.

Матрица эквивалентного вязкого демпфирования, полученная по формуле (2) не является симметричной, т.е. система содержит гироскопические члены. Это обстоятельство отмечено еще Л.М.Резниковым [7]. Погрешности в динамических характеристиках системы могут приводить к качественным ошибкам в оценке поведения системы, что иллюстрируется приведенными на рис.2 АЧХ системы с ДГК.

Предложенная в [17] модель учета демпфирования удобна в использовании, однако она не является консервативной, т.е. занижает амплитуду колебаний системы.

**Библиографический список:**

1. Пановко Я.Г. Внутреннее трение при колебаниях упругих систем. М.: Физматгиз, 1960. – 193 с.
2. Сорокин Е.С. К Теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем. Госстройиздат, 1960 - 131 с.
3. Цейтлин А.И. Об учете внутреннего трения в нормативных документах по динамическому расчету сооружений// Строительная механика и расчет сооружений, 1981, N4, с.33-38
4. Долгая А.А., Индейкин А.В., Уздин А.М. Теория диссипативных систем. СПб, ПГУПС, 1999, 99с
5. Крендалл С. Роль демпфирования в теории колебаний. Периодический сборник переводов иностранных статей. Механика. 1971, №5 (129) с.3-22.

6. Меляховецкий А.С. Об одной гипотезе внутреннего трения при колебаниях упругих систем. Инж. Сборник, Том XXVI, 1958 с.216.
7. Резников А.М. Эквивалентная модель многомассовой системы с вязким и частотно-независимым внутренним трением. Строительная механика и расчет сооружений, 1979, №4, с.44-48
8. Шехтер О.Я. Об учете инерционных свойств грунта при расчете вертикальных вынужденных колебаний массивных фундаментов. - Труды НИИОСП, 1948, Вып.12, с. 72-89
9. Ильичев В.А. Динамическое взаимодействие сооружений с основанием и передача колебаний через грунт. В справочнике «Динамический расчет сооружений на специальные воздействия» М., Строймиздат, 1981, С.114-128.
10. Ван Хайбинь, Кузнецова И.О., Уздин А.М., Шермухамедов У.З. Использование упругого полупространства для моделирования оснований при оценке сейсмостойкости больших мостов. Вестник гражданских инженеров, №3(24), 2010 г. стр. 91-95.
11. Уздин А.М., Елизаров С.В., Белаш Т.А. Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений. Учебное пособие. ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012-500 с.
12. Durseneva N.V., Indeykin A.V., Kuznetsova I.O., Uzdin A.M., Fedorova M.Yu. Peculiarities of Calculating Bridges with Seismic Isolation Including Spherical Bearings and Hydraulic Dampers in Russia. Journal of Civil Engineering and Architecture. Volume 9, Number 4? April, 2015, pp.401-409
13. Рутман Ю.Л. Обобщение метода главных координат на случай упругих систем с локальными нелинейностями. Сб. трудов V международной конференции «Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решения». С.-Петербург, СПбГПУ, 2003, сс.457-464
14. Солдатов А.Ю., Лебедев В.Л., Семенов В.А. Учет демпфирования при расчетах сооружений на кинематические воздействия. VII Савиновские чтения, Тезисы докладов. ПГУПС, 2014, с.21-22
15. Щелкунов Д, Уздин А.М., Федоров А.А., Федорова М.Ю. Спектральное разложение при анализе сейсмостойкости демпфированных систем. Избранные труды междунауч. научн. Конференции по механике “VI Поляховские чтения” СПб, СПбГУ, 2012г, с.86-89
16. Петров А.А., Базилевский С.В. Учет взаимной корреляции между обобщенными координатами при определении сейсмических нагрузок. – Реф.инф. «Сейсмостойкое строительство (отечественный и зарубежный опыт)», серия XIV, ЦИНИС, М., 1978, вып.5, с.23-28.
17. Уздин А.М., Щелкунов Д.В. Об одном способе задания сил сопротивления в системах с неоднородным демпфированием. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2011. №2. С.47-50.

## References:

1. Y.G Panovko Internal friction oscillations of elastic systems. M.: Fizmatgiz, 1960. - 193 p.
2. E.S Sorokin On the theory of internal friction the oscillations of elastic systems. Gosstroyizdat, 1960 - 131 p.
3. A .Zeitlin On account of the internal friction in the regulations for the dynamic calculation of structures // Building mechanics and calculation of constructions 1981, N4, pp.33-38
4. A.A. Long, A.V. Indeikin, A.M. Uzdin The theory of dissipative systems. St. Petersburg, PSTU, 1999, 99 p.
5. Crandall C. The role of damping in vibration theory. Periodic collection of translations of foreign articles. Mechanics. 1971, №5 (129) pp.3-22.
6. A.S Melyahovetsky hypothesis of internal friction at-tions oscillations of elastic systems. Ing. Collection, Volume XXVI, 1958 p.216.
7. A.M Reznikov Equivalent model multimass system with viscous and frequency-independent internal friction. Building mechanics and calculation of constructions 1979, №4, p. 44-48
8. O.J Schechter On account of the inertial properties of the soil in the calculation of ver-local-forced oscillations massive foundations. - Proceedings NIIOSP 1948, vol.12, pp.72-89.
9. V.A Il'ichev Dynamic interaction of structures with base and sending vibrations through the ground. The handbook "Dynamic calculation of structures for special effects" M. Stroyimzdat 1981, pp.114-128.
10. Wang Haibin, Kuznetsova IO AM Uzdin, Shermukhamedov UZ Using the elastic half-space for modeling the bases in the evaluation of seismic stability of large bridges. Bulletin of Civil Engineers, №3 (24), 2010, pp. 91-95.
11. A.M Uzdin, S.V Elizarov, T.A Belas Earthquake resistant design of buildings and structures of transport. Tutorial. FGOU "Training Center for Education in railway transport", pp. 2012-500.
12. N.V.Durseneva, A.V.Indeykin, I.O.Kuznetsova, A.M.Uzdin, M.Yu. Fedorova. Peculiarities of Calculating Bridges with Seismic Isolation Including Spherical Bearings and Hydraulic Dampers in Russia. Journal of Civil Engineering and Architecture. Volume 9, Number 4 April, 2015, pp.401-409.
13. JL Rutman The generalization of the method of principal coordinates in case of elastic systems with local nonlinearities. Coll. V works of the international conference "Scientific and technical problems of forecasting the reliability and durability of structures and methods of their solutions." St. Petersburg, STU, 2003, pp.457-464.
14. A.Y Soldatov, V.L Lebedev, V.A Semenov The account in calculating the damping facilities on the kinematic effects. VII Savinovskij reading abstracts. PSTU, 2014 pp. 21-22.

15. D. Schelkunov, A.M. Uzdin, A.A. Fedorov, M.Y. Fedorov The spectral decomposition in the analysis of seismic resistance damped systems. Selected works Internat. Scien. Conference on mechanics "Polyahovskie VI of reading" St. Petersburg, St. Petersburg State University, 2012, pp.86-89.
16. A.A. Petrov, S.V. Bazilevsky Accounting for cross-correlation between the generalized coordinates of the determination of seismic loads. - Ref.inf. "Earthquake-proof construction (domestic and foreign experience)," Series XIV, TsINIS, M., 1978, Issue 5, pp.23-28.
17. A.M. Uzdin, D.V. Schelkunov a method of setting the resistance forces in a non-uniform damping systems. Earthquake-proof construction. Security facilities. 2011. №2. pp.47-50.

**УДК 656.11**

*Батманов Э.З., Гасанов Т.Г., Гусейнов М.Р.*

## **ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ НА СНИЖЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН**

*E. S. Batmanov, T. H. Gasanov, G.M.Guseynov*

### **THE IMPACT OF ROAD CONDITIONS ON THE SUSTAINABILITY DECLINE IN THE ROAD TRANSPORT IN THE REPUBLIC OF DAGESTAN**

*Аннотация.* В статье рассматриваются теоретические и экспериментальные исследования влияния различных компонентов дорожных условий на снижение устойчивости автотранспортного средства (АТС), приводящих к заносам и опрокидыванию. Приводятся расчетные формулы для определения критической скорости на поворотах с поперечными уклонами и резким изменением направления движения, при которых занос и опрокидывание уже не исключаются, в связи с появлением дополнительных поперечных сил инерции. Отмечается и даются пояснения, что существенное влияние на устойчивость автомобиля оказывает «боковой увод». Приводятся графики зависимостей поперечной силы от угла увода шин автомобиля и влияние износа протектора шин на сцепные качества при разных скоростях движения и величины шероховатости покрытия, полученные экспериментальным путем.

Отмечается влияние на занос и опрокидывание автомобиля неровностей дорожного покрытия. В таких дорожных условиях техническое состояние автомобиля и в частности его амортизаторов имеют существенное значение. Приводится график влияния амортизаторов на условия движения автомобиля,

полученный экспериментальным путем. Полученный в результате исследования материал позволит повысить безопасность движения на дорогах Республики Дагестан.

**Ключевые слова:** скольжение, уклон дороги, занос, координаты центра масс, угловая скорость, качение колеса, сила инерции, подвеска, амортизаторы.

**Abstract.** *The article touches upon the theoretical and experimental studies of the influence of the various components of road conditions to reduce the stability of the vehicle, which lead to skidding and rollover. The resulting research material will improve traffic safety on the roads of the Republic of Dagestan. We give formulas for calculating the critical speed cornering with cross gradients and sharp change in direction, in which the skid and rollover is not excluded, due to the appearance of additional transverse forces of inertia. It is explained that a significant impact on the stability of the car has a «side pull». We give graphs of the lateral force from the vehicle slip angle of tires and tire tread wear of the impact on the quality of grip at different speeds and the amount of coating roughness obtained experimentally.*

*Effect on the skid and rollover car road surface irregularities is marked. In such traffic conditions, the technical condition of the vehicle and in particular the shock absorbers are essential. The schedule damper effect on driving conditions, obtained experimentally.*

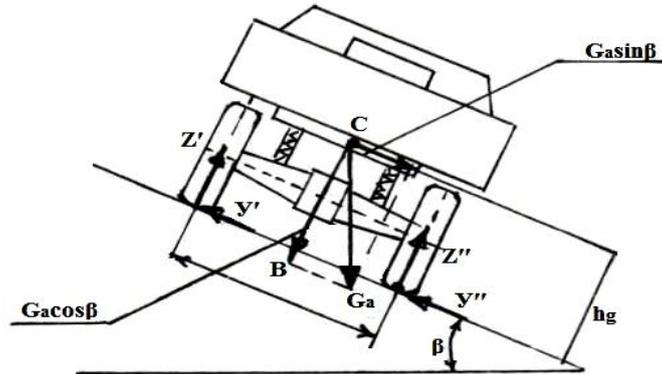
**Key words:** *slide, slope road, skid, the coordinates of the center of mass, angular speed, the rolling wheel, the inertia force, suspension, shock absorbers.*

**Введение.** Национальная стратегия повышения безопасности дорожного движения (на период до 2020 г.) предусматривает повышение качества и инфраструктуры автомобильного транспорта и совершенствование технологии строительства автомобильных дорог.

В этих целях для снижения аварийности на дорогах следует шире использовать технические средства, в том числе глобальную навигационную спутниковую систему «Глонас», что позволит избежать ДТП даже при плохих дорожных условиях. При этом важно знать от действия, каких сил происходит снижение устойчивости транспортного средства. Создание конкурентоспособных машин, отвечающих современным требованиям к надежности, невозможно без учета условий эксплуатации и обеспечения соответствующего технического уровня.

Значительное количество ДТП происходит в связи с потерей автомобильным транспортом устойчивости при поперечном скольжении, что может вызвать выезд на полосу встречного движения и за пределы дорожного полотна. Особенно опасны они при высоких скоростях, когда начавшееся скольжение или опрокидывание автомобиля может быть вызвано нарушением условий устойчивости – наклоном опорной поверхности дороги или приложением внешних сил к боковой поверхности АТС, например, внезапным толчком или порывом ветра.

На рис. 1 показана схема действия сил на уклоне при прямолинейном движении автомобиля. Угол поперечного уклона  $\beta$  характеризует наклон плоской дороги к горизонту.



**Рисунок 1**- Схема сил действующих на автомобиль, движущийся по дороге с поперечным уклоном: С – центр масс автомобиля;  $z'$  и  $z''$  - вертикальные реакции, приходящиеся на левые и правые колеса;  $y'$  и  $y''$  - боковые реакции;  $G_a$  – вес автомобиля.

Составим уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через точки соприкосновения правых колес с поверхностью дороги [1,3]:

$$z'B + G_a \sin \beta \cdot h_g - G_a \cos \beta \cdot \frac{B}{2} = 0$$

К моменту опрокидывания колеса оторвутся от дороги и  $z''=0$ . Тогда

$$G_a \sin \beta \cdot h_g = G_a \cos \beta \cdot \frac{B}{2} \text{ или } \operatorname{tg} \beta = B / 2h_g \quad (1)$$

Координаты центра масс конкретных автомобилей обычно приводятся в справочниках. У большинства автомобилей среднее значение координат центра масс (по горизонтали) при полной нагрузке составляет: для двухосных  $b=(0,25-0,45) L$ ; для трехосных (от центра масс до оси заднего колеса  $b=0,3-0,5$ , где  $L$ - база автомобиля;  $b$ - расстояние до задней оси.

У груженого автомобиля высота центра масс

$$h_g = \frac{G_a \cdot h_c + G_{\Gamma} \cdot h_{\Gamma}}{G} \quad (2)$$

где  $G = G_a + G_{\Gamma}$

$G_a$  - масса автомобиля;  $G_{\Gamma}$  - масса груза.

За счет упругости подвески автомобиля происходит поперечный крен его поддрессоренных масс между правыми и левыми колесами. Влияние его учитывается коэффициентом предварительного поперечного крена поддрессоренной массы автомобиля « $\eta_k$ ». Величина его для легковых и грузовых автомобилей с нагрузкой составляет  $\eta_k=0,8-0,85$ , а для грузовых, без нагрузки  $\eta_k=0,9$ .

$$\text{С учетом коэффициента } \eta_k \quad \operatorname{tg} \beta \geq \eta_k \frac{B}{2h_g} \quad (3)$$

Следовательно поперечная устойчивость автомобиля при его прямолинейном движении по дороге с поперечным уклоном характеризуется его колеей

$B$  и высотой центра масс  $h_g$ . Отношение  $\frac{B}{2h_g} = h_\beta$  принято называть коэффициентом поперечной устойчивости автомобиля. Средние величины этого коэффициента и соответствующие им значения угла поперечного уклона (косогора) находятся в пределах: для легковых автомобилей  $h_\beta=0,9-1,2$ ,  $\beta_{\max}=42-50$  град; для грузовых -  $h_\beta=0,55-0,8$ ,  $\beta_{\max}=29-40$  град; для автобусов  $h_\beta=0,5-0,65$ ,  $\beta_{\max}=27-33$  град.

Из рис.1 видно, что сила  $G_a \cdot \sin \beta$  стремится вызвать скольжение автомобиля в сторону, а сила сцепления шин с поверхностью дороги противодействует этому скольжению. Следовательно, условием начала скольжения автомобиля в поперечном направлении будет

$$G_a \sin \beta \geq G_a \cos \beta \varphi' \text{ или } \operatorname{tg} \beta \geq \varphi' \quad (4)$$

где  $\varphi'$  - коэффициент сцепления в поперечном направлении.

Известно, что при движении автомобиля на повороте дороги, как и при любом отклонении от прямолинейного направления, возникает центробежная сила инерции. При этом внутренние по отношению к центру поворота колеса разгружаются, а внешние, наоборот, нагружаются.

Величины центробежной силы на участке круговой кривой выражается уравнением:

$$P_u = \frac{G \cdot v_a^2}{g \cdot 3,6^2 \rho} = \frac{G \cdot v_a^2}{127 \rho}, \text{ кгс} \quad (5)$$

где  $\rho$  - радиус поворота центра масс автомобиля, м,  $\rho \approx R$ .  $R$  - радиус поворота дороги.

Скольжение шин в поперечном направлении начнется в тот момент, когда действующая на автомобиль горизонтальная сила сравняется по величине с силой сцепления. В тех случаях, когда продольные силы на участках контакта шин отсутствуют или невелики, сила сцепления шин с дорогой практически используется только в поперечном направлении, составляя величину  $P\varphi' = G \cdot \varphi'$ .

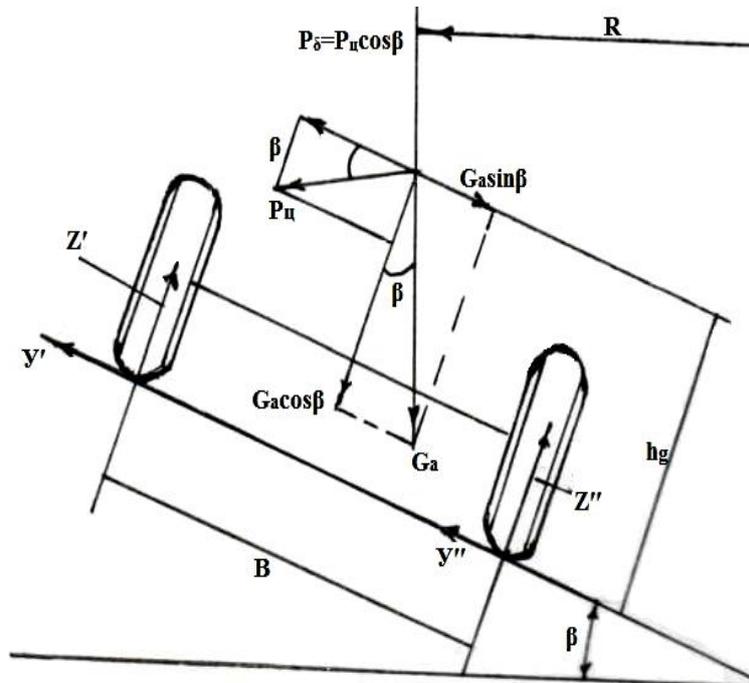
Приняв, что  $P_u = P\varphi'$ , критическую скорость автомобиля при прохождении поворота дороги постоянного радиуса, исходя из условий поперечного скольжения, можно рассчитать по формуле:

$$v_{зан} = 3,6 \sqrt{\frac{gL\varphi'}{\operatorname{tg} \theta}} = \sqrt{127R\varphi'}, \text{ км/ч} \quad (6)$$

$$R = L / \operatorname{tg} \theta$$

где  $\theta$  – угол между продольной осью автомобиля и вектором скорости.

При этом следует учесть, что формула справедлива для дорог с постоянным радиусом закругления и при движении с постоянной скоростью.



**Рисунок 2**-Движение автомобиля по повороту дороги, имеющий поперечный уклон, характеризуемый углом  $\beta$ .

Состояние неустойчивого равновесия автомобиля возникает, если опрокидывающий момент центробежной силы  $P_u$  равен восстанавливающему моменту весовой нагрузки, т.е.

$$P_u \cdot h_g = G_a \frac{B}{2}, \text{ кгс} \cdot \text{м}, \tag{8}$$

где  $B$  – колея автомобиля.

Следовательно, условием, при котором начинается опрокидывание автомобиля на повороте дороги, будет:

$$P_u \geq G_a \frac{B}{2h_g}, \text{ кгс}$$

Если автомобиль движется на повороте дороги с поперечным уклоном под углом  $\beta$ , содействующим устойчивости (рис.2), то предельная скорость, при которой опрокидывание уже не исключается, составит:

$$v_{on} = 3,6\eta_k \sqrt{\frac{B + 2h_g \operatorname{tg}\beta}{2h_g - B \operatorname{tg}\beta}} gR, \text{ км/ч} \tag{9}$$

Из формулы (9) следует, что критическая скорость по условиям опрокидывания зависит от многих причин: от ширины  $B$  колеи автомобиля (чем шире колея, тем большей может быть критическая скорость); от радиуса закругления  $R$  (чем меньше кривизна закругления, т.е. чем больше его радиус, тем выше критическая скорость).

Если же поперечный уклон дороги направлен в сторону, противоположную центру закругления, предельная скорость составит:

$$v_{on} = 3,6\eta_k \sqrt{\frac{B - 2h_g \operatorname{tg}\beta}{2h_g + B \operatorname{tg}\beta}} gR, \text{ км/ч} \quad (10)$$

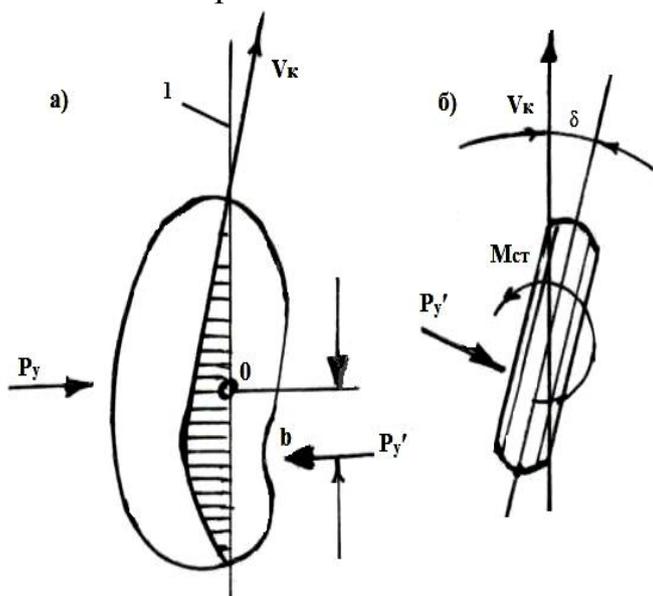
Из формул (9) и (10) видно, что неправильно выполненный поперечный уклон, что нередко встречается на автомобильных дорогах Республики Дагестан, значительно влияет на величину допустимой критической скорости.

Довольно часто можно наблюдать занос автомобиля. Как правило, при заносе автомобиля боковое скольжение ведущей оси всегда больше, чем ведомой. Это объясняется тем, что приложение крутящего момента к колесам существенно снижает сцепление их с дорогой в поперечном направлении.

При заносе автомобиль одновременно скользит и разворачивается, что нередко приводит к ДТП.

Занос возникает при недостаточном поперечном сцеплении шин с дорогой. Для снижения вероятности возникновения заноса на закруглениях дорог с малыми радиусами устраивают, так называемая, вираж-проезжая часть, и обочина делаются с уклоном к центру поворота дороги.

Причем переход от прямых участков дороги к ее закруглениям осуществляется постепенным наклоном проезжей части на сравнительно коротком участке, называемом отгоном виража.



**Рисунок 3** - Схема действия сил в контакте шины с дорогой и образование стабилизирующего момента: а – действие сил при небольшой величине поперечной силы; б – схемы действия стабилизирующего момента.

При переходе с прямого участка на кривую в момент поворота руля водителем на автомобиль начинает действовать центробежная сила (рис. 3). Слиш-

ком быстрое ее нарастание неприятно для пассажиров и может вызвать занос автомобиля [2,3].

Поэтому на переходной кривой, в пределах которой происходит плавное изменение кривизны от 0 на прямом участке до значения  $1/R$  в месте примыкания к круговой кривой, водителю не надо делать резких поворотов руля, особенно опасных при высокой скорости.

При резком изменении направления движения – от прямолинейного на криволинейные – на автомобиль начинает действовать поперечная сила инерции, зависящая также и от угловой скорости поворота передних управляемых колес « $\omega$ ». Величина поперечной составляющей этой силы равна:

$$P'_y = \frac{G \cdot v_a \cdot \epsilon}{3,6 \cdot g \cdot L} \omega = \frac{G \cdot v_a \cdot \epsilon}{35 \cdot L} \omega \quad (11)$$

где  $\epsilon$  – расстояние по горизонтали от центра масс автомобиля до задней оси, м;  $\omega$  – угловая скорость поворота управляемых колес, рад/с;  $v_a$  – скорость автомобиля, км/ч.

Следовательно, если автомобиль равномерно движется по криволинейной траектории, при прохождении которой угол поворота передних колес изменяется, то центробежную силу  $P_{ц}$  следует суммировать с поперечной дополнительной силой  $P'_y$ .

Суммарная поперечная сила инерции будет равна:

$$P_y = P_{ц} + P'_y = \frac{G \cdot v_a^2}{127 \cdot L} \theta = \frac{G \cdot v_a \cdot \epsilon}{35 \cdot L} \omega = \frac{G}{L} \left( \frac{v_a^2}{127 \cdot L} \theta + \frac{v_a \cdot \epsilon}{35 \cdot L} \omega \right), \text{ кгс} \quad (12)$$

Величина дополнительной поперечной силы инерции  $P'_y$  в некоторых случаях может быть весьма значительной и иногда даже превосходить величину центробежной силы, что подтверждается исследованиями проведенными кафедрой организации и безопасности движения ФГБОУ ВО «ДГТУ» на горной автодороге «Касумкент-Курах».

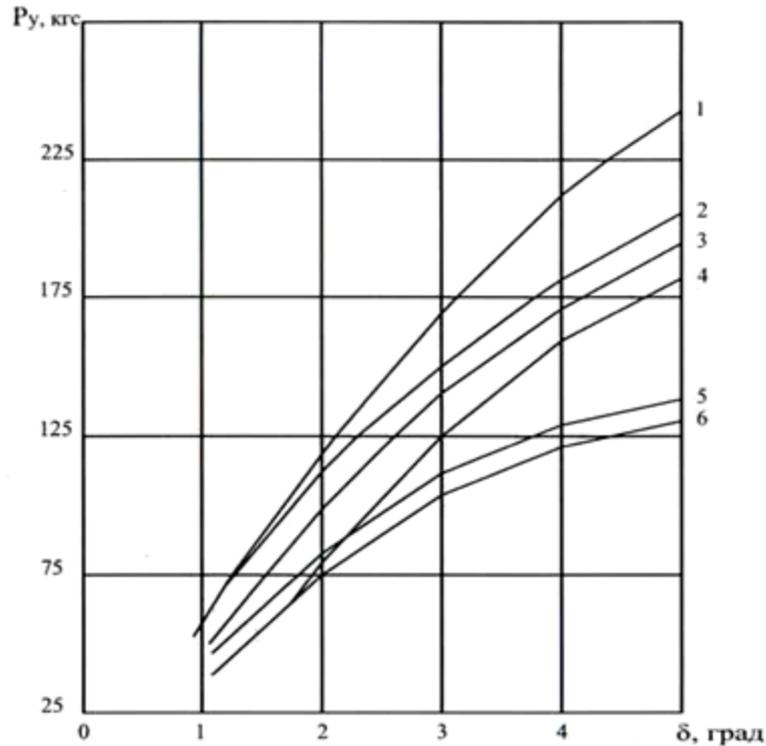
При неравномерном движении автомобиля по повороту, например при движении с ускорением, возникает еще одна дополнительная поперечная сила инерции:

$P''_y = \frac{G \cdot \epsilon \cdot j_a \cdot \theta}{g \cdot L}, \text{ кгс}$  и полная суммарная поперечная сила в этих случаях составляет

$$P_{y\text{об}} = P_{ц} + P'_y + P''_y \quad (13)$$

Таким образом, наибольшая вероятность потери поперечной устойчивости возникает при входе автомобиля в поворот дороги, когда одновременно с поворотом рулевого колеса происходит разгон автомобиля.

Существенное влияние на устойчивость автомобиля оказывает «боковой увод». При воздействии на шину автомобиля поперечной силы она изгибается, что сказывается на изменении направления движения (рис. 4).



**Рисунок 4** - Зависимость поперечной силы от угла увода для шин, имеющих различную нагрузку  $G_k$  и внутренне давление  $P_w$ : 1)  $G_k=700$  кгс;  $P_w=2,25$  кгс/см<sup>2</sup>; 2)  $G_k=600$  кгс;  $P_w=2,25$  кгс/см<sup>2</sup>; 3)  $G_k=500$  кгс;  $P_w=2,25$  кгс/см<sup>2</sup>; 4)  $G_k=450$  кгс;  $P_w=2,0$  кгс/см<sup>2</sup>; 5)  $G_k=300$  кгс;  $P_w=2,0$  кгс/см<sup>2</sup>; 6)  $G_k=300$  кгс;  $P_w=1,75$  кгс/см<sup>2</sup>

Колесо, не изменяя плоскости качения, будет перемещаться под некоторым углом « $\delta$ » к плоскости своего вращения. Так как колеса на каждой оси связаны друг с другом, то практически они имеют одинаковый угол увода их оси.

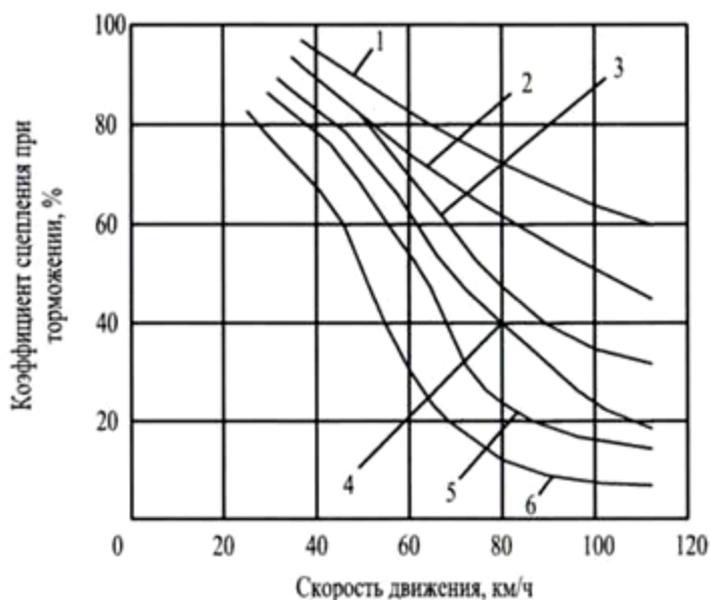
Боковой увод колеса оценивается либо величиной угла « $\delta$ », который принято называть углом бокового увода, либо коэффициентом сопротивления боковому уводу « $K_y$ », представляющим собой производную поперечной силы  $P_y$  по углу увода:

$$K_y = \frac{dP_y}{d\delta} \quad (14)$$

Коэффициент  $K_y$  характеризует склонность шины к уводу и зависит от ее конструкции (высоты и ширины профиля, угла нитей корда, слойности), ширины обода, давления воздуха в шине и нагрузки на колесо  $G_k$ .

При качении колеса с уводом шина испытывает сложную деформацию. Для каждой шины существует определенная наибольшая поперечная сила и наибольший угол бокового увода, при котором еще не происходит проскальзывание протектора в боковом направлении.

Эпюра распределения касательных напряжений вдоль контакта показана на рис.5.



**Рисунок 5**—Зависимость коэффициента сцепления от скорости при различной степени износа рисунка протектора при движении по дороге, покрытой слоем воды 2,0÷2,5 мм: глубина рисунка протектора: 1÷8 мм; 2÷6 мм; 3÷4 мм; 4÷2 мм; 5÷10 мм; 6÷0 мм.

Результирующая реакция дороги  $P'_y$ , оставаясь равной и направленной противоположно поперечной силе  $P_y$ , уже не проходит через центр контакта  $O$ , а снижена относительно него на некоторую величину « $v$ ». Она создает момент относительно центра контакта, стремящейся повернуть колесо в линию с направлением движения.

Стабилизирующий момент  $M_{ст}$  способствует сохранению нейтрального положения управляемых колес при движении автомобиля.

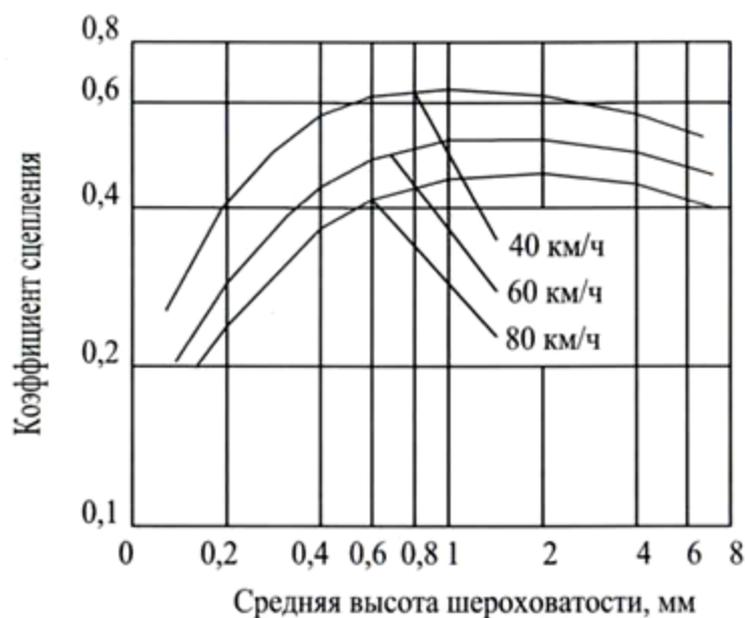
Исследования, проведенные кафедрой организации и безопасности движения ФГБОУ ВО «ДГТУ» на участке горной дороги позволили получить зависимость между поперечной силой  $P_y$  и углом увода для ряда шин с различной нагрузкой и внутренним давлением (рис.5).

Когда поперечная сила  $P_y$  сравнивается по величине с силой сцепления  $P_\phi = \phi \cdot Z'$ , начинается полное скольжение шины.

Из уравнения (14) следует, что угол увода  $\delta = \frac{P_y}{K_y}$ , рад или  $\delta = \frac{P_y}{K_y \cdot 57,3}$ , град. Обозначив произведение  $K_y \cdot 57,3 = K'_y$ , получим  $\delta = \frac{P_y}{K'_y}$ , град.

Пользуясь данными о величине коэффициента сопротивления уводу  $K_y$ , можно определить, при каком угле увода возможен занос автомобиля.

Очевидно, что начало заноса возможно при равенстве сил сцепления в поперечном направлении  $P'_\phi$  и поперечной силы  $P_y$ .



**Рисунок 6** - Зависимость коэффициента продольного сцепления от средней высоты выступов шероховатости дорожного покрытия при разных скоростях движения транспортного средства

При дождях, наличие на поверхности покрытия слоя воды, вызывает уменьшение адгезионных сил в площади контакта шины с покрытием дороги.

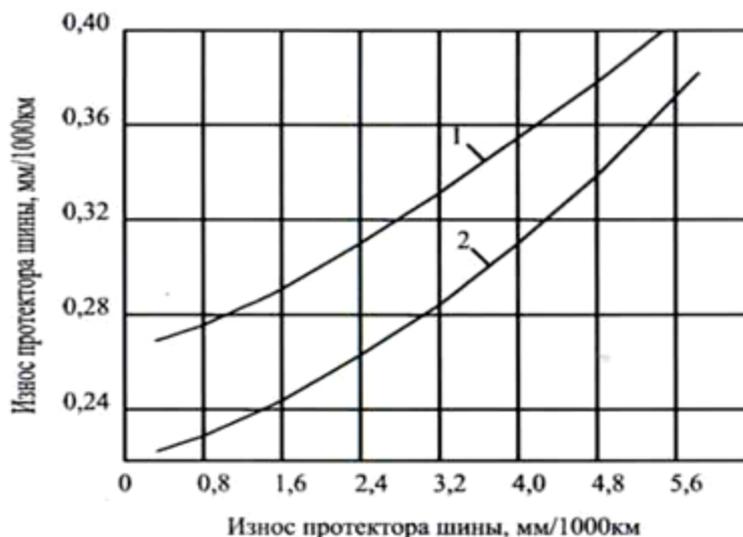
У легковых автомобилей, движущихся с высокой скоростью, возможны потеря управляемости и значительное снижение эффективности торможения. Это снижение возрастает на гладких покрытиях и при сильно изношенном протекторе, т.е. происходит гидроскольжение (аквапланирование).

Величина сил сцепления и трения элементов шины с покрытием зависит от многих факторов, в том числе и от скорости движения и увлажненности опорной поверхности.

При их увеличении силы трения и сцепления с дорогой уменьшаются, так как затрудняется удаление влаги из зоны контакта, а силы, необходимые для преодоления инерции и вязкости воды, возрастают. При определенной толщине водяной пленки, скапливающейся перед шиной и высокой скорости движения из-за действия гидродинамических сил в местах контакта шина всплывает на пленке жидкости.

Эффективное удаление воды из зоны контакта обеспечивается, в первую очередь, рисунком протектора. Исследования, проведенные кафедрой организации и безопасности движения ФГБОУ ВО «ДГТУ» на горной дороге «Касумкент-Курах» позволили изучить влияние износа шин на величину коэффициента сцепления при движении по покрытию дороги, покрытой слоем воды 2,0÷2,5 мм (рис.6), а также влияние высоты выступов шероховатости покрытия на износ шин (рис.7).

Экспериментальные исследования показали, что высота выступов шероховатости дорожных покрытий имеет оптимальное значение, превышение которого приводит к некоторому снижению коэффициента сцепления.



**Рисунок 7-** Зависимость износа протектора шин от средней высоты выступов шероховатости: щебень из карьера 1; щебень из карьера 2.

Одновременное увеличение размеров шероховатости дорожных покрытий выше оптимального, увеличивает интенсивность износа протектора автомобильных шин, а также способствует увеличению уровня шума, возникающего при качении шин (рис.7).

Движение по дорогам, всегда имеющим неровности, сопровождается непрерывными колебаниями поддресоренных и неподдресоренных частей автомобиля. Поскольку колеса при качении по дороге испытывают толчки и удары, детали подвески находятся под воздействием динамических нагрузок, которые на дорогах с покрытием плохого качества превышают статистические почти в 2,5-3 раза.

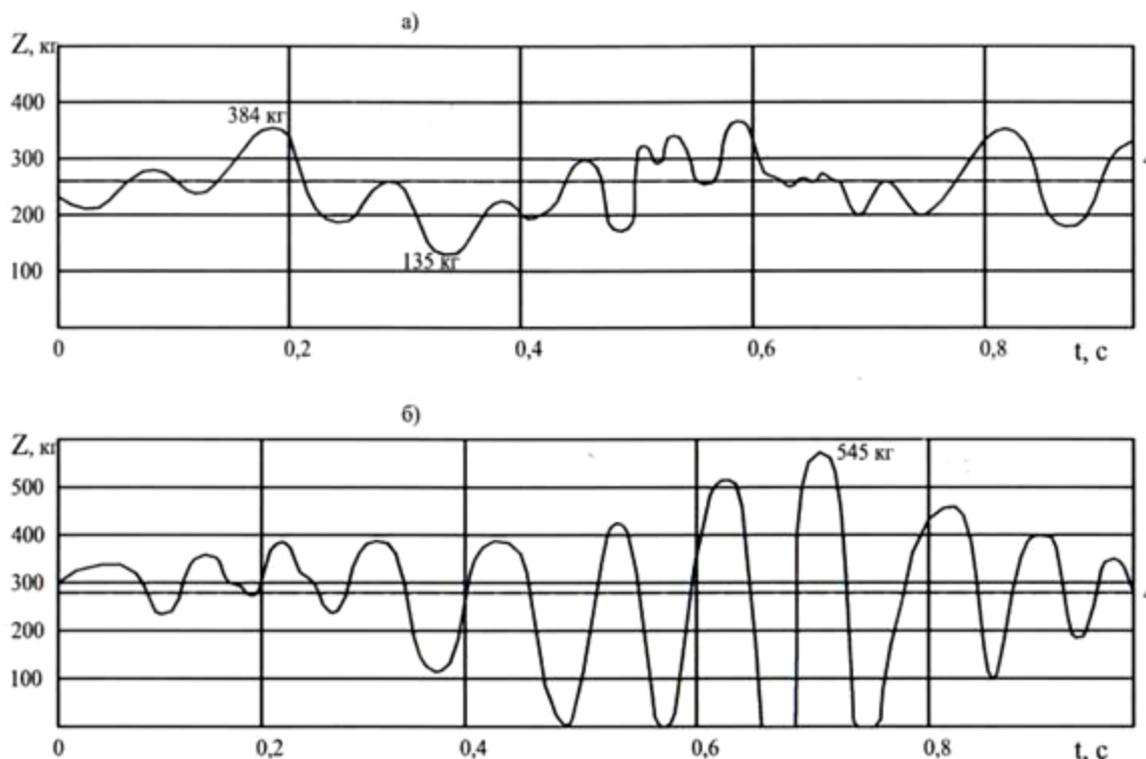
С техническим состоянием передней подвески непосредственно связаны управляемость и устойчивость автомобиля, особенно при высоких скоростях движения.

Так как автомобиль является сам по себе колебательной системой с определенными параметрами, совместные действия колебаний от возмущающих сил от неровностей дороги и собственных приведут к новому характеру колебаний автомобиля.

При движении происходит периодический отрыв колес от поверхности дороги. При высокой скорости достаточно только поворота рулевого колеса, чтобы поперечные силы вывели автомобиль за проезжую часть дороги.

На условия движения автомобиля существенное влияние оказывают амортизаторы [3].

Исследованиями на участке автомобильной дороги «Касумкент-Курах» с твердым асфальтобетонным покрытием и на участке без асфальтобетонного покрытия при скорости движения 70÷75 км/час было установлено влияние амортизаторов на условия движения (рис.8).



**Рисунок 8.** - Влияние амортизаторов на условия движения автомобиля.

При исправных амортизаторах изменения вертикальных нагрузок на колеса и колебаний их относительно кузова не выходили за допустимые пределы (рис. 8а). При неисправных амортизаторах вертикальная нагрузка  $Z$  за 1 с. движения несколько раз падала до нуля, что означает - колеса автомобиля отрывались от дороги.

На рис. 8 «б» видно, что на участке, который автомобиль прошел за 0,3 с., т.е. на пути около 6 м, колеса четыре раза оторвались от дороги. При повороте рулевого колеса поперечные силы на таком участке могли вывести автомобиль за проезжую часть дороги.

Для равнинных и горных районов Республики Дагестан важное значение имеет сохранение устойчивости транспортных средств от воздействия бокового ветра, которое наблюдается довольно часто на протяжении календарного года. События приведшие к опрокидыванию легкового автомобиля и автобуса малой вместимости от бокового ветра на трассе «Каспийск-Махачкала» не оставляют в этом сомнения.

При этом необходимо знать порывистость, скорость и направление ветра. Следует иметь в виду, что устойчивость автомобиля, как правило, нарушается при порывах ветра. Поэтому в расчетах устойчивости автомобиля помимо определения средней скорости ветра учитывается и коэффициент порывистости  $K_{п}$ .

Коэффициент порывистости – это отношение максимальной скорости при порывах  $V_{\text{пmax}}$  к средней скорости ветра  $V_{\text{ср}}$ . Обычно  $K_{\text{п}}=1,6\div 1,8$ . Средняя скорость ветра в течение некоторого времени  $T$  может быть определена по формуле

$$V_{\text{ср}} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt \quad (15)$$

где  $V(t)$  – функция изменения скорости ветра во времени.

При сильном порыве к автомобилю прикладывается некоторая боковая сила, вызванная давлением ветра, величину которой можно определить по формуле:

$$P_{\text{б}} = K_{\text{б}} \cdot F_{\text{б}} (V_{\text{б}} \cdot \sin \gamma) \quad (16)$$

где  $K_{\text{б}}$  – коэффициент боковой обтекаемости автомобиля;  $F_{\text{б}}$  – площадь сечения автомобиля, проходящая через продольную ось (боковая площадь),  $\text{м}^2$ . Для практических расчетов боковой коэффициент обтекаемости  $K_{\text{б}}$  принимают равным для легковых автомобилей 0,063-0,08; автобусов 0,08-0,09; грузовых автомобилей 0,1-0,125 [3].

После определения силы бокового ветра  $P_{\text{б}}$  и координат центра парусности можно исследовать, как такой ветер влияет на поперечную и продольную устойчивость, т.е. установить возможность опрокидывания ТС, характер его движения и возможность возникновения заноса.

#### **Вывод.**

1. При резком изменении направления движения от прямолинейного на криволинейное, на транспортное средство начинает действовать поперечная сила, зависящая также от угловой скорости управляющих колес.

2. Экспериментальными исследованиями установлена зависимость поперечной силы от угла увода для шин автомобильных колес с различной нагрузкой и внутренним давлением. При равенстве поперечной силы  $P_y$  и силы сцепления  $P_{\text{ф}}$  начинается полное скольжение шины. На увлажненных покрытиях в связи с резким снижением коэффициента сцепления «ф» это состояние наступит гораздо раньше.

3. Экспериментальные исследования показали, что при неисправностях подвески и амортизаторов при движении происходит периодический отрыв колес от поверхности дороги и при повороте рулевого колеса поперечные силы могут вывести автомобиль за проезжую часть или на встречную полосу.

#### **Библиографический список:**

1. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. Учебник под редакцией Варданяна Г.С. – М., Издательство АСВ, 1995.-568 с.
2. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для вузов.-М., Транспорт, 1989.-255 с.

3. Залимханов Т.Б. Разработка принципов и алгоритмов работы системы предупреждения опрокидывания автобуса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Волгоград, 2013.

**References:**

1. Strength of materials with the basics of the theory of elasticity and plasticity. The textbook, edited by GS Vardanyan - M., ACB Publisher, 1995.-568 p.
2. V.A Ilarionov Examination of road accidents: A Textbook for vuzov.-M, Transport, 1989.-255 p.
3. T.B Zalimhanov Development of guidelines and algorithms bus rollover warning system. Abstract of dissertation for the degree of candidate of technical sciences. - Volgograd 2013.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 69.338.45

*Гаджиева М.И., Эсетова А.М.*

### ОСОБЕННОСТИ СМЕТНОГО НОРМИРОВАНИЯ И ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Gadzhiyeva M.I., Esetova A.M.*

### BUDGET NORMALIZATION AND PRICING FEATURES IN CONSTRUCTION

*Аннотация.* Обосновано, что ценообразование в строительстве отличается от системы формирования цен в промышленности и других отраслях экономики, поскольку имеет иные методические и организационные подходы. Определено, что стоимость строительства устанавливается на стадии его проектирования, в процессе заключения инвестиционных контрактов (договоров на строительство), а также непосредственно при строительстве, капитальном ремонте объектов строительства, реконструкции и выполнении отдельных видов строительно-монтажных работ.

Установлено, что механизм ценообразования в строительстве опирается на развернутую нормативно-справочную документацию, регламентирующую материальные расходные нормы и расценки, учитывающие отраслевые, территориальные и сезонные особенности строительного производства.

Выявлено, что в условиях инфляции большое значение приобретает расчет индексов цен производителей строительной продукции инвестиционного назначения. Предложено обязательное согласование всеми заинтересованными сторонами строительного производства способа определения цены строительного объекта.

**Ключевые слова:** сметные нормативы, ценообразование, строительство, индексы цен, стоимость строительства.

**Abstract.** It is proved that the pricing of the construction is different from the pricing system in the industry and other branches of economy, because it has different methodological and organizational approaches. It has been determined that the cost of construction is set on the stage of its design, in the process of concluding investment contracts (construction contracts), as well as directly during construction, major repairs of objects of capital construction, reconstruction and the implementation of certain types of construction and installation works. It has been found that the pricing mechanism in construction is based on the detailed legal and reference documents regulating material consumption rates and prices, taking into account sectoral, territorial and seasonal features of building production.

*It has been found that under inflation conditions the price index calculation of construction products for investment purposes is of great importance. Mandatory approval of all stakeholders of the construction production method for determining the price of the construction site is proposed.*

**Key words:** *estimated standards, pricing, construction price indexes, the cost of construction.*

**Введение.** Цена как экономическая категория определяют структуру производства, оказывает решающее воздействие на движение материальных потоков, распределение товарной массы, и в конечном итоге, на уровень благосостояния населения. Однако в условиях кризиса и инфляции структурные разрывы в механизме отраслевого ценообразования не только сохраняются, но еще больше обостряются.

Как показывает практика, стоимость строительства устанавливается на стадии проектирования объекта, в процессе заключения инвестиционных контрактов (договоров на строительство), а также непосредственно при строительстве, капитальном ремонте объектов, реконструкции и выполнении отдельных видов строительно-монтажных работ.

**Постановка задачи.** В основе формирования системы ценообразования в строительстве лежат сметные нормативы и нормы, и стоимость возводимого объекта определяется объектной сметой или сводным сметным расчетом. Сметная стоимость является основой для определения размера капитальных вложений, финансирования строительства, формирования договорных цен на строительную продукцию, расчетов за выполненные подрядные (строительно-монтажные, ремонтно-строительные) работы, оплаты расходов по приобретению оборудования и доставке его на объект, а также возмещения других затрат за счет средств, предусмотренных сводным сметным расчетом. Выбор методики расчета сметной стоимости определяется экономической целесообразностью строительства, зависит от специфических особенностей возводимого объекта, целей инвестирования и получения дохода.

**Методы исследования.** Сметная стоимость строительной продукции может быть рассчитана в базисном и текущем уровне цен ресурсным методом в текущих (прогнозных) ценах и тарифах ресурсов (элементов затрат), необходимых для реализации проектного решения; ресурсно-индексным методом; а также базисно-индексным методом, который основан на использовании системы текущих и прогнозных индексов по отношению к стоимости, определенной в базисном уровне цен.

Преимущество ресурсного метода состоит в том, что трудовые и материально-технические ресурсы оцениваются по текущим ценам, а это уменьшает влияние средних величин, что позволяет определить сметную стоимость строительства на любой момент времени, в том числе учитывать дополнительные затраты на ресурсы, возникшие при осуществлении строительства.

Ресурсно-индексный метод предусматривает сочетание ресурсного метода с системой индексов на ресурсы, используемые в строительстве. При базисно-индексном методе сметная стоимость объектов строительства приводится к уровню текущих цен путем умножения базисной стоимости на соответствующий индекс.

Основанием для определения сметной стоимости строительства служат данные заказчика для разработки сметной документации; предпроектная и проектная документация, включая чертежи, ведомости объемов строительно-монтажных работ; спецификации и ведомости потребности оборудования; решения по организации и очередности строительства; пояснительные записки к проектным материалам, а на дополнительные работы, листы авторского надзора и акты на дополнительные работы, выявленные в период выполнения строительных и монтажных работ; действующие сметные нормативы, а также отпускные цены и транспортные расходы; расходы на материалы, оборудование, мебель и инвентарь; отдельные, относящиеся к соответствующему объекту решения органов государственной власти.

Исходя из сметной стоимости определяется балансовая стоимость вводимых в действие основных фондов, динамика которой представлена в таблице 1. [7].

**Таблица 1.– Динамика ввода основных фондов в строительстве**

Показатели	2009г.	2010г.	2011г.	2012г.	2013г.	2014г.
Ввод основных фондов, всего, млн. руб., в том числе,						
строительство	6356223	6275935	8813314	10338476	11160485	10887946
	153385	148277	253377	235657	231292	210770
в процентах к итогу, %						
Всего основные фонды, в том числе,	100	100	100	100	100	100
строительство	2,4	2,4	2,9	2,3	2,1	1,9

Действующая система сметного нормирования и ценообразования в строительстве регулируется нормативно-законодательным порядком разработки сметных нормативов, подлежащих применению при определении сметной стоимости объектов капитального строительства; формирования и ведения федерального реестра сметных нормативов, подлежащих применению при определении сметной стоимости объектов капитального строительства, а также предоставления сведений, включаемых в указанный реестр; оформления заключения о проверке достоверности определения сметной стоимости; ведения и предоставления сведений, содержащихся в реестре заключений о

достоверности определения сметной стоимости объектов капитального строительства [1, 3, 6].

В основу механизма сметного нормирования и ценообразования в строительстве положена классификация сметных нормативов, подлежащих применению при определении сметной стоимости объектов, а также система методических указаний, представленная в таблице 2.

**Таблица 2. – Методические основы сметного нормирования и ценообразования в строительстве**

№	Код методики	Содержание
1.	МДС 81-25.2001	Методические указания по определению величины сметной прибыли в строительстве.
2.	МДС 81-33.2004	Методические указания по определению величины накладных расходов в строительстве.
3.	МДС 81-34.2004	Методические указания по определению величины накладных расходов в строительстве, осуществляемом в районах Крайнего Севера и местностях, приравненных к ним.
4.	МДС 81-35.2004	Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации.
5.	МДС 81-27.2007	Методические рекомендации по применению государственных элементных сметных норм на пусконаладочные работы.
6.	ГСН 81-05-01-2001	Сметные нормы затрат на строительство временных зданий и сооружений.
7.	ГСН 81-05-02-2007	Сметные нормы дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время и др.

В 2014 году принята новая редакция государственных сметных нормативов, включающая государственные элементные сметные нормы (ГЭСН-2001), федеральные единичные расценки (ФЕР-2001), сборники сметных цен на материалы (ФССЦ-2001), сборники цен на эксплуатацию строительных машин, сборник тарифов на перевозку грузов [3].

В соответствии с новой редакцией государственных сметных нормативов внесены изменения в сметные расценки на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств, а также в сметные цены на материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве.

Кроме того, добавлены новые виды строительных материалов, изделий и конструкций, а также новые типы машин и механизмов, используемых на строительных объектах РФ, а также исключены устаревшие и редко применяемые в строительстве типы материальных ресурсов, машин и механизмов [9].

Исходными данными для разработки сметных нормативов являются:

рациональные технические решения в проектных материалах; технология строительного производства и строительные машины, отвечающие последним достижениям научно-технического прогресса; действующие стандарты на материалы, изделия и конструкции, а также оборудование; действующие нормы и положения по оплате труда рабочих в строительстве; действующие нормы амортизационных отчислений.

В случае, когда необходимые сметные нормативы отсутствуют в действующей сметно-нормативной базе или используются для специализированных строек, то могут разрабатываться индивидуальные сметные нормы.

Сметной нормой называется совокупность ресурсов (затрат труда работников строительства, времени работы строительных машин, потребности в материалах, изделиях и конструкциях и т. п.), установленная на принятый измеритель строительных и монтажных работ.

Главная функция сметных норм заключается в определении нормативного количества ресурсов, минимально необходимых для выполнения определенного вида работ, как основы для последующего перехода к стоимостным показателям.

Сметные нормы могут быть использованы для определения потребности в затратах труда, строительных машинах, материалах, изделиях и конструкциях при разработке инвестиционно-строительных проектов.

Следует обратить внимание, что на практике фактические цены под воздействием множества рыночных факторов отклоняются от их стоимости, а количество денег в обращении регулируется степенью насыщения платежеспособного спроса, который связан с инфляционными процессами. Именно поэтому в условиях инфляционного роста цен большое значение приобретает расчет индексов цен производителей строительной продукции инвестиционного назначения, носящей индивидуальный характер.

На ее стоимость в значительной степени влияет местонахождение объектов строительства, затраты по развертыванию строительства и т.д.

По данным Министерства экономического развития РФ в 2015 году на продукцию инвестиционного назначения (капитальное строительство) динамика цен отстает от инфляции на протяжении последних трех лет на фоне падающего спроса.

В 2015 году рост цен (сводный индекс цен) ускорился до 10,3%, также как в 2014 году до 7,2% (в 2013 г. – 4,9%) вследствие ослабления рубля и удорожания машин и оборудования (табл. 3.) [2].

На строительную продукцию (строительно-монтажные работы) в 2015 году рост цен значительно ниже – на 4,1%, в декабре зафиксировано снижение на 0,4 процента.

На прочую продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения в 2015 году рост цен составил 20,1 процента. [2].

**Таблица 3. - Динамика цен на продукцию инвестиционного назначения**

Сводный индекс цен	2013г.	2014г.	2015г.
Капитальное строительство	4,9	7,2	10,3
Строительная продукция	4,3	4,6	4,1
Машины и оборудование инвестиционного назначения	3,1	12,3	20,1
Темп роста инвестиций в основной капитал, %	-0,2	-2,9	-8,7

Следует учесть, что возведение строительных объектов занимает длительный период времени, кроме того, реализация строительной продукции чаще зависит от условий договоров подряда. Все эти особенности не позволяют использовать подход к исчислению индексов цен, аналогичный принятому для определения индексов цен в производстве промышленных товаров, сельскохозяйственной продукции и других видов экономической деятельности. Именно поэтому индексы цен в строительстве предназначены для формирования начальной (максимальной) цены торгов при подготовке конкурсной документации, общеэкономических расчетов в инвестиционной сфере для объектов капитального строительства, финансирование которых осуществляется с привлечением средств федерального бюджета.

**Обсуждение результатов.** Как показало исследование, индексы цен на продукцию инвестиционного назначения предназначены для использования в общеэкономических, прогнозных и статистических расчетов; при осуществлении балансовых расчетов и расчете валового внутреннего продукта; при анализе экономических процессов, происходящих на макроуровне; анализе объема инвестиций в строительные объекты отдельных видов экономической деятельности; при составлении сметной документации по заданию инвестора (заказчика); обосновании подрядчиком своих предложений по цене строительной продукции; осуществлении расчетов за выполненные работы. Следует заметить, что для совершения расчетных операций за выполненные работы указанные индексы не предназначены.

Система индексов цен на продукцию инвестиционного назначения состоит из сводного индекса цен на продукцию инвестиционного назначения, индекса цен производителей на строительную продукцию (рассчитывается из индекса цен на строительно-монтажные работы и индекса цен на прочие работы и затраты, включенные в сводный сметный расчет стоимости строительства), индекса цен приобретения машин и оборудования

инвестиционного назначения, индекса цен на прочую продукцию инвестиционного назначения.

Исходной информацией по расчету средних цен на материалы, детали и конструкции для определения стоимости ресурсов в ресурсной части ресурсно-технологической модели является отчетность, предоставляемая в территориальные органы Федеральной службы государственной статистики организациями, выполняющими работы по виду экономической деятельности «Строительство» [8].

По структуре ресурсно-технологическая модель состоит из ресурсной и стоимостной частей. Ресурсная часть содержит цены и объемы строительных материалов, деталей, конструкций, топливно-энергетических ресурсов в натуральном выражении, которые используются для возведения строительных объектов. В стоимостной части ресурсно-технологической модели указан перечень статей расходов, входящих в общую стоимость строительно-монтажных работ: стоимость основных материалов, деталей и конструкций, стоимость прочих материалов, не охваченных основной номенклатурой, стоимость топливно-энергетических ресурсов, средства на оплату труда, страховые взносы в государственные внебюджетные фонды, амортизация основных средств, прочие затраты, плановые накопления.

В соответствии с официальной статистической методологией, расчет индекса цен отчетного месяца к предыдущему на строительно-монтажные работы по каждому виду экономической деятельности производится на основании исчисленной по ресурсно-технологической модели стоимости строительно-монтажных работ по следующей формуле [8]:

$$I_{SMR(f)t} = \frac{W_{SMR(f)t}}{W_{SMR(f)t-1}} \times 100 \quad (1)$$

где:  $I_{SMR(f)t}$  - индекс цен на строительно-монтажные работы по f-му виду экономической деятельности в отчетном месяце по отношению к предыдущему месяцу;

$W_{SMR(f)t}$  - стоимость строительно-монтажных работ по f-му виду экономической деятельности в ценах отчетного месяца;

$W_{SMR(f)t-1}$  - стоимость строительно-монтажных работ по f-му виду экономической деятельности в ценах предыдущего месяца;

f - вид экономической деятельности;

t - отчетный месяц;

t-1 - предыдущий месяц.

Индексы цен отчетного месяца к предыдущему на строительно-монтажные работы по субъектам Российской Федерации, федеральным округам и Российской Федерации в целом формируются путем агрегирования информации о стоимости строительно-монтажных работ по видам

экономической деятельности субъектов Российской Федерации, федеральных округов и Российской Федерации в целом [8].

Сводные индексы цен на строительно-монтажные работы по субъектам Российской Федерации, федеральным округам, экономическим районам Российской Федерации формируются на основании информации о стоимости строительно-монтажных работ по отраслям экономики (видам экономической деятельности) регионов, расчет которых показан в табл. 4.

**Таблица 4. - Индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по объектам строительства, определяемых с применением федеральных и территориальных единичных расценок, на I квартал 2016г.\***

Объект строительства		Индексы к ФЕР - 2001/ТЕР - 2001 по объектам строительства (без НДС)					
		Республика Дагестан	Кабардино-Балкарская Республика	Карачаево-Черкесская Республика	Республика Северная Осетия - Алания	Чеченская Республика	Ставропольский край
Много-квартирные жилые дома	Кирпичные	6,59	6,07	6,35	6,74	7,28	6,09
		5,25	5,74	7,12	6,43	7,63	7,25
	Панельные	5,97	6,40	6,68	6,86	7,08	5,70
		5,04	6,34	7,52	6,62	7,01	6,66
	Монолитные	5,68	5,92	6,30	6,29	6,48	5,75
		4,83	5,62	7,16	6,00	6,07	6,29
	Прочие	6,01	6,05	6,32	6,54	6,86	5,83
		5,02	5,79	7,06	6,29	6,73	6,64
Административные здания		6,66	6,38	5,67	6,60	7,02	5,70
		5,67	6,07	6,35	6,00	6,39	6,63

\*составлено на основании приложения 1 к письму Минстроя России от 19 февраля 2016 г. № 4688-ХМ/05.

Характерной особенностью ценообразования в строительстве является структурирование цены создаваемого объекта, поскольку цена может состоять из двух частей: сметной, выраженной конкретной суммой, и переменной, выраженной текущим индексом стоимостного показателя.

**Вывод.** Особенности механизма ценообразования в строительстве, прежде всего, связаны с индивидуальным характером создаваемого объекта; с экономико-географическими и территориальными факторами строительного производства; с одновременным участием и интересами в процессе формирования цены проектировщика, заказчика, подрядчика.

Немаловажным фактором определения стоимости строительной продукции являются цены производителей, которые по своей экономической сущности отражают изменение инвестиций в строительство объектов и рассчитываются как агрегированный показатель из индексов цен на строительно-монтажные работы, машины и оборудование и прочие капитальные работы и затраты, взвешенные по доле этих элементов в общем объеме инвестиций в основной капитал.

Способ определения цены создаваемого объекта должен быть согласован всеми заинтересованными сторонами в форме, позволяющей произвести ее расчет без дополнительных согласований, что подтверждается отсутствием между подрядчиком и заказчиком разногласий по стоимости работ при проведении промежуточных расчетов.

### **Библиографический список:**

1. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации МДС 81-35.2004. Постановление Госстроя России от 05.03.2004 № 15/1 с учетом изменений, изложенных в письме Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству от 23.06.2004 № АП-3230/06 (далее - МДС 81-35.2004), регистрационный номер 94 от 15.12.2009 федерального реестра сметных нормативов
2. Об итогах социально-экономического развития Российской Федерации в 2015 году. -[Электронный ресурс]-Режим доступа <http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/bfeda678-29cd-44ae-b07b-d3c6d>.
3. О введении в действие новых государственных сметных нормативов. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ № 31/пр. от 30.01.2014 г.
4. О некоторых вопросах организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий в отношении объектов, строительство которых финансируется с привлечением средств федерального бюджета, а также о порядке проведения проверки достоверности определения сметной стоимости указанных объектов. Постановление Правительства РФ от 23.09.2013 № 840.
5. О порядке проведения проверки достоверности определения сметной стоимости объектов капитального строительства, строительство которых финансируется с привлечением средств федерального бюджета. Постановление Правительства РФ от 18.05. 2009 № 427.
6. Об утверждении Классификации сметных нормативов, подлежащих применению при определении сметной стоимости объектов капитального строительства, строительство которых финансируется с привлечением средств федерального бюджета. Приказ от 04.12.2012 № 76/ГС (зарегистрировано в Минюсте России 07.03.2013 № 27572).
7. Основные фонды. -[Электронный ресурс]- Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/fund](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/fund).
8. Официальная статистическая методология исчисления индексов цен на продукцию (затраты, услуги) инвестиционного назначения. Приказ Росстата от 06.11.2014 № 635.

9. Ценообразование и сметное нормирование в строительстве: учебное пособие / М. А. Королева. – 2-е изд., доп. и перераб. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 263с.

### **References:**

1. Method for determining the cost of construction products in the territory of the Russian Federation MDS 81-35.2004. Resolution of the State Construction Committee of Russia from 05.03.2004 № 15/1 with the changes set out in the letter Rosstroy from 23.06.2004 number AP-3230/06 (hereinafter - MDS 81-35.2004), registration number 94 of 15.12.2009 federal register estimate standards.
2. On the results of socio-economic development of the Russian Federation in 2015. - [Electronic resource] -Mode <http://economy.gov.ru/wps/wcm/connect/bfeda678-29cd-44ae-b07b-d3c6d> access.
3. The introduction of the new state estimate standards. Order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation № 31 / pr. from 01.30.2014.
4. On some issues of organization and conduct of the state examination of project documentation and engineering survey results in relation to objects, construction of which is financed with funds from the federal budget, as well as on the procedure for determining the validation of the estimated cost of these facilities. RF Government Decree of 23.9.2013 number 840.
5. On the procedure for the validation determination of the estimated cost of capital construction, construction of which is financed with funds from the federal budget. RF Government Resolution of 18.05. 2009 № 427.
6. Approval of the estimated classification standards to be applied in the determination of the estimated cost of capital construction, construction of which is financed with funds from the federal budget. Order of 04.12.2012 number 76 . HS (registered in the Russian Ministry of Justice 03.07.2013 number 27572).
7. Fixed assets. - [Electronic resource] - Access mode: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/fund](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/fund).
8. Official statistical methodology of calculating price indices for products (costs, services) for investment purposes. Rosstat Order of 06.11.2014 number 635.
9. Pricing and budget normalization in the construction of: a tutorial / MA Queen. - 2 nd ed., Ext. and rev. - Ekaterinburg: Publishing House of the Ural Mountains. University Press, 2014. – 263p.

УДК 658.624

*Искендерова Э.Т., Исмаилов Р.Т.*

## **ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*E.T. Iskenderova, R.T. Ismailov*

### **MAIN FEATURES AND CHARACTERISTICS OF PRODUCTION POTENTIAL MANAGEMENT OF THE BUILDING ENTERPRISE**

*Аннотация.* Рассмотрены актуальные проблемы поиска методов эффективного управления использованием и развитием производственного потенциала строительного предприятия. Уточнено содержание основных характеристик производственного потенциала строительного предприятия. Установлено, что взаимозаменяемость элементов производственного потенциала не следует понимать чисто механически, хотя в ее основе и лежат технические и технологические особенности производства. Взаимозаменяемость элементов производственного потенциала является проблемой в большей степени экономической.

Выявлены и систематизированы характерные особенности производственного потенциала строительного предприятия. С учетом этого, предлагаются различные подходы к организации управления эффективным использованием и развитием производственного потенциала в нестабильной экономической среде.

**Ключевые слова:** строительное предприятие, элементы производственного потенциала, характеристики производственного потенциала, регулирование структуры производственного потенциала.

**Abstract.** The paper touches upon some topical issues of effective management of the use and development of the building enterprise production potential. The main characteristics of the production capacity of the construction enterprise are specified. It is established that the interchangeability of the elements of production potential should not be understood mechanically, although some technical and technological peculiarities of production are in its basis.

The interchangeability of the elements of production potential is an economic problem to a greater extent.

We identify and classify the typical features of the construction enterprise productive capacity. Taken in into account, different approaches to managing the effective use and development of productive capacity in an unstable economic environment are proposed.

**Key words:** *building enterprise, elements of the production potential, features of the production potential, structure of the production potential regulation.*

**Введение.** Одной из актуальных проблем эффективной работы строительного предприятия (СП) является формирование и функционирование системы управления использованием и развитием его производственного потенциала. Производственный потенциал строительного предприятия фактически представляет собой систему, состоящую из различных взаимодействующих и совместно функционирующих элементов. Данные элементы выполняют различные функции в процессе производства и им присущи все черты, свойственные сложной системе.

**Постановка задачи.** К числу основных характеристик производственного потенциала СП можно отнести [1]: целостность, сложность, взаимозаменяемость и альтернативность элементов, взаимосвязь и взаимодействие элементов, способность к восприятию последних достижений НТП, гибкость, т.е. способность производить различные виды товарной строительной продукции, и адаптивность.

Целостность производственного потенциала означает, что функционирование всех его элементов подчинено достижению единой цели, связанной с выполнением запланированного объема работ в заданные сроки с требуемым качеством и минимальными издержками производства.

Данная цель достигается в процессе управления производственной деятельностью на основе следующих принципов: общности и единства целевого задания для производственного потенциала в целом и каждого его элемента в отдельности; общности критерия оценки эффективности функционирования и развития элементов производственного потенциала и всего потенциала в целом.

Учитывая, что в условиях рынка основная задача повышения эффективности строительного производства связана с переходом преимущественно на интенсивные способы развития, то, в первую очередь, интенсивно должен загружаться и эффективно использоваться производственный потенциал строительного предприятия. Этого можно достичь только в том случае, когда с одной и той же напряженностью и результативностью используются все его элементы, т. е. когда все элементы производственного потенциала сбалансированы и функционируют с максимально возможной отдачей. Следовательно, решение задачи эффективного использования производственного потенциала сводится к формированию напряженных производственных планов и сбалансированию вводимых в производство факторов.

Сложность производственного потенциала строительного предприятия проявляется, прежде всего, в наличии нескольких образующих его элементов, каждый из которых представляет собой отдельную часть потенциала, включающую, в свою очередь, несколько более мелких составляющих.

Например, потенциал строительного предприятия включает в себя основные фонды, которые в свою очередь, содержат строительные машины и меха-

низмы, здания и сооружения. Строительные машины, в свою очередь, разделяются на подъемные краны, скреперы, грейдеры, бульдозеры, экскаваторы и т. д. Следовательно, производственный потенциал строительного предприятия представляет собой совокупность большого количества первичных подсистем, которые могут функционировать и развиваться как самостоятельно независимо друг от друга, так и в тесном взаимодействии между собой.

**Методы исследования.** Учитывая непредсказуемость «поведения» отдельных составляющих производственного потенциала в нестабильных условиях экономической среды, оценка эффективности их использования в производственном процессе носит стохастический характер, и определяется статистическими методами.

Другим признаком сложности является то, что изменения, происходящие в каком либо одном элементе производственного потенциала, требуют изменения и других его элементах. Например, внедрение в производство высокопроизводительных экскаваторов для рытья строительных котлованов высвобождает и позволяет использовать по другому назначению производственных рабочих.

Еще один признак сложности определяется наличием в системе управления производственным потенциалом и в самом производственном потенциале обратных материально-вещественных, информационных и управленческих связей. Таким образом, учитывая сложность производственного потенциала СП, для его управления необходимо использовать соответствующие принципы управления сложными объектами [2].

Важной характерной особенностью производственного потенциала является взаимозаменяемость и альтернативность его элементов. Эффективная замена одного его элемента на другой является одной из важнейших проблем оперативного управления производственным процессом.

Например, увеличение массы активной части основных фондов (количество задействованных в производстве строительных машин и механизмов) как правило, приводит к значительному снижению необходимости в таком элементе производственного потенциала, как рабочая сила. Кроме того, замена одного элемента производственного потенциала на другой сказывается на эффективности строительного производства, например, когда различные строительно-монтажные работы, выполняемые в «ручную» заменяются работами, производимыми механизированным образом. В то же время дополнительное привлечение дешевой рабочей силы при расширении производства в случае ее избытка на рынке труда в регионе, снижает в структуре производственного потенциала строительного предприятия объемы энергетического элемента и активной части основных производственных фондов. Внедрение на строительном предприятии более прогрессивных технологий строительного производства и принципов его организации также снижает потребность в других элементах производственного потенциала.

Взаимозаменяемость элементов производственного потенциала является одной из наиболее изученных его характеристик. Особенно активно исследовались вопросы замещения живого труда активной частью основных производственных фондов. Например, экономию живого труда в рамках процесса развития активной части основных производственных фондов можно регулировать, используя соотношение А. Толкачева:

$$\Pi = \frac{P_1/P_0 - 1}{S_1 - S_0} \quad (1)$$

где  $\Pi$  – коэффициент замещения живого труда элементами основных производственных фондов;  $P_0, P_1$  – производительность труда, соответственно, до и после проведенного замещения;  $S_0, S_1$  – соответственно фондовооруженность труда в данные периоды.

В этом случае, устанавливая пороговое значение  $\Pi^*$  коэффициента замещения  $\Pi$ , можно определить такие значения показателей  $P_1$  и  $S_1$ , чтобы для фактического значения коэффициент замещения живого труда элементами основных производственных фондов  $\Pi_{\text{ф}}$  выполнялось условие: « $\Pi_{\text{ф}} \geq \Pi^*$ ».

При этом следует иметь в виду, что взаимозаменяемость элементов производственного потенциала не следует понимать чисто механически, хотя в ее основе и лежат технические и технологические особенности производства.

Взаимозаменяемость элементов производственного потенциала является проблемой в большей степени экономической. Поэтому в условиях рынка в качестве основного критерия взаимозаменяемости элементов потенциала следует рассматривать получение дополнительной прибыли путем снижения издержек производства. В этой связи перед руководством строительного предприятия возникает задача обеспечения эффективных условий взаимозаменяемости элементов производственного потенциала. Однако в этом случае необходимо учитывать то обстоятельство, что степень альтернативности элементов производственного потенциала является переменной величиной и зависит от ситуации сложившейся в экономической среде СП. Она изменяется, например, в зависимости от уровня развития производственного потенциала, а также от особенностей хозяйственной системы: масштабности, характера деятельности и степени ее замкнутости.

Решение проблемы взаимозаменяемости элементов производственного потенциала, в конечном счете, сводится к выяснению того, является ли экономически целесообразной замена одного элемента производственного потенциала на другой элемент. Если такая замена приносит дополнительную прибыль, то при каких пропорциях это происходит, каковы особенности такой замены и имеются ли для этого условия, а также каковы последствия проводимой замены для развития производственного потенциала строительного предприятия.

**Обсуждение результатов.** Наиболее характерными особенностями взаимозаменяемости элементов производственного потенциала являются регламентированность и периодичность. Первая особенность проявляется в том, что все

элементы могут теоретически неограниченно заменять друг друга до тех пор, пока один из них не обратится в ноль.

Однако на практике для организации эффективного строительного производства необходимо присутствие всех элементов производственного потенциала. Поэтому границы взаимозаменяемости производственных ресурсов определяются реально существующими ограничениями [1].

Нижняя граница взаимозаменяемости производственных факторов одного другим при этом характеризуется таким их соотношением, которое соответствует простейшим производственным технологиям, существующим в данный момент времени, а верхняя граница характеризуется соотношением между производственными факторами, характерными для наиболее прогрессивных производственных технологий.

Обычно пределы взаимозаменяемости элементов производственного потенциала определяются внешними условиями и зависят от уровня научно-технического развития отрасли, уровня развития рыночных отношений и состояния рынка труда. В соответствии с этим границы взаимозаменяемости элементов производственного потенциала следует определить обобщенно, например, согласно следующему критерию:

*« Любой элемент может замещаться другим пока это выгодно и не тормозит сбалансированного развития производственного потенциала ».*

Второе свойство взаимозаменяемости элементов определяется ее дискретностью и периодичностью, означающими, что взаимозаменяемость не является непрерывной ни по количественным характеристикам, ни во времени. Это, прежде всего, определяется такой характеристикой как срок морального износа орудий и средств труда. Наряду с этим, замена одних элементов другими часто требует финансовых средств, а для их накопления требуется время. Последнее условие в определенной степени смягчается мощностью и уровнем эффективности использования производственного потенциала. Причем, чем они выше, тем короче принимается обменный цикл.

Взаимозаменяемость элементов потенциала [1], обладает еще одной фундаментальной особенностью – способностью достигать сбалансированного равновесия элементов. Это означает, что если доля одного из элементов возрастает за счет снижения доли другого элемента, потому, что первый эффективней, то настанет такой момент, когда более эффективный элемент будет вовлекаться в хозяйственный оборот в таких масштабах, которые сделают уже неэффективным дальнейшее углубление взаимозаменяемости. Наступит момент, когда оба используемых элемента будут одинаково эффективными или неэффективными, т.е. для производственного потенциала СП достигается их равновесие.

Следовательно, можно говорить об оптимальной сбалансированности элементов производственного потенциала, т.е. когда в производстве участвуют все элементы потенциала в таких пропорциях, при которых достигается максимум или минимум, в соответствии с содержанием, функции эффективности функ-

ционирования СП, например, сокращение сроков строительства или получение максимальной прибыли.

Таким образом, основной задачей управления производственным потенциалом СП является оптимальная его сбалансированность с учетом воздействия различных внутренних и внешних факторов экономической среды. Оптимальная сбалансированность производственного потенциала достигается путем решения следующей задачи. Необходимо найти такие пропорции между элементами производственного потенциала при заданных ресурсных ограничениях, при которых СП получает максимальную прибыль с учетом внешних и внутренних условий функционирования [3].

Наконец, к особенности взаимозаменяемости элементов производственного потенциала следует отнести такое свойство как индуктивность, которая проявляется в том, что замена одного элемента другим во многих случаях создает возможность для ряда других замещений или даже делает их необходимыми.

Четвертой характеристикой производственного потенциала СП является взаимосвязь и взаимодействие его элементов в процессе совместного функционирования. Она представляет собой общий экономический закон соответствия между основными элементами производственных сил. Иными словами, между различными факторами производства существует объективно обусловленная количественная и качественная взаимосвязь, выраженная мерой их соответствия и соотношения.

Для наглядности таких взаимосвязей и качественного сбалансирования элементов производственного потенциала удобно использовать матрицы соответствия, строки и столбцы которых определяются элементами производственного потенциала или их качественными характеристиками, а элементы матриц помечаются характером связей элементов и их качественными показателями [4].

Взаимодействие между элементами потенциала в строительном производстве достигается установлением связей между ними, обеспечивающими их совместное сбалансированное использование в производственном процессе, в результате чего образуются новые качества, не присущие отдельным элементам взаимодействия. Поэтому элементы производственного потенциала СП способны взаимно дополнять друг друга, то есть их влияние на эффективность производственного процесса проявляется интегрально.

Это очень важная отличительная черта производственного потенциала СП. Она свидетельствует о том, что форма взаимосвязи элементов влияет на отдачу производственного потенциала, его динамичность и адаптивность структуры. При этом отсутствие или нарушение места или функций одного из элементов потенциал оказывает влияние на соответствующее данным изменениям свойство, качественно характеризующие их совместное функционирование.

Для управления взаимосвязью и взаимодействием различных элементов производственного потенциала, т.е. для определения управленческих мероприятий, которые необходимо провести при изменении одного из элементов,

можно использовать информационно-аналитическую модель регулирования его структуры, состоящую из системы продукций, имеющих следующее содержание:

*«Если элемент,  $A$  производственного потенциала под действием внешних и внутренних факторов развития производства претерпевает качественные изменения  $C$ , то связанный с ним элемент  $B$  отношением  $D$  должен также претерпеть качественные изменения  $C^*$  при условии соблюдения оптимальной сбалансированности всех составляющих производственного потенциала в целом».*

Необходимость такого регулирования объясняется тем, что с улучшением только какого-то одного элемента невозможно добиться существенного роста отдачи производственного потенциала в целом. Другими словами, наивысшая отдача производственного потенциала возможна только при одновременной модернизации всех его элементов.

Наличие у производственного потенциала строительного предприятия такой характеристики, как взаимосвязь и взаимодействие элементов определяет особенности методологии его исследования, заключающейся в совокупном изучении поведения его элементов, т.к. ни один из элементов потенциала не может быть исчерпывающе изучен и понят без учета его взаимодействия с другими его элементами.

Пятым характерным признаком производственного потенциала является его способность к восприятию последних достижений научно-технического прогресса. Особенностью развития производственного потенциала строительного предприятия как сложной системы заключается в том, что его мощность, гибкость внутренней структуры элементов, а также формы взаимосвязей между ними определенным образом сказываются на отдаче производственного потенциала в целом, на его способности к развитию путем непосредственного и систематического использования новых научных достижений.

Например, разработка и внедрение новой технологии идет через преодоление используемой. Поэтому исключительно важно обеспечить высокую преемственность материальных, информационных, людских и других факторов производства при внедрении новых производственных технологий.

Эта черта производственного потенциала на сегодняшний день является практически неизученной. Однако на практике доказано, что менее восприимчивые к НТП производства, как правило, являются менее эффективными, чем производства с более высокой научно-технической емкостью, т. е. способностью использовать последние достижения научно-технического прогресса.

К тому же строительное предприятие, использующее современные производственные технологии и стройматериалы, имеют более высокую конкурентоспособность и широкие перспективы для развития. Поэтому среди экономистов сложилось мнение, что чем ниже уровень прогрессивности элементов потенциала, тем он консервативнее, тем в большей мере его качественный рост осуществляется экстенсивным путем за счет нарастания «силовых усилий» обще-

ства и завышенных издержках производства, и, напротив, при высоком организационно-техническом уровне потенциала быстрее внедряются прогрессивные виды строительства и строительной техники, современные технологии, эффективные формы организации производства, труда и управления.

Одной из важнейших проблем повышения эффективности строительного производства является эффективное управление развитием его производственного потенциала. К основной задаче такого управления в условиях рынка следует отнести повышение конкурентоспособности производственного потенциала СП. Под конкурентоспособностью производственного потенциала в рассматриваемом случае следует понимать его способность производить требуемые объемы строительной продукции в единицу времени с заданным качеством и минимальными издержками производства. Это достигается на основе изучения спроса на товарную строительную продукцию и выбора на этой основе таких ее видов, которые позволяют запланировать объемы производства, обеспечивающие интенсивную загрузку потенциальных возможностей СП и развитие его производственного потенциала на основе последних достижений НТП. *С учетом данного положения под конкурентоспособностью производственного потенциала СП следует понимать его комплексную сравнительную характеристику, позволяющую дать оценку прогрессивности и состояния всех его элементов относительно стандартов, определяемых последними достижениями НТП.*

Шестой характерной особенностью производственного потенциала СП является его гибкость. Она свидетельствует о возможности быстрой перестройки строительного производства на выпуск новой товарной продукции, вплоть до индивидуального строительства каждого отдельного уникального строительного проекта. Повышенные требования к гибкости производственного потенциала, в первую очередь, определяются нестабильностью экономической среды, возрастанием колебаний объема и структуры спроса, резким ускорением темпов НТП в строительной отрасли, и как следствие, непрерывного обновления архитектуры и планировки строящихся объектов.

**Вывод.** Основные характеристики производственного потенциала СП можно классифицировать по следующим признакам: внутренние свойства и особенности структуры, качественные характеристики и количественные характеристики.

К структурным особенностям потенциала следует отнести целостность, сложность, взаимозаменяемость элементов, их взаимосвязь и взаимодействие. К качественным характеристикам можно отнести способность элементов потенциала к восприятию достижений НТП, гибкость, мощность и его адаптивность. Под адаптивностью производственного потенциала следует понимать его способность приспосабливаться к изменениям экономической среды.

Следовательно, основной характеристикой, которой должен обладать производственный потенциал СП в нестабильных условиях экономической

среды, является его адаптивность, которая может быть реализована путем изменения структуры его элементов.

К количественным характеристикам можно отнести, например, показатели эффективности использования средств производства, энергетических, информационных и технологических элементов производственного потенциала СП.

В заключение следует отметить, что различные характеристики производственного потенциала СП проявляются различным образом в соответствии с внешними и внутренними условиями его функционирования. В основном они определяются следующими факторами экономической среды: темпами развития НТП, изменением спроса, состоянием рынка ресурсов и внутренними особенностями производственного потенциала как сложной динамической системы.

#### **Библиографический список:**

1. Авдиенко В.Н., Котов В.А. Производственный потенциал промышленного предприятия. - М.: Экономика, 1989. – 240 с.

2. Растригин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. –М.: Сов. радио, 1980. 232 с.

3. Мелехин В.Б., Мелехин П.В. Методика управления сбалансированным ростом строительного производства // Экономика строительства. -2009. -№3. - С. 18-22.

4. Мелехин П.В. Разработка методов оптимального управления взаимодействием и развитием элементов производственного потенциала// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - 2010. - № 4. (19). –С. 108-112

#### **References:**

1. V.N. Avdienko, V.A. Kotov The production potential of the industrial enterprise. - M.: Economics, 1989. - 240 p.

2. L.A.Rastrigin Modern principles of complex objects management. -M.: Sov. radio, 1980. 232p.

3. V.B Melekhin PV Methods of control balanced growth of construction production // Construction Economics. -2009. -No. 3. - pp. 18-22.

4. V.B Melekhin PV Development of optimal control methods interaction and the development of elements of the production potential // Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science. - 2010. - № 4. (19). -FROM. pp.108-112.

## НАШИ АВТОРЫ

**Агаханов Элифхан Керимханович** - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных дорог, оснований и фундаментов, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70

**E-mail:** [elifhan@bk.ru](mailto:elifhan@bk.ru)

**Атлуханова Луиза Бремовна** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры биофизики, информатики и медаппаратуры, ФГБОУ ВО «Дагестанская государственная медицинская академия», 367000 г. Махачкала, пл. Ленина, 1.

**E-mail:** [bremovna77@mail.ru](mailto:bremovna77@mail.ru)

**Абаев Заурбек Камболатович** – ассистент кафедры сопротивления материалов и строительной механики, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», 362021, РСО- Алания, г. Владикавказ ул. Николаева, 44.

**E-mail:** [abaich@yandex.ru](mailto:abaich@yandex.ru)

**Абакаров Абакар Джансулаевич** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой архитектуры, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [asf\\_arhitektura@mail.ru](mailto:asf_arhitektura@mail.ru)

**Батманов Эдвард Загидович** – кандидат технических наук, доцент кафедры организации и безопасности движения, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [batmanov.1978@mail.ru](mailto:batmanov.1978@mail.ru)

**Бачиев Бачей Алибекович** – кандидат экономических наук, доцент кафедры математических дисциплин в экономике и информатики, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет им. М.М. Джамбулатова», 367032, г. Махачкала ул. М.Гаджиева, 180.

**E-mail:** [bavhey@mail.ru](mailto:bavhey@mail.ru)

**Байрамова Дженнет Мухамедмурадовна** – аспирант, Государственное образовательное учреждение высшего образования ФГБОУ ВО «Московский архитектурный институт (Государственная академия)», 107031 г. Москва, Рождественка 11/4, корпус 1, строение 4.

**E-mail:** [jennetochka@mail.ru](mailto:jennetochka@mail.ru)

**Бисултанов Рамазан Бисултанович** - старший преподаватель кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», 364051, г. Грозный, пл. Орджоникидзе, 100.

**E-mail:** [s.murtazaev@mail.ru](mailto:s.murtazaev@mail.ru).

**Воробьева Ксения Владимировна** – аспирант кафедры теоретической механики, ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра 1», 190031 г. Санкт-Петербург, Московский проспект, дом № 9.

**E-mail:** [sparrow\\_ksenia@mail.ru](mailto:sparrow_ksenia@mail.ru)

**Гусейнов Расул Вагидович** – доктор технических наук, профессор кафедры технических комплексов и САПР, филиал ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Каспийск, ул. Алферова 3. **E-mail:** [ragus05@mail.ru](mailto:ragus05@mail.ru)

**Габибов Фазиль Сейфудинович** - старший научный сотрудник Института физики ДНЦ РАН.

**Гусейнов Марат Рамизович** – старший преподаватель кафедры автомобильных дорог, оснований и фундаментов, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [maratdgtu@mail.ru](mailto:maratdgtu@mail.ru)

**Гасанов Тельман Гамзатович** – кандидат технических наук, доцент кафедры организации и безопасности движения, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [maratdgtu@mail.ru](mailto:maratdgtu@mail.ru)

**Гаджиева Мариам Изетовна** – аспирантка, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [mariamgadzhieva@gmail.com](mailto:mariamgadzhieva@gmail.com)

**Гаджиев Хаджимурат Магомедович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [gadjiev.xad@mail.ru](mailto:gadjiev.xad@mail.ru)

**Демин Евгений Станиславович** – аспирант, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», 440026 г. Пенза, ул. Красная, д.40.

**E-mail:** [cxelious@gmail.com](mailto:cxelious@gmail.com).

**Зайнулабидова Ханзада Рауфовна** – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры архитектуры, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [omarov.1987@inbox.ru](mailto:omarov.1987@inbox.ru)

**Исмаилов Тагир Абдурашидович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и общей электротехники.

Ректор ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет». Заслуженный деятель науки РФ, 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70. **E-mail:** [dstu@dstu.ru](mailto:dstu@dstu.ru)

**Исмаилов Рустам Тагирович** – кандидат экономических наук, докторант ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [dstu@dstu.ru](mailto:dstu@dstu.ru)

**Искендерова Эльмира Тагировна** - ассистент кафедры информатики и управления в технических системах и вычислительной техники, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет» 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [dstu@dstu.ru](mailto:dstu@dstu.ru)

**Кадиев Исламудин Пашаевич** – ведущий специалист в области защиты информации информационно-аналитического отдела Управления инспектирования коммерческих организаций, Центральный Банк РФ по РД, 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [uits@dstu.ru](mailto:uits@dstu.ru)

**Кадиев Пашай Абдулгалимович** – кандидат технических наук, профессор кафедры управления информатикой в технических системах, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [uits@dstu.ru](mailto:uits@dstu.ru)

**Курачев Раджаб Магомедович** - аспирант кафедры автомобильных дорог, оснований и фундаментов, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [kurachev.radgab@mail.ru](mailto:kurachev.radgab@mail.ru)

**Мирземагомедова Мадина Миязуллаховна** – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [muradovam72@yandex.ru](mailto:muradovam72@yandex.ru)

**Муртазаев Сайд-Альви Юсупович** – доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительного производства, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М. Д. Миллионщикова», 364051, г. Грозный, пл. Орджоникидзе, 100.

**E-mail:** [s.murtazaev@mail.ru](mailto:s.murtazaev@mail.ru).

**Ризаханов Магомед Ахмедпашаевич** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой биофизики, информатики и медаппаратуры ФГБОУ ВО «Дагестанская государственная медицинская академия», 367000 г. Махачкала, пл. Ленина, 1.

**E-mail:** [natriz12@mail.ru](mailto:natriz12@mail.ru)

**Саркаров Таджидин Экберович** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления и информатики в технических системах и вычислительной техники, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [sarkarovta@mail.ru](mailto:sarkarovta@mail.ru)

**Салманова Мадина Шахидовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», 364051, г. Грозный, пл. Орджоникидзе, 100.

**E-mail:** [Madina\\_salamanova@mail.ru](mailto:Madina_salamanova@mail.ru)

**Фрезе Максим Владимирович** – кандидат технических наук, начальник проектной группы сектора разработки программных средств, ОАО «Трансмост», 190013 г. Санкт-Петербург, Подъездной пер.1.

**E-mail:** [freze.1978@yandex.ru](mailto:freze.1978@yandex.ru).

**Чепурненко Антон Сергеевич** - ассистент кафедры сопротивления материалов, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный строительный университет», г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162.

**E-mail:** [anton\\_chepurnenk@mail.ru](mailto:anton_chepurnenk@mail.ru)

**Челушкин Дмитрий Алексеевич** – аспирант, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [chelushkindima1975@mail.ru](mailto:chelushkindima1975@mail.ru)

**Шангереева Бийке Алиевна** – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [bijke@mail.ru](mailto:bijke@mail.ru)

**Шахмаева Айшат Расуловна** – кандидат технических наук, декан факультета повышения квалификации и переподготовки руководящих работников и специалистов, доцент кафедры управления и информатики в технических системах и вычислительной техники, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [bijke@mail.ru](mailto:bijke@mail.ru)

**Шкурко Артем Сергеевич** – аспирант, заведующий лабораторией кафедры радиотехники и телекоммуникаций, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [artdag1989@mail.ru](mailto:artdag1989@mail.ru)

**Эсетова Аида Махмудова** – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой мировой экономики, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», заслуженный экономист РД, 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70.

**E-mail:** [aidaesetova@rambler.ru](mailto:aidaesetova@rambler.ru)

**Языев Сердар Батырович** - кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный строительный университет», г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162.

**E-mail:** [serdariaziev@gmail.com](mailto:serdariaziev@gmail.com)

## OUR AUTHORS

**Elifhan Kerimhanovich Agakhanov** - Doctor of Technical Science, Professor, head of the department of roads, bases and foundations, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala.

**E-mail:** [elifhan@bk.ru](mailto:elifhan@bk.ru)

**Luiza Bremovna Atlukhanova** - Ph.D., Associate Professor of the Department of Biophysics, Informatics and Medical Equipment, FSBEI HE Dagestan State Technical University", 367015, Makhachkala. I. Shamil Ave 70.

**E-mail:** [bremovna77@mail.ru](mailto:bremovna77@mail.ru)

**Zaurbek Kambolatovich Abaev** - Assistant of the Department of strength of materials and structural mechanics, FSBEI HE "North caucasus mining and metallurgical institute (State Technological University)", 44 Nikolaev St, 362021, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania.

**E-mail:** [abaich@yandex.ru](mailto:abaich@yandex.ru)

**Abakar Dzhansulaevich Abakarov** - Doctor of Technical Science, Professor, Head of the Department of Architecture, FSBEI HE Dagestan State Technical University", 367015, Makhachkala. I. Shamil Ave 70.

**E-mail:** [asf\\_arhitektura@mail.ru](mailto:asf_arhitektura@mail.ru)

**Edward Zagidinovich Batmanov** - Ph.D., associate professor, organization and traffic safety department, FSBEI HE " Dagestan State Technical University", 367015, Makhachkala. I. Shamil Ave 70.

**E-mail:** [batmanov.1978@mail.ru](mailto:batmanov.1978@mail.ru)

**Bachey Alibekovich Bachiev** - PhD, associate professor, department of mathematical science in economics and computer science, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", 180 M. Gadzhiev St., 367032, Makhachkala.

**E-mail:** [bavhey@mail.ru](mailto:bavhey@mail.ru)

**Dzhennet Muhamedmuradovna Bayramova** – post-graduate, FSBEI HE "Moscow Architectural Institute (State Academy)", 11/4 Rozhdestvensky St. 107031 Moscow.

**E-mail:** [jennetochka@mail.ru](mailto:jennetochka@mail.ru)

**Ramazan Bisultanovich Bisultanov** - Senior Lecturer, Department of constructions, FSBEI HE " Millionshtchikov Grozny State Oil Technical University", 100 Ordzhonikidze, Grozny, 364051, Chechen Republic.

**E-mail:** [s.murtazaev@mail.ru](mailto:s.murtazaev@mail.ru)

**Ksenia Vladimirovna Vorobieva** - post-graduate student, Department of Theoretical Mechanics, FSBEI HE "St. Petersburg State University of Emperor Alexander I railways", 9 Moscow Ave., St. Petersburg 190031.

**E-mail:** [sparrow\\_ksenia@mail.ru](mailto:sparrow_ksenia@mail.ru)

**Rasul Vagidovich Guseynov** - Doctor of Technical Science, professor, department of technical systems and CAD, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", 3 Alferov St., Kaspiysk, 367015. **E-mail:** [ragus05@mail.ru](mailto:ragus05@mail.ru)

**Fazil' Sejfudinovich Gabibov** - Senior Researcher, Institute of Physics, Dagestan Scientific Center, Russian Academy of Sciences.

**Marat Ramizovich Guseynov** - Senior Lecturer, Department of roads, bases and foundations, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave, Makhachkala, 367015. **E-mail:** [maratdgtu@mail.ru](mailto:maratdgtu@mail.ru)

**Tel'man Gamzatovich Gasanov** - PhD, associate professor, department of organization and traffic safety, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", 367015, Makhachkala. I. Shamil Ave 70.

**E-mail:** [maratdgtu@mail.ru](mailto:maratdgtu@mail.ru)

**Mariam Izetovna Gadzhieva** - graduate student, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave., Makhachkala, 367015.

**E-mail:** [mariamgadzhieva@gmail.com](mailto:mariamgadzhieva@gmail.com)

**Hadzhimurat Magomedovich Gadzhiev** - Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Radio Engineering and Telecommunications, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367015.

**E-mail:** [gadjiev.xad@mail.ru](mailto:gadjiev.xad@mail.ru)

**Eugene Stanislavovich Demin** - graduate student, FSBEI HE "Penza State University", 40 Krasnaya St. Penza, 440026.

**E-mail :** [cxelious@gmail.com](mailto:cxelious@gmail.com)

**Hanzada Raufovna Zainalabidova** - PhD, Senior Lecturer, Department of Architecture, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave., , Makhachkala, 367015. **E-mail:** [omarov.1987@inbox.ru](mailto:omarov.1987@inbox.ru)

**Tagir Abdurashidovich Ismailov** - Doctor of Technical Science, Professor, Honored Scientist of Russia Head of the Department of Theoretical and General Electrical, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave 367015, Makhachkala. **E-mail:** [dstu@dstu.ru](mailto:dstu@dstu.ru)

**Rustam Tagirovich Ismailov** - PhD, doctoral candidate, FSBEI HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave, Makhachkala 367015.

**E-mail:** [dstu@dstu.ru](mailto:dstu@dstu.ru)

**Elmira Tagirovna Iskenderova** – assistant, Department of Informatics and Management of technical systems and computers, FSBE HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave, Makhachkala, 367015.

**E-mail:** [dstu@dstu.ru](mailto:dstu@dstu.ru)

**Islamudin Pashaevich Kadiev** - leading specialist in the field of information protection, Information and Analytical Department, Office of business inspections, the Central Bank, Dagestan, 70 I. Shamil Ave., Makhachkala, 367015.

**E-mail:** [uits@dstu.ru](mailto:uits@dstu.ru)

**Pashay Abdulgalimovich Kadiev** - Ph.D., Professor, Department of Computer Science Management in technical systems, FSBE HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave, Makhachkala, 367015.

**E-mail:** [uits@dstu.ru](mailto:uits@dstu.ru)

**Radzhab Magomedovich Kurachev** – post-graduate student, Department of automobile bases and foundations, FSBEHE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave., Makhachkala, 367015.

**E-mail:** [kurachev.radgab@mail.ru](mailto:kurachev.radgab@mail.ru)

**Madina Miyazullahovna Mirzemagomedova** - Ph.D., Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Informatics, FSBE HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave., 367015, Makhachkala.

**E-mail:** [muradovam72@yandex.ru](mailto:muradovam72@yandex.ru)

**Said-Alvi Yusupovich Murtazaev** - Doctor of technical science, professor, department of construction technologies, FSBEHE "Millionshtchikov Grozny state oil technical university" 100 Ordzhonikidze St., Grozny, 364051, Chechen Republic.

**E-mail:** [s.murtazaev@mail.ru](mailto:s.murtazaev@mail.ru)

**Magomed Ahmedpashaevich Rizakhanov** – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of the Department of Biophysics, Informatics and Medical Equipment, FSBEHE "Dagestan State Medical Academy", 70 I. Shamil Ave., Makhachkala, 367015. **E-mail:** [natriz12@mail.ru](mailto:natriz12@mail.ru)

**Tadzhidin Ekberovich Sarkarov** - Doctor of Technical Science, Professor, Head of the Department of Management and Information Science in Engineering Systems and Computer Engineering, FSBE HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala. **E-mail:** [sarkarovta@mail.ru](mailto:sarkarovta@mail.ru)

**Madina Shahidovna Salmanova** - Ph.D., associate professor, Department of construction technologies, FSBEHE "Millionshtchikov Grozny state oil technical university", 100 Ordzhonikidze, Grozny, 364051, Chechen Republic.

**E-mail:** [Madina\\_salamanova@mail.ru](mailto:Madina_salamanova@mail.ru)

**Freze Maksim Vladimirovich** - Ph.D., head of the design team, software development sector, JSC "Transmost", 1 Podjezdnoy Road, St. Petersburg, 190013.

**E-mail:** [freze.1978@yandex.ru](mailto:freze.1978@yandex.ru)

**Anton Sergeevich Chepurnenko** – Assistant, Department of resistance of materials, FSBE HE "Rostov state university of civil engineering", 162 Socialist St., Rostov-on-Don.

**E-mail:** [anton\\_chepurnenk@mail.ru](mailto:anton_chepurnenk@mail.ru)

**Dmitriy Alekseevich Chelushkin** – post-graduate student, FSBE HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave., Makhachkala, 367015

**E-mail:** [chelushkindima1975@mail.ru](mailto:chelushkindima1975@mail.ru)

**Biyke Aliевна Shangereeva** - PhD, associate professor, Department of theoretical and general electrical engineering, FSBE HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave., Makhachkala 367015.

**E-mail:** [bijke@mail.ru](mailto:bijke@mail.ru)

**Ayshat Rasulovna Shakhmaeva** - PhD, Dean, Faculty of advanced training and retraining of executives and specialists, associate professor, Department of Management and Informatics in the technical B-tems and computing FSBE HE " Dagestan State Technical University ",70 I. Shamil Ave., Makhachkala, 367015.

**E-mail:** [bijke@mail.ru](mailto:bijke@mail.ru)

**Artem Sergeevich Shkurko** – post-graduate student, Head of the Department of Radio Engineering and Telecommunications laboratory, FSBE HE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave., Makhachkala, 367015.

**E-mail:** [artdag1989@mail.ru](mailto:artdag1989@mail.ru)

**Esetova Aida Mahmudova** - Doctor of Economics, professor, Honored Economist of RD, Head of the Department of World Economy, FSBEHE "Dagestan State Technical University", 70 I. Shamil Ave., Makhachkala , 367015.

**E-mail:** [aidaesetova@rambler.ru](mailto:aidaesetova@rambler.ru)

**Serdar Batyrovich Yazyev** - Ph.D., Associate Professor, Department of Technical Mechanics, FSBE HE "Rostov state construction university ", Rostov-on-Don.

**E-mail:** [serdariaziev@gmail.com](mailto:serdariaziev@gmail.com)

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»**

Верстка журнала осуществляется с электронных копий. Используется компьютерная обработка штриховых и полутоновых (в градациях серого) рисунков. Журнал изготавливается по технологии офсетной печати. В редакцию журнала необходимо представить:

- распечатку рукописи (2 экз.). Распечатка должна представлять собой твердую копию файла статьи;
- электронную копию, допустима передача по электронной почте;
- элементы заглавия на русском и английском языке (1 экз.);
- экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати (1 экз.);
- справку об авторах и ее электронную копию (1 экз.);
- рекомендацию кафедры (отдела) к опубликованию (следует указать предполагаемую рубрику) (1 экз.);
- две рецензии от докторов наук. Подписи рецензентов должны быть заверены по месту их работы;
- сопроводительное письмо (1 экз.) для сторонних авторов.

### **Правила оформления текста**

Текст подготавливается в текстовом редакторе MicrosoftWord. Статья должна предусматривать разделы: «Введение», «Постановка задачи», «Методы исследования», «Обсуждение результатов», «Вывод» или «Заключение». Объем статьи не должен превышать 6-7 страниц машинописного текста, 5 рисунков или фотографий.

Формулы подготавливаются во встроенном редакторе формул MicrosoftWord или в редакторе MathType.

Шрифтовое начертание обозначений в формулах, в таблицах и в основном тексте должно быть полностью идентичным.

Ссылки на формулы и таблицы даются в круглых скобках, ссылки на использованные источники (литературу) - в квадратных прямых.

Формат бумаги А4. Параметры страницы: поля - левое 3 см, верхнее и нижнее 2 см, правое 1,5 см; колонтитулы отсутствуют.

### **Элементы заглавия публикуемого материала**

- УДК/ББК
- Перечень авторов (разделяется запятыми, инициалы после фамилий, на русском и английском языке).
- Название статьи (на русском и английском языке).
- Аннотация (Abstrakt) -100-250 слов или 850 знаков, характеризующих

содержание статьи (на русском и английском языке).

- Ключевые слова (key words) - 5-10 слов или словосочетаний, отражающих содержание статьи, разделенных запятыми (на русском и английском языке).

Каждый элемент заглавия приводится, начиная с новой строки, выравнивание проводится по левому краю.

### **Основной текст**

Шрифт TimesNewRoman 14pt, выравнивание по ширине, первая строка с отступом 1 см, межстрочный интервал - 1.

### **Требования к оформлению списка литературы**

Строка с текстом «**Библиографический список:**»

Собственно библиографический список: каждая ссылка с номером в отдельном абзаце выполняется по ГОСТ 7.1-2003. Библиографическое описание документа. Введ. 01.07.2004. М.: Изд-во стандартов, 2004.

Библиографический список должен составлять от 20 до 30 наименований источников литературы; приводятся только источники, на которые есть ссылки в тексте (ссылки на неопубликованные работы не допускаются).

Библиографический список обязательно должен быть переведен на английский язык.

Ссылки на материалы, размещенные на электронных носителях, следует давать в крайнем случае. Редакция оставляет за собой право потребовать от автора замены ссылки, если на момент обработки статьи по указанному адресу материал будет отсутствовать.

### **Верстка формул**

Формулы подготавливаются во встроенном редакторе формул MicrosoftWord или в редакторе MathType; нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте статьи; использование при нумерации букв и других символов не допускается.

Выписанные в отдельную строку формулы выравниваются по середине строки, номер (при необходимости) заключается в круглые скобки и выравнивается по правому краю текста. Все впервые встречающиеся в формуле обозначения должны быть расшифрованы сразу после формулы.

### **Верстка рисунков**

Рисунки, представляющие собой графики, схемы и т. п., должны быть выполнены в графических векторных редакторах (встроенный редактор MicrosoftWord, CorelDraw, MicrosoftVisio и т. п.). Использование точечных форматов (.bmp, .jpeg, .tif, .html) допустимо только для рисунков, представление которых в векторных форматах невозможно (фотографии, копии экрана монитора и т. п.).

### **Верстка таблиц**

Таблица состоит из следующих элементов: нумерационного заголовка (слова «Таблица» и ее номера арабскими цифрами); шапки (заголовочной ча-

сти), включающей заголовки граф (объясняют значение данных в графах); боковика (первой слева графы) и прографки (остальных граф таблицы).

### **Справка об авторах**

Включает для каждого автора фамилию, имя, отчество (полностью), год рождения, ученую или академическую степень, ученое звание (с датами присвоения и присуждения), краткую научную биографию (не более 5-6 строк), название организации. Если ученых и/или академических степеней и званий нет, то следует указать место получения высшего образования, год окончания вуза и специальность. Далее указывается область научных интересов, количество печатных научных работ и адрес электронной почты при наличии.

### **Требования к рецензированию и хранению рецензий научных статей, поступивших в редакцию журнала**

Научная статья, поступившая в редакцию журнала, рассматривается ответственным редактором на соответствие тематике и направлениям журнала, правилам оформления и наличия сопроводительных документов.

Редакция осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, с целью их экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов.

Рецензии хранятся в редакции издания в течение 5 лет.

При поступлении соответствующего запроса редакция вправе направлять копии рецензий в Министерство образования и науки РФ.

### **План-график издания журнала**

Выпуск 1 (март) – прием статей до 31 декабря предыдущего года;

Выпуск 2 (июнь) – прием статей до 31 марта текущего года;

Выпуск 3 (сентябрь) – прием статей до 30 июня текущего года;

Выпуск 4 (декабрь) – прием статей до 30 сентября текущего года.

Редколлегия оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

Статьи, не отвечающие правилам оформления, к рассмотрению не принимаются, рукописи и электронные носители авторам не возвращаются. Датой поступления считается день получения редколлегией окончательного текста статьи. Рукописи аспирантов публикуются бесплатно.

Адрес редакции: 367015, РД, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, ФГБОУ ВО «ДГТУ», Учебно-лекционный корпус 2, редакция журнала «Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки». Технические вопросы можно выяснить по электронному адресу: [vestnik.dgtu@mail.ru](mailto:vestnik.dgtu@mail.ru) и по телефону 8(8722) 62-39-64.

# Министерство образования и науки РФ



## ВЕСТНИК ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ.

Махачкала, 2016. – №1, (Том 40) – 168с.

Верстка: Исмаилова А.Р.

Адрес редакции:

367015, РД, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, ФГБОУ ВО «Дагестанский  
государственный технический университет»

Тел./факс (8722)623715

(8722)623964

E-mail: [vestnik.dgtu@mail.ru](mailto:vestnik.dgtu@mail.ru) Website: <http://vestnik.dstu.ru/>

«Бесплатно»

Подписано в печать 30.03.2016г. Сдано в печать 30.03.2016г

Формат 60\*84 1/8. Гарнитура «Times». Бумага офсетная

Тираж 500. Усл. п.л. 20,1 Уч. изд.л. 20,1

Заказ № 76

ООО «Издательство «Лотос»,  
367012, Республика Дагестан, г. Махачкала, пр-т Петра I, 61  
Отпечатано в типографии ООО «Лотос»,  
367012, Республика Дагестан, г. Махачкала, пр-т Петра I, 61

## ДЛЯ ЗАМЕТОК

## ДЛЯ ЗАМЕТОК

## ДЛЯ ЗАМЕТОК