

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

ВЕСТНИК

ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2

Том 41

2016

Журнал основан в 1997 году.
Выходит 4 раза в год

HERALD OF DAGHESTAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY. TECHNICAL SCIENCES
2016. №2 (41)

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 № 2 (том 41), 2016 г.

Журнал основан в 1997 году	ISSN 2073-6185
<p>Главный редактор – Исмаилов Т.А., д.т.н., профессор, ректор ДГТУ;</p> <p>Заместитель главного редактора- Эсетова А.М., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой ДГТУ.</p> <p>Редакционная коллегия: 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-Пб.ГЭТУ; 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>Редакционный совет:</p> <p style="text-align: center;">Председатель редакционного совета: 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;">Сопредседатели 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;">Члены редакционного совета Бабанлы М.Б.-О., д.т.н., профессор, ректор Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Азербайджанская республика, г. Баку. Давидюк 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. Кругляков А.А. д.т.н., профессор, генеральный директор научно-коммерческой фирмы WBN, Германия, г. Берлин 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>Научные направления:</p> <p>Физико-математические науки Механика</p> <p>Технические науки</p> <p>Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение</p> <p>Информатика, вычислительная техника и управление</p> <p>Строительство и архитектура</p> <p>Экономические науки</p> <p>Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Выпуск 2. Том 41 Махачкала, 2016 – 196с.</p> <p>Издается по решению Ученого Совета ФГБОУ ВО «ДГТУ»</p>
<p>Адрес редакции: 367015, РД, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, ФГБОУ ВО «ДГТУ»</p>	<p>Тел./факс (8722)623715 (8722)623964 E-mail: vestnik.dgtu@mail.ru Website: http://vestnik.dstu.ru/</p>

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МЕХАНИКА8

Агаханов Э.К., Костенко Д.С., Кравченко Г.М., Труфанова Е.В.

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ8

Ахмедова М.Р., Гусейнов Р.В

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ17

Вагабов Н.М., Курбанов А.З., Магомедова М.А.

ТЕХНОЛОГИЯ НАРЕЗАНИЯ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ В ДЕТАЛЯХ СУДОВЫХ МАШИН, МЕХАНИЗМОВ И СУДОВОЙ АРМАТУРЫ22

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ34

Алешин А.Е., Цыганков А.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА В РЕГЕНЕРАТИВНОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ34

Гаджиев А.М., Юсуфов Ш.А.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЛЬДА НА ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕХНОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОПРЕСНИТЕЛЯ43

Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Магомедова П.А., Челушкин Д.А.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТЕПЛОЙ НАСОС СПИРАЛЬНОГО ТИПА49

Евдулов Д.В., Евдулов О.В.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ НЕРАВНОМЕРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТ61

Поддубный Р.А., Рябова Т.В., Сулин А.Б.

ПОСТРОЕНИЕ МАТРИЦ ИЗОКОМФОРТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА68

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ75

Аслапов Г.К., Алимерденов В.Ш., Мусаева У.А., Саркаров Т.Э.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ РАЗГОНА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ИЗМЕНЕНИЕМ ВЕЛИЧИНЫ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ75

Кадиев П.А., Кадиев И.П., Мирзабеков Т.М.

ПАКЕТ ПРОГРАММ ДЛЯ СКРЕМБЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА83

Марченко А.С., Сулин А.Б.

ЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ93

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА104

Абакаров А. Д., Курбанов И. Б.

МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ И СНИЖЕНИЮ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА104

<i>Агапов В. П., Айдемиров К.Р.</i> РАСЧЕТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФЕРМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ	112
<i>Баламирзоев А.Г., Зербалиев А.М., Курбанов К.О.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СОЛЕЙ ПРИ ОДНОМЕРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ В ГРУНТАХ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ	118
<i>Булгаков А.И., Манапов Р.М., Муселемов Х.М., Устарханов О.М.</i> РАСЧЕТ ТРЕХСЛОЙНЫХ БАЛОК ПО МЕТОДУ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ПК ЛИРА	125
<i>Магомедов Р.А.</i> ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД	132
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	139
<i>Белова Н.А., Исраилова З.С., Страхова Н.А.</i> ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ	139
<i>Гордеев О.И.</i> УСИЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРОЦЕСС УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	150
<i>Гулиев М.Е.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДИВЕРСИФИЦИРОВАННОЙ ПОЛИТИКИ И УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОНОМИКИ АЗЕРБАЙДЖАНА	159
<i>Султалиева З.М.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ	170
НАШИ АВТОРЫ	179
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ	190

**The Ministry of Education and Science of the Russian Federation
Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
“Daghestan State Technical University”
H E R A L D O F D A G H E S T A N S T A T E T E C H N I C A L U N I V E R S I T Y . T E C H N I C A L S C I E N C E S
№ 2 (v o l u m e 4 1) , 2 0 1 6 г .**

The Journal was founded in 1997	ISSN 2073-6185
<p>Editor-in-Chief - T.A. Ismailov, Doctor of Technical Science, Professor, Rector, DSTU; Deputy Editor - A.M. Esetova, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department, DSTU; Editorial Board: 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. Abdulgalimov, 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 researches 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 Nanotechnology» 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. Khadzhashalapov, Doctor of Technical Science, Professor, Dean, DSTU.</p>	<p style="text-align: center;">Research areas</p> <p style="text-align: center;">Physical-mathematical science Mechanics</p> <p style="text-align: center;">Technical science Power, Metallurgical and Chemical Mechanical Engineering</p> <p style="text-align: center;">Computer science, Computer Engineering and Management</p> <p style="text-align: center;">Building and architecture</p> <p style="text-align: center;">Economic science</p>
<p>Editorial council</p> <p style="text-align: center;">Chairman of editorial Board: B. A.Yakimovich, Doctor of Technical Science, Professor, rector, FSBEI HP «Kalashnikov Izhevsk State Technical University», Izhevsk, Russia.</p> <p style="text-align: center;">Co-chairs K. M. Ivanov, Doctor of Technical Science, Professor, rector, Ustinov Baltic Statet Technical University «VOENMECH», 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;">Members of the editorial Board 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., A.A. Krugljakov, Doctor of Technical Science, Professor., General Director. WBH - Dr., Friedrichstrasse 106 b,D-10117 Berlin, Germany / Deutschland. M.Kh. Magomedov, Doctor of Mathematics and Physics, General Director, «SAUNO»Ltd. Moscow, Russia. G. V. Nesvetaev, 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>Herald of Daghestan Sta Technical University. Technical sciences Edition 2 volume 41 Makhachkala, 2016 –196p.</p> <p>The founder of the publication FSBEI HE «DSTU» Published by decision of the Academic Council FSBEI 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 PI No. 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 (http://www.elibrary.ru Scientific electronic library). Edition address: © FSBEI HE «Daghestan State Technical University», 70, I. Shamil Ave., 367015, Makhachkala, the Republic of Daghestan</p>	<p>Tel./fax (8722)623715 (8722)623964 E-mail:vestnik.dgtu@mail.ru Website: http://vestnik.dstu.ru/</p>

CONTENTS

PHYSICAL-MATEMATICAL SCIENCE

MECHANICS 8

Agakhanov E.K., Kravchenko G.M., Kostenko D.S., Trufanova E.V.

PUNCHING CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE FLOOR SLABS 8

Akhmedova M.R., Guseynov R.V.

THE USE OF OPTIMIZATION TECHNIQUES FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF INFORMATION 17

Vagabov N.M., Kurbanov A.Z., Magomedova M.A.

THE TECHNOLOGY OF INTERNAL THREAD CUTTING OF HIGH PRECISION IN PARTS OF SHIP MACHINE COMPONENTS, MACHINERY AND SHIP ARMATURE 22

TECHICAL SCIENCE

POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL

MECHANICAL ENGINEERING 34

Aleshin A.E., Tsygankov A.V.

MODELING OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESS OF HUMIDIFIED AIR IN THE REGENERATIVE HEAT EXCHANGER 34

Gadzhiev A.M., Yusufov Sh.A.

MATHEMATICAL MODEL OF ICE FORMATION ON TEPLOOBMENNOGO SIDE OF THERMOELECTRIC DESALINATION PLANT 43

Ismailov T.A., Gadzhiev Kh.M., Magomedova P.A., Chelushkin, D.A.

DEVELOPMENT OF THE ENERGY EFFICIENT THERMOELECTRIC HEAT PUMP OF SPIRAL TYPE 49

Yevdulov D.V., Yevdulov O.V.

ELECTRONIC CIRCUIT BOARDS NON-UNIFORM COOLING SYSTEM MODEL 61

Poddubniy R.A., Ryabova T.V., Sulin A.B.

CONSTRUCTION OF ISOCOMFORTABLE MICROCLIMATE PARAMETERS VALUES MATRIX 68

COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT 75

Aslanov G.K., Alimerdenov V.Sh., Musayeva U.A., Sarkarov T.E.

MOTOR ACCELERATION TIME OPTIMIZATION BY THE CHANGE OF THE SUPPLY VOLTAGE VALUE 75

Kadiev P.A., Kadiev I.P., Mirzabekov T.M.

THE SOFTWARE PACKAGE FOR DATA STREAM SCRAMBLING 83

Marchenko A.S., Sulin A.B.

LOGIC SIMULATION OF LIFE SUPPORT SYSTEM COMPONENT IN REAL TIME 93

BUILDING AND ARCHITECTURE 104

Abakarov A.D., Kurbanov I.B.

METHODOLOGY OF SYSTEM APPROACHE TO SEISMIC RISK ASSESSMENT AND REDUCTION 104

Agapov V.P., Aidemirov K.R.

CALCULATION OF PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE FARMS BY FINITE ELEMENT METHOD TAKING INTO ACCOUNT PHYSICAL NONLINEARITY112

Balamirzoev A.G., Zyrbaliev M. A., Kurbanov K.O.

MATHEMATICAL MODELING OF SALTS LEACHING WITH ONE-DIMENSIONAL FILTRATION OF WATER IN SOILS OF FINITE THICKNESS118

Bulgakov A.I., Manapov R.M., Muselemov Kh.M., Ustarkhanov O.M.

CALCULATION OF THREE-LAYER BEAMS BY THE FINITE ELEMENT METHOD WITH THE HELP OF LIRA PC125

Magomedov R.A.

A METHOD OF PREDICTING THE STRESS-STRAIN STATE OF THE MOUNTAIN OF ROCKS132

ECONOMIC SCIENCE139

Belova N.A., Israilova Z.S., Strakhova N.A.

PROBLEMS AND PERSPEKTIVY PRODUCTION OIL BITUMEN139

Gordeev O.I.

INCREASING THE IMPACT OF MANAGEMENT ON THE PROCESS SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF REGIONAL ECONOMY IN MODERN CURRENT ENVIRONMENT150

Guliev M.E.

TOPICAL ISSUES OF POLICY DIVERSIFIED AND SUSTAINABLE ECONOMY OF AZERBAIJAN159

Sultaliyeva Z.M.

IMPROVEMENT OF QUALITY ASSURANCE SYSTEM ACTIVITIES OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS170

OUR AUTHORS185

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ МЕХАНИКА

УДК 624

Агаханов Э.К., Костенко Д.С., Кравченко Г.М., Труфанова Е.В.

РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ

Agakhanov E.K., Kostenko D.S., Kravchenko G.M., Trufanova E.V.

PUNCHING CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE FLOOR SLABS

Аннотация. В статье рассмотрен метод моделирования монолитных железобетонных каркасов зданий по пространственной плитно-стержневой схеме и отражены результаты исследования вопроса о продавливании плит перекрытия. При создании конечно-элементной схемы каркаса здания плиты перекрытий моделировались четырехугольными оболочечными конечными элементами с 24 степенями свободы, колонны и балки – пространственными стержнями с 12 степенями свободы. Выполнен расчет каркаса здания методом конечных элементов с использованием программного комплекса «SCAD», получены усилия в элементах каркаса и определены зоны концентрации напряжений в местах сопряжения плит перекрытия и колонн. Разработана программа «Расчет плиты перекрытия на продавливание» на языке высокого уровня Object Pascal в среде Delphi в соответствии с нормами проектирования, которая позволяет исследовать различные варианты расположения колонн и диафрагм жесткости на плите перекрытия. По программе «Расчет плиты перекрытия на продавливание» вычислен коэффициент использования несущей способности плиты. Результаты хорошо коррелируются с расчетом по модулю «Арбат» программного комплекса «SCAD». Отличие разработанной программы состоит в возможности учета вариантов расположения колонн и диафрагм жесткости на плите перекрытия (центральное, краевое, угловое). Программа «Расчет плиты перекрытия на продавливание» рекомендована для использования при проектировании монолитных железобетонных зданий.

Ключевые слова: метод конечных элементов, колонна, диафрагма жесткости, плита перекрытия, продавливание.

Abstract. In this paper is considered the modeling of a monolithic reinforced concrete buildings structures by the spatial plate-core scheme and study of the floor slabs punching problem. When creating the finite element model of the building structure the floor slabs were created by four-node quadrilateral finite elements with 24

degrees of freedom, the columns and beams were created by spatial rods with 12 degrees of freedom. The calculation of the frame has been done by the software complex «SCAD», are got the efforts in the framework elements and are determined the concentration of stresses in the connections of slabs and columns. The program «Calculation of floor slab on punching» has been developed by the high-level language Object Pascal in Delphi environment, in accordance with the design standard which allows to research different locations of columns and stiffening diaphragms on the floor slab. The ratio of bearing capacity of the slab was calculated by means of the software «Calculation of floor slab on punching». Results are well correlated with the program «Arbat» of the software complex «SCAD». Difference of the developed program is in the possibility of considering of the columns and stiffness diaphragm location options on the floor slab (central, edge, corner). Program «Calculation of floor slab on punching» is recommended for use in the design of monolithic reinforced concrete structures.

Key words: *finite elements method, column, stiffness diaphragm, floor slab, punching.*

Введение. В современном строительстве получили широкое распространение монолитные железобетонные каркасные здания. В используемой конструктивной плитно-стержневой схеме в местах сопряжения плит перекрытия и колонн возникает большая концентрация напряжений от сосредоточенной нагрузки. Это может привести к разрушению плит перекрытия от продавливания колонной. Продавливание плиты перекрытия может произойти и под действием нагрузки от несущей стены. Поэтому при проектировании зданий и сооружений необходима проверка прочности плит перекрытия на продавливание под действием нагрузок от колонн, несущих стен или диафрагм жесткости [1 - 4, 8].

Постановка задачи. Целью работы является разработка программы для расчета плиты перекрытия на продавливание при различных вариантах расположения колонн и диафрагм жесткости. За основу расчета были взяты материалы СП 20.133330.2011 «Нагрузки и воздействия», СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры» и Научно-технический отчет «Разработка методики расчета и конструирования монолитных железобетонных безбалочных перекрытий, фундаментных плит и ростверков на продавливание».

Методы исследования. Для определения напряженно-деформированного состояния каркаса здания разработана пространственная плитно-стержневая модель в программном комплексе «SCAD».

Конечно-элементная модель каркаса здания по пространственной плитно-стержневой схеме представлена на рисунке 1.

При создании конечно-элементной схемы каркаса здания плиты перекрытий моделировались четырехугольными оболочечными конечными элементами с 24 степенями свободы; колонны и балки моделировались пространственными

стержнями с 12 степенями свободы. В расчетной схеме учтены: колонны сечением 600x600 мм, балки сечением 400x700 мм и 300x600 мм, плиты перекрытий толщиной 250 мм. Материал конструкций: бетон класса В30, арматура класса А400.

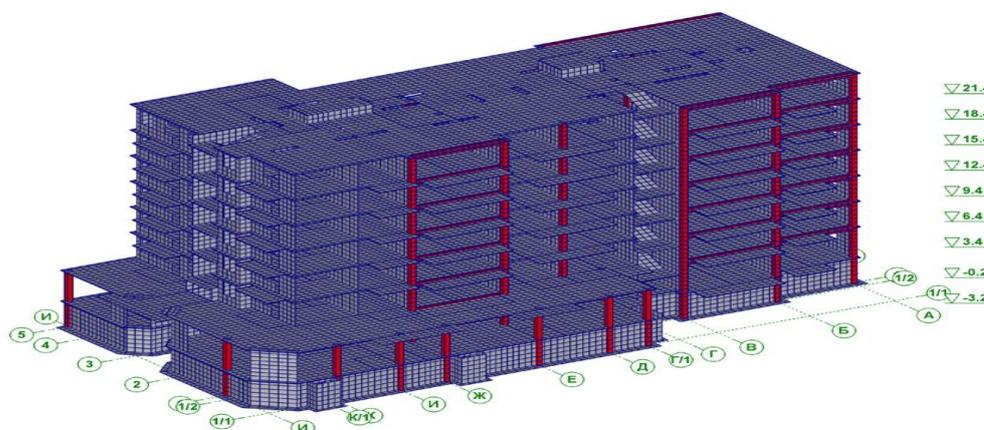
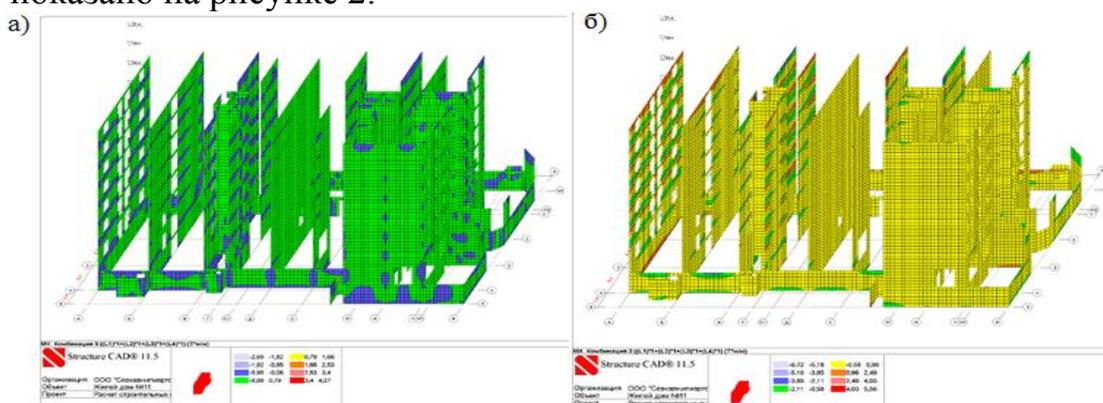


Рисунок 1 – Конечно-элементная модель каркаса здания по пространственной плитно-стержневой схеме

Напряженно-деформированное состояние диафрагм жесткости каркаса здания показано на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Изополя изгибающих моментов:
а) относительно оси Y; б) относительно оси X**

Полученные результаты будут использованы в алгоритме расчета плит перекрытия на продавливание.

Алгоритм расчета плит перекрытия на продавливание колонной и диафрагмой жесткости реализован на языке программирования высокого уровня Object Pascal в среде Delphi [5, 6, 9, 10]. Блок схема программы представлена на рисунке 3.

Возможности программы предназначена для исследования напряженно-деформированного состояния плиты перекрытия при продавливании колонной или диафрагмой жесткости. Программа позволяет учесть расположение несущих конструкций на плите перекрытия, что важно при выборе рационального решения каркаса здания. В программе «Расчет плиты перекрытия на продавли-

вание» реализован расчет плиты перекрытия на продавливание колонной и диафрагмой жесткости при различных вариантах их расположения.

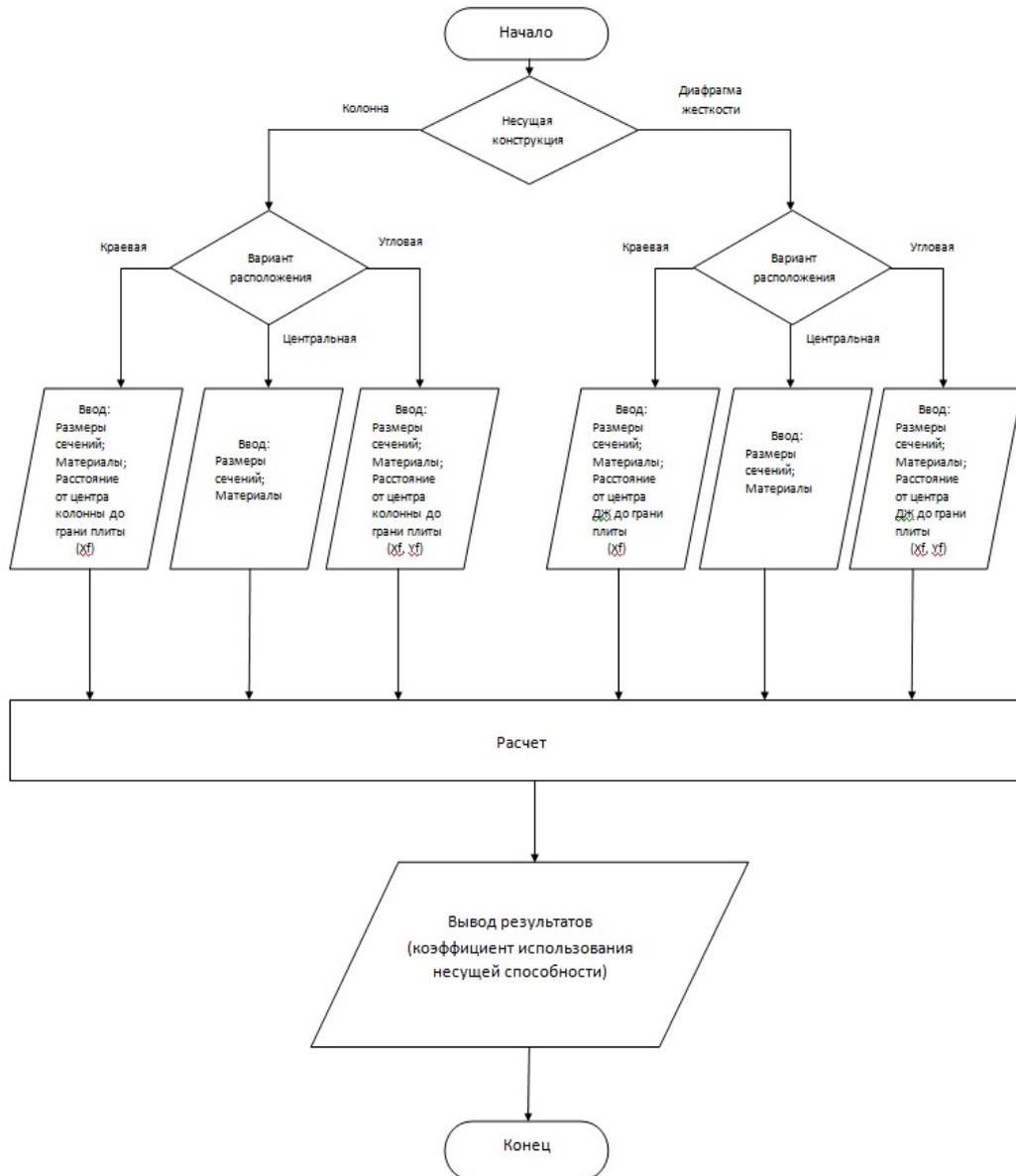


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма программы «Расчет плиты перекрытия на продавливание»

Для расчета плиты перекрытия на продавливание колонной и диафрагмой жесткости приняты следующие исходные данные: сечение колонны – 400x400 мм; толщина диафрагмы – 300 мм; толщина плиты – 200 мм; толщина диафрагмы – 300 мм бетон тяжелый, класс бетона – В30; класс продольной арматуры – А400; класс поперечной арматуры – А240; сосредоточенная сила $F = 40$ т и $F = 25$ т при расчете на продавливание колонной и диафрагмой жесткости соответственно, изгибающие моменты $M_x = M_y = 40$ т * м (рис. 4, 5).

Файл | Помощь
Исходные данные | Результаты

Исходные данные

Сечение колонны

$b = 0.4$ м

$h = 0.4$ м

Материал

Класс бетона: B30

Класс продольной арматуры: A400

Класс поперечной арматуры: A240

Расстояние от грани колонны до первого ряда поперечной арматуры ($s1$): 0.054279 м

Шаг стержней поперечной арматуры вдоль расчетного контура ($sw1$): 0.05 м

Шаг стержней поперечной арматуры перпендикулярно расчетному контуру ($sw2$): 0.05 м

Количество рядов поперечной арматуры (nsw): 5 шт

Диаметр поперечной арматуры (dsw): 8 мм

Сосредоточенная сила (F): 40 т

Момент вокруг оси X (Mx): 5 т*м

Момент вокруг оси Y (My): 5 т*м

Толщина плиты (tn): 0.2 м

Расстояние от грани плиты до центра тяжести арматуры (a): 0.037 м

Момент вокруг оси X от эксцентричного расположения силы F в опорном контуре: -1

Момент вокруг оси Y от эксцентричного расположения силы F в опорном контуре: -1

Учет расположения отверстий

Первый вариант расчетного контура

внизу: $I1 = 0$, $x1 = 0$

вверху: $I2 = 0$, $x2 = 0$

слева: $I3 = 0$, $y3 = 0$

справа: $I4 = 0$, $y4 = 0$

Второй вариант расчетного контура

внизу: $I1 = 0$, $x1 = 0$

вверху: $I2 = 0$, $x2 = 0$

слева: $I3 = 0$, $y3 = 0$

справа: $I4 = 0$, $y4 = 0$

Назад
Расчет

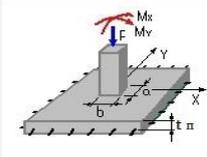


Рисунок 4 – Исходные данные при центральном расположении колонны

В программе «Расчет плиты перекрытия на продавливание» был выполнен расчет плиты перекрытия при различных вариантах расположения колонны и диафрагмы жесткости: колонна (диафрагма жесткости) внутри площади плиты; колонна (диафрагма жесткости) на краю плиты; колонна (диафрагма жесткости) на углу плиты.

Исходные данные | Результаты

Исходные данные

Толщина диафрагмы

$t_d = 0.3$ м

Материал

Класс бетона: B30

Класс продольной арматуры: A400

Класс поперечной арматуры: A240

Расстояние от грани колонны до первого ряда поперечной арматуры ($s1$): 0.054279 м

Шаг стержней поперечной арматуры вдоль расчетного контура ($sw1$): 0.05 м

Шаг стержней поперечной арматуры перпендикулярно расчетному контуру ($sw2$): 0.05 м

Количество рядов поперечной арматуры (nsw): 5 шт

Диаметр поперечной арматуры (dsw): 8 мм

Сосредоточенная сила (F): 25 т

Момент вокруг оси X (Mx): 5 т*м

Момент вокруг оси Y (My): 5 т*м

Толщина плиты (tn): 0.2 м

Расстояние от грани плиты до центра тяжести арматуры (a): 0.037 м

Момент вокруг оси X от эксцентричного расположения силы F в опорном контуре: -1

Момент вокруг оси Y от эксцентричного расположения силы F в опорном контуре: -1

Учет расположения отверстий

Первый вариант расчетного контура

внизу: $I1 = 0$, $x1 = 0$

вверху: $I2 = 0$, $x2 = 0$

слева: $I3 = 0$, $y3 = 0$

справа: $I4 = 0$, $y4 = 0$

Второй вариант расчетного контура

внизу: $I1 = 0$, $x1 = 0$

вверху: $I2 = 0$, $x2 = 0$

слева: $I3 = 0$, $y3 = 0$

справа: $I4 = 0$, $y4 = 0$

Назад
Расчет

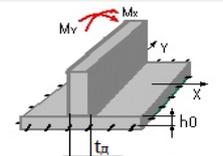


Рисунок 5 – Исходные данные при центральном расположении диафрагмы жесткости

Расчет прочности плиты на продавливание выполняется согласно СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры». Условие прочности имеет следующий вид:

$$\frac{F}{F_{b,ult}} + \frac{M_x}{M_{bx,ult}} + \frac{M_y}{M_{by,ult}} \leq 1,$$

$$F_{b,ult} = R_{bt} \cdot u \cdot h_0,$$

$$M_{bx,ult} = R_{bt} \cdot W_{bx} \cdot h_0,$$

$$M_{by,ult} = R_{bt} \cdot W_{by} \cdot h_0.$$

Согласно п. 6.2.46 [7], проверяется ограничение:

$$\frac{M_x}{M_{bx,ult}} + \frac{M_y}{M_{by,ult}} \leq \frac{F}{F_{b,ult}},$$

где: R_{bt} – расчетное сопротивление бетона на растяжение;

$h_0 = \frac{h_{0x} + h_{0y}}{2}$ – средняя рабочая высота сечения плиты (h_{0x} , h_{0y} – значения рабочей высоты для продольной арматуры, расположенной вдоль осей x и y соответственно);

u – периметр расчетного контура, расположенного на расстоянии $\frac{h_0}{2}$ от площади приложения нагрузки;

W_{bx} , W_{by} – моменты сопротивления расчетного контура, соответствующие изгибающим моментам M_x , M_y .

Обсуждение результатов. На рисунке 6 представлены результаты расчета плиты перекрытия на продавливание при центральном расположении колонны с учетом изгибающих моментов. Коэффициент использования в этом случае составил 0,77. При расчете на продавливание при расположении колонны на краю плиты, коэффициент использования несущей способности составил 0,95.

По результатам расчета видно, что коэффициент использования значительно зависит от варианта расположения колонны. Коэффициент использования в случае краевого расположения колонны увеличился на 23% по сравнению с вариантом расположения колонны в центре.

В случае угловой колонны коэффициент использования несущей способности плиты перекрытия составил 1,88, что на 43% больше, чем в случае центрального расположения колонны.

При расчете плиты перекрытия на продавливание диафрагмой жесткости, коэффициент использования несущей способности при центральном расположении составил 0,71, при расположении диафрагмы жесткости на краю плиты – 0,79, при угловом расположении – 1,12, что на 53% больше, чем при центрально расположенной диафрагме.

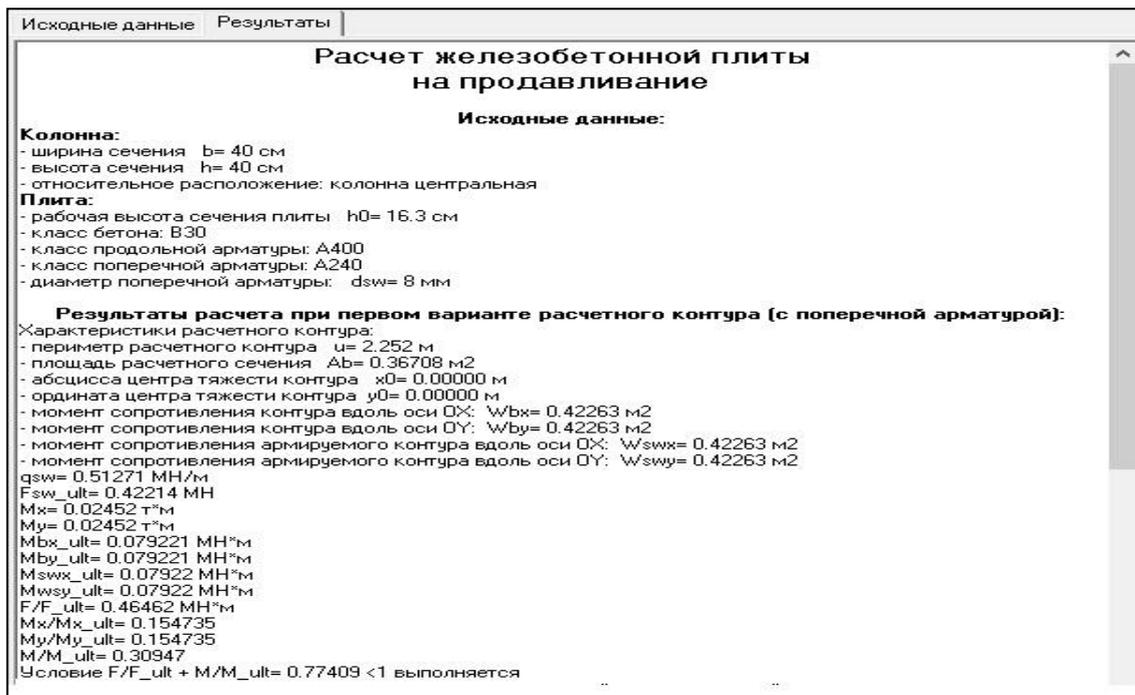


Рисунок 6 – Результаты расчета плиты перекрытия на продавливание колонной

Анализ результатов расчета показал, что коэффициент использования несущей способности при внецентренной нагрузке на плиту перекрытия от колонны или диафрагмы жесткости значительно увеличивается по сравнению со случаями, когда колонна или диафрагма жесткости находятся в центре плиты перекрытия. На рисунке 7 представлен расчет плиты перекрытия на продавливание в модуле «Арбат».

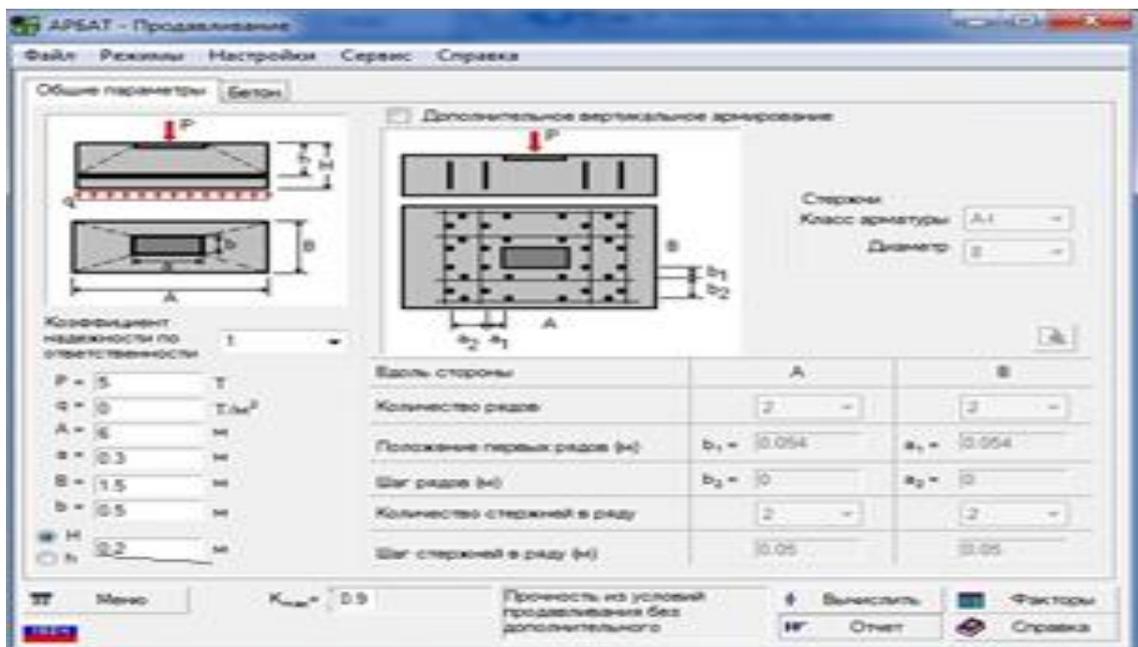


Рисунок 7 – Расчет плиты перекрытия на продавливание в модуле «Арбат»

С помощью модуля «Арбат» ПК SCAD был выполнен аналогичный расчет плиты перекрытия на продавливание колонной.

Выводы. Программа «Расчет плиты перекрытия на продавливание» реализована на языке высокого уровня Object Pascal в среде Delphi в соответствии с нормами проектирования, которая позволяет исследовать различные варианты расположения колонн и диафрагм жесткости на плите перекрытия. Пользователь имеет возможность получить подробный отчет с пошаговыми результатами расчетов, что позволяет контролировать правильность вычислений.

Результаты расчета, полученные с использованием программы «Расчет плиты перекрытия на продавливание» соответствуют результатам, полученным с использованием модуля «Арбат» программного комплекса «SCAD».

Отличие разработанной программы состоит в возможности учета вариантов расположения колонн и диафрагм жесткости на плите перекрытия (центральное, краевое, угловое). Программа «Расчет плиты перекрытия на продавливание» рекомендована для использования при проектировании монолитных железобетонных зданий.

Анализ расчетной схемы на стадии проектирования, регулирование усилий и перемещений в отдельных элементах каркаса, варьирование расположения колонн и диафрагм жесткости позволяют выполнять оптимизацию конструктивных решений с использованием разработанной программы.

Библиографический список:

1. Кравченко Г.М., Коробкин А.П., Труфанова Е.В., Лукьянов В.И., «Критерии оценки динамических моделей железобетонного каркаса здания», Science Time, 2014.
2. Кравченко Г.М., Казанцев А.А., Шамитько Д.А., «Определение оптимальных параметров стержневых и плитных систем», Theoretical Foundation of Civil Engineering, Варшава, 2006.
3. Панасюк Л.Н., Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., «Аппроксимация граничных кинематических условий гладкими кубическими сплайнами», Научное обозрение, 2014.
4. Агаханов Э.К., «О развитии комплексных методов решения задач механики деформируемого твердого тела»//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. -№2 – Т.29.-2013, с.39-46.
5. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Вержиковский В.В., Заритовский Д.С., «Исследование напряженно-деформированного состояния фундаментной плиты выставочного павильона технопарка РГСУ с учетом различных моделей основания», Инженерный вестник Дона, 2015.
6. Кравченко Г.М., Труфанова Е.В., Кубашов Т.Р., «Влияние модели основания грунта на напряженно-деформированное состояние фундаментной плиты», Строительство - 2015: Современные проблемы строительства, 2015.

7. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры / ГУП «НИИЖБ», ФГУП ЦПП. – М., 2004.
8. Kuang, J.S. and Morely, C.T., «Punching Shear Behavior of Restrained Reinforced Concrete Slabs», ACI Structural Journal, 89, 1, 1992, pp 13-19.
9. Kinnunen, S., and Nylander, H., (1960) «Punching of Concrete Slab without Shear Reinforcement», Transactions of the Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, No. 158.
10. Eder M.A, Vollum R.L., Elghazouli A.Y., Performance of ductile RC flat slab to steel column connections under cyclic loading, Engineering Structures, 36, 2012, 239-257.

References:

1. Kravchenko, G. M., Korobkin A. P., Trufanova E. V., Lukyanov V. I., «Criteria for evaluation of dynamic models of reinforced concrete frame buildings», Science Time, 2014.
2. Kravchenko, G. M., Kazantsev A. A., Semitico D. A., «Determination of optimal parameters of rod and slab systems», Theoretical Foundation of Civil Engineering, Warsaw, 2006.
3. Panasyuk L. N., Kravchenko, G. M., Trufanova E. V., «approximation of the kinematic boundary conditions smooth cubic splines», Research review, 2014.
4. Agakhanov, E. K., «On the development of integrated methods for solving problems in solid mechanics. Herald of the Dagestan state technical University. Technical Sciences. - No. 2 – vol. 29.-2013, pp. 39-46.
5. Kravchenko, G. M., Trufanova E. V., Verikovskiy V. V., Zaritovsky D. S., «investigation of the stress-strain state of the Foundation plate of the exhibition hall of the Technopark of the University, taking into account different models of foundations», Engineering journal of don, 2015.
6. Kravchenko, G. M., Trufanova E. V., Kubasov T. R., «Influence of the model of the soil base on the stress-strain state of the Foundation slab, the Construction To 2015: Modern problems of construction, 2015.
7. SP 52-101-2003. Concrete and reinforced concrete structures without prestressing. GUP NIIZHB, FGUP pp. – M., 20048. Kuang, J.S. and Morely, C.T., «Punching Shear Behavior of Restrained Reinforced Concrete Slabs», ACI Structural Journal, 89, 1, 1992, pp. 13-19.
9. Kinnunen, S., and Nylander, H., (1960) «Punching of Concrete Slab without Shear Reinforcement», Transactions of the Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, No. 158p.
10. Eder M.A, Vollum R.L., Elghazouli A.Y., Performance of ductile RC flat slab to steel column connections under cyclic loading, Engineering Structures, 36, 2012, pp.239-257.

УДК 519.85

Ахмедова М.Р., Гусейнов Р.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Akhmedova M.R., Guseynov R. V.

THE USE OF OPTIMIZATION TECHNIQUES FOR ANALYSIS AND PROCESSING OF INFORMATION

Аннотация. В статье рассматриваются подходы к решению вопросов оптимизации в технике. Показана эффективность и целесообразность широкого применения научно-обоснованных методов оптимизации для анализа и обработки информации, в частности, для исследования и оптимизации различных технологических процессов обработки металлов.

Показано, что в качестве параметра оптимизации технологических процессов обработки металлов резанием могут быть приняты силы резания и уровень автоколебаний технологической системы. Отмечено, что стойкость инструмента как основной параметр оптимизации нежелательно использовать в оптимизационных задачах.

Приведены примеры использования методов оптимизации для исследования и оптимизации различных технологических процессов обработки металлов, в частности, процессов обработки резьб метчиками.

Ключевые слова: методы оптимизации; математическая модель; метод планирования экспериментов; технологический процесс обработки металлов.

Abstract. This paper deals with technique optimization problems. The efficiency and expediency of wide application of science-based optimization methods for the analysis and processing of information, in particular, for the research and optimization of various metal processing technological processes is shown

It is shown that as the parameter of technological processes optimization of metal cutting can be taken the cutting forces and the level of self-oscillations of the technical system. It is noted that the tool life as the primary optimization parameter should not be used in optimization tasks.

Examples of optimization techniques using for investigation and optimization of various technological processes of metals processing, in particular, processing of threads by taps.

Key words: optimization methods; mathematical model; method of experiments planning; technological process of metals processing.

Введение. В связи с широким распространением вычислительной техники методы оптимизации стали эффективно применять в самых различных областях человеческой деятельности, и в основном, в области проектирования и анализа функционирования систем, анализа и обработки информации.

В общем смысле теория оптимизации представляет собой совокупность математических методов, ориентированных на нахождение наилучшего результата из множества альтернатив.

При проектировании систем задача оптимизации сводится к выбору таких значений переменных, характеризующих размеры подсистем, составляющих систему и режимы их работы, которым соответствует наилучшее значение характеризующего показателя качества функционирования системы.

Наибольшее применение оптимизационные методы нашли в задачах инженерного анализа. В инженерной практике среди наиболее общих проблем, возникающих в процессе разработки математических моделей, можно выделить проблему определения параметров некоторой эмпирической модели на основе заданного множества экспериментальных данных. Такого рода задачи обработки информации или задачи регрессионного анализа путем несложных преобразований приводятся к виду оптимизационных задач, поскольку выбор значений параметров модели осуществляется в соответствии с критерием качества описания имеющихся данных с помощью этой модели.

Постановка задачи. Предположим, что некоторая переменная y зависит от некоторой совокупности независимых переменных x_i . Связь между ними зададим уравнением $y = f(x)$, причем вид функции f нам не известен. Чтобы найти соответствующие значения x_i , минимизирующих или максимизирующих значение параметра оптимизации y , необходимо провести серию экспериментов, в каждом из которых задается значение независимой переменной x и регистрируется значение зависимой переменной y .

Результатом серии из n экспериментов является множество пар чисел $(y_i, x_i, i=1, \dots, n)$. Затем на основе полученной информации подбирают вид функции f и делается попытка подобрать значения x_i в пределах своих границ изменения таким образом, чтобы обеспечить хорошую точность описания экспериментальных данных с помощью функции f .

Наиболее часто используемая на практике мера качества описания экспериментальных данных определяется методом наименьших квадратов.

Разность между экспериментальным значением y_i и теоретическим значением $y = f(x)$ показывает, насколько точно выбранная модель описывает имеющиеся данные.

Таким образом, задачу описания данных можно рассматривать как задачу оптимизации, в которой требуется найти значения параметров x_i , минимизирующих (максимизирующих) функцию y .

Отмеченные преимущества определяют высокую эффективность применения методов оптимизации в различных процессах обработки металлов, в частности, для оптимизации геометрических параметров режущего инструмента

и режимов резания. Это особенно актуально при разработке новых технологических процессов при обработке труднообрабатываемых материалов, характеризующихся низкой стойкостью режущего инструмента и качества обработанных поверхностей [1].

Наши исследования показали, что в качестве параметра оптимизации могут быть приняты следующие [2]: стойкость инструмента; силы резания; уровень автоколебаний технологической системы, включающей: станок–приспособление–инструмент–деталь (СПИД).

В качестве воздействующих факторов при этом могут рассматриваться физические и механические свойства обрабатываемых материалов и режущего инструмента; геометрические параметры инструмента; режимы резания [3] и др.

К примеру, при разработке технологической операции обработки режущим инструментом может быть представлена следующая задача оптимизации: при известных материалах инструмента и заготовки найти такие значения геометрических параметров инструмента и элементов режима резания (скорость v , подача s), при которых достигается наибольшее значение стойкости инструмента.

Следует иметь в виду, что стойкость инструмента должна быть одинаковой при срезании толстой и тонкой стружки, при обработке твердого и мягкого материала, при обработке смазочно-охлаждающей жидкостью или без нее. В расчетах по определению режима резания она является величиной известной или заданной, и задача сводится к вычислению такой скорости резания, при которой инструмент получил заданную стойкость.

Решая подобную задачу, необходимо знать степень влияния на скорость резания всех факторов, отражающихся на стойкости инструмента. К числу этих факторов, прежде всего, относятся физические и механические свойства обрабатываемого материала, толщины и ширины среза, геометрия инструмента и условия его работы.

Таким образом, стойкость инструмента, как основной параметр оптимизации, нежелательно использовать в оптимизационных задачах. Тогда задача оптимизации может быть сформулирована другим образом: найти такие значения элементов геометрии инструмента (при постоянных v и s), при которых достигается наименьшее значение сил резания или наименьшее значение уровня вибраций системы СПИД.

Методы исследования. На практике задачи оптимизации решаются с использованием полиномиальных моделей. Основная идея заключается в использовании аппроксимирующего полинома для описания модели.

Необходимыми условиями эффективной реализации такого подхода является унимодальность и непрерывность исследуемой зависимости.

Согласно теореме Вейерштрассе об аппроксимации, если функция непрерывна в некотором интервале, то ее с любой степенью точности можно аппроксимировать полиномом более высокого порядка. Следовательно, если функция унимодальна, и найден полином, который достаточно точно ее аппроксимирует,

то координату точки оптимума функции можно оценить путем вычисления координаты точки оптимума полинома.

Качество оценок координаты точки оптимума, полученных с помощью аппроксимирующего полинома можно повысить или использованием полинома более высокого порядка или уменьшением интервала аппроксимации. Причем второй способ более предпочтителен, поскольку построение аппроксимирующего полинома третьей и выше степени довольно сложно.

Уменьшение интервала в условиях, когда выполняется предположение об унимодальности функции, особой сложности не представляет. Все это касается функции одной переменной. В инженерных задачах часто мы имеем дело с функциями нескольких переменных.

Обсуждение результатов. Опыт показывает, что задачи оптимизации технологических процессов эффективно решаются на основе методов планирования многофакторных (многопеременных) экспериментов (ПФЭ).

По результатам эксперимента строят функцию отклика в виде уравнения регрессии

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k) = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1; j>i}^k \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1; j>i; q>j}^k \beta_{ijq} x_i x_j x_q + \dots + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^k \beta_{iii} x_i^3 + \dots \quad (1)$$

где β – коэффициенты, являющиеся производными вида $\frac{\partial f}{\partial x_i}$; k – число факторов.

В этой модели (1) члены x_i, x_i^2, x_i^3 и коэффициенты при них называют главными эффектами, остальные – эффектами взаимодействий. Для нахождения коэффициентов уравнения регрессии используется метод наименьших квадратов.

Проведенный анализ показал, что в различных задачах исследования технологических процессов обработки металлов часто используется метод планирования многофакторных экспериментов по схеме 2^n , где 2 – число уровней варьирования факторов, n – число независимых переменных (факторов). Применение планов с $n > 2$ значительно повышает точность полученных результатов.

В качестве примера эффективного применения методов планирования экспериментов при решении оптимизационных задач обработки металлов можно привести результаты проведенных ранее исследований [4].

В [4] решали задачу оптимизации технологических процессов обработки резьб метчиками. В качестве параметра оптимизации принят крутящий момент $M_{кр}$ при обработке внутренних поверхностей в заготовках из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т. Исследовали влияние на величину $M_{кр}$ трех факторов (φ – угол заборного конуса; α – задний угол заточки; γ – передний угол). Для решения этой задачи использовали ПФЭ плана $4 \times 3 \times 3$. В итоге было достигнуто повышение стойкости инструмента более 45%, качества обработки и определе-

ны оптимальные значения факторов, соответствующих максимальной стойкости инструмента.

Вывод. Проведенное исследование свидетельствует о высокой эффективности и целесообразности более широкого применения научно-обоснованных методов оптимизации для анализа и обработки информации, в частности, для исследования и оптимизации различных технологических процессов обработки металлов.

Библиографический список:

1. Гусейнов Р.В. Обработка резьб в заготовках из труднообрабатываемых материалов при вибрациях, возникающих в процессе резания / Гусейнов Р.В.// Научный альманах.-2014.- №1(1).-С.185-190.
2. Гусейнов Р.В. Исследование влияния геометрии инструмента на крутящий момент при нарезании внутренних поверхностей методом планирования экспериментов / Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р.// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – № 21. – 2011. – С.83–87.
3. Гусейнов Р.В. Обоснование базы данных для исследования динамических процессов при резании / Гусейнова М.Р., Гусейнов Р.В.// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – № 4(35). – 2014. – С.36–44.
4. Гусейнов Р.В. Математическое моделирование процесса резания коррозионно-стойких сталей / Гусейнов Р.В.//Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – № 4. – 2015. – С.65–70.

References:

1. Guseynov R. V. Processing threads in workpieces of difficult to machine materials when the vibrations arising in the cutting process. R. Huseynov, V. Scientific almanac. – 2014. – №1(1).- pp. 185–190.
2. Guseynov R. V. Study of the influence of tool geometry on torque when cutting internal surfaces by the method of planning of experiments. R. Huseynov, V., Rustamov M. R. Herald of Daghestan state technical University. Technical Sciences. - № 21.- 2011.- pp. 83-87.
3. Guseynov R. V. Rationale database for the study of dynamic processes during cutting. M. R. Huseynova, Huseynov R. V. Herald of Daghestan state technical University. Technical Sciences. - № 4(35).- 2014.- pp. 36-44.
4. Guseynov R. V. Mathematical modelling of process of cutting of corrosion-resistant steel. Huseynov R. V. Vestnik of Astrakhan state technical University. Series:Marine engineering and technology. - № 4.- 2015.- pp. 65-70.

УДК 621.882.085/.086.004

Вагабов Н.М., Курбанов А.З., Магомедова М.А.

ТЕХНОЛОГИЯ НАРЕЗАНИЯ ВНУТРЕННИХ РЕЗЬБ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ В ДЕТАЛЯХ СУДОВЫХ МАШИН, МЕХАНИЗМОВ И СУДОВОЙ АРМАТУРЫ

Vagabov N.M., Kurbanov A.Z., Magomedova M.A.

THE TECHNOLOGY OF INTERNAL THREAD CUTTING OF HIGH PRECISION IN PARTS OF SHIP MACHINE COMPONENTS, MACHINERY AND SHIP ARMATURE

Аннотация. Проведенные лабораторные исследования нарезания резьбы в деталях судовых машин, механизмов и судовой арматуры из труднообрабатываемых материалов позволило создать современную технологию нарезания внутренних резьб малых диаметров. Выявлены причины, затрудняющие обработку труднообрабатываемых материалов.

Представлены различные конструкции метчиков для нарезания внутренних резьб и результаты анализа их работы. Отмечены недостатки их конструкций, в результате чего удалось создать современную схему резания, позволяющую минимизировать недостатки, выявленные при обработке труднообрабатываемых материалов. Как показало исследование, обработка резанием этих материалов затруднена из-за значительной их склонности к наклепу при деформациях, высокой вязкости, плохого теплоотвода из зоны резания. Они обладают малым коэффициентом теплопроводности и низким коэффициентом обрабатываемости по отношению к конструкционным углеродистым сталям. Доказано, что технология обработки и режимы резания, используемые для конструкционных углеродистых сталей, зачастую неприемлемы к труднообрабатываемым материалам. Наиболее сложным является нарезание резьбы в отверстиях малых диаметров до 16 мм. Недостатком этих технологий является низкое качество резьбовых поверхностей и повышенная склонность метчиков к поломке.

Для повышения производительности резьбонарезания в деталях из труднообрабатываемых материалов разработаны прогрессивные технологии резьбонарезания.

Ключевые слова: метчик, резьба, резание, конструкция, стандарт, схема, машиностроение, производство.

Abstract. Conducted laboratory studies of the threading in the details of ship machinery and ship armatures from hard materials helped to create the modern tech-

nology of internal threads of small diameters cutting. The reasons that impede the processing of hard materials are find out.

Presented are various designs of taps for cutting of internal threads and analyzed is their work. Noted are shortcomings of their designs resulting in creating a modern cutting pattern, allowing to minimize the shortages identified in the processing of hard materials. Practice shows that the machining of these materials is difficult because of their considerable tendency to work hardening during deformation, high viscosity, poor heat dissipation from the cutting zone.

They have a low coefficient of thermal conductivity and low coefficient of workability relatively to tool steel. Therefore, processing technology and cutting conditions used for structural carbon steels, often are unacceptable to hard materials.

The most difficult is tapping into the holes of small diameters up to 16 mm. The disadvantage of this technology is the low quality of threaded surfaces and an increased tendency to tap breakage. To improve threading performance in the details of the hard materials are developed advanced threading techniques.

Key words: *tap, thread, cutting, design, engineering, production, standard, diagram.*

Введение. В Основных направлениях экономического и социального развития на 2015-2016 гг. и на период до 2025 года большое внимание уделяется повышению технического уровня труднообрабатываемых сталей и сплавов с особыми физико-механическими свойствами.

Как известно, технология машиностроения сопряжена со многими проблемами, вызывающими необходимость внедрения в производство современных достижений науки. Особенно трудным является решение вопроса оптимизации резбонарезания в сложнолегированных сталях и сплавах.

В процессе эксплуатации энергетические установки испытывают действие вибрации, приводящие к деформации и смятию резьб в местах контакта. Потеря работоспособности резьбового соединения значительно снижает надёжность эксплуатации оборудования и может привести к аварии.

Особенно остро возрастают требования к качеству резьб в настоящее время. Для создания энергетических установок с более высокими эксплуатационными характеристиками предусматривается использования сталей и сплавов с особыми физико-механическими свойствами: маломагнитных, коррозионно-стойких, кислотостойких.

Это, как правило, стали аустенитного, аустено-ферритного и аустенитно-мартенситного классов.

Постановка задачи. Ниже представлены несколько технологий нарезания внутренних резьб в труднообрабатываемых материалах, повышающих качество выпускаемой продукции за счёт создания прогрессивных технологий, обеспечивающих достаточную точность обрабатываемых изделий, соответствующую мировым стандартам, и высокую производительность.

Для получения точных внутренних резьб применяются метчики с ведущей частью или ведущими перьями [1,10].

Высокая точность внутренних резьб в пластичных материалах обеспечивается применением метчиков-раскатников, (бесстружечных метчиков) [2]. Бесстружечные метчики одновременно с обеспечением точности повышают механические характеристики образованной резьбы.

Однако получение резьбы в непластичных материалах бесстружечными метчиками нецелесообразно вследствие больших усилий при выдавливании и низкой стойкости инструмента.

Для изготовления резьбы в этих материалах применяются режуще-выдавливающие метчики.

Известны режуще-выдавливающие метчики, первая часть которых представляет собой обычный метчик, а вторая часть выполняется в виде бесстружечного метчика (рис. 1).

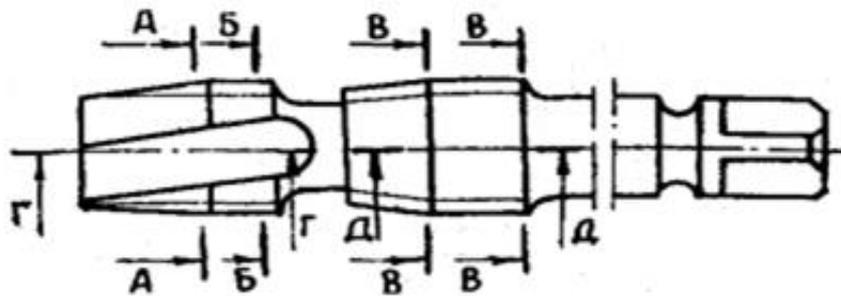


Рисунок 1 – Режуще-выдавливающий метчик

На практике для изготовления резьбы комбинированным методом получил распространение режуще-выдавливающий метчик (рис. 2) [3,7].

Применяются также режуще-выдавливающие метчики, у которых заборная часть работает как бесстружечный метчик.

Разработан метчик переменной формы стружечной канавки (рис. 3) [4,8].

Конструктивные особенности его состоят в том, что часть металла из впадины обрабатываемой резьбы вырезается первым участком заборного конуса, а оставшаяся часть пластически деформируется вторым участком заборного конуса. Заборная часть метчика выполняется с уклоном по наружному диаметру и профилю резьбы, а остальные конструктивные элементы, как у обычного метчика.

Поперечное сечение второй части заборного конуса такое же по форме, как и на калибрующей части, и представляет собой поперечное сечение бесстружечного метчика.

Прямое расположение стружечных канавок позволяет иногда попасть стружке в зону выдавливающих гребней, что приводит к резкому увеличению крутящего момента.

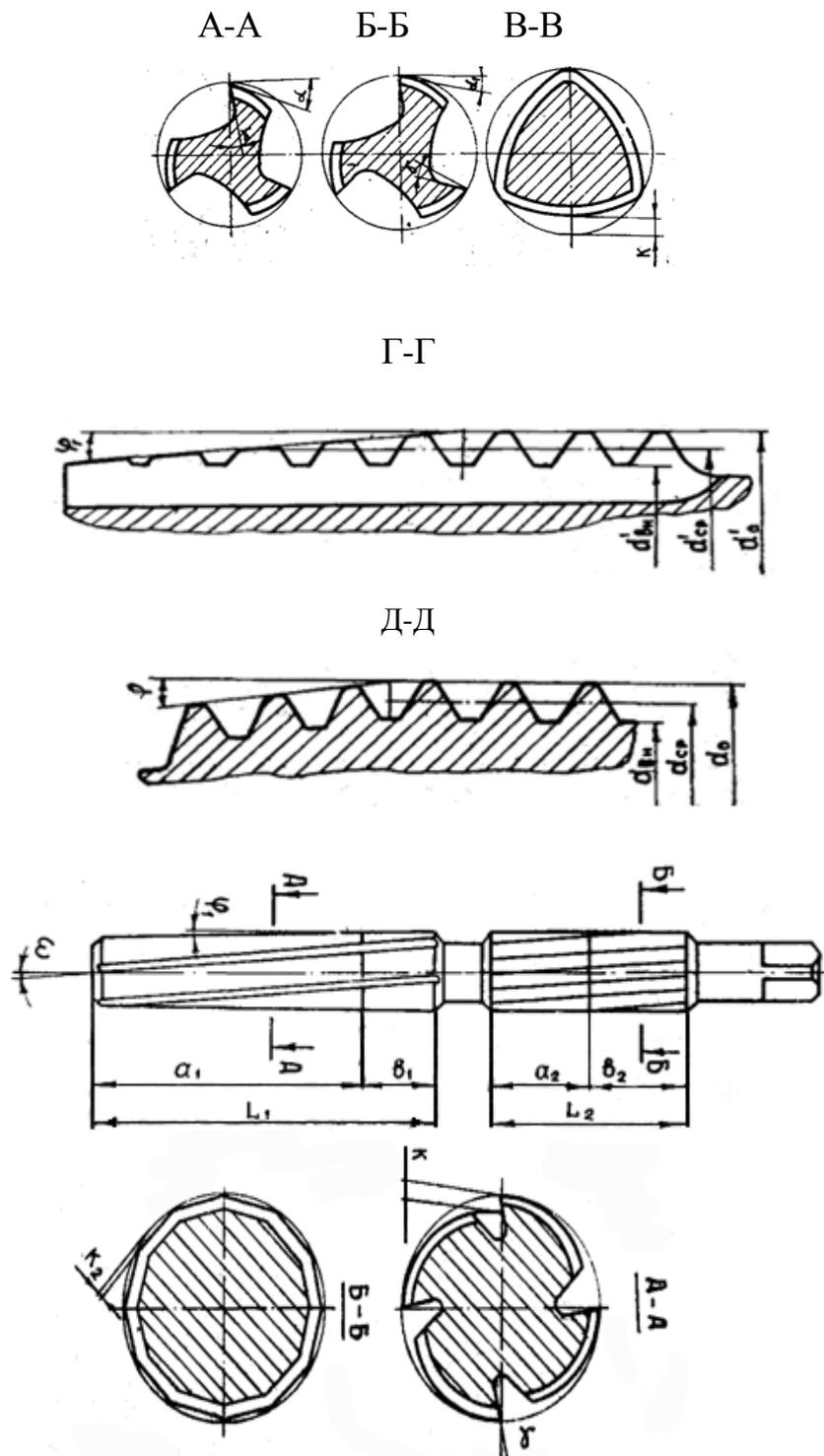


Рисунок 2 – Метчик-раскатник для изготовления резьбы плашек

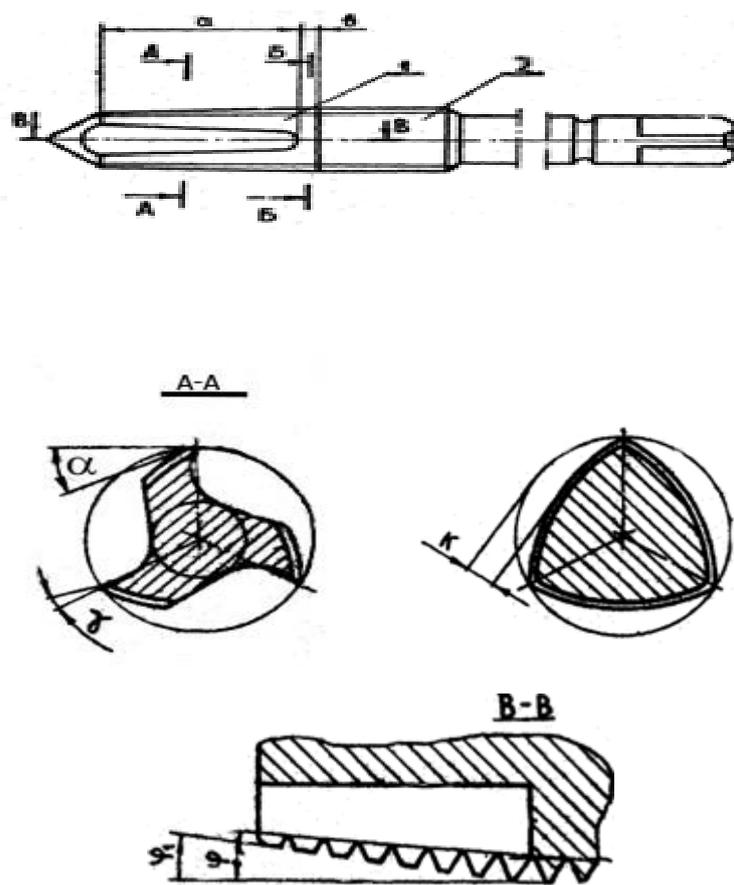


Рисунок 3 – Метчик для образования резьбы в вязких материалах

Следует заметить, что режуще-выдавливающий метчик (рис. 4), не имеет этого недостатка. Он состоит из заборного конуса 1 и калибрующей части -2. Режущие кромки (z , d , e) и выдавливающие гребни расположены под углом ω и имеют полный профиль резьбы. Заборный конус состоит из двух участков – a и b .

На участке – a выполнены стружечные канавки по винтовой линии с углом ω , дно канавки располагается под углом ψ к оси метчика. Расположение стружечных канавок по винтовой линии с направлением, обратным направлению резьбы, и с наклоном дна под углом ψ обеспечивает отвод стружки вперед, предохраняя от попадания стружки в участок – b заборного конуса и калибрующую часть.

Заборный конус на участке – a имеет режущие кромки – z , d , e (рис. 4, сечение А – А) с полным профилем резьбы и вырезает металл по конической схеме (рис. 4б). Задний угол $\alpha=7 - 8^\circ$ образуется на режущих кромках при наличии огранки – K на резьбе с полным профилем.

Другая часть заборного конуса (участок - ϵ) длиной 1,5 – 2 шага резьбы без канавок производит формирование резьбы только методом пластической деформации, (рис. 4, сечение Б – Б). Калибрующая часть аналогична калибрующей части обычных бесстружечных метчиков, но с уменьшенным средним диаметром.

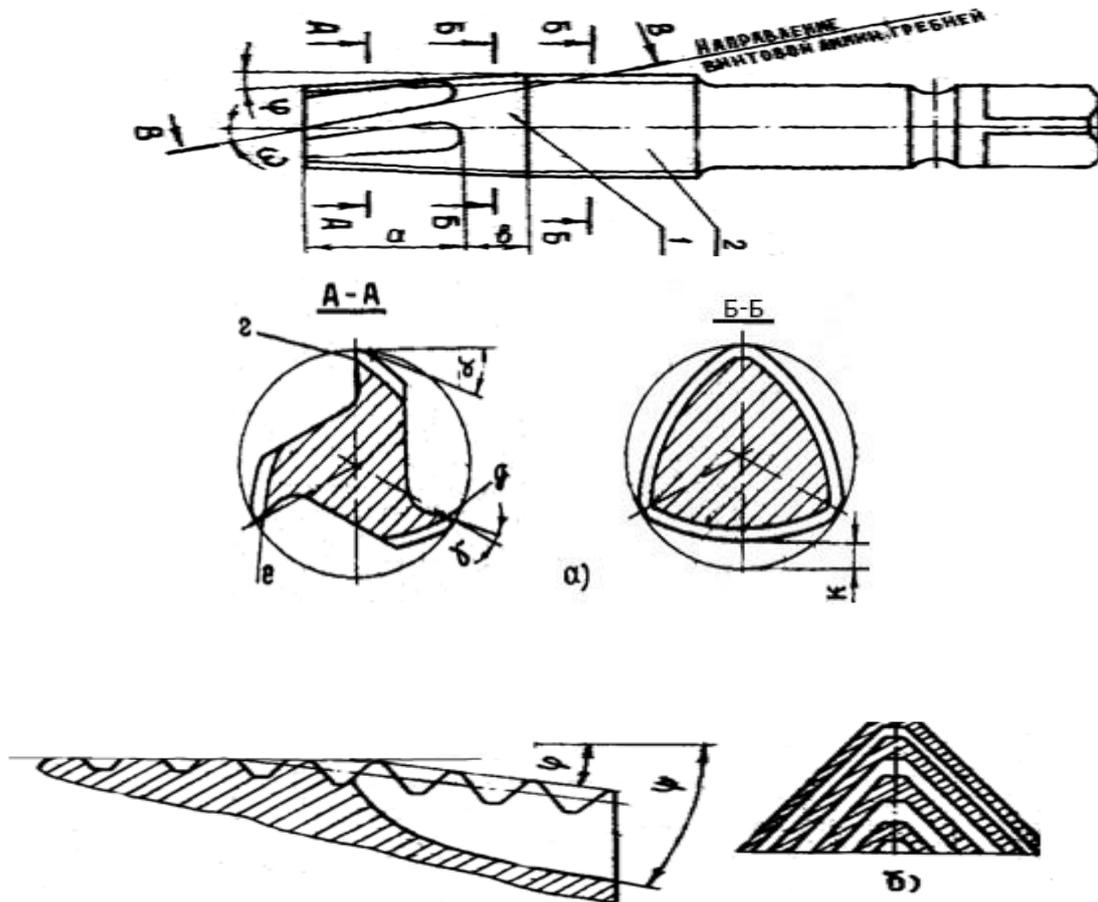


Рисунок 4 – Режуще-выдавливающий метчик: а) конструкция режуще-выдавливающего метчика; б) схема образования резьбы метчиком

Данная конструкция метчика позволяет получить точную резьбу с повышенной прочностью, так как поверхностный слой получает наклеп. Однако данная конструкция метчика не обеспечивает высокую точность нарезания внутренних резьб малых диаметров в труднообрабатываемых сталях и сплавах.

Вместе с тем нарезание внутренних резьб малых диаметров в труднообрабатываемых материалах аустенитно-ферритного и аустенитно-мартенситного класса типа Г13,12Х18Н10Т, 40Х5В2ФС сопровождается повышенной интенсивностью изнашивания метчиков при трении боковыми кромками об обрабатываемую поверхность, вызванное несовершенной схемой резания, что зачастую приводит к выкрашиванию режущих кромок, а иногда к их поломке [9,11].

Методы исследования. Для обеспечения высокого качества резьбовых отверстий и повышения стойкости метчиков предложена специальная схема резания. В соответствии с предложенной схемой резания длины режущих кромок сокращаются за счет формирования фасок размером 0,1-0,15 мм, перекрывающих толщину среза. Заборный конус с углом – φ распространяется на всю резьбовую часть [5,6]. Для получения фасок на зубьях метчика проводилось дополнительное шлифование кругом с профильным углом, меньшим профильного угла резьбы. Резьба дополнительного шлифования делается с обратной конусностью под углом δ .

На рис. 5 показана схема метчиковой части комбинированного инструмента.

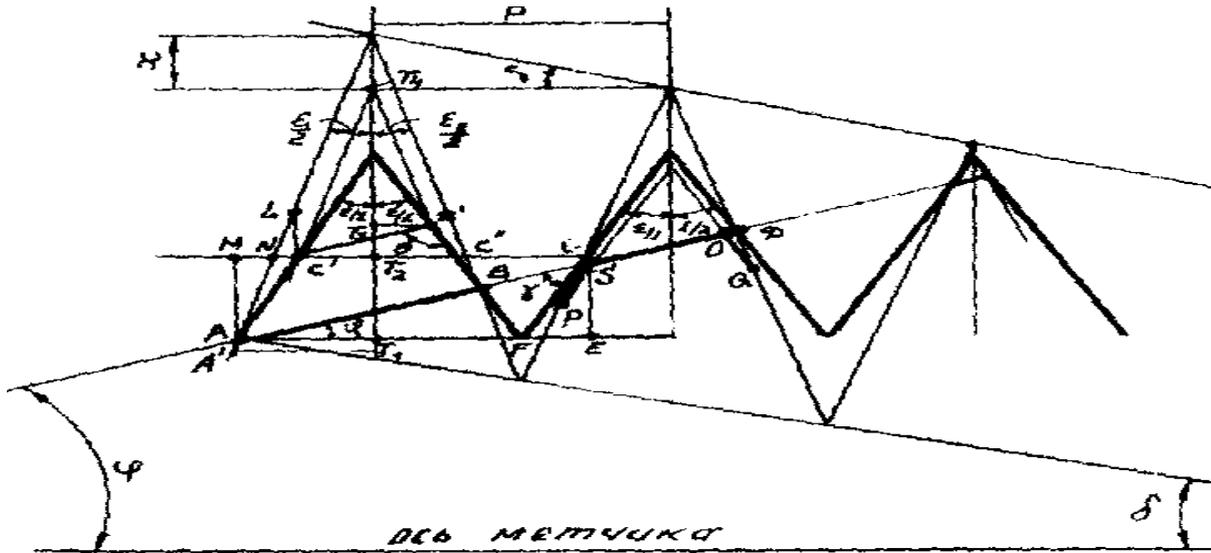


Рисунок 5 – Расчетная схема метчиковой части комбинированного инструмента

Находим

$$FC = \frac{P * \sin \varphi}{\sin \gamma}, \text{ где } \gamma = 180^\circ - \left(\varphi + 90^\circ + \frac{\varepsilon}{2} \right) = 90^\circ - \left(\varphi + \frac{\varepsilon}{2} \right)$$

Тогда, $FC = \frac{P * \sin \varphi}{\cos(\varphi + \frac{\varepsilon}{2})}$;

$$CE = FC * \cos \frac{\varepsilon}{2} = \frac{P * \sin \varphi * \cos \frac{\varepsilon}{2}}{\cos(\varphi + \frac{\varepsilon}{2})} = \frac{P * \sin \varphi * \cos \frac{\varepsilon}{2}}{\cos \varphi * \cos \frac{\varepsilon}{2} - \sin \varphi * \sin \frac{\varepsilon}{2}} =$$

$$= \frac{P}{\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}};$$

$$X = C \cdot L = NC' * \operatorname{ctg} \frac{\varepsilon_1}{2};$$

$$NC' = AM \left(\operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} - \operatorname{tg} \varepsilon_1 \right) = CE \left(\operatorname{tg} \frac{\varepsilon b}{2} - \operatorname{tg} \varepsilon_1 \right) = \frac{P(\operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} - \operatorname{tg} \varepsilon_1)}{\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}};$$

$$X = \frac{P(tg\frac{\varepsilon}{2} - tg\varepsilon_1)ctg\varepsilon_1}{ctg\varphi - tg\frac{\varepsilon}{2}} = \frac{P(tg\frac{\varepsilon}{2} * ctg\varepsilon_1 - 1)}{ctg\varphi - tg\frac{\varepsilon}{2}} ;$$

На основании рисунка 5 получим

$$tg = \frac{x}{p} = \frac{a - b}{p}$$

Находим

$$a = (\frac{p}{2} + f * \sin\frac{\varepsilon}{2})ctg\varepsilon_1 - f * \cos\frac{\varepsilon}{2} ; \quad \text{где } f - \text{ фаска } AA$$

ε_1 – угол правой стороны впадины, выбирается на 2-3⁰ меньше угла ε_2

Находим

$$b = (T_2C' + f * \sin\frac{\varepsilon}{2}) * ctg\varepsilon_1 + AM - f * \cos\frac{\varepsilon}{2} = \left(0,5P - \frac{P * tg\frac{\varepsilon}{2}}{ctg\varphi - tg\frac{\varepsilon}{2}} + f * \sin\frac{\varepsilon}{2}\right) * ctg\varepsilon_1 + \frac{P}{ctg\varphi - tg\frac{\varepsilon}{2}}$$

В итоге получим:

$$tg\delta = \frac{(0,5P + f * \sin\frac{\varepsilon}{2})ctg\varepsilon_1 - f * \cos\frac{\varepsilon}{2} - \left(0,5P - \frac{P * tg\frac{\varepsilon}{2}}{ctg\varphi - tg\frac{\varepsilon}{2}} + f * \sin\frac{\varepsilon}{2}\right)ctg\varepsilon_1 + \frac{P}{ctg\varphi - tg\frac{\varepsilon}{2}} - f * \cos\frac{\varepsilon}{2}}{P}$$

где δ – угол обратного конуса;

φ – угол заборного конуса;

ε_1 и ε_2 – соответственно углы профиля нарезаемой резьбы метчика.

Угол ε_1 задаем, угол ε_2 находим, используя рис. 5. $tg\varepsilon_2 = \frac{PT_3}{T_3T_4}$

$$CC' = AM - 2AMtg\frac{\varepsilon}{2} = P - \frac{2tg\frac{\varepsilon}{2}}{ctg\varphi - \frac{\varepsilon}{2}} = P \left(1 - \frac{2tg\frac{\varepsilon}{2}}{ctg\varphi - tg\frac{\varepsilon}{2}}\right) = P \left(\frac{ctg\varphi - 3tg\frac{\varepsilon}{2}}{ctg\varphi - tg\frac{\varepsilon}{2}}\right);$$

$$C'D' = \frac{C'C'' \sin\left(90^\circ - \frac{\varepsilon}{2}\right)}{\sin\theta} = \frac{C'C'' \operatorname{cjs}\frac{\varepsilon}{2}}{\sin\theta};$$

$$\theta = 180^\circ - \varphi - \left(90^\circ - \frac{\varepsilon}{2}\right) = 90^\circ + \frac{\varepsilon}{2};$$

$$D'T_3 = \left(C'D' - \frac{C'T'_2}{\cos\varphi}\right) \cos\varphi = \left(C'D' - \frac{C'C''}{2\cos\varphi}\right) \cos\varphi = C'D' \cos\varphi - \frac{C'C''}{2};$$

$$T_3T_2 = T_1T_4 - T_1T_2 - T_2T_3 = \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varepsilon}{2} - \frac{P}{\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}} - C'D' \sin \varphi$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon_2 = \frac{\frac{C'C'' \cos \frac{\varepsilon}{2} \cos \varphi}{\sin \theta} - \frac{C'C''}{2} + f * \sin \frac{\varepsilon}{2}}{\frac{P}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varepsilon}{2} - \frac{P}{\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}} - C'D' \sin \varphi + f * \cos \frac{\varepsilon}{2}};$$

$$\operatorname{tg} \varepsilon_2 = \frac{P \left(\frac{\operatorname{ctg} \varphi - 3 \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}}{\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}} \right) * \left(\frac{\cos \frac{\varepsilon}{2} \cos \varphi}{\sin \theta} - \frac{1}{2} \right) + f_2 * \sin \frac{\varepsilon}{2}}{a - \frac{P}{(\operatorname{ctg} \varphi - \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}) \sin \theta} \left[\sin \theta + (\operatorname{ctg} \varphi - 3 \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}) \cos \frac{\varepsilon}{2} * \sin \varphi \right] * f_2 \cos \frac{\varepsilon}{2}};$$

f_2 -задняя фаска

$$f = OQ \text{ или } QQ + \Delta_n$$

Исходный средний диаметр предлагаемого метчика принимаем несколько большим.

Длину короткой фаски определяем, как

$$OQ = \frac{t/z}{\cos \varepsilon/2} + \Delta; \quad Z = \frac{nl_3}{P} = \frac{P * n}{\operatorname{tg} \varphi * P};$$

где z – общее число режущих зубьев;

t – глубина резьбы;

l_3 – длина заборного конуса;

n – число перьев метчика;

Δ – перекрытые, $\Delta=0,02$ до $0,05$ принимается в зависимости от шага резьбы.

$$\text{Тогда, } OQ = \frac{P * \operatorname{tg} \varphi}{n * \cos(\frac{\varepsilon}{2})} + \Delta;$$

Последовательно находим:

$$QD = \frac{OQ * \sin \alpha_1}{\sin \alpha_2}; \quad QQ' = \frac{QD * \sin \beta_1}{\sin \beta_2};$$

Где,

$$\alpha_1 = 90^\circ - \left(\frac{\varepsilon}{2} - \varphi \right); \quad \alpha_2 = 180^\circ - \left(90^\circ - \frac{\varepsilon}{2} + \varphi \right) - \beta_1 = 90^\circ + \varepsilon_2 - \frac{\varepsilon}{2} - \varphi;$$

$$\beta_1 = \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\varepsilon_2}{2}; \quad \beta_2 = 180^\circ - \frac{\varepsilon}{2};$$

Корректированный средний диаметр метчика D'_{cp} будет

$$D'_{\text{cp}} = D_{\text{cp}} + 2QQ'$$

Где,

$$\delta_1 = 90^\circ - \left(\left(\frac{\varepsilon}{2} \right) + \varphi \right); \omega_1 = \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\varepsilon_1}{2};$$

$$\delta_1 = 180^\circ - \left(90^\circ - \frac{\varepsilon}{2} - \varphi \right) - \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\varepsilon_1}{2} = 90^\circ + \frac{\varepsilon_1}{2} + \varphi$$

Обсуждение результатов. В целях практической проверки результатов лабораторных исследований проведена обработка различных деталей на действующем производстве, изготовленных из высоковязких сталей и сплавов. Резьбонарезание в деталях осуществляли инструментом стандартных конструкций режущо-выдавливающий метчик, метчик-раскатник и комбинированного строения. При этом контролировали качество резьбонарезаний и стойкость инструмента.

Весь исследуемый инструмент был изготовлен из стали Р9К5 и имел твердость по HRC64-65. Обработывали резьбовые отверстия М14х1,5 по 2 степени точности. Результаты комплексных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты комплексных исследований

№ п/п	Предприятие	Вид детали	Обрабатываемый материал	Угол заборного конуса в град	Скорость резания м/мин	Метчики							
						нормальные		шахматные		корректированные		комбинированные	
						стойкость Т мин	число отверстий	стойкость Т мин	число отверстий	стойкость Т мин	число отверстий	стойкость Т мин	число отверстий
1.	№1	Корпус насоса ЦН-105	20X13	3°	22	10	235	20	475	50	1100	60	1600
2.	№1	ЦМ-86	12X18Н10Т	2°30'	15,70	10	230	18	410	45	1100	60	1520
3.	№1	Детали судовой арматуры	XH11Г Ю Р	5°	4,28	–	5	1	10	16,5	165	25	255
4.	№1	Детали судовой арматуры	H24XГ	3°	6,28	4	25	8	40	35	90	50	130
5.	№1	Патрубок уплотнителя	10X18Н1 2МЗТЛ	2°30'	15,70	8	230	15	400	40	900	55	1250
6.	№2	Клапана дизеля	40X5В2ФС	2°30'	2,4	12	16	18	25	30	49	45	84
7.	№2	Вставка вихревая	X17С2	3°	6,28	6	80	15	300	30	800	40	1200
8.	№2	Рычаг узла захлопки	X17Н2	3°	6,28	6	60	12	250	25	580	45	700
9.	№2	Детали судовой арматуры	Г13	3°	22	2	20	4	30	30	80	45	120
10.	№2	Винт	ВТ5	7°30'	6,28	2	20	5	60	40	500	50	600
11.	№3	Втулка	ВТ7	2°30'	6,28	2	20	0,6	7	9	120	15	145

Вывод. Предложенная нами технология нарезания внутренней резьбы малых диаметров в деталях судовых машин, механизмов и судовой арматуры из труднообрабатываемых материалов обеспечивает высокую точность и производительность нарезаемой резьбы, что особенно важно для изделий, применяемых в машиностроении и судостроении.

Библиографический список:

1. Коноплев В.Н., Урлапов В. Г. Метчик для образования резьбы в вязких материалах. А. С. №213547 В 23д. Бюллетень изобретений и открытий, 1968, № 10.
2. Курбанов А.З., Абдуллаев А.В. Метчик. А.С. № 1618535 от 08. 09. 90 г.
3. Матвеев В.В. Нарезание точных резьб. – М.: Машиностроение, 1978. – 116 с.
4. Рыжков Э.В., Андрейчиков О.С., Стешко Е.А. Раскатывание резьб. – М.:Машиностроение, 1974. – 216 с.
5. Технология нарезания точных резьб в труднообрабатываемых материалах (комбинированный инструмент зенкер-метчик) // Курбанов А.З., Махачкала, 2005. – 105 с.
6. Жарликов Н.В. Комбинированные режущие инструменты. М. Екатеринбург. (Уралосибирское отделение), 2001-145с.
7. Захаров В.В. Метчики для изготовления точных резьб. Прогрессивные процессы машиностроения. Междуведомств. сб. научн. трудов. Волгоград, 2002, с. 168-173.
8. Волынычев А.З. Исследование работоспособности бесканавочных метчиков при нарезании резьбы в нержавеющей и жаропрочных материалах. Дис.кан.техн.наук. Пермь, 1970.
9. Падураев В.Н. Обработка резанием жаропрочных и нержавеющей материалов. М., Высшая школа, 2001–245с.
10. Падураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. М., Высшая школа, 2008–259с.
11. Данилин А.М., Бобрин П.И., Гуревич Я.Л. Обработка резанием жаропрочных сталей, сплавов и тугоплавких материалов. М., Высшая школа, 2008-240с.

References:

1. Konoplev, V. N., Turlapov V.G. Tapped for thread in viscous materials. A. S. No. 213547 In 23d.Bulletin of inventions and discoveries, 1968, No. 10.
2. Kurbanov A. Z., Abdullaev, A. V. Tap. A. S. No. 1618535 from 08. 09. 90
3. Matveev, V.V., Tapping accurate threads. – М.: Mashinostroenie, 1978.–116 p.
4. Ryzhkov E. V. Andreychikov, O. S., E. A. Stasko Rolling thread. – М.:Mashinostroenie, 1974. – 216 p.
5. Technology cutting accurate threads in demanding materials (combined countersink tool-a tap). Z. A. Kurbanov, Makhachkala, 2005. – 105 p.

6. Garlikov N. In. Combined cutting tools. M. Yekaterinburg. (Uralosibirsky branch), 2001-145 p.
7. Zakharov V. V. Taps for production of accurate threads. Progressive processes of mechanical engineering. Mideveal. collection of scientific. Works. Volgograd, 2002, pp. 168-173.
8. Volyntsev A. Z. Study of health beskanavochnye taps for threading stainless and heat resisting materials. Dis.Kan.tech.Sciences. Perm, 1970.
9. Poduraev V. N. Machining heat-resistant and stainless material. M., Higher school, 2001-245 p.
10. Poduraev V. N. Cutting hard materials. M., Higher school, 2008-259 p.
11. Danilin A. M. Bobrin, P. I., Gurevich Ya. I. Machining of high-temperature steel, alloys and refractory materials. M., Higher school, 2008-240 p.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 628.84

Алешин А.Е., Цыганков А.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА В РЕГЕНЕРАТИВНОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ

Aleshin A.E., Tsygankov A.V.

MODELING OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESS OF HUMIDIFIED AIR IN THE REGENERATIVE HEAT EXCHANGER

Аннотация. Обосновано, что при проектировании и выборе режима работы необходимо учитывать возможность выпадения конденсата из удаляемого воздуха на холодных поверхностях теплообменных аппаратов. В работе рассмотрен численный метод расчёта регенеративных теплообменников с учётом фазовых переходов (испарение, конденсация). На основе принципа действия регенеративных теплообменников доказана необходимость учета процесс теплопереноса внутри насадки. Доказано, что расчет процессов теплопереноса в регенеративном теплообменнике систем кондиционирования воздуха сводится к решению трех нелинейных дифференциальных уравнений с соответствующими краевыми условиями.

В разработанной модели использованы уравнения состояния идеального газа и конвективного тепло и массопереноса. Предложен алгоритм решения нелинейных уравнений сохранения на пространственно-временной сетке методом Зейделя.

Ключевые слова: регенеративный теплоутилизатор, компьютерное моделирование, многофазное течение, конденсация, испарение.

Abstract. It is proved that the design and the choice of mode require to consider the possibility of condensation from the exhausting air on the cold surfaces of the heat exchangers. The paper considers the numerical method of the regenerative heat exchanger calculation, taking into account the phase transitions (evaporation, condensation). Based on the operating principle of regenerative heat exchangers is proved the need to consider the heat transfer process inside the nozzle. It is proved that the calculation of heat and mass transfer

processes in the regenerative heat exchanger of the air-conditioning systems is reduced to the solution of three nonlinear differential equations with appropriate boundary conditions. In the developed model are used the equation of state of an ideal gas and convective heat and mass transfer. The algorithm to solve the nonlinear safe equations on the space-time lattice using Seidel approach is proposed.

Key words: *regenerative heat exchanger, computer modeling, multiphase flow, condensation, evaporation.*

Введение. Одним из основных направлений повышения энергетической эффективности систем вентиляции и кондиционирования является использование теплового потенциала вытяжного воздуха. Теплообмен между приточным и вытяжным воздухом определяется качеством процессов тепломассопереноса в рекуперативных или регенеративных теплообменниках [1,2]. Не останавливаясь на особенностях их эксплуатации, следует отметить, что при проектировании и выборе режима работы необходимо учитывать возможность выпадения конденсата из удаляемого воздуха на холодных поверхностях теплообменных аппаратов [6]. Выпавший конденсат увеличивает термическое сопротивление и уменьшает проходное сечение воздушных каналов, что может привести к полному прекращению движения воздушных потоков в теплообменнике.

В работах [1,2,3] показано, что в качестве расчетной модели регенеративного теплообменника может рассматриваться единичный канал, который показан на рисунке 1.

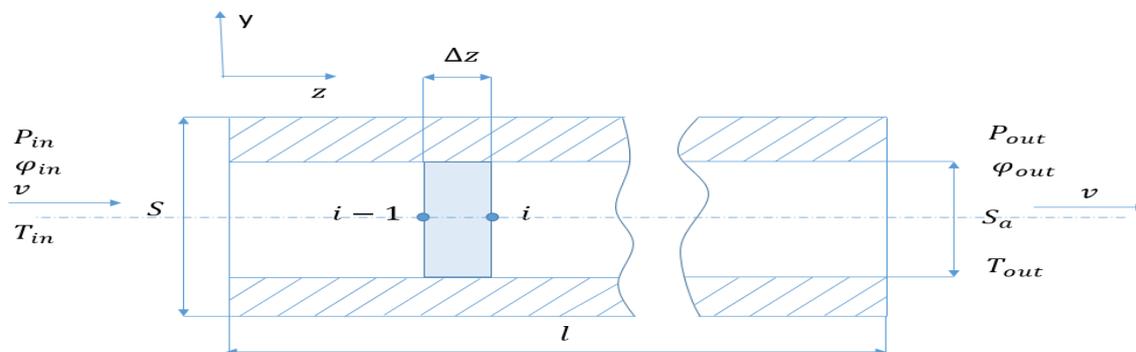


Рисунок 1. – Схема расчёта канала регенеративной насадки

Примем следующие обозначения:

l – длина канала;

n – количество элементарных объемов, на которые разбивается канал;

i – индекс разностной сетки.

P_{in} , P_{out} – давление на входе и выходе из канала;

T_{in} , T_{out} – температура на входе и выходе из канала;

S – общая площадь поперечного сечения канала;

S_a – площадь проходного сечения канала;

$\varphi_{in}, \varphi_{out}$ – относительная влажность на входе и выходе из канала,
 G – объёмный расход воздуха;

В рассматриваемой модели приняты следующие допущения [4]:

- влажный воздух – гомогенная смесь водяного пара и сухого воздуха, которая подчиняется законам идеального газа;
- на всей поверхности канала находится бесконечно тонкий слой конденсата;
- плотность, теплоемкость и теплопроводность влажного воздуха определяется с учетом массовых долей его компонентов;
- режим движения воздуха в канале ламинарный;
- теплообмен происходит с фазовыми переходами, рассматривается только испарение и конденсация;
- время прохождения воздуха через теплообменник намного меньше, чем длительность циклов аккумуляции и регенерации теплоты;
- тепловые потери от насадки в окружающую среду отсутствуют.

Постановка задачи. Для определенности будем рассматривать канал с круглым проходным сечением. Расход и скорость воздуха при ламинарном течении вычисляются по формулам:

$$G = \frac{\pi r_a^4 (P_{in} - P_{out})}{8 \mu l}, \quad (1)$$

$$v = \frac{G}{S_a}, \quad (2)$$

где r_a – радиус канала, μ – вязкость воздуха.

Выделим ячейку канала длиной Δz и запишем для неё уравнения тепло-массопереноса.

Методы исследования. Уравнение сохранения массы пара.

Уравнение сохранения массы пара в выделенном объеме может быть записано в виде:

$$m_{v1} + m_{v3} - m_{v4} + m_{v5} = m_{v2}, \quad (3)$$

где m_{v1} – масса пара в начальный момент времени, m_{v2} – масса пара в ячейке через время Δt , m_{v3} – масса пара вошедшего в ячейку за время Δt , m_{v4} – масса пара вышедшего из ячейки, m_{v5} – изменение количества пара в ячейке вследствие конвективного массопереноса.

Примем, что верхний индекс в формулах определяет временной шаг, а нижний – индекс узла пространственной сетки.

С учетом термического уравнения состояния идеальных газов и уравнения конвективного массопереноса слагаемые равенства (3) можно представить в виде:

$$m_{v1} = \frac{P_{vi-1/2}^{k-1}}{R_v T} \Delta z S_a, \quad (4)$$

$$m_{v2} = \frac{P_{vi-1/2}^k}{R_v T} \Delta z S_a, \quad (5)$$

$$m_{v3} = \frac{P_{vi-1}^k}{R_v T} v \Delta \tau S_a, \quad (6)$$

$$m_{v4} = \frac{P_{vi}^k}{R_v T} v \Delta \tau S_a, \quad (7)$$

$$m_{v1} = \frac{\beta}{R_v T} (P_{Si-1/2}^k - P_{vi-1/2}^k) \Pi \Delta z \Delta \tau, \quad (8)$$

где P_s – давление насыщения, P_v – парциальное давление пара, β – конвективный коэффициент массопереноса, Π – периметр сечения канала, R_v – газовая постоянная пара, T – температура влажного воздуха, $\Delta \tau$ – временной шаг.

Будем полагать, что время аккумуляции теплоты в насадке равно времени регенерации теплоты – τ , тогда $\Delta \tau = \frac{\tau}{K}$, где K – количество временных слоев сетки.

Подставив уравнения (4), (5), (6), (7), (8) в формулу (3), получим

$$\frac{P_{vi-1/2}^k - P_{vi-1/2}^{k-1}}{\Delta \tau} = \frac{P_{vi}^k - P_{vi-1}^k}{\Delta z} v + \frac{\beta \Pi}{S_a} (P_{Si-1/2}^k - P_{vi-1/2}^k). \quad (9)$$

Если $\Delta \tau \rightarrow 0$, $\Delta z \rightarrow 0$, то уравнение сохранения массы пара примет вид:

$$\frac{\partial P_v}{\partial \tau} = \frac{\partial P_v}{\partial z} v + \frac{\beta \Pi}{S_a} (P_s(\tau, z) - P_v(\tau, z)), \quad (10)$$

Давление насыщения P_s [к Па] может быть рассчитано по формуле [1]:

$$P_s = 0.6112 \exp\left(\frac{17.5(T-273,15)}{241.2+(T-273,15)}\right). \quad (11)$$

Парциальное давление P_v [к Па] связано с влагосодержанием формулой

$$P_v = P \frac{d}{0.6221+d}. \quad (12)$$

В свою очередь, влагосодержание d определяется через относительную влажность φ и давление насыщения

$$d = 0.6221 \frac{\varphi P_s}{P - \varphi P_s}. \quad (13)$$

В качестве граничного условия для дифференциального уравнения (10) принимается значение парциального давления на входе в канал, которое вычисляется по формуле (12):

$$P_v(z=0) = \begin{cases} f(T_{in}, P_{in}, \varphi_{in}) - \text{цикл аккумуляции} \\ f(T_{out}, P_{out}, \varphi_{out}) - \text{цикл регенерации} \end{cases}$$

Уравнение сохранения энергии влажного воздуха

Полная теплота влажного воздуха выражается формулой

$$Q = \rho_a c_a V T + d m_a (c_w T_s + r + c_v (T - T_s)), \quad (14)$$

с учетом того что,

$$d m_a = \frac{m_v}{m_a} m_a = \frac{P_v V}{R_v T}, \quad (15)$$

$$Q = \rho_a c_a V T + \frac{P_v V}{R_v T} (c_w T_s + r + c_v (T - T_s)), \quad (16)$$

где m_a – масса сухого воздуха, ρ_a – плотность сухого воздуха, c_a – теплоёмкость сухого воздуха, c_w – теплоёмкость воды, c_v – теплоёмкость пара, r – скрытая теплота парообразования, V – выделенный объём, T_s – температура насыщения, R_v – газовая постоянная (461.5 Дж/(кг К)).

Если обозначить скрытую теплоту как \tilde{Q} , то формула (14), примет вид:

$$\tilde{Q} = \frac{P_v}{R_v T} (T_s (c_w - c_v) + r), \quad (17)$$

$$Q = \rho_a c_a V T + \frac{P_v c_v}{R_v} V + V \tilde{Q}. \quad (18)$$

Температура насыщения находится по формуле

$$T_s = \frac{241.2 \ln(\frac{P}{0.6112})}{17.5 - \ln(\frac{P}{0.6112})} + 273,15. \quad (19)$$

Уравнение сохранения энергии в выделенном объеме имеет вид

$$Q_1 + Q_3 - Q_4 + Q_5 = Q_2, \quad (20)$$

где Q_1 – количество теплоты в начальный момент времени, Q_1 теплота через промежуток времени $\Delta\tau$, Q_3 – теплота, вошедшая в объем за промежуток времени $\Delta\tau$, Q_4 – количество теплоты, вышедшее из объема за промежуток времени $\Delta\tau$, Q_5 – количество теплоты участвующей в теплообмене с насадкой.

С учетом принятых ранее обозначений компоненты уравнения (20) запишутся следующим образом:

$$Q_1 = \rho_a c_a S_a \Delta z T_{i-1/2}^{k-1} + P_{v_{i-1/2}}^{k-1} \frac{c_v S_a \Delta z}{R_v} + \tilde{Q}_{i-1/2}^{k-1} S_a \Delta z, \quad (21)$$

$$Q_2 = \rho_a c_a S_a \Delta z T_{i-1/2}^k + P_{v_{i-1/2}}^k \frac{c_v S_a \Delta z}{R_v} + \tilde{Q}_{i-1/2}^k S_a \Delta z, \quad (22)$$

$$Q_3 = \rho_a c_a S_a v \Delta\tau T_{i-1}^k + P_{v_{i-1}}^k \frac{c_v S_a v \Delta\tau}{R_v} + \tilde{Q}_{i-1}^k S_a v \Delta\tau, \quad (23)$$

$$Q_4 = \rho_a c_a S_a v \Delta\tau T_i^k + P_{v_i}^k \frac{c_v S_a v \Delta\tau}{R_v} + \tilde{Q}_i^k S_a v \Delta\tau, \quad (24)$$

$$Q_5 = \Pi \Delta z \alpha (T_{p_{i-\frac{1}{2}}}^k - T_{i-\frac{1}{2}}^k) \Delta\tau, \quad (25)$$

где α – коэффициент конвективного теплообмена [Вт/(м² К)], T_p – температура насадки, T – температура влажного воздуха. После подстановки уравнений (21), (22), (23), (24), (25) в формулу (20), разностное уравнение будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned} & \rho_a c_a S_a \frac{T_{i-1/2}^k - T_{i-1/2}^{k-1}}{\Delta\tau} + \frac{c_v S_a}{R_v} \frac{P_{v_{i-1/2}}^k - P_{v_{i-1/2}}^{k-1}}{\Delta\tau} + S_a \frac{\tilde{Q}_{i-1/2}^k - \tilde{Q}_{i-1/2}^{k-1}}{\Delta\tau} + \\ & + \rho_a c_a S_a v \frac{T_i^k - T_{i-1}^k}{\Delta z} + \frac{c_v S_a v}{R_v} \frac{P_{v_i}^k - P_{v_{i-1}}^k}{\Delta z} + S_a v \frac{\tilde{Q}_i^k - \tilde{Q}_{i-1}^k}{\Delta z} - \\ & - \Pi \alpha (T_{p_{i-\frac{1}{2}}}^k - T_{i-\frac{1}{2}}^k) = 0. \end{aligned} \quad (26)$$

Если $\Delta\tau \rightarrow 0$, $\Delta z \rightarrow 0$, то уравнение (26), можно записать в виде дифференциального уравнения:

$$\begin{aligned} & \rho_a c_a S_a \frac{\partial T}{\partial \tau} + \frac{c_v S_a}{R_v} \frac{\partial P}{\partial \tau} + S_a \frac{\partial \tilde{Q}}{\partial \tau} + \\ & + \rho_a c_a S_a v \frac{\partial T}{\partial z} + \frac{c_v S_a v}{R_v} \frac{\partial P}{\partial z} + S_a v \frac{\partial \tilde{Q}}{\partial z} - \Pi \alpha (T_p(\tau, z) - T(\tau, z)) = 0. \end{aligned} \quad (27)$$

Для уравнения (27) в качестве граничных условий примем значения температуры, полного давления и скрытой теплоты на входе в канал:

$$P, T, \tilde{Q}(z = 0) = \begin{cases} f(T_{in}, P_{in}, \varphi_{in}) & \text{— цикл аккумуляции} \\ f(T_{out}, P_{out}, \varphi_{out}) & \text{— цикл регенерации} \end{cases}$$

Начальные условия для уравнений (9) и (27) зададим в виде линейных зависимостей:

$$P(\tau = 0) = P_{in} - \frac{(P_{in} - P_{out})z}{l}, \quad (28)$$

$$\varphi(\tau = 0) = \varphi_{in} - \frac{(\varphi_{in} - \varphi_{out})z}{l}, \quad (29)$$

$$T(\tau = 0) = T_{in} - \frac{(T_{in} - T_{out})z}{l}. \quad (30)$$

Уравнение сохранения энергии для насадки

Так как принцип действия регенеративных теплообменников основан на циклическом изменении направления теплового потока между насадкой и воздухом, а теплопроводность материала насадки существенно больше теплопроводности воздуха, то необходимо учитывать процесс теплопереноса внутри насадки [5]. Для этого составим уравнение теплового баланса для выделенного объема материала насадки:

$$Q_6 + Q_8 - Q_9 + Q_{10} = Q_7, \quad (31)$$

где Q_6 – количество теплоты в начальный момент времени, Q_7 – теплота в ячейке через промежуток времени $\Delta\tau$, Q_8 – теплота, вошедшая в объём за промежуток времени $\Delta\tau$, Q_9 – теплота, вышедшая из объёма за промежуток времени $\Delta\tau$, Q_{10} – количество теплоты участвующее в теплообмене с воздухом.

Члены уравнения (31) определяются следующим образом:

$$Q_6 = T_{p_{i-1/2}}^{k-1} c_p \rho_p S_p \Delta z, \quad (32)$$

$$Q_7 = T_{p_{i-1/2}}^k c_p \rho_p S_p \Delta z, \quad (33)$$

$$Q_8 = \lambda_p \frac{T_{p_i}^k - T_{p_{i-1}}^k}{\Delta z} S_p \Delta \tau, \quad (34)$$

$$Q_9 = \lambda_p \frac{T_{p_{i+1}}^k - T_{p_i}^k}{\Delta z} S_p \Delta \tau, \quad (35)$$

$$Q_{10} = -Q_5 = -\Pi \Delta z \alpha (T_{p_{i-\frac{1}{2}}}^k - T_{i-\frac{1}{2}}^k) \Delta \tau. \quad (36)$$

Здесь: c_p, ρ_p, λ_p – теплоемкость, плотность и теплопроводность материала насадки.

После подстановки равенств (32), (33), (34), (35), (36) в уравнение (31), получим разностное выражение,

$$\lambda_p S_p \frac{T_{p_{i+1}}^k - 2T_{p_i}^k + T_{p_{i-1}}^k}{\Delta z^2} + c_p \rho_p S_p \frac{T_{p_{i-1/2}}^k - T_{p_{i-1/2}}^{k-1}}{\Delta \tau} + \Pi \alpha (T_{p_{i-\frac{1}{2}}}^k - T_{i-\frac{1}{2}}^k) = 0 \quad (37)$$

которое может быть приведено к дифференциальному уравнению

$$\lambda_p S_p \frac{\partial^2 T_p}{\partial z^2} + c_p \rho_p S_p \frac{\partial T_p}{\partial \tau} + \Pi \alpha (T_p(\tau, z) - T(\tau, z)) = 0. \quad (38)$$

Так как насадка считается теплоизолированной, то граничные условия на торцах насадки адиабатические:

$$\left(\frac{\partial T_p}{\partial z}\right)_{z=0} = 0, \tag{39}$$

$$\left(\frac{\partial T_p}{\partial z}\right)_{z=l} = 0. \tag{40}$$

Начальное условие для уравнения (38) зададим аналогичное условию (30).

$$T_p(\tau = 0) = T_{in} - \frac{(T_{in} - T_{out})z}{l}.$$

Обсуждение результатов. Формирование и решение систем алгебраических уравнений.

Расчет процессов тепломассопереноса в регенеративном теплообменнике систем кондиционирования воздуха сводится к решению трех нелинейных дифференциальных уравнений (9), (27), (38) с соответствующими краевыми условиями. Численное решение этой системы будем проводить на пространственной сетке, состоящей из n узлов, последовательно на каждом временном слое.

Для решения такой системы использовался метод Зейделя.

Выразим в каждом уравнении одну неизвестную величину. Для этого запишем все уравнения в разностном виде, приняв следующие приближения:

$$\frac{\partial f}{\partial z} \approx \frac{f_{i+1}^k - f_{i-1}^k}{2\Delta z}, \tag{41}$$

$$\frac{\partial f}{\partial \tau} \approx \frac{f_i^k - f_i^{k-1}}{\Delta \tau}, \tag{42}$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial z^2} \approx \frac{f_{i+1}^k - 2f_i^k + f_{i-1}^k}{\Delta z^2}. \tag{43}$$

где f – любая из функций T , T_p , P .

Подставляя вместо производных их дискретные аналоги (41), (42), (43) в формулы (10), (27) и (35) получим следующие выражения:

$$\frac{P_{v_i}^k - P_{v_i}^{k-1}}{\Delta \tau} = \frac{P_{v_{i+1}}^k - P_{v_{i-1}}^k}{2\Delta z} v + \frac{\beta \Pi}{S_a} (P_{s_i}^k - P_{v_i}^k), \tag{44}$$

$$\begin{aligned} \rho_a c_a S_a \frac{T_i^k - T_i^{k-1}}{\Delta \tau} + \frac{c_v S_a}{R_v} \frac{P_{v_i}^k - P_{v_i}^{k-1}}{\Delta \tau} + S_a \frac{\tilde{Q}_i^k - \tilde{Q}_i^{k-1}}{\Delta \tau} + \rho_a c_a S_a v \frac{T_{i+1}^k - T_{i-1}^k}{2\Delta z} \\ + \frac{c_v S_a v}{R_v} \frac{P_{v_{i+1}}^k - P_{v_{i-1}}^k}{2\Delta z} + S_a v \frac{\tilde{Q}_{i+1}^k - \tilde{Q}_{i-1}^k}{2\Delta z} - \Pi \alpha (T_{p_i}^k - T_i^k) = 0. \end{aligned} \tag{45}$$

$$\lambda_p S_p \frac{T_{p_{i+1}}^k - 2T_{p_i}^k + T_{p_{i-1}}^k}{\Delta z^2} + c_p \rho_p S_p \frac{T_{p_i}^k - T_{p_i}^{k-1}}{\Delta \tau} + \Pi \alpha (T_{p_i}^k - T_i^k) = 0. \tag{46}$$

Так как в каждой точке разностной сетки три неизвестных (T_i^k , $P_{v_i}^k$, $T_{p_i}^k$) и используется три уравнения для их нахождения, то система имеет по меньшей мере одно действительное решение. Из уравнения (46) выразим T_i^k , из уравнения (45) – $T_{p_i}^k$, из уравнения (44) – $P_{v_i}^k$.

$$T_i^k = \frac{1}{\Pi \alpha} \left(\lambda_p S_p \frac{T_{p_{i+1}}^k - 2T_{p_i}^k + T_{p_{i-1}}^k}{\Delta z^2} + c_p \rho_p S_p \frac{T_{p_i}^k - T_{p_i}^{k-1}}{\Delta \tau} \right) + T_{p_i}^k \tag{47}$$

$$T_{p_i}^k = \frac{1}{\Pi \alpha} \left(\rho_a c_a S_a \frac{T_i^k - T_i^{k-1}}{\Delta \tau} + \frac{c_v S_a}{R_v} \frac{P_{v_i}^k - P_{v_i}^{k-1}}{\Delta \tau} + S_a \frac{\tilde{Q}_i^k - \tilde{Q}_i^{k-1}}{\Delta \tau} + \right.$$

$$\rho_a c_a S_a v \frac{T_{i+1}^k - T_{i-1}^k}{2\Delta z} + \frac{C_v S_a v}{R_v} \frac{P_{v_{i+1}}^k - P_{v_{i-1}}^k}{2\Delta z} + S_a v \frac{\tilde{Q}_{i+1}^k - \tilde{Q}_{i-1}^k}{2\Delta z} + T_i^k, \quad (48)$$

$$P_{v_i}^k = \frac{\Delta \tau S_a}{S_a + \Delta \tau \beta \Pi} \left(\frac{P_{v_i}^{k-1}}{\Delta \tau} + \frac{P_{v_{i+1}}^k - P_{v_{i-1}}^k}{2\Delta z} v + \frac{\beta \Pi}{S_a} P_{S_i}^k \right). \quad (49)$$

Необходимо отметить, что $P_{S_i}^k$ в уравнении (49) зависит от T_i^k по закону (11), \tilde{Q}_i^k в формуле (48) зависит от T_i^k и $P_{v_i}^k$ по закону (17).

Данные уравнения записываются для каждого i узла, где $i = 1, 2, 3 \dots n$.

Граничные условия в дискретном виде:

$$P_{v_1}^k = \text{const}, \varphi_1^k = \text{const}, T_1^k = \text{const} \quad (50)$$

$$P_{v_n}^k = \text{const}, \varphi_n^k = \text{const}, T_n^k = \text{const} \quad (51)$$

$$\left(\frac{\partial T_p}{\partial z} \right)_{z=0} = \frac{T_2^k - T_0^k}{2\Delta z} = 0, \quad (52)$$

$$\left(\frac{\partial T_p}{\partial z} \right)_{z=L} = \frac{3T_{Bn}^k - 4T_{Bn-1}^k + T_{Bn-2}^k}{2\Delta z} = 0. \quad (53)$$

Метод Зейделя заключается в использовании ранее полученных решений на текущем шаге итерационного процесса.

Для уравнений (47), (48), (49) введем следующие обозначения:

$$T_i^k = f(T_{p_{i-1}}^k, T_{p_i}^k, T_{p_{i+1}}^k), \quad (54)$$

$$T_{p_i}^k = f(T_{i-1}^k, T_i^k, T_{i+1}^k, P_{v_{i-1}}^k, P_{v_i}^k, P_{v_{i+1}}^k), \quad (55)$$

$$P_{v_i}^k = f(T_i^k, P_{v_{i-1}}^k, P_{v_{i+1}}^k). \quad (56)$$

С учетом (54), (55), (56), систему уравнений представим в виде (57):

$$\left\{ \begin{aligned} (T_1^k)^{(j+1)} &= f\left((T_{p_0}^k)^j, (T_{p_1}^k)^j, (T_{p_2}^k)^j \right) \\ (T_2^k)^{(j+1)} &= f\left((T_{p_1}^k)^{j+1}, (T_{p_2}^k)^j, (T_{p_3}^k)^j \right) \\ &\dots \\ (P_{v_1}^k)^{(j+1)} &= f\left((T_1^k)^{j+1}, (P_{v_0}^k)^j, (P_{v_2}^k)^j \right) \\ (P_{v_2}^k)^{(j+1)} &= f\left((T_2^k)^{j+1}, (P_{v_1}^k)^{j+1}, (P_{v_3}^k)^j \right) \\ &\dots \\ (T_{p_i}^k)^{j+1} &= f\left((T_{i-1}^k)^{j+1}, (T_i^k)^{j+1}, (T_{i+1}^k)^{j+1}, (P_{v_{i-1}}^k)^{j+1}, (P_{v_i}^k)^{j+1}, (P_{v_{i+1}}^k)^{j+1} \right) \end{aligned} \right.$$

Суть метода отражена в системе (57). Решение продолжается, пока разница значений всех искомых величин текущего шага по отношению к предыдущему больше ε_{it} – заданная точность расчёта для внутренних итераций. Начальным приближением всегда считается решение, полученное на предыдущем шаге.

Расчёт системы нелинейных уравнений проводится на каждом временном слое. Расчёт процессов тепломассопереноса прекращается, после выхода на циклический режим работы регенератора, это происходит когда количество аккумулированной теплоты равно количеству регенерированной теплоты.

$$|K_{ак} - K_{рег}| \leq \varepsilon, \quad (57)$$

где ε – заданная точность расчёта.

Вывод. Предложенный метод позволяет проводить оценочные инженерные расчёты регенеративных теплообменников систем вентиляции и кондиционирования воздуха с учётом выпадения конденсата в теплоаккумулирующей насадке.

Алгоритм может быть реализован на персональных компьютерах малой мощности и не требует специализированных программных средств, что позволяет существенно сократить время и стоимость расчетных работ.

Библиографический список:

1. Белоногов Н.В., Пронин В.А. Энергоэффективные теплообменники в системах вентиляции // Теплоэнергоэффективные технологии. Информационный бюллетень. – 2003. – №3. – С.41–43.
2. Киргур Н. Теплообменное оборудование для утилизации тепла в системах вентиляции и кондиционирования воздуха // Труды Рижского Политехнического института.: Рига, Лат Инти.– 1977. – С. 37.
3. Алешин А.Е., Цыганков А.В., Рябова Т.В. Компьютерное моделирование тепломассопереноса в канале регенеративного теплообменника // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: холодильная техника и кондиционирование. – 2015. – №1. – С. 1-7.
4. Алешин А.Е., Цыганков А.В. Моделирование процессов конденсации и испарения в канале регенеративного теплоутилизатора// Вестник Международной академии холода. – 2016 – № 1 – С. 82–85.
5. Васильев В.А., Гаврилов А.И., Каменецкий К.К., Соболев Е.В. Параметрическое исследование регенеративного теплообменника // Вестник Международной академии холода. – 2010. – № 1. – С. 32–35.
6. Бурцев С.И., Цветков Ю.Н. Влажный воздух. Состав и свойства //Санкт-Петербургская государственная академия холода и пищевых технологий. – 1998. – С. 145.

References:

1. Belonogov N. In. Pronin V. A. energy-Efficient heat exchangers in ventilation systems. Teploenergoeffektivnyye technology. Newsletter. – 2003. – No. 3. – pp. 41–43.
2. Kilgour, N. Heat exchangers for heat recovery in ventilation systems and air conditioning systems. Proceedings of the Riga Polytechnic Institute.: Riga, Lat Inti.– 1977. – p. 37.
3. Aleshin A. E., Tsygankov, A.V., Ryabova T. V. Computer modeling of heat and mass transfer in the channel of the regenerative heat exchanger. Scientific journal ITMO. Series: refrigeration and air conditioning. – 2015. – No. 1. – pp. 1-7.
4. Aleshin, A. E., and Tsygankov, A. V. Modeling the processes of condensation and evaporation in the channel of the regenerative heat exchanger. Journal of the International Academy of refrigeration. 2016 – the No. 1 – pp. 82-85.
5. Vasiliev V. A., Gavrilov A. I., Kamenetsky, K. K., Sobol E. V. Parametric study of the regenerative heat exchanger. Journal of the International Academy of refrigeration. – 2010. – No. 1. – pp. 32-35.

6. Burtsev S. I., Tsvetkov Yu. N. The wet air. Composition and properties of the St. Petersburg state Academy of refrigeration and food technologies. – 1998. – p. 145.

УДК 621.56

Гаджиев А.М., Юсуфов Ш.А.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЛЬДА НА ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОПРЕСНИТЕЛЯ

Gajiyev A.M., Yusufov Sh.A.

MATHEMATICAL MODEL OF ICE FORMATION ON TEPLOOBMENNOGO SIDE OF THE THERMOELECTRIC DESALINATION PLANT

Аннотация. Обоснована необходимость применения технологий и аналитически обобщены методы опреснения морских и соленых вод. Поставлена задача исследовать процессы, протекающие в опреснителях с непрерывным процессом намораживания льда на теплообменной поверхности с плёночным режимом движения жидкости.

Для решения поставленной задачи в статье рассматривается математическая модель образования льда на теплообменной поверхности термоэлектрического опреснителя. Модель позволяет оценить время нарастания и толщину льда при заданных температурных условиях и расходе воды.

Показано, что использование термоэлектрических преобразователей позволяет гибко регулировать режим образования льда. Решена задача определения предельной толщины льда, при которой еще возможно замерзание пленки воды, протекающей по ней при заданной температуре охлаждающей пластины и холодопроизводительности термоэлектрической батареи.

Установлено, что производительность термоэлектрической опреснительной системы возрастает за счет увеличения количества охлаждаемых поверхностей, а использование теплоты с горячих спаев преобразователей для плавления льда повышает энергоэффективность системы в целом.

Ключевые слова: математическая модель, термоэлектрический преобразователь, опреснение морской воды.

Abstract. *The necessity of the use of technology and analytically summarizes the methods of desalination of seawater and brackish waters. Tasked to investigate the processes occurring in the desalination plant with the continuous process of freezing of ice on heat transfer surface with a film mode of fluid motion.*

To solve this problem the article deals with mathematical cal model of ice formation on heat transfer surfaces and thermo-electric distiller. The model allows us to estimate the rise time and the thickness of the ice under specified conditions of temperature and flow of water.

It is shown that the use of thermoelectric converters allows the flexibility to adjust the mode of ice formation. Solved the problem of determining the maximum thickness of the ice at which freezing is possible film of water flowing through it at a predetermined temperature of the cooling plate and the cooling capacity of the thermoelectric battery.

It is established that the performance of thermoelectric opreznitive of the system increases due to the increase in the number of cooled surfaces, and the use of the heat from the hot junction of the converters for melting of ice increases the energy efficiency of the system as a whole.

Key words: *mathematical model, thermoelectric converted Vatel, desalination of sea water.*

Введение. Решение проблемы водоснабжения возможно за счет исследования и создания экономически конкурентоспособных технологий по опреснению морских и соленых вод. В настоящее время накоплена достаточная теоретическая и экспериментальная база знаний, сформированная отечественными и зарубежными учеными, позволяющая приблизиться к решению данной проблемы.

По характеру процесса в технологии опреснения морских и солоноватых вод можно выделить следующие методы, связанные с изменением агрегатного состояния: термическое (дистилляция, гелиоопреснение) и с использованием холода (естественное и искусственное вымораживание). Регенерация больших теплот фазового перехода при дистилляции приводит к большим абсолютным потерям работы и снижению степени термодинамического совершенства [1, 9].

На сегодняшний день проведено достаточно большое количество исследований, результаты которых позволяют описать теплофизические процессы в опреснителях вымораживающего типа [2-7].

В тоже время, неполно исследованы процессы, протекающие в опреснителях с непрерывным процессом намораживания льда на теплообменной поверхности с плёночным режимом движения жидкости.

Постановка задачи. В этом случае предполагается, что в процессе движения пленка воды охлаждается и в конечном итоге замерзает, причем концентрация примесей меняется по ходу течения жидкости и соответственно в замёрзшей на поверхности воде. При этом способе получения пресной воды из морской, интерес представляет время замерзания пленки воды в зависимости от расхода жидкости и созданных температурных условий.

Методы исследования. Для построения математической модели процесса замерзания в многослойной системе, представленной на рисунке 1, необходимо рассмотреть механизм движения воды по пластине, тепловые потоки в системе, определение скорости замерзания воды и коэффициента образования льда из части пленки воды.

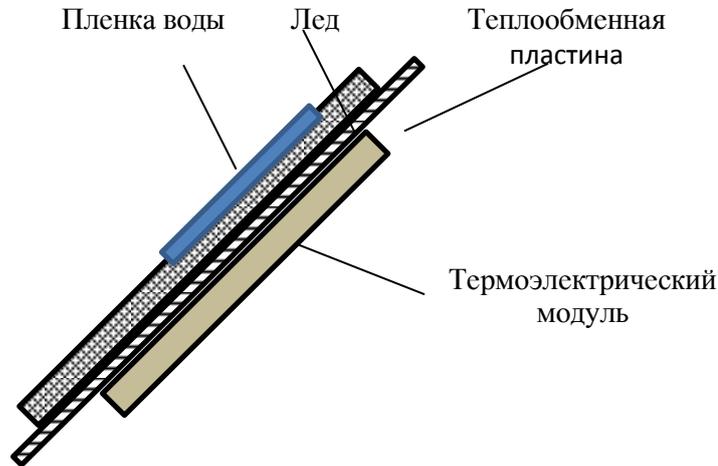


Рисунок 1. – Многослойная система замерзания воды

При рассмотрении математической модели примем упрощение, что движение пленки воды равномерное, и она равномерно распределена по площади пластины на некоторой области Π [10]. При этом сила трения $F_{тр}$ уравнивается весом элементарного объема Mg .

Как известно, сила трения:

$$F_{тр} = \mu \cdot \frac{v}{\delta} \cdot S \quad (1)$$

где v – скорость пленки воды, δ – толщина пленки воды, μ – динамическая вязкость воды, S – площадь элементарного объема пленки воды, соприкасающейся с поверхностью теплоотводящей пластины.

Примем также допущение, что поперечная скорость пленки воды меняется линейно, и в этом случае:

$$Mg = \mu \cdot \frac{v}{\delta} \cdot S \text{ или } \rho \delta g = \mu \cdot \frac{v}{\delta} \cdot S, \quad (2)$$

Исходя из этого, выражение для толщины пленки воды будет выглядеть следующим образом:

$$\delta^2 = S \cdot \frac{v\mu}{g\rho} \quad (3)$$

Расход воды по пластине будет определяться:

$$M = v\rho\delta\Pi \quad (4)$$

Исходя из (3) и (4)

$$\delta^3 = \frac{2 \cdot \mu \cdot M}{g \cdot \rho^2 \cdot s} \quad (5)$$

Для составления уравнения теплового баланса, а также для определения времени охлаждения пленки используем соотношения для движущейся жидкости в вертикальной трубе постоянного сечения [8].

Для определения средней разницы температуры пленки и охлаждающей пластины имеем:

$$\Theta = (t - t_{\text{п}})_0 e^{-Ax} \quad (6)$$

$$A = S\alpha / MC_p,$$

где t – средняя температура пленки воды, $t_{\text{п}}$ – температура поверхности пластины, которую считаем постоянной, $(t - t_{\text{п}})_0$ – начальный температурный напор между пленкой воды и охлаждающей пластиной, α – коэффициент теплоотдачи жидкости (принимаем ее постоянной по длине), C_p – теплоемкость воды, x – координата, совпадающая по направлению со скоростью движения пленки воды.

Очевидно, что время и путь до охлаждения и замерзания воды тем больше, чем больше расход воды. В дальнейших рассуждениях будем предполагать, что остывшая до температуры замерзания пленка воды становится неподвижной.

При рассмотрении процесса замерзания пленки используем модель пластины толщиной 2δ , противоположные поверхности которой охлаждаются, а температура определяется температурой пластины $T_{\text{п}}$, меньшей температуры замерзания T_z .

Время полного замерзания будет определяться:

$$\tau = \frac{\delta^2 (r\rho_{\text{в}} + 0,5(C_p\rho_{\text{лед}}))}{2\lambda_{\text{лед}}(T_z - T_{\text{п}})} \quad (7)$$

Оценочное время для полного замерзания пленки толщиной 1 мм на пластине с температурой -15°C составляет 3,4 с.

Уменьшением толщины пленки, или понижением температуры охлаждающей пластины можно достичь времени, до десятых долей секунды, при котором будет происходить полное замораживание пленки воды, так при температуре -25°C и толщине пленки 0,4 мм охлаждение до нулевой температуры происходит всего за 0,8 с.

В тоже время, необходимо учесть тепловое сопротивление слоя льда, образуемого на поверхности при полном замерзании протекающей пленки воды. Предельную толщину льда и время его образования на поверхности можно использовать как условие квазистационарного теплообмена [8].

В этом случае основной задачей становится определение предельной толщины льда, при которой еще возможно замерзание пленки воды, протекающей по ней при заданной температуре охлаждающей пластины, и холодопроизводительности термоэлектрической батареи.

Тепловой поток при этом будет определяться:

$$q = \frac{T_3 - T_{II}}{\left(\frac{\delta_{\text{лед}}}{\lambda_{\text{лед}}} + \frac{\delta_{\text{АМГ}}}{\lambda_{\text{АМГ}}} + \frac{1}{\alpha_{02}}\right)} \quad (8)$$

Количество теплоты при замерзании пленки воды с заданной толщиной в единицу времени:

$$q = \frac{Q}{\tau F} = \frac{Mr}{F} = \frac{\delta x \Pi \rho r}{\tau \Pi x} = \frac{\delta \rho r}{\tau} \quad (9)$$

где r – теплота замерзания, $\lambda_{\text{л}}$ и $\lambda_{\text{АМГ}}$ – теплопроводность льда и пластины, T_3 и T_{II} – температура замерзания воды и охлаждающей пластины, $\delta_{\text{лед}}$ – предельная толщина льда, при которой режим полного замерзания воды сменяется ее частичным замерзанием, характеризуемым коэффициентом K_i .

При квазистационарных условиях получим:

$$q = \frac{\delta_{\text{в}} \rho r}{\tau} = \frac{T_3 - T_{II}}{\left(\frac{\delta_{\text{лед}}}{\lambda_{\text{лед}}} + \frac{\delta_{\text{АМГ}}}{\lambda_{\text{АМГ}}} + \frac{1}{\alpha_{02}}\right)} \quad (10)$$

Из формулы (10) имеем:

$$\delta_{\text{лед}} = \lambda \left(\frac{T_3 - T_{II}}{q_{\text{в}}} - \frac{\delta_{\text{АМГ}}}{\lambda_{\text{АМГ}}} - \frac{1}{\alpha_{02}} \right) \quad (11)$$

Очевидно, что при превышении предельной толщины льда, образованной на поверхности охлаждающей пластины, в лед превращается только часть воды. Данный процесс характеризуется коэффициентом:

$$K_i = \frac{\delta_{\text{лед}}}{\delta} \quad (12)$$

Это связано с тем, что с увеличением толщины льда возрастает тепловое сопротивление, что приводит к уменьшению теплового потока от охлаждающей системы. Если рассматривать квазистационарный процесс теплопередачи, то возможно оценить значение коэффициента частичного замерзания пленки воды при изменении толщины льда.

Обсуждение результатов. Как следует из (12), значение коэффициента определяется как отношение толщины льда в текущий момент к отношению толщины льда в начальный момент процесса, что однозначно можно трактовать как отношение теплового потока, определяемого тепловым сопротивлением системы «пленка воды – лед – охлаждающая пластина» к тепловому потоку системы «пленка воды – охлаждающая пластина».

Отсюда следует вывод, что при некоторой толщине льда из-за увеличения теплового сопротивления слоя льда замерзнет часть пленки толщиной δ , и в этом случае:

$$K_i = \frac{\frac{\delta_{\text{лед}}}{\lambda_{\text{л}}} + \frac{\delta_{\text{АМГ}}}{\lambda_{\text{АМГ}}}}{\frac{\delta_i}{\lambda_{\text{л}}} + \frac{\delta_{\text{АМГ}}}{\lambda_{\text{АМГ}}}} \quad (13)$$

и соответственно:

$$K_i = f(\delta_i)$$

С учетом предельной толщины намерзания льда и использования коэффициента K_i , время нарастания льда будет определяться выражением:

$$\Delta\tau = \frac{\delta_i - \delta_{i-1}}{\delta_{0,5}(K_i - K_{i-1})} \quad (14)$$

Приведенные соотношения позволяют определить временные параметры процесса образования льда на теплообменной поверхности термоэлектрического опреснителя.

Вывод. В связи с тем, что температурное поле охлаждающей пластины, а соответственно, и тепловые потоки в системе, можно гибко регулировать за счет регулирования тока питания термоэлектрических преобразователей, работающих в режиме охлаждения, то очевидно, что упрощается и возможность управления процессом нарастания пресного льда в опреснителе.

Кроме того, производительность термоэлектрической опреснительной системы, использующей способ вымораживания из потока жидкости, можно увеличить за счет увеличения количества охлаждаемых поверхностей, а использование теплоты с горячих спаев преобразователей для плавления льда позволяет повысить энергоэффективность системы в целом.

Библиографический список:

1. Слесаренко В.Н. Опреснительные установки. Владивосток, ДВГМА, 1999.
2. Авдонин Н.А. Математическое описание процессов кристаллизации. Рига: Зинатне, 1980.
3. Бондарев Э.А., Васильев В.И. Задача Стефана с неизвестной температурой фазового перехода // Материалы 7 Всероссийской конференции по тепло-массообмену. Т.7. – Минск, 1984.-с. 34-39.
4. Шаталина И.Н. Теплообмен в процессах намораживания и таяния льда. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990.- 120 с.
5. Петрова А.Г. Термодиффузионная задача с малой начальной концентрацией примеси// Динамика сплошной среды. Сб. научных трудов, Новосибирск, 1983.
6. Овчарова А.С. Численное решение стационарной задачи Стефана в области со свободной границей// Вычислительные технологии.- 1999.-Т.4, т.- С.88-99.
7. Гранкина Т.Б. Математическое моделирование процесса формирования ледового покрова водоемов различной минерализации – диссертация на соискание ученой степени к.ф.-м.н., Новосибирск, 2006.
8. Луканин В.Н. Теплотехника. -М.: Высшая школа, 2006.
9. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. – М.:Энергоатомиздат, 1984.
10. Бирюк В.В., Шепелев А.И. Процесс образования льда на поверхности криогенных баков //Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2008. -№3. – С. 15-20.

References:

1. Slesarenko V. N. The desalination plant. Vladivostok, dvgma, 1999.
2. Avdonin, N.. The mathematical description of crystallization processes. Riga: Zinatne, 1980.
3. Bondarev E. A., Vasiliev V. I., the Stefan Problem with an unknown temperature phase transition. Proceedings of the 7 Russian conference on heat and mass transfer. Vol. 7. – Minsk, 1984 pp. 34-39.
4. Shatalina I. N. Heat transfer in the processes of freezing and melting of ice. HP: Energoatomizdat. Leningr. otd-nie, 1990.- 120p.
5. Petrov A. G. the thermal diffusion problem with small initial impurity concentration. Dynamics of continuous medium. SB. scientific papers, Novosibirsk, 1983.
6. Ovcharova A. S. Numerical solution of stationary Stephan problem in a region with a free boundary. Computational technologies.- 1999.-Т. 4, Т. - pp. 88-99.
7. Grankina T. B. Mathematical modeling of the process of ice cover formation waters of different salinity – the dissertation on competition of a scientific degree of PhD of medical Science, Novosibirsk, 2006.
8. V. N. Lukanin Engineering. -M.: Higher school, 2006
9. S. L. Rivkin, A. A. Aleksandrov, Thermodynamic properties of in-water and water vapor. Reference. – M.:Energoatomizdat, 1984.
10. V. V. Biryuk, A. I. Shepelev, the formation of ice on the surface of cryogenic tanks. Vestnik of Samara state aerospace University. – 2008. - No. 3. – pp. 15-20.

УДК 621.362

Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Магомедова П.А., Челушкин Д.А.

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСА СПИРАЛЬНОГО ТИПА

Ismailov T.A., Gadjiyev H.M., Magomedova P.A., Chelushkin D.A.

DEVELOPMENT OF THE ENERGY EFFICIENT THERMOELECTRIC HEAT PUMP OF SPIRAL TYPE

Аннотация. Обоснована необходимость интенсифицировать процесс теплопередачи в тепловом насосе. Показана возможность использования тепловых насосов для охлаждения жидкости в трубе двигателя.

Предложена новая конструкция теплового насоса спирального типа со светодиодными кольцевыми полупроводниковыми структурами, питание которой осуществляется за счет индукции магнитного поля. Выявлена эффек-

тивность светодиодных кольцевых полупроводниковых структур, которые работают при низких температурах за счет разницы энергетических уровней зарядов в *p*- и *n*-областях.

Разработана математическая модель для расчета электрических и теплофизических параметров энергоэффективного термоэлектрического теплового насоса спирального типа. Построен график зависимости температуры охлаждаемой жидкости на выходе из энергоэффективного термоэлектрического теплового насоса спирального типа от тока питания.

Доказана эффективность применения термоэлектрического теплового насоса спирального типа для охлаждения двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: теплообмен, термоэлектрическое устройство, тепловой насос, энергоэффективность, охлаждаемая жидкость.

Abstract. The necessity to intensify the process of heat transfer in the heat pump is justified. The possibility of heat pumps using for liquid cooling in the engine pipe is shown. The new heat pump design of spiral type with LED ring semiconductor structures, powered by magnetic induction is proposed. The efficiency of LED ring semiconductor structures that operate at low temperatures due to the difference in the levels of energy charges in *p*- and *n*-regions is revealed.

The mathematical model for the electrical and thermal parameters calculating of energy-efficient thermoelectric heat pump of the spiral type is developed. The diagram of coolant temperature dependence at the outlet of energy-efficient thermoelectric heat pump of spiral type on the supply current is built. The efficiency of spiral type thermoelectric heat pump application for cooling of the internal combustion engine is proven.

Key words: heat exchange, thermoelectric device, heat pump, energy efficiency, coolant.

Введение. Существуют различные способы теплообмена при помощи термоэлектрических устройств, в которых используется способность теплового насоса интенсифицировать процесс теплопередачи [5, 6, 9, 13].

Однако, несмотря на все вариации, увеличение количества энергии, переносимой тепловым насосом в теплообменнике, является актуальной задачей [2]. Повысить количество передаваемого тепла в окружающую среду возможно за счет изменения конструкции теплового насоса [7].

Также, в настоящее время, актуальна проблема по разработке эффективных теплообменных устройств для автомобильных двигателей с жидкостным охлаждением [8, 15, 16]. От теплофизических параметров автомобильного радиатора для охлаждения жидкости и отводу тепла в окружающую среду зависят основные технические характеристики автомобиля – мощность и надежность.

Постановка задачи. Применив новую конструкцию теплового насоса для охлаждения жидкости в трубе двигателя, можно повысить эффективность его работы.

Методы исследования. Для увеличения количества энергии, переносимой тепловым насосом от жидкости в трубе в окружающую среду можно применить конструкцию, в которой помимо конвективного и кондуктивного теплопереноса большая часть энергии отводится в виде оптического излучения, формируемого светодиодными кольцевыми полупроводниковыми структурами, причем питание осуществляется за счет индукции магнитного поля.

На рисунке 1 представлен энергоэффективный термоэлектрический тепловой насос спирального типа [12].

По трубе 1 протекает охлаждаемая жидкость. Питание осуществляется за счет индукции магнитного поля, формируемого соленоидом 2. Кольцевые светодиодные полупроводниковые структуры состоят из полупроводников р-типа 3 и n-типа 4, разделенных диэлектриком 5.

Работает энергоэффективный термоэлектрический тепловой насос спирального типа следующим образом. При протекании импульсного тока через соленоид 2 формируется импульсное магнитное поле, которое индуцирует в кольцевых термоэлектрических структурах токи питания.

При протекании импульсного индукционного тока от полупроводника р-типа к n-типу, за счет охлаждающего термоэлектрического эффекта Пельтье, происходит поглощение тепловой энергии от трубы 1 у охлаждаемой жидкости. При протекании импульсного индукционного тока от полупроводника n-типа к р-типу светодиодные переходы генерируют фотоны, которые мгновенно безынерционно отводят энергию в окружающую среду.

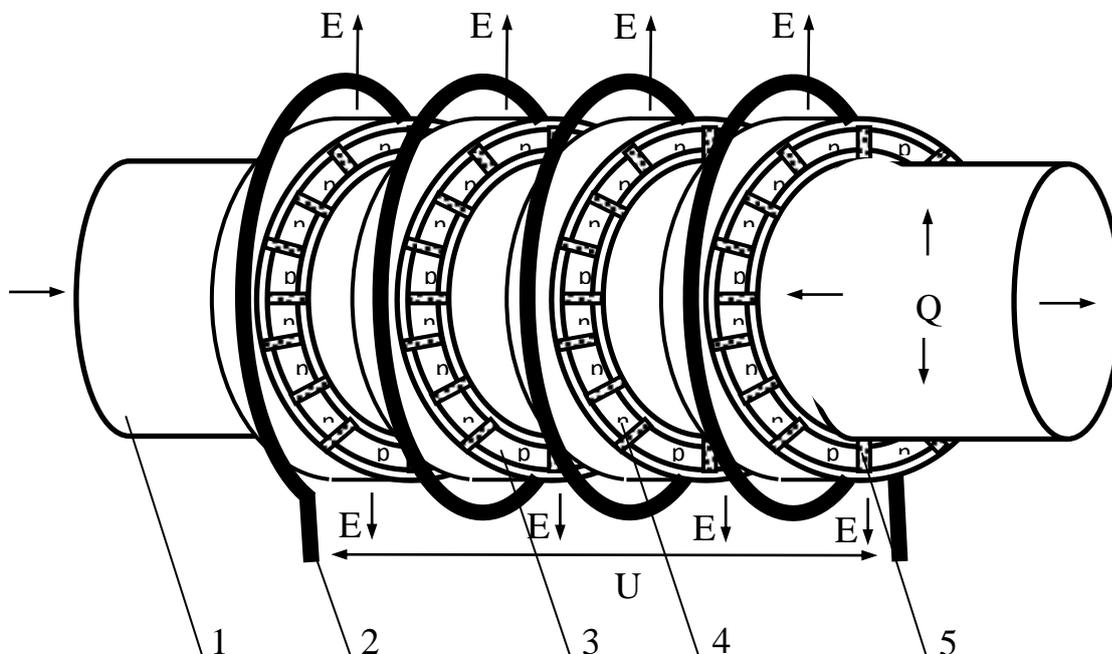


Рисунок 1 - Энергоэффективный термоэлектрический тепловой насос спирального типа

Вместо нагревающего термоэлектрического эффекта Пельтье внешние р-п-переходы светодиодов без тепловыделения преобразуют энергию рекомбинирующих зарядов в полупроводниках р- и п-типа в электромагнитное излучение.

Причем, в отличие от обычного отвода тепла излучением, от нагретых тел не требуется высокая температура излучающей поверхности, при которой, за счет соударений, кинетическая энергия атомов преобразуется в изменение орбитальной энергии электронов, и испускание квантов электромагнитного излучения тем большей частоты, чем больше энергетический перепад между этими электронными орбитами [3, 4, 8, 10, 11, 14].

В светодиодах процесс излучения может протекать даже при низких температурах за счет разницы энергетических уровней зарядов в р- и п-областях. Поэтому отсутствуют паразитные тепловыделения и паразитный кондуктивный теплоперенос.

Таким образом, энергоэффективный термоэлектрический тепловой насос спирального типа позволяет увеличить количество энергии, переносимой от жидкости в трубе в окружающую среду в виде электромагнитного излучения.

Применение энергоэффективного термоэлектрического теплового насоса спирального типа в качестве автомобильного радиатора позволяет не включать фары ближнего света в процессе движения (в соответствии с правилами дорожного движения), так как свет от радиатора может полностью заменить свет от фар для обеспечения безопасности движения. При этом будет достигнута существенная экономия топлива, так как для работы автомобильных фар требуется работа автомобильного электрогенератора и двигателя внутреннего сгорания, причем незначительный КПД обоих узлов приводит к дополнительным энергозатратам.

Для расчета электрических и теплофизических параметров энергоэффективного термоэлектрического теплового насоса спирального типа была разработана математическая модель. Температура теплоносителя внутри автомобильного теплообменника в любом поперечном сечении одна и та же, характеристики термоэлементов не зависят от температуры, размеры термоэлементов малы по сравнению с длиной термобатареи. Коэффициенты теплопередачи принимаем постоянными, а течение охлаждаемой жидкости стабилизированным ламинарным [1].

В рамках сделанных допущений рассмотрим случай, когда жидкость внутри автомобильного теплообменника считается охлаждаемой. В этом случае для определения температуры охлаждаемой жидкости вдоль теплообменника можно выписать в безразмерном виде следующую систему соотношений:

$$\frac{d\Theta}{dx} = N_1 (\Theta' - \Theta),$$

$$\Theta - \Theta' = \beta \left[\nu \Theta' - \frac{v^2}{2} - (\Theta'_1 - \Theta'_1) \right],$$

$$\Theta'_1 - \Theta_1 = \beta m \left[\nu \Theta'_1 + \frac{v^2}{2} - (\Theta'_1 - \Theta'_1) \right],$$
(1)

где Θ – температура охлаждаемой жидкости внутри автомобильного теплообменника:

$$\Theta = \bar{\epsilon} 2 T / \rho \lambda ;$$

$\bar{\epsilon}$ – средний коэффициент термо-ЭДС, Вт/А К ;

ρ – удельное сопротивление термоэлектрического вещества, Ом. м;

λ – коэффициент теплопроводности ТЭБ, Вт/м К;

T – температура охлаждаемой жидкости, К;

Θ' – безразмерная температура внутреннего "холодного" спая термобатареи, $\Theta' = \bar{\epsilon} 2 T' / \rho \lambda$;

$$N_1 = 2 \pi r_0 L \alpha_1 / W_1,$$

r_0 - внутренний радиус трубы,

L – длина теплообменника;

α_1 – коэффициент теплоотдачи от охлаждаемой жидкости к внутренней стенке теплообменника, зависящей от режима течения, Вт/м² К;

$W = C_1 \rho_1 \pi r_0^2 V_1$ – водяной эквивалент охлаждаемой жидкости;

ρ_1 – плотность охлаждаемой жидкости, кг/м³;

C_1 – удельная теплоемкость жидкости, Дж/кг К;

V_1 – скорость течения охлаждаемой жидкости в теплообменнике, м/с;

Θ_1 – безразмерная постоянная температура внешней среды,

$$\Theta_1 = \bar{\epsilon} 2 T_1 / \rho \lambda ;$$

Θ'_1 – безразмерная температура внешнего «горячего» спая термобатареи,

$$\Theta'_1 = \bar{\epsilon}_2 T'_1 / \rho \lambda ;$$

$m = \alpha_1 / \alpha_{пр}$ – безразмерный параметр;

$\alpha_{пр}$ – приведенный коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности автомобильного теплообменника к окружающей среде, Вт/м² К;

$\beta = \lambda / \alpha_1 \delta_1$ – безразмерный параметр;

δ_1 – толщина стенки трубы автомобильного теплообменника (высота термобатареи),

$$\delta_1 = r_1 - r_0 ;$$

r_1 – внешний радиус трубы автомобильного теплообменника;

$\nu = \bar{\epsilon} \delta_1 I / S \lambda$ – безразмерная плотность тока питания;

S – площадь поперечного сечения одной ветви полупроводникового термоэлемента, м²;

I – сила тока, А.

Исключая из первого уравнения системы (2) Θ' с помощью второго и третьего уравнений этой же системы, получим следующее уравнение для определения Θ :

$$\frac{d\Theta}{dx} = b(v^2 m\beta - v - 1)\Theta + b\left(\Theta_1 + \frac{v^2}{2} + v^2 m\beta - \frac{v^3}{2} m\beta\right), \quad (2)$$

где $b = 2\pi r_0 LK/W_1$;

$$K = \left[\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_{np}} + \frac{\delta_1}{\lambda} + v\left(\frac{1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_{np}} - \frac{v\lambda}{\alpha_1 \alpha_{np} \delta_1}\right) \right]^{-1}.$$

На входе в теплообменник температура охлаждаемой жидкости равна:

$$\Theta|_{x=0} = \Theta_{ex},$$

где

$$\Theta_{ex} = T_{ex} \bar{e}^2 / \rho\lambda. \quad (3)$$

Температуру охлаждаемой жидкости на выходе из теплообменника обозначим через $\Theta_{вых}$. Тогда:

$$\Theta|_{x=1} = \Theta_{вых},$$

где

$$\Theta_{вых} = T_{вых} \bar{e}^2 / \rho\lambda. \quad (4)$$

Решая уравнения (1 – 4), можно определить $\Theta_{вых}$ при $x=1$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Theta_{вых} = \left(\Theta_{ex} + \frac{\Theta_1 + \frac{v^2}{2} + v^2 m\beta}{v^2 m\beta - v - 1} \right) e^{b(v^2 m\beta - v - 1)} - \frac{\Theta_1 + \frac{v^2}{2} + v^2 m\beta - \frac{v^3}{2} m\beta}{v^2 m\beta - v - 1}, \\ \text{если } v^2 m\beta - v - 1 \neq 0 \end{array} \right. \quad (5)$$

или

$$\left\{ \begin{array}{l} \Theta_{вых} = \Theta_{ex} + b\left(\Theta_1 + \frac{v^2}{2} + v^2 m\beta - \frac{v^3}{2} m\beta\right), \\ \text{если } v^2 m\beta - v - 1 = 0 \end{array} \right. \quad (6)$$

Выражения (5) и (6) определяют значение температуры теплоносителя в теплообменнике в случае, когда идет процесс отбора тепла от внутренней охлаждаемой жидкости и передачи его окружающей среде [1].

Температуры поверхностей автомобильного теплообменника снаружи и изнутри на выделенных элементарных участках шириной dx считаем постоянными. При таком условии уравнения теплового баланса выглядят так:

$$\alpha_{np}(T_1 - T_1') = \bar{e}jT_1' - \frac{1}{2}j^2\rho\delta_1 - \frac{\lambda}{\delta_1}(T_1' - T_1'). \quad (7)$$

$$\alpha_1(T' - T) = \bar{e}jT' + \frac{1}{2}j^2\rho\delta_1 - \frac{\lambda}{\delta_1}(T' - T_1'). \quad (8)$$

где $j = i/S$ – плотность тока питания.

Введем безразмерные величины: $\Theta = T_1 \bar{e}_2 / \rho\lambda$; $\Theta' = T'_1 \bar{e}_2 / \rho\lambda$; $\Theta'' = T''_1 \bar{e}_2 / \rho\lambda$; $\Theta = T \bar{e}_2 / \rho\lambda$; $\nu = \bar{e} \delta_1 j / \lambda$; $\beta_1 = \lambda / \alpha_{np} \delta_1$. Тогда получим:

$$\frac{d\Theta_1}{dx} = N_2 (\Theta'_1 - \Theta_1) \tag{9}$$

$$\frac{d\Theta}{dx} = \eta_1 \frac{N_2}{m_1} (\Theta' - \Theta) , \tag{10}$$

$$\Theta_1 - \Theta'_1 = \beta_1 \left[\nu \Theta'_1 - \frac{1}{2} \nu^2 - (\Theta' - \Theta'_1) \right] . \tag{11}$$

$$\Theta' - \Theta = m_1 \beta_1 \left[\nu \Theta' + \frac{1}{2} \nu^2 - (\Theta' - \Theta'_1) \right] . \tag{12}$$

где $N_2 = 2\pi RL \alpha_{np} / W$; $\eta_1 = W r_0 / W_1 R$; $m_1 = \alpha_{np} / \alpha_1$.

Исключим Θ'_1 и Θ' из уравнений (9) – (12), и обозначив через $b_1 = K_1 2\pi RL / W$, где: $K_1 = \left[\frac{\delta_1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{np}} + \frac{1}{\alpha_1} + \nu \left(\frac{1}{\alpha_{np}} - \frac{1}{\alpha_1} - \frac{\lambda \nu}{\alpha_1 \alpha_{np} \delta_1} \right) \right]^{-1}$, то система уравнений (9), (10) переписывается так:

$$\frac{d\Theta_1}{dx} = b_1 \left\{ \left[\nu^2 m_1 \beta_1 - (1 + \nu) \right] \Theta_1 + \Theta + \frac{\nu^2}{2} \left[1 + (2 - \nu) m_1 \beta_1 \right] \right\} , \tag{13}$$

$$\frac{d\Theta}{dx} = \eta_1 b_1 \left\{ \left[\nu^2 \beta_1 - (1 - \nu) \right] \Theta + \Theta_1 + \frac{\nu^2}{2} \left[1 + (2 + \nu) \beta_1 \right] \right\} . \tag{14}$$

Так как, по предположению, температура внешней среды постоянна, то из уравнения (13) следует соотношение $b \ll 1$, т.е. водяной эквивалент W внешней среды намного больше остальных параметров. В этом случае решение уравнения (14) для граничного условия $\Theta_1(0) = \Theta_{вх}$ выглядит следующим образом:

$$\Theta = \begin{cases} \left(\Theta_{вх} + \frac{B}{A} \right) e^{Ax} - \frac{A}{B}, \text{ если } A \neq 0 \\ \Theta_{вх} + Bx, \text{ если } A = 0. \end{cases} \tag{15}$$

где $A = \varphi \left[\nu^2 \beta_1 - (1 - \nu) \right]$;

$$B = \varphi \left(\Theta_1 + \frac{\nu^2}{2} \left[1 + (2 + \nu) \beta_1 \right] \right) ;$$

$$\varphi = \eta_1, \quad b_1 = K_1 2\pi r_0 L / W_1 .$$

Температура охлаждаемой жидкости на выходе из теплообменника при $x=1$ из выражения (15) определяется так:

$$\Theta_{\text{вых}} = \begin{cases} \left(\Theta_{\text{вх}} + \frac{\Theta_1 + \frac{v^2}{2} + v^2 \beta_1 + \frac{v^3}{2} \beta_1}{v^2 \beta + v - 1} \right) e^{\varphi(v^2 \beta_1 + v - 1)} - \frac{\Theta_1 + \frac{v^2}{2} + v^2 \beta_1 + \frac{v^3}{2} \beta_1}{v^2 \beta + v - 1} \\ \text{если } v^2 \beta + v - 1 \neq 0. \end{cases} \quad (16)$$

или

$$\Theta_{\text{вых}} = \begin{cases} \Theta_{\text{вх}} + \varphi \left(\Theta_1 + \frac{v^2}{2} + v^2 \beta_1 + \frac{v^3}{2} \beta_1 \right), \\ \text{если } v^2 \beta_1 + v - 1 = 0 \end{cases} \quad (17)$$

В выражениях (5), (6), (16), (17) $\beta_1 = m\beta = \lambda/\alpha_{\text{пр}} \delta_1$; коэффициенты b и φ отличаются параметрами K и K_1 .

Обозначим через $p = \lambda/\alpha_{\text{пр}} \delta_1$; $H = 2\pi r_0 L K_2 / W_1$;

$$K_2 = \left[\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_{\text{пр}}} + \frac{\delta_1}{\lambda} + v \left(\frac{q}{\alpha_1} - \frac{q}{\alpha_{\text{пр}}} - \frac{v\lambda}{\alpha_1 \alpha_{\text{пр}} \delta_1} \right) \right]^{-1}. \quad (18)$$

Тогда (5), (6), (16), (17) можно выразить одной формулой:

$$\Theta_{\text{вых}} = \begin{cases} \left(\Theta_{\text{вх}} + \frac{\Theta_1 + \frac{v^2}{2} + v^2 p - \frac{v^3}{2} pq}{v^2 p - vq - 1} \right) e^{H(v^2 - vq - 1)} - \frac{\Theta_1 + \frac{v^2}{2} + v^2 p - \frac{v^3}{2} pq}{v^2 p - vq - 1}, \\ \text{если } v^2 p - vq - 1 \neq 0. \\ \Theta_{\text{вх}} + H \left(\Theta_1 + \frac{v^2}{2} + v^2 p - \frac{v^3}{2} pq \right), \text{ если } v^2 p - vq - 1 = 0 \end{cases} \quad (19)$$

В некоторых случаях температура охлаждаемой жидкости в теплообменнике может меняться не монотонно. Это связано с наличием противоположно действующих потоков тепла – тепла за счет теплопроводности и тепла Пельтье, соотношение между которыми меняется вдоль термоэлектрической батареи [7].

В выражении (19) для вычисления температуры теплоносителя на выходе из теплообменника остаются неопределенными коэффициенты α_1 и $\alpha_{\text{пр}}$.

Коэффициент теплоотдачи α_1 при гидродинамически стабилизированном ламинарном течении охлаждаемой жидкости с неизменными физическими свойствами вычисляется по формуле:

$$\alpha_1 \approx \lambda Nu \frac{1}{2r_0}. \quad (20)$$

где $Nu=4,36$ – число Нусельта.

Коэффициент теплоотдачи внешней поверхности термоэлектрического устройства α_{np} определим из следующего выражения:

$$\alpha_{np} = \frac{1}{F_{PC}} \left(\alpha_P F_P \frac{th(\mu h')}{\mu h'} + \alpha_C F_C \right), \quad (21)$$

где α_P, α_C – коэффициенты теплоотдачи поверхности термоэлектрического устройства и гладкой части трубы, соответственно, F_P, F_C – площади поверхности термоэлектрического устройства и гладкой части трубы, соответственно.

$$\mu = \sqrt{2\alpha_P / \lambda_P \delta}; \quad h' = (r_2 - r_1) \left(1 + 0,35 \ln \frac{r_2}{r_1} \right); \quad (22)$$

где δ – толщина одного модуля термоэлектрического устройства;

λ_P – коэффициент теплопроводности ребра, Вт/м·К;

F_{PC} – площадь условной поверхности термоэлектрического устройства, приходящейся на единицу длины автомобильного теплообменника;

r_2 – радиус модуля термоэлектрического устройства.

$$F_P = \frac{2\pi N}{L} (r_2^2 - r_1^2 - r_2 \delta); \quad F_C = 2\pi r_1 (L - N\delta) / L; \quad F_{PC} = nS / L, \quad (23)$$

где N – число модулей термоэлектрического устройства теплообменника;

n – число ветвей в термобатарее.

Формулы (19) с учетом (20) и (21) рассчитаны для теплообменника, имеющего следующие параметры: $\lambda=1,4$ Вт/м·К; $N=33$; $\lambda_p=400$ Вт/м·К; $\alpha_c=10$ Вт/м²·К; $\alpha_p=10$ Вт/м²·К; $r_2=0,036$ м; $r_1=0,012$ м; $r_0=0,003$ м; $n=200$; $\delta=0,002$ м; $\delta_1=0,01$ м; $L=0,44$ м; $\bar{e}=0,0002$ Вт/А·К; $S=0,000008$ м²; $v_1=0,113$ м/с; $C_1=4200$ Дж/кг·К; $\rho_1=1000$ кг/м³; $T_{вх}=285,5$ К; $T_1=292,5$ К.

На рис. 2 представлен график зависимости температуры охлаждаемой жидкости на выходе из энергоэффективного термоэлектрического теплового насоса спирального типа от тока питания, полученный на основе численного эксперимента по предложенной модели.

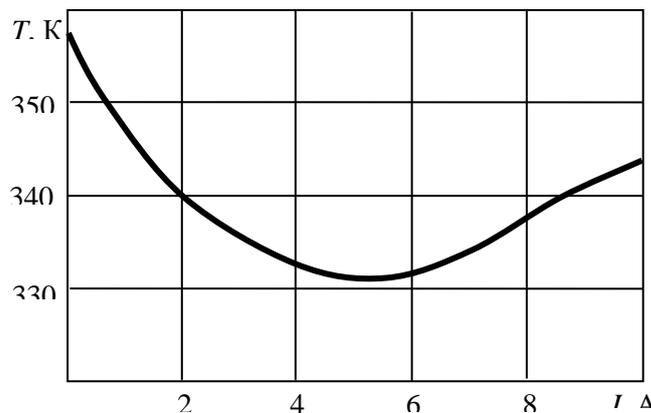


Рисунок 2 – Зависимость температуры охлаждаемой жидкости на выходе из энергоэффективного термоэлектрического теплового насоса спирального типа от тока питания

Обсуждение результатов. В целом рассмотрение результатов расчетов показывает, что предложенная математическая модель энергоэффективного термоэлектрического теплового насоса спирального типа при работе его в режиме охлаждения, нагрева и интенсификации учитывает теплофизические процессы, происходящие в нем с учетом воздействующих факторов.

Вывод. Предлагаемый энергоэффективный термоэлектрический тепловой насос спирального типа трансформирует в свет паразитное тепло от работы двигателя внутреннего сгорания. Это повысит энергосберегающие характеристики автомобиля при условии сохранения безопасности дорожного движения.

Библиографический список:

1. Исмаилов Т.А. Термоэлектрические полупроводниковые устройства и интенсификаторы теплопередачи. – С.-Пб.: ОАО «Издательство «Политехник»», 2005. – 534 с.
2. Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М. Термоэлектрическое охлаждение тепло выделяющих компонентов микроэлектронной техники. – М.: «Академия», 2012. – 136 с.
3. Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М. Гаджиева С.М. Многослойное излучающее термоэлектрическое устройство // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. – 2013. - №1.- С.90-93.
4. Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М. Гаджиева С.М. Тонкопленочные термоэлектрические устройства с отводом тепла в виде излучения для охлаждения микросистемной техники // Научное приборостроение. - 2013. – Т.23. - №3. - С.120-124.
5. Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Нежведилов Т.Д. Термостабилизация микроэлектронной аппаратуры при помощи полупроводниковых термоэлектрических устройств. - Махачкала: ИПЦ ДГТУ, 2013. – 149 с.
6. Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М. Челушкина Т.А., Челушкин Д.А. Интенсификация теплопереноса от кристалла интегральной схемы к теплоотводу за счет применения нано пленочного термоэлектрического теплового насоса // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - 2014. - №32. – С. 7-15.
7. Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М. Челушкина Т.А., Челушкин Д.А. Высокоэффективные полупроводниковые термоэлектрические устройства и приборы. – Махачкала: ИПЦ ФГБОУ ВПО «ДГТУ», 2014. –112 с.
8. Исмаилов Т.А. Гаджиев Х.М. Микроэлектронные компоненты с интегральным использованием эффекта Пельтье и оптического излучения. – Махачкала: ИПЦ ФГБОУ ВО «ДГТУ», 2015. –112 с.
9. Гаджиев Х.М. Челушкин Д.А. Полупроводниковое термоэлектрическое устройство для термостатирования компьютерного процессора с применением материалов в состоянии фазового перехода // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2015. – №38 – С. 37 – 43.

10. Патент RU №2156424. МПК: F28D7/10, F28D21/00. Термоэлектрический полупроводниковый теплообменник / Исмаилов Т.А., Магомедов К.А., Гаджиева С.М., Мурадова М.М.// Оpubл. 20.09.2000.

11. Патент RU №2405230, МПК: H01L 23/38, H05K 7/20, G06F 1/20. Способ отвода тепла от тепловыделяющих электронных компонентов в виде излучения / Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Гаджиева С.М., Нежведилов Т.Д., Челушкина Т.А.// Оpubл. 01.06.2009. Бюл. №33.

12. Патент RU №2205279, МПК: F01P3/20. Термоэлектрический автомобильный радиатор / Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Зарат А., Гафуров К.А.// Оpubл. 27.05.2003. Бюл. №27.

13. Патент RU №2098725, МПК: F25B21/02, H01M10/50. Способ охлаждения объекта каскадной термоэлектрической батареей и устройство для его осуществления / Манухин В.В., Дубинин Н.И., Колобаев В.А., Кудрявцев А.В., Волков В.Ю., Марковский М.А.// Оpubл. 10.12.1997.

14. Патент RU №2507613. МПК: G12B 15/06, H01L 23/34, H01L 23/38, H05K 7/20, G06F 1/20. Каскадное светоизлучающее термоэлектрическое устройство / Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Гаджиева С.М., Нежведилов Т.Д., Челушкина Т.А.// Оpubл. 20.02.2014. Бюл. №5.

15. Патент RU №2368877. МПК: G01K 7/22. Термостат с дискретными полупроводниковыми термоэлектрическими преобразователями/ Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Гаджиева С.М., Гафуров К.А.// Оpubл. 08.08.2006. Бюл. №27.

16. Патент RU №2535597, МПК: F28D 15/06. Способ интенсификации теплообмена в тепловой трубе / Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Гаджиева С.М., Нежведилов Т.Д.// Оpubл. 20.12.2014. Бюл. №35

References:

1. T.A. Ismailov. Thermoelectric semiconductor devices and the heat transfer enhancers. – S.-Pb.: OJSC «Polytechnic «Publisher»», 2005. – 534 p.

2. T.A. Ismailov, H.M. Gadjeiev. Thermoelectric cooling fuel components of microelectronic technology. - M.: «Academy», 2012. - 136 p.

3. T.A. Ismailov, H.M. Gadjeiev, S.M. Gadjeieva. Laminated emitting thermoelectric device. Proceedings of Russian higher educational institutions. Electronics. - 2013. - №1. - pp.90-93.

4. T.A. Ismailov, H.M. Gadjeiev, S.M. Gadjeieva. Thin-film thermoelectric devices with heat in the form of radiation for cooling microsystem technology. Scientific instrument. - 2013. - T.23. - No. 3. - pp.120-124.

5. T.A. Ismailov, H.M. Gadjeiev, T.D. Nejvedilov. Thermal stabilization of microelectronic devices using semiconductor thermoelectric devices. – Makhachkala DSTU CPI, 2013. - 149 p.

6. T.A.Ismailov, H.M.Gadjiev, T.A.Chelushkina, D.A.Chelushkin. Intensification of heat transfer from the integrated circuit chip to the heat sink through the use nanoplennogo thermoelectric heat pump. Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science. - 2014. - №32. - pp. 7-15.

7. T.A.Ismailov, H.M.Gadjiev, T.A.Chelushkina, D.A.Chelushkin. High-performance semiconductor thermoelectric devices and appliances. - Makhachkala: CPI VPO «DSTU», 2014. -112 p.

8. T.A.Ismailov, H.M.Gadjiev. Microelectronic components integrated using the Peltier effect and optical radiation. – Makhachkala: CPI FGBOU IN «DSTU», 2015. -112 p.

9. H.M.Gadjiev, D.A.Chelushkin. Solid state thermoelectric device for computer CPU temperature control using materials in a state of transition phase. Herald of Daghestan state technical University. Technical sciences. - 2015. - №38- pp.37-43.

10. Patent RU № 2156424. IPC: F28D7 / 10, F28D21 / 00. The thermoelectric semiconductor heat exchanger. T.A.Ismailov, K.A.Magomedov, S.M.Gadjieva, M.M.Muradova. Publ. 20.09.2000.

11. Patent RU № 2405230, IPC: H01L 23/38, H05K 7/20, G06F 1/20. A method of removing heat from the heat generating electronic components in the form of radiation. T.A.Ismailov, H.M.Gadjiev, S.M.Gadjieva, T.D.Nejvedilov, D.A.Chelushkin. Publ. 01.06.2009. Bull. №33.

12. Patent RU № 2205279, IPC: F01P3 / 20. Thermoelectric car cooler. T.A.Ismailov, H.M.Gadjiev, Zarat A., K.A.Gafurov. Publ. 27.05.2003. Bull. №27.

13. Patent RU №2098725, IPC: F25B21 / 02, H01M10 / 50. A method of cooling an object cascade thermoelectric battery and device for its implementation. V.V.Manukhin, N.I.Dubinin, V.A.Kolobaev, A.V.Kudryavtsev, V.Y.Volkov, M.A.Markov. Publ. 10.12.1997.

14. Patent RU №2507613. IPC: G12B 15/06, H01L 23/34, H01L 23/38, H05K 7/20, G06F 1/20. Cascading light emitting thermoelectric device. T.A.Ismailov, H.M.Gadjiev, S.M.Gadjieva, T.D.Nejvedilov, D.A.Chelushkin. Publ. 02.20.2014. Bull. №5.

15. Patent RU №2368877. IPC: G01K 7/22. Thermostat with discrete semiconductor thermoelectric converters. T.A.Ismailov, H.M.Gadjiev, S.M.Gadjieva, K.A.Gafurov. Publ. 08.08.2006. Bull. №27.

16. Patent RU № 2535597, IPC: F28D 15/06. The process of heat transfer enhancement in the heat pipe. T.A.Ismailov, H.M.Gadjiev, S.M.Gadjieva, T.D.Nejvedilov. Publ. 20.12.2014. Bull. №35.

УДК 621.362: 537.322

Евдулов Д.В., Евдулов О.В.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ НЕРАВНОМЕРНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЛАТ

Yevdulov D. V., O. V. Yevdulov

ELECTRONIC CIRCUIT BOARDS NON-UNIFORM COOLING SYSTEM MODEL

Аннотация. В статье рассмотрена математическая модель неравномерного охлаждения электронных плат. Представлена структурная схема системы, реализующей данный подход, методика расчета температурного поля электронной платы, а также принцип оптимизации ее тепловых характеристик. В рассмотренной схеме основной отвод теплоты от электронной платы производится посредством радиаторной системы, а дополнительное охлаждение наиболее чувствительных к температурному режиму компонентов производится термоэлектрическими батареями. Приведены двумерные температурные поля электронной платы при ее равномерном и неравномерном охлаждении, осуществлено их сравнение. Как следует из результатов расчетов, при использовании равномерного общего охлаждения электронного узла имеет место трата энергии на охлаждение участков электронной платы, температура которых и без охлаждающей системы лежит в пределах допустимого температурного диапазона.

Подобный подход приводит к увеличению холодопроизводительности используемых термоэлектрических батарей по сравнению с требуемыми значениями. Это в большой степени снижает экономичность системы отвода тепла. Применение же для охлаждения электронной платы неравномерного локального отвода тепла устраняет этот недостаток.

Полученные зависимости показывают, что в этом случае энергия, требуемая для создания заданного температурного режима, меньше, чем при использовании общего равномерного охлаждения. При таком подходе температурное поле радиоэлектронной платы оказывается более однородным, и охлаждение является более эффективным.

Ключевые слова: электронная плата, неравномерное охлаждение, термоэлектрическая батарея, температурное поле, математическая модель.

Abstract. The paper considers a mathematical model of non-uniform cooling of electronic circuit boards. The block diagram of the system implementing this approach, the method of calculation of the electronic board temperature field, as well as the principle of its thermal performance optimizing are present-

ed. In the considered scheme the main heat elimination from electronic board is produced by the radiator system, and additional cooling of the most temperature-sensitive components is produced by thermoelectric batteries. Are given the two-dimensional temperature fields of the electronic board during its uniform and non-uniform cooling, is carried out their comparison. As follows from the calculations results, when using a uniform overall cooling of electronic unit there is a waste of energy for the cooling of electronic board parts which temperature is within acceptable temperature range without the cooling system. This approach leads to the increase in the cooling capacity of used thermoelectric batteries in comparison with the desired values. This largely reduces the efficiency of heat elimination system. The use for electronic boards cooling of non-uniform local heat elimination removes this disadvantage. The obtained dependences show that in this case, the energy required to create a given temperature is smaller than when using a common uniform cooling. In this approach the temperature field of the electronic board is more uniform and the cooling is more efficient.

Key words: *electronic board, the non-uniform cooling, thermoelectric battery, temperature field, mathematical model.*

Введение. Наиболее распространенными элементами современной радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) являются электронные платы.

Среди них в зависимости от размещения проводящего рисунка выделяются односторонние, двусторонние и многослойные. Несмотря на тип электронной платы, основной их особенностью является рассредоточение по площади тепловыделяющих элементов. В указанных условиях температурное поле электронной платы является существенно неравномерным.

Постановка задачи. Для обеспечения нормальных тепловых условий функционирования такого радиоэлектронного прибора равномерное охлаждение, при котором все тепловыделяющие элементы охлаждаются с одинаковой интенсивностью, будет не целесообразным. Более рационально осуществлять неравномерный отвод теплоты. В этом случае радиоэлементы с большей величиной мощности рассеяния будут охлаждаться с большей интенсивностью, а элементы с меньшим уровнем тепловыделений – с меньшей.

Разработана конструкция теплоотводящей системы [1], изображенная на рис. 1, в которой реализован принцип неравномерного охлаждения.

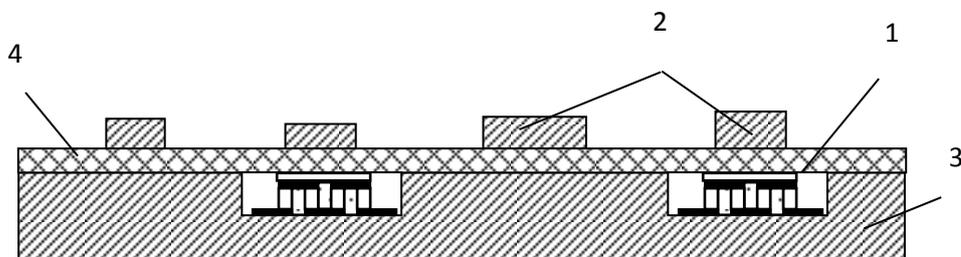


Рисунок 1. – Конструкция охлаждающей системы

В данной схеме основной отвод теплоты от электронной платы 1 производится посредством радиаторной системы 2, а дополнительное охлаждение наиболее чувствительных к температурному режиму компонентов 3 производится термоэлектрическими батареями (ТЭБ) 4. Конструкция имеет упрощенную технологию изготовления, предусматривает возможность согласования режимов работы отдельных ТЭБ и энергосбережения.

Таким образом, при проектировании рассмотренной системы охлаждения для конкретного типа электронной платы основной задачей разработчика является оптимизация температурного поля последней.

Методы исследования. Оптимизация температурного поля электронной платы и определение холодопроизводительности ТЭБ.

Исходными данными для расчетов являются стационарные и нестационарные температурные поля электронной платы без системы теплоотвода. Их анализ проводится на модели пластины с дискретными источниками энергии.

Математическая формулировка задачи определения температурного поля в пластине при использовании представления дискретного источника энергии в виде ступенчатой функции имеет следующий вид [2]:

$$\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + q(x, y) - b^2 T = c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau}, \tag{1}$$

$$q(x, y) = \sum_{j=1}^J q_j(x, y);$$

$$q(x, y) = \begin{cases} \frac{P_j}{4\Delta\xi_j \Delta\eta_j \delta \lambda} & \text{в области источника энергии,} \\ 0 & \text{вне области источника энергии} \end{cases},$$

$$b^2 = \frac{\alpha}{\lambda \delta},$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=L_x} = \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0} = \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=L_y} = \alpha(T - T_{cp}), \quad T = 293\text{K при } \tau = 0,$$

где, T – температура в любой точке пластины; x, y – пространственные координаты; T_{cp} – температура окружающей среды; τ – время; L_x, L_y – размеры пластины; δ – толщина пластины; λ – эффективный коэффициент теплопроводности пластины; α – коэффициент теплоотдачи ($\alpha = \text{const}$); c – теплоемкость пластины, ρ – плотность пластины, $q(x, y)$ – поверхностная плотность теплового потока от локальных источников, равная нулю вне зон расположения источников и постоянная в пределах зоны действия каждого j -го источника; P_j – мощность, рассеиваемая j -м локальным источником; $2\Delta\xi_j, 2\Delta\eta_j$ – размеры области, в которой расположен источник тепловыделений.

Для решения данной задачи применен численный метод конечных элементов, изложенный для задач подобного рода, например в [3].

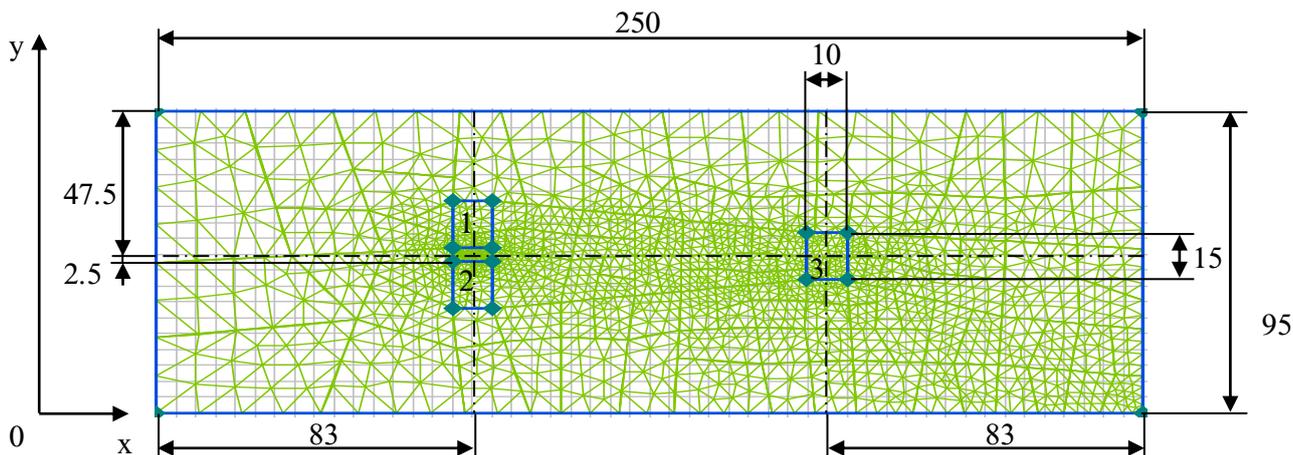


Рисунок 2. – Упрощенная модель электронной платы

На рис. 2 приведена упрощенная модель электронной платы в виде пластины с источниками теплоты, где указаны ее геометрические размеры и наложена конечноэлементная сетка.

Обсуждение результатов. В качестве расчетной исследовалась электронная плата высокочастотного усилителя мощности, проектируемого на ОАО «Избербашский радиозавод им. П.С. Плешакова».

В модели выделены 3 наиболее тепловыделяющих элемента – транзистора мощностью 120 Вт каждый. Мощность рассеяния остальных элементов электронной платы учтена в виде рассредоточенного по всей остальной площади электронной платы источника теплоты мощностью 20 Вт. В качестве исходных данных принималось: $\lambda=0.3$ Вт/(м·К) (стеклотекстолит), $\rho=1600$ кг/м³, $c=950$ Дж/(кг·К), $T_{cp}=293$ К, $\alpha=5$ Вт/(м²·К), геометрические размеры на рис. 2 приведены в мм.

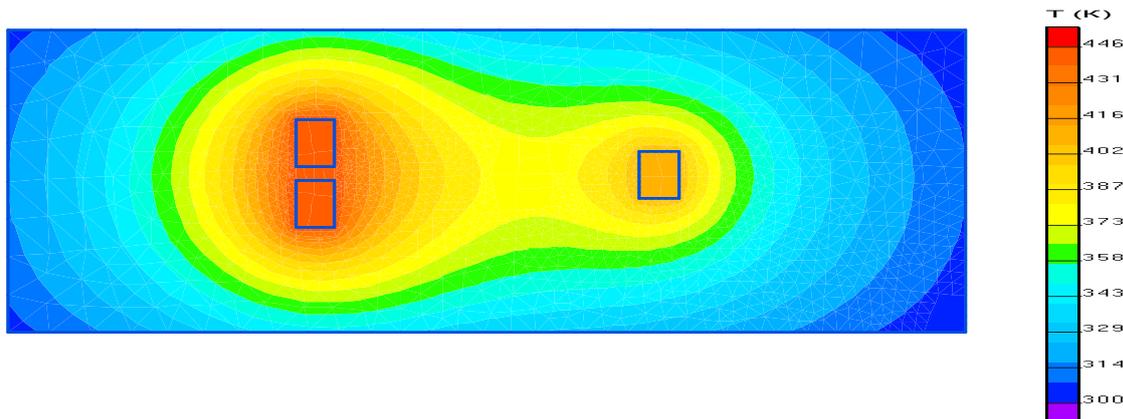


Рисунок 3. – Температурное поле электронной платы без системы охлаждения

На рис.3 приведено двумерное температурное поле такой электронной платы. Из представленных данных следует, что тепловыделяющие элементы на электронной плате имеют высокие пиковые значения температуры, а участки,

не содержащие тепловыделяющих элементов и отдаленные от них, имеют температуры, близкие к температуре окружающей среды.

Причем температура в области платы, соответствующей размещению рядом двух тепловыделяющих элементов 1 и 2, является наибольшей и превышает температуру области 3, соответствующей размещению одного элемента тепловыделения.

Данное обстоятельство связано с взаимным влиянием двух расположенных рядом источников теплоты в соответствии с принципом суперпозиции температурных полей. Указанное взаимное влияние необходимо учитывать при разработке и исследовании системы охлаждения.

Температурный рельеф электронной платы используется в качестве исходных данных для расчета холодопроизводительности ТЭБ. Целевая функция при этом представляет собой величину мощности, отводимой ТЭБ в окружающую среду для снижения температуры радиоэлементов до допустимых пороговых значений.

Численный расчет производится следующим образом.

1. Определяется количество компонентов электронной платы, имеющих значительную величину мощности рассеяния, температура которых лежит за диапазоном рабочих температур, а также их максимальный перегрев относительно допустимой рабочей температуры. Исходя из указанной информации, определяется количество теплопоглощающих элементов (ТЭБ), помещаемых под источниками теплоты – электронными компонентами платы.
2. Для остальных элементов электронной платы тепловая мощность суммируется и приводится к ее площади.
3. Основываясь на принципе суперпозиции температурных полей, составляется система уравнений, в которых величина необходимого значения температуры элемента электронной платы представляется как разность существующей температуры и температур, создаваемых теплопоглощающими элементами. В системе уравнений неизвестными являются величины мощностей теплопоглощающих элементов.
4. Осуществляется решение полученной системы уравнений.
5. Подбор рабочего вещества с соответствующей температурой плавления осуществляется в зависимости от требуемого температурного режима работы элементов платы. Его количество определяется продолжительностью их работы, а также мощностью тепловыделений.

По найденным значениям отводимых мощностей производится расчет параметров ТЭБ по известным соотношениям [2], либо с использованием программных средств для подбора типовых ТЭБ [4].

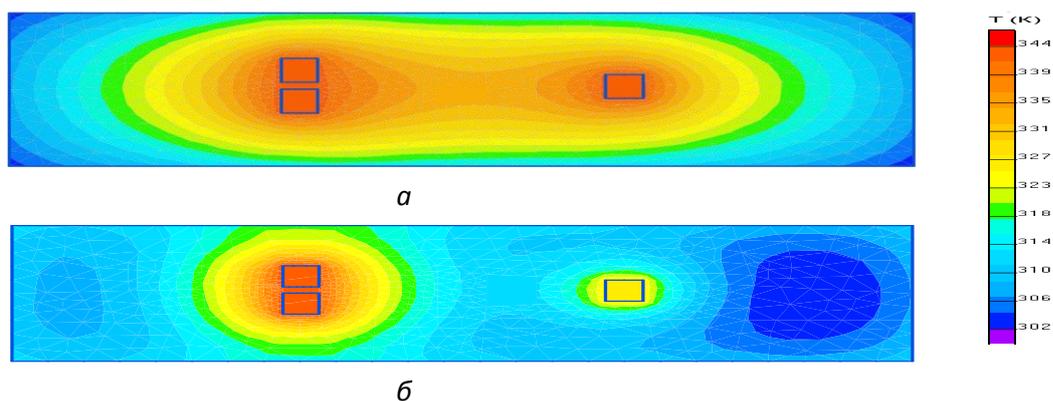


Рисунок 4. – Температурное поле электронной платы при ее неравномерном (а) и равномерном охлаждении (б)

На рис. 4а, изображено двумерное температурное поле электронной платы при ее неравномерном охлаждении, а на рис. 4б – при равномерном отводе теплоты.

В случае неравномерного охлаждения использовались два стока теплоты (ТЭБ), первый мощностью 148 Вт размещался под двумя тепловыделяющими элементами 1 и 2 (рис.2), второй, мощностью 77 Вт помещался под тепловыделяющий элемент 3. При равномерном охлаждении использовался сток теплоты мощностью 354 Вт.

Как следует из рисунков, при использовании равномерного общего охлаждения электронного узла имеет место трата энергии на охлаждение участков электронной платы, температура которых и без охлаждающей системы лежит в пределах допустимого температурного диапазона.

Подобный подход приводит к увеличению холодопроизводительности, а также габаритов ТЭБ по сравнению с необходимыми. Это в большой степени снижает экономичность системы отвода тепла. Так для приведенных расчетных данных в случае равномерного охлаждения электронной платы ТЭБ требуется в 1,57 раз больше мощности, чем при использовании неравномерного охлаждения. Соответственно увеличивается и потребляемая ТЭБ электрическая энергия.

Применение для охлаждения электронной платы неравномерного локального отвода тепла устраняет этот недостаток. Рисунки показывают, что в этом случае энергия, требуемая для создания заданного температурного режима, меньше, чем при использовании общего равномерного охлаждения. При таком подходе температурное поле радиоэлектронной платы оказывается более однородным, и охлаждение является более эффективным.

Основные характеристики в виде графиков зависимости холодопроизводительности, холодильного коэффициента и напряжения ТЭМ от силы электрического тока при различных значения температуры приведены в [4].

Вывод. В ходе исследования рассмотрена математическая модель неравномерного охлаждения электронных плат.

Представлена структурная схема системы, реализующей данный подход, методика расчета температурного поля электронной платы, а также принцип оптимизации ее тепловых характеристик.

Приведены двумерные температурные поля электронной платы при ее равномерном и неравномерном охлаждении, осуществлено их сравнение.

По известным величинам холодопроизводительности может быть осуществлен подбор ТЭБ из стандартного ряда выпускаемых промышленностью ТЭМ.

Для рассмотренного случая в качестве ТЭБ использованы ТЭМ, изготавливаемые ИПФ «Криотерм» типа DRIFT-08, имеющих максимальную холодопроизводительность $Q_{x\max}=172$ Вт, оптимальный ток $I_{\max}=11.3$ А, максимальный перепад температур между спаями $\Delta T_{\max}=69$ К, максимальное напряжение, соответствующее I_{\max} $U_{\max}=24.6$ В.

Библиографический список:

1. Устройство для охлаждения электронных плат: пат. 2366130 Рос. Федерация: МПК⁷ H05K7/20 / Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Евдулов Д.В., Агаев М.У.: заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет». – №2008129551; опубл. 27.08.2009, Бюл. №24.
2. Исмаилов Т.А. Термоэлектрические полупроводниковые устройства и интенсификаторы теплопередачи. – СПб.: Политехник, 2005. - 534 с.
3. Дульнев Г.Н. Теория тепло- и массообмена. – СПб.: СПбНИУИТМО, 2012. – 195 с.
4. <http://www.krioterm.ru>.

References:

1. Device for cooling electronic boards: Pat. 2366130 ROS. Federation: МПК7 H05K7/20
2. Ismailov T. A., Avdulov O. V., Avdulov D. V., Aslanov M. U.: The applicant and patent holder FGBOU VO "Dagestan state technical University". No 2008129551; publ. 27.08.2009, bull. No. 24. Ismailov T. A. semiconductor Thermoelectric devices properties and intensifiers of heat transfer. – SPb.: Polytechnic, 2005. - 534 p.
3. Dul'nev G. N. Theory of heat and mass transfer. – SPb.: Spbnet-MO, 2012. – 195p.
4. <http://www.krioterm.ru>.

УДК 697.9

Поддубный Р.А., Рябова Т.В., Сулин А.Б.

ПОСТРОЕНИЕ МАТРИЦ ИЗОКОМФОРТНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА

Poddubniy R.A., Ryabova T.V., Sulin A.B.

CONSTRUCTION OF ISOCOMFORTABLE MICROCLIMATE PARAMETERS VALUES MATRIX

Аннотация. В статье рассмотрен современный подход к оценке параметров микроклимата на основе индексов теплового комфорта в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ Р ИСО 7730-2009. Впервые введено понятие изокомфортных значений параметров микроклимата, представляющих такую их совокупность, которая обеспечивает заданный уровень теплового комфорта. Рассчитаны и приведены примеры трехмерных массивов данных параметров как функции конвективной температуры от относительной влажности и подвижности воздуха. Параметры микроклимата, обеспечивающие заданный уровень теплового комфорта, вычислялись методом последовательных приближений.

Предложенные в данной статье матрицы изокомфортных значений параметров микроклимата могут быть составлены для различных комбинаций исходных параметров.

Ключевые слова: параметры микроклимата, тепловой комфорт, индексы теплового комфорта.

Abstract. In the article is considered the modern approach to the assessment of climate parameters on the basis of the thermal comfort indices in accordance with the requirements of GOST R ISO 7730-2009. For the first time is introduced the concept of isocomfortable values of microclimate parameters, representing a set providing a predetermined thermal comfort level. Are calculated and presented the examples of three-dimensional arrays of given parameters as the convection temperature function from relative humidity and mobility of air. Microclimate parameters ensuring a specified level of thermal comfort were calculated by the method of successive approximations.

Proposed in this article matrixes of isocomfortable values of microclimate parameters can be formulated for different combinations of source parameters.

Key words: microclimate parameters, thermal comfort, thermal comfort indices.

Введение. Условия микроклимата нормируются как отечественными, так и международными стандартами.

В соответствии с Федеральным законом от № 184-ФЗ [1] и ГОСТ Р 1.0-2004 [2] международные стандарты имеют приоритет при разработке национальных стандартов.

В настоящее время в Российской Федерации действует серия международных стандартов в области нормирования микроклимата, причем некоторые из них приняты в качестве государственных стандартов Российской Федерации, например, ГОСТ Р ИСО 10551-2007 [3], ГОСТ Р ИСО 8996-2008 [4], ГОСТ Р ИСО 7730-2009 [5].

В основу методики комплексной оценки уровня комфортности умеренного микроклимата по ГОСТ Р ИСО 7730-2009 [5] положены определения индексов теплового комфорта PMV и PPD, полученные на основании субъективной оценки микроклиматических условий большой выборки испытуемых.

Прогнозируемая средняя оценка (PMV) - индекс, с помощью которого определяется среднее значение чувствительности к параметрам микроклимата по 7-балльной шкале (таблица 1).

Таблица 1 – Шкала чувствительности к температуре

Оценка в баллах PMV	Ощущения человека
+3	Жарко
+2	Тепло
+1	Немного тепло
0	Нейтрально
-1	Немного прохладно
-2	Прохладно
-3	Холодно

PPD – это показатель, который устанавливает прогнозируемый процент недовольных микроклиматом людей, которым слишком тепло или слишком холодно.

Постановка задачи. Теплоощущения человека зависят от совокупности параметров микроклимата (конвективная температура, радиационная температура, относительная влажность, подвижность воздуха), от интенсивности теплопродукции организма (метаболизм), от интенсивности выполняемой работы, а также, от теплоизоляционных характеристик одежды.

Требуемый уровень комфорта, задаваемый индексами PMV и PPD, может быть обеспечен системой кондиционирования воздуха при определенных сочетаниях параметров микроклимата. Расчет массивов параметров микроклимата, обеспечивающих заранее заданный уровень комфорта, является актуальной задачей, решение которой направлено на обоснование оптимальных, с позиции энергоэффективности, режимов работы систем кондиционирования воздуха.

Методы исследования. Определение значений PMV и PPD базируется на решении уравнения теплового баланса между телом человека и окружающей средой [6], называемого также уравнением теплового комфорта П.О. Фангера [7]:

$$M + W - E - RES = K_{cl} + R + C \quad (1)$$

где, M – скорость метаболизма, Вт/м²;

W – теплообмен в результате внешней работы, Вт/м²;

E – теплообмен в результате испарения пота, Вт/м²;

RES – теплообмен в результате дыхания, Вт/м²;

K_{cl} – кондуктивный теплообмен через одежду, Вт/м²;

R – лучистый (радиационный) теплообмен, Вт/м²;

C – конвективный теплообмен, Вт/м².

Для расчета индекса PMV используется следующая зависимость [5]:

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot M - W - (E_d + E_{sw} + E_{res} + L + C + R) \quad (2)$$

где M – скорость метаболизма, Вт/м²;

W – теплообмен в результате внешней работы, Вт/м²;

E_d – теплообмен за счёт диффузии пота через кожу, Вт/м²;

E_{sw} – теплообмен за счёт испарения пота, Вт/м²;

E_{res} – теплообмен за счёт разности давлений водяного пара вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, Вт/м²;

L – теплообмен за счёт разности температур вдыхаемого и выдыхаемого воздуха рассчитывается, Вт/м²;

C – значение конвективного теплообмена, Вт/м².

R – теплообмен излучением (радиационный теплообмен) рассчитывается по закону Стефана-Больцмана.

Прогнозируемый процент недовольных микроклиматом PPD в функции от PMV (рисунок 1) аппроксимируется выражением [5]:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (3)$$

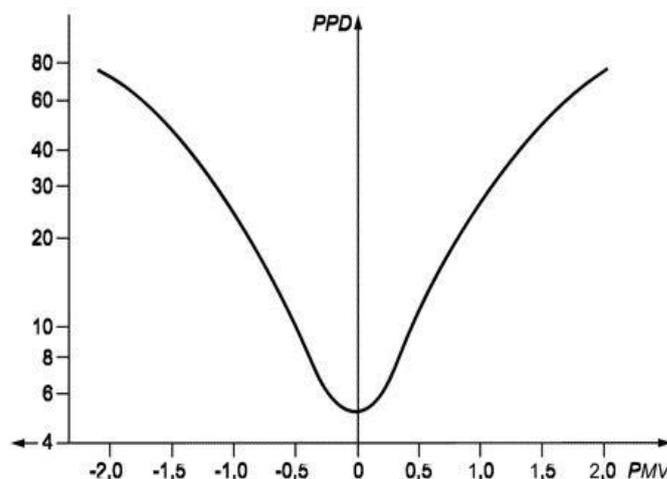


Рисунок 3 – PPD как функция PMV

При выполнении расчетов индексов теплового комфорта использована расчетная программа в табличном редакторе Microsoft Excel, приведенная в [8].

Параметры микроклимата, обеспечивающие заданный уровень теплового комфорта, вычислялись методом последовательных приближений.

Обсуждение результатов. В соответствии ГОСТ Р ИСО 7730-2009 [5] принято считать микроклимат комфортным (нейтральным), если значение индекса PMV составляет $\pm 0,5$ баллов, чему соответствует индекс $PPD \leq 10\%$. Примеры результатов расчетов изоконфортных значений параметров микроклимата приведены в таблицах 2-4 и на рисунках 2 и 3.

Таблица 2 –Изоконфортные значения температуры при $PPD=5\%$ ($PMV=0$)

	$v_a = 0,1 \text{ м/с}$	$v_a = 0,2 \text{ м/с}$	$v_a = 0,3 \text{ м/с}$	$v_a = 0,4 \text{ м/с}$	$v_a = 0,5 \text{ м/с}$
$\varphi = 30\%$	22,15	22,85	23,3	23,58	23,8
$\varphi = 40\%$	21,85	22,6	23,05	23,33	23,55
$\varphi = 50\%$	21,6	22,35	22,78	23,08	23,3
$\varphi = 60\%$	21,33	22,1	22,53	22,83	23,05
$\varphi = 70\%$	21,08	21,85	22,28	22,58	22,8
$\varphi = 80\%$	20,85	21,66	22,05	22,35	22,58

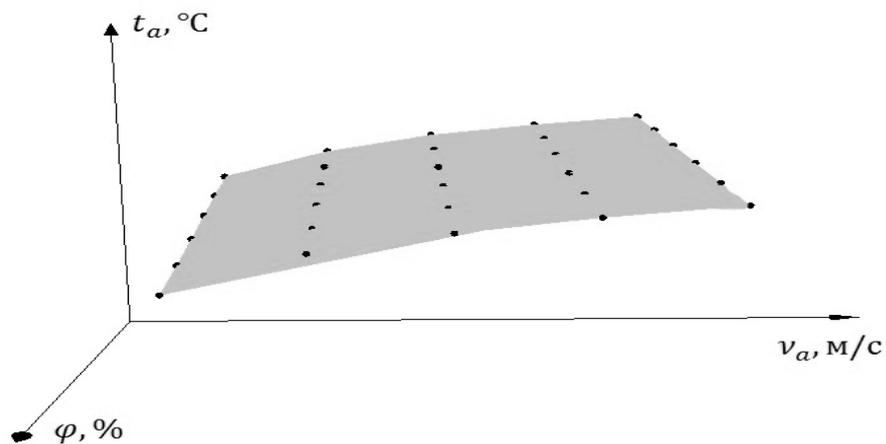


Рисунок 2 – Зависимость изоконфортной температуры от подвижности и относительной влажности при заданном $PPD = 5\%$ ($PMV=0$)

Таблица 3 – Изокомфортные значения температуры при PPD=10% (PMV=0.49)

	$v_a = 0,1 \text{ м/с}$	$v_a = 0,2 \text{ м/с}$	$v_a = 0,3 \text{ м/с}$	$v_a = 0,4 \text{ м/с}$	$v_a = 0,5 \text{ м/с}$
$\varphi = 30\%$	24,420	25,003	25,338	25,567	25,738
$\varphi = 40\%$	24,108	24,703	25,043	25,277	25,452
$\varphi = 50\%$	23,807	24,410	24,758	24,995	25,173
$\varphi = 60\%$	23,515	24,128	24,480	24,723	24,905
$\varphi = 70\%$	23,233	23,855	24,213	24,458	24,643
$\varphi = 80\%$	22,958	23,590	23,953	24,202	24,390

Таблица 4 – Изокомфортные значения температуры при PPD=10% (PMV= -0.49)

	$v_a = 0,1 \text{ м/с}$	$v_a = 0,2 \text{ м/с}$	$v_a = 0,3 \text{ м/с}$	$v_a = 0,4 \text{ м/с}$	$v_a = 0,5 \text{ м/с}$
$\varphi = 30\%$	19,805	20,715	21,230	21,583	21,845
$\varphi = 40\%$	19,563	20,477	20,995	21,350	21,615
$\varphi = 50\%$	19,325	20,245	20,767	21,123	21,390
$\varphi = 60\%$	19,097	20,018	20,543	20,902	21,170
$\varphi = 70\%$	18,873	19,800	20,326	20,686	20,957
$\varphi = 80\%$	18,655	19,585	20,115	20,476	20,748

Данные результаты связывают значение конвективной температуры с относительной влажностью и подвижностью воздуха.

Принято, что средняя радиационная температура равна конвективной, теплоизоляция одежды соответствует 0,8 единиц clo, скорость метаболизма соответствует легкой работе категории Ia.

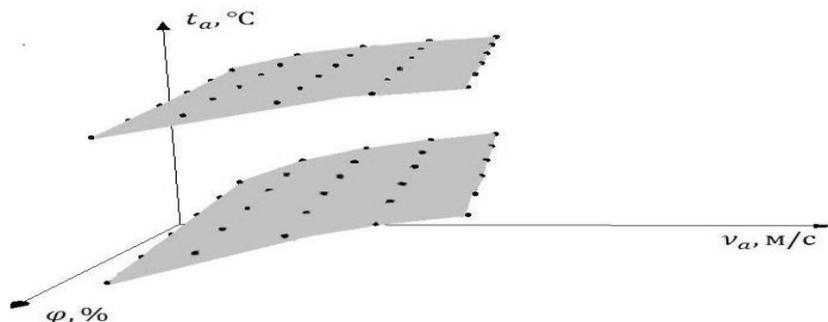


Рисунок 3 – Зависимость изокомфортной температуры от подвижности и относительной влажности при заданном PPD=10% (PMV= ±0.49)

Из вида зависимости на рисунке 3 понятно, что для значения параметра PMV отличного от нуля существует две зависимости для изокомфортной температуры: для состояния комфорта, смещающегося в направлении «тепло», и для состояния комфорта в направлении «прохладно».

Качественный анализ зависимостей для изокомфортной температуры указывает на ее более выраженную зависимость от подвижности воздуха, чем от относительной влажности. При этом для характеристики состояния комфорта в направлении «прохладно» ($PMV = -0.49$) зависимость изокомфортной температуры от подвижности сильнее, чем для состояния в направлении «тепло» ($PMV = +0.49$).

Вывод. Предложенные в данной работе матрицы изокомфортных значений параметров микроклимата могут быть составлены для различных комбинаций таких исходных параметров как уровень метаболизма (категория работы) и теплоизоляционные характеристики одежды.

Дальнейшие исследования в данном направлении будут выполняться с целью обоснования оптимальных режимов работы системы кондиционирования воздуха при условии обеспечения заданного уровня теплового комфорта.

Библиографический список:

- 1.Федеральный закон от 27.12.2002 N 184-ФЗ (ред. от 28.11.2015) «О техническом регулировании» [Электронный ресурс] Консультант Плюс. Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=189650&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.7850238144630513>
- 2.ГОСТ Р 1.0-2004 Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2007. – 10 с.
- 3.ГОСТ Р ИСО 10551-2007. Эргономика тепловой окружающей среды. Определение влияния тепловой окружающей среды с использованием шкал субъективной оценки. – М.: Стандартинформ, 2008. – 17 с.
- 4.ГОСТ Р ИСО 8996-2008 Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ. – М.: Стандартинформ, 2009. – 21 с.
- 5.ГОСТ Р ИСО 7730-2009 Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчёта показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта. – М.: Стандартинформ, 2011. – 38 с.
- 6.Индексы теплового комфорта: Методические указания к контрольной работе для студентов всех специальностей факультета холодильной, криогенной техники и кондиционирования очной и заочной форм обучения /Сулин А.Б., Рябова Т.В., Рубцов А.К., Никитин А.А. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 30 с.
- 7.Fariborz H. Thermal comfort in housing and Thermal Environments. Fariborz Haghghat. Sustainable Built Environment – Volume 1. –2009. – 449 p.
- 8.Писанко В.Л. Программа расчета показателей теплового комфорта в табличном редакторе Microsoft Excel. / Писанко В.Л., Заглядимов А.Е., Степанов В.В., Сулин А.Б. С-Пб.: Материалы Всероссийской научно-практической конфе-

ренции «Актуальные проблемы морской и водолазной медицины» 25-26 июня, 2015. – 256 с.

References:

1. Federal law of 27.12.2002 N 184-FZ (as amended on 28.11.2015) «On technical regulation» [Electronic resource] Consultant plus. Mode of access. <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=189650&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.7850238144630513>.
2. GOST R 1.0-2004 Standardization in the Russian Federation. The main provisions.–M.:Standartinform, 2007.–10p.
3. GOST R ISO 10551-2007. Ergonomics of the thermal environment. Determination of the influence of the thermal environment using subjective scales of assessment. – M.:Standartinform, 2008. – 17p.
4. GOST R ISO 8996-2008 ergonomics of the thermal environment. Determination of metabolic rate. – M.: Standartinform, 2009. – 21p.
5. GOST R ISO 7730-2009 Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal criteria of comfort. – M.:Standartinform, 2011. – 38p.
6. Indices of thermal comfort: Methodological instructions for control work for students of all specialties of the faculty of refrigerating, cryogenic engineering and air conditioning full-time and correspondence forms of training. Sulin, A.B., Ryabova T.V., Rubtsov A. K., Nikitin A. A. – SPb.: University ITMO, 2016. 30 p.
7. Fariborz H. Thermal comfort in housing and Thermal Environments. Fariborz Haghghat . Sustainable Built Environment – Volume 1. – 2009. – 449 p.
8. Pisanko, V.L. the Program of calculation of indicators of thermal comfort in the spreadsheet editor Microsoft Excel. Pisanko V.L., Zaglyadimov A.E., Stepanov V.V., A. B. Sulin-Pb.: Materials of all-Russian scientific-practical conference «Actual problems of the marine and diving medicine» on June 25-26, 2015. – 256 p.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 62.58

Асланов Г.К., Алимерденов В.Ш., Мусаева У.А., Саркаров Т.Э.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ РАЗГОНА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ИЗМЕНЕНИЕМ ВЕЛИЧИНЫ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Aslanov G. K., Alimerdenov V. Sh., Musayeva U.A., Sarkarov T.E.

MOTOR ACCELERATION TIME OPTIMIZATION BY THE CHANGE OF THE SUPPLY VOLTAGE VALUE

Аннотация. Обосновано, что отклонение напряжения сети от номинального значения, чаще всего, приводит к перегреву обмотки двигателя, что в сильной степени сокращает срок службы изоляции.

Поставлена задача определения изменения времени разгона электродвигателя в зависимости от времени переключения его питающего напряжения. Проведено моделирование работы электродвигателя постоянного тока 2ПН132М в процессе кратковременного изменения напряжения запуска с 380 В до 220 В - являющегося его номинальным значением. Методом прогонки определено оптимальное время переключения напряжения питания для электродвигателя. Приведены математические зависимости и результаты моделирования.

Ключевые слова: электродвигатель, время разгона электродвигателя, метод прогонки, моделирование.

Abstract. It is proved that the deviation of the voltage from the nominal values, often leads to overheating of the motor windings, which reduces the insulation life to a great extent.

The task of determining the change in the acceleration time of the motor depending on the switching time of its supply voltage is set. The modeling of DC motor 2ПН132М operation in the short-run changes in starting voltage from 380 V to 220 V - which is its nominal value-is carried out. By sweep method is determined the optimum time for switching the supply voltage of the motor. Mathematical dependencies and simulation results are presented.

Key words: motor, acceleration time of the motor, sweep method, modeling.

Введение. В системах реального времени требуется обеспечение высокого быстродействия. В таких системах, в качестве исполнительного механизма используются электродвигатели, которые в наибольшей степени определяют регулировочные характеристики, динамические свойства и энергетические показатели системы. Для обеспечения высокого быстродействия необходимо использование более мощных электродвигателей, что кроме финансовых издержек ведет к увеличению массогабаритных характеристик и расхода электроэнергии.

Обычно, электродвигатель считается инерционным звеном, быстродействие которого определяется его постоянной времени.

В соответствии с действующими стандартами допускается отклонение напряжения у потребителей $\pm 7,5\%$. В то же время, напряжение электрических сетей (особенно в сельской местности) колеблется в значительных пределах [2].

При повышенном напряжении сети увеличивается намагничивающий ток двигателя (ток холостого хода), что ведет к перегреву активной стали статора; несколько увеличивается частота вращения; уменьшается роторный ток. Пусковой и максимальный моменты двигателя возрастают.

При значительных повышениях напряжения двигатель на холостом ходу потребляет ток, близкий к номинальному, а под нагрузкой величина статорного тока может быть выше номинального значения. Коэффициент мощности двигателя уменьшается, обмотка статора перегревается за счет теплопередачи от чрезмерно нагретой активной стали и от протекающего по ней тока.

Из сказанного следует, что отклонение напряжения сети от номинального значения, чаще всего, приводит к перегреву обмотки двигателя, что в сильной степени сокращает срок службы изоляции. В конечном счете, происходит пробой изоляции между обмоткой и корпусом, между фазами статора или между витками.

Изоляция большинства проводников и приборов способна выдержать напряжение до 1000 вольт. Поэтому умеренное повышение напряжения вряд ли приведет к немедленному пробую изоляции.

Повреждающее действие повышенного напряжения состоит в том, что оно по закону Ома вызывает пропорциональный рост тока в проводниках и, следовательно, их усиленный нагрев. Постоянный нагрев ведет к ускоренному старению изоляции, постепенному снижению её механической и электрической прочности и, наконец, к повреждению. В то же время, при кратковременном увеличении напряжения питания (до нескольких секунд) обмотки, из-за инерционности процесса нагрева, не перегреваются [3].

Постановка задачи. Представляет интерес определение изменения времени разгона электродвигателя в зависимости от времени переключения его питающего напряжения.

Дифференциальное уравнение равновесия напряжения якорной цепи двигателя на основе второго закона Кирхгофа имеет вид [1]:

$$U_{я} = I_{я} R_{я} + E_{я} + L_{я} \frac{dI_{я}}{dt} \quad (1)$$

где: $U_{я}$ – напряжение на якоре двигателя;

$I_{я}$ – ток якоря;

$E_{я}$ – ЭДС;

t – текущее время.

Уравнение электродвижущей силы (ЭДС) в обмотке якоря имеет вид:

$$E_{я} = C_e n_n \Phi_B = k_{эм} \omega \quad (2)$$

где: Φ_B – магнитный поток;

C_e – конструктивная постоянная двигателя;

$\omega = \frac{2\pi n_n}{60}$ – угловая скорость двигателя;

$k_{эм} = C_e \Phi_B$ – электромагнитная постоянная;

Вращающий электромагнитный момент электродвигателя равен:

$$M_{вр} = C_m I_{я} \Phi_B = k_{эм} I_{я} \quad (3)$$

C_m – конструктивная постоянная двигателя.

Дифференциальное уравнение, характеризующее процессы в механической части двигателя имеет вид:

$$M_{вр} - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad (4)$$

где M_c – момент сопротивления.

Примем $M_c=0$. Тогда уравнение (4) примет вид:

$$M_{вр} = J \frac{d\omega}{dt} \quad (5)$$

Подставим уравнение (3) в (5) и получим:

$$J \frac{d\omega}{dt} = k_{эм} I_{я} \quad (6)$$

Откуда:

$$I_{я} = \frac{J}{k_{эм}} \frac{d\omega}{dt} \quad (7)$$

Возьмем производную по $I_{я}$:

$$\frac{dI_{я}}{dt} = \frac{J}{k_{эм}} \frac{d^2\omega}{dt^2} \quad (8)$$

Подставляя (2), (7), (8) в (1) получим:

$$U_{я} = \frac{L_{я} J}{k_{эм}} \frac{d^2\omega}{dt^2} + \frac{R_{я} J}{k_{эм}} \frac{d\omega}{dt} + k_{эм}\omega \quad (9)$$

После несложных математических преобразований получим передаточную функцию двигателя:

$$W(p) = \frac{\omega(s)}{U_{я}(s)} = \frac{k_{дв}}{T_{я}T_{м}s^2 + T_{м}s + 1} \quad (10)$$

где: $\omega(s)$ и $U(s)$ – соответственно, изображения по Лапласу от угловой скорости вращения и напряжения питания электродвигателя при нулевых начальных условиях;

$$k_{дв} = \frac{1}{k_{эм}} = \frac{1}{C_e C_m} \text{ - коэффициент передачи двигателя;}$$

$$T_{я} = \frac{L_{я}}{R_{я}} \text{ - электромагнитная постоянная времени;}$$

$$T_{м} = \frac{JR_{я}}{C_m C_e} \text{ - электромеханическая постоянная времени.}$$

В качестве примера рассмотрим двигатель постоянного тока 2ПН132М.

Основные параметры электродвигателя:

- номинальная мощность P_n , кВт – 7;
- номинальное напряжение U_n , В – 220;
- номинальная частота вращения n_n , об/мин - 2240-4000;
- коэффициент полезного действия η , % - 83;
- сопротивление обмотки якоря $R_{я}$, Ом - 0,226;
- сопротивление обмотки дополнительных полюсов $R_{дон}$, Ом – 0,166;
- сопротивление обмотки возбуждения $R_в$, Ом -4,6;
- индуктивность цепи якоря $L_{я}$, мГн – 4,6;
- момент инерции якоря J , кгм² – 0,37.

Найдем параметры передаточной функции для выбранного электродвигателя.

$$T_{я} = \frac{L_{я}}{R_{я}} = \frac{0,0046}{0,226} = 0,02$$

$$T_M = \frac{J R_{я}}{C_m C_e} = \frac{0,37 \cdot 0,226}{0,77 \cdot 0,9} = 0,12$$

$$k_{\partial \epsilon} = \frac{1}{C_m C_e} = 1,44$$

$$C_m = \frac{M_H}{I_{я}} = \frac{29,84}{38,33} = 0,77$$

$$M_H = 9,55 \frac{P_H}{n_H} = 9,55 \frac{7000}{2240} = 29,84$$

$$I_{я} = \frac{P_H}{\eta_n U_H} = \frac{7000}{0,83 \cdot 220} = 38,33$$

$$C_e = \frac{U_H - R_{я} I_{я}}{\omega_H} = \frac{220 - 0,226 \cdot 38,33}{234,45} = 0,9$$

$$\omega_H = \frac{2\pi n_H}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2240}{60} = 234,45$$

В целях упрощения модели электродвигателя, допускается в передаточной функции не учитывать влияние электромагнитной постоянной времени.

Тогда двигатель можно представить в виде инерционного звена:

$$W(s) = \frac{k_{\partial \epsilon}}{T_M s + 1} = \frac{1,44}{0,12s + 1}$$

переходной процесс которого описывается уравнением (11):

$$h(t) = k_{\partial \epsilon} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_M}} \right) \quad (11)$$

Методы исследования. В связи с тем, что номинальное напряжение питания электродвигателя постоянного тока 2ПН132М равно 220 В, при анализе зависимости времени разгона электродвигателя от момента переключения питающего напряжения, рассмотрим кратковременную подачу на него напряжения 380В, с последующим переключением на 220В.

Сказанное, можно представить в виде рисунка 1а.

В ходе исследования моделирование осуществлялось с использованием пакета программ VisSim. Для удобства моделирования входное напряжение представлено в виде суммы напряжений +380В и сдвинутой на время τ напряжения – 160В (рисунок 1б).

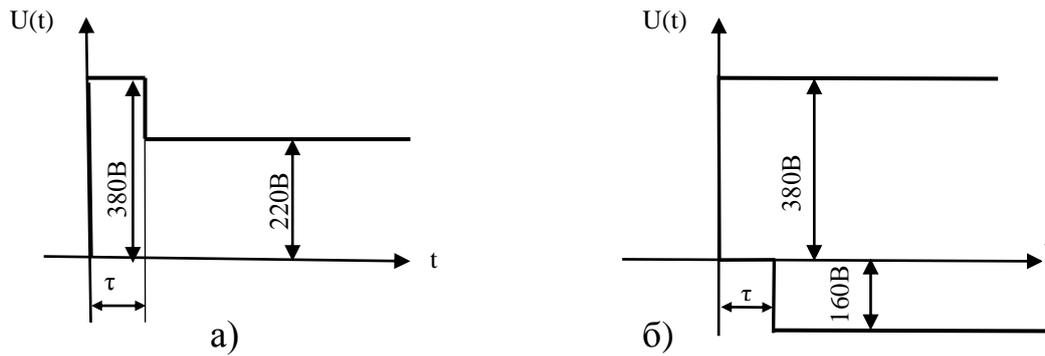


Рисунок 1 – Форма входного сигнала

Переходной процесс считается завершенным, если он вошел в зону $\pm 5\%$ от установившегося значения и не выходит из него.

Результаты моделирования для различных значений τ приведены на рисунке 2.

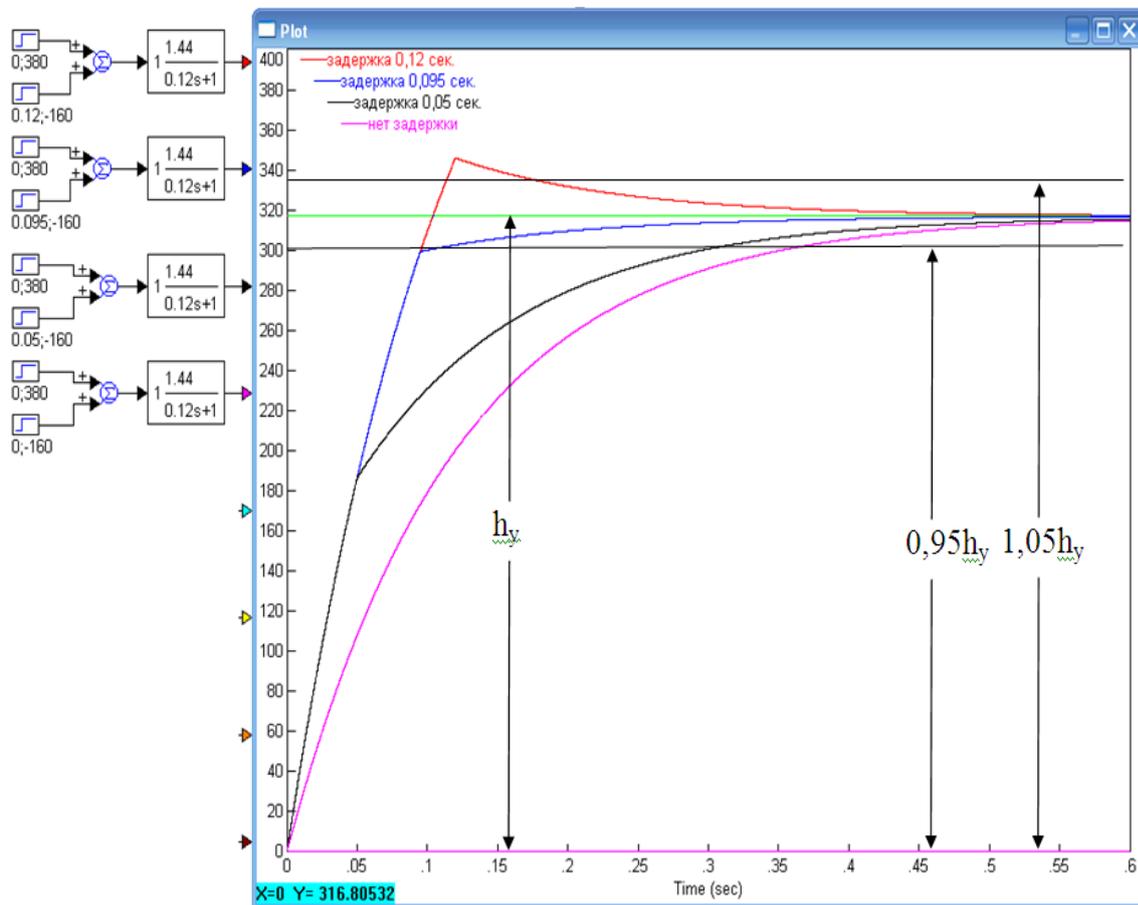


Рисунок 2 – Изменение скорости вращения электродвигателя при разгоне для различных значений τ

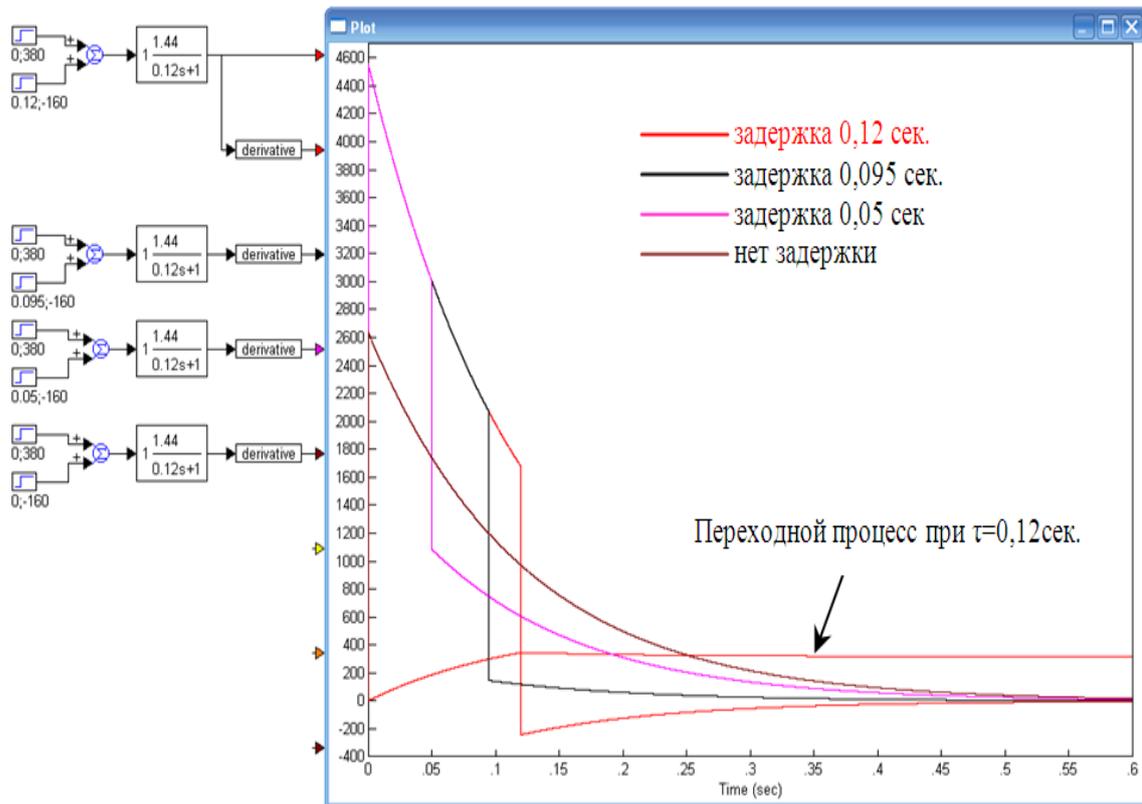


Рисунок 3 – Изменение ускорения вращения электродвигателя при разгоне

На рисунке 3 приведены весовые функции (изменение ускорения вращения электродвигателя при разгоне) для различных значений τ

Обсуждение результатов. Результаты моделирования показывают, что время выхода двигателя на номинальный режим значительно уменьшилось.

Из рисунка видно, что при $\tau=0,095$ – при которой угловая скорость вращения электродвигателя почти равна установившейся, при переключении питающего напряжения с 380 В на 220 В скорость электродвигателя, ввиду его инерционности должна выйти за пределы установившегося состояния, что на модели не наблюдается, т.е. результаты моделирования не адекватны реальному процессу. В связи с этим при моделировании двигатель будем рассматривать как апериодическое звено второго порядка (АПЗ-2).

Передаточная функция двигателя в этом случае равна:

$$W(p) = \frac{k_{\partial\omega}}{T_J T_M s^2 + T_M s + 1} = \frac{1,44}{0,0024s^2 + 0,12s + 1} \quad (12)$$

Переходной процесс для АПЗ-2 описывается уравнением [1]:

$$h(t) = k_{\partial\omega} \left(1 - \frac{T_3}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{T_4}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t}{T_4}} \right) \quad (13)$$

где:

$$T_{3,4} = \frac{T_M}{2} \pm \sqrt{\frac{T_M^2}{4} - T_{я}T_M} \quad (14)$$

Для двигателя 2ПН132М $T_3=0,09464$, $T_4=0,02535$.

Процесс разгона электродвигателя, в этом случае, описывается выражением:

$$h(t) = 380k_{\partial в} \left(1 - \frac{T_3}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t}{T_3}} + \frac{T_4}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t}{T_4}}\right) - 160k_{\partial в} \left(1 - \frac{T_3}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t-\tau}{T_3}} + \frac{T_4}{T_3 - T_4} e^{-\frac{t-\tau}{T_4}}\right) = 0 \quad (15)$$

Определение времени переключения напряжения питания электродвигателя τ для обеспечения минимального времени его разгона осуществим методом прогонки.

Результаты моделирования для двигателя постоянного тока приведены на рисунке 4.

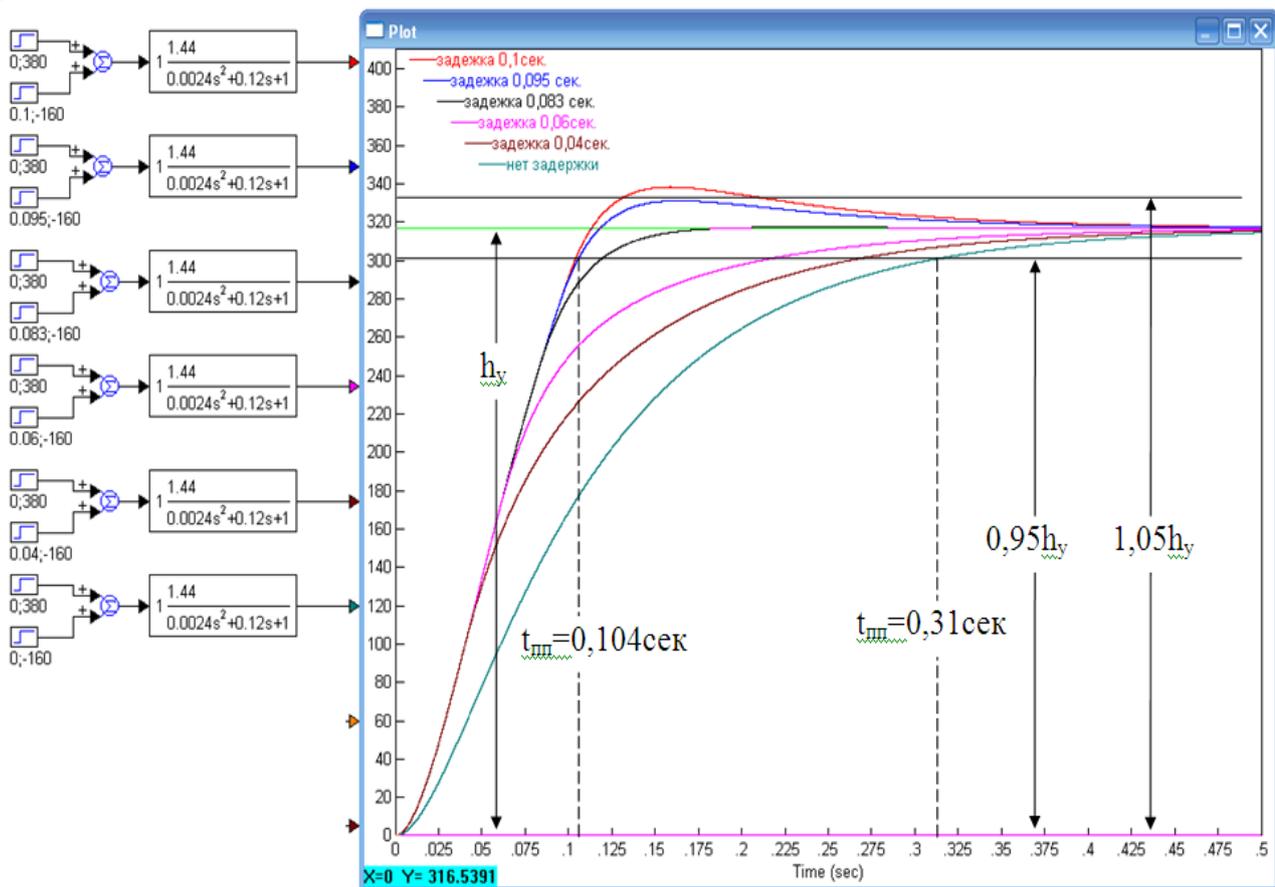


Рисунок 4 – Графики разгона электродвигателя при различных временах задержки τ

Вывод. Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать следующие выводы:

- при представлении двигателя в виде инерционного звена первого порядка (без учета электромагнитного постоянного времени) результаты моделирования получаются не адекватными реальному процессу;
- оптимизация времени разгона двигателя 2ПН132М путем переключения напряжения питания привело к уменьшению длительности переходного процесса с 0,31с. до 0,104с.

Библиографический список:

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. Изд. 4-е, перераб. и доп.- Спб.: Профессия, 2003 – 752с.
2. Электронный ресурс: <http://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/neispravnosti-elektrooborudovaniya-i-sposoby-ih-ustraneniya-15.html>
3. В. И. Гуков, С.Ф. Позднухов, Н. Н. Рудано, В. Н. Тарасов. Авторское свидетельство № 997214 от 18.02.83г.: Способ пуска гистерезисного электродвигателя.

References:

1. Besekersky V. A., Popov E. P. Theory of automatic control systems. Ed. 4th, Rev. and extra - SPb.: Profession, 2003 – 752 p.
2. Electronic resource: <http://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/neispravnosti-elektrooborudovaniya-i-sposoby-ih-ustraneniya-15.html>.
3. V. I. Gukov, S. F. Pozdnukhov, N. N. Rodano, V. N. Tarasov. Copyright certificate № 997214 from 18.02.83 G.: the Method of starting hysteresis motor.

УДК 519.14

Кадиев П.А., Кадиев И. П., Мирзабеков Т. М.

ПАКЕТ ПРОГРАММ ДЛЯ СКРЕМБЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА

Kadiev P. A., P. I. Kadiev, Mirzabekov T. M.

THE SOFTWARE PACKAGE FOR DATA STREAM SCRAMBLING

Аннотация. Предлагается пакет программ для многовариантного ступенчатого преобразования текстового потока с целью повышения стойкости защиты от несанкционированного доступа, и пакет для восстановления преобразованного текста. В основе предложений: формирование пхп-массива из элементов потока данных, предварительные перестановки элементов массива, с формированием массива, каждая строка и каждый столбец которого включает один и только один элемент из

каждой строки и каждого столбца исходного массива, с последующим считыванием по вариантам, выбранным пользователем.

Пакет для прямого преобразования включает в себя: модуль для формирования массива из входного потока; модуль перестановки элементов массива по схеме латинских квадратов; модуль считывания строк или столбцов массива по одному из следующих алгоритмов: последовательное считывание; считывание строк или столбцов с четными индексами, а затем с нечетными; считывание строк или столбцов с нечетными индексами, а затем с четными; считывание по случайному маршруту, который генерируется программой; считывание по маршруту, определенному пользователем.

Пакет для восстановления исходного сообщения путем обратного преобразования включает: модуль формирования канального массива из потока данных; модуль восстановления из канального массива – массива типа латинский квадрат; модуль восстановления исходного массива; модуль восстановления исходного сообщения.

Ключевые слова: скремблирование, поток данных, информационный поток, ключи шифрования, дескремблирование.

Abstract. It is proposed a software package for multivariate stepwise transformation of the text flow in order to increase resistance to protect against unauthorized access, and a package to restore the converted text. The basis of the proposals: the formation of $n \times n$ -array from the elements of a data flow, preliminary transposition of the array elements to form an array, each row and each column of which includes one and one only element from each row and each column of the source array, following reading on the options selected by the user.

Package for direct conversion includes: a module for forming an array from the input flow; transposition module of array elements according to the scheme of Latin squares; reading module of rows or columns of the array to one of the following algorithms: sequential reading; reading of rows or columns with even indices and then odd ones; reading the row or column with odd indices, and then the even; reading at random route, which is generated by the program; reading at the route determined by the user.

Package for restoring of the original message by the inverse transform comprises: a channel array forming module from the data flow; recovery module from the channel array - the array of Latin square type; the original array module; the original message restoring module.

Key words: scrambling, data flow, information flow, encryption keys, descrambling.

Введение. Скремблированием – процесс преобразование потока данных с целью видоизменения его структуры, заключающийся в перемежении символов, перестановке их местами. Это приводит к видоизменению структуры потока, внесению в нее свойств случайности, что может быть использовано: для защиты от несанкционированного доступа (НСД) к данным, скрытия его инфор-

мационного содержания, защиты от пакетов случайных ошибок или преднамеренных стираний при передаче по каналу, для улучшения спектральных и статистических характеристик потока. [1].

Многообразие решаемых скремблированием задач, обеспечивающих качество и эффективность информационных процессов, определяет множество методов ее реализации и необходимость разработки новых технологий, в частности, технологий, которые имели бы универсальный характер.

Постановка задачи. Выбор метода скремблирования во многом определяется спецификой решаемых задач. Поэтому часто методы скремблирования являются узко специализированными, что можно отметить в качестве их недостатка.

Наиболее распространенными из них являются: блочные периодические, сверточные и псевдослучайные. В простейшем варианте периодические реализуют детерминированное скремблирование путем записи кодовых блоков в столбцы (строки) матрицы со считыванием по строкам (столбцам).

При псевдослучайном скремблировании в блоках элементы цифрового потока переставляются псевдослучайным образом, адрес переставляемого элемента генерируется генератором псевдослучайных последовательностей. При использовании сверточного метода скремблирования элементы потока логически складываются по модулю два с элементами псевдослучайного потока. При использовании скремблирования для защиты от НСД метод периодических перестановок не применяется ввиду того он недостаточно криптостойкий и легко раскрываемый. При защите от пакетов ошибок он предпочтителен ввиду простоты реализации.

Методы свертки и псевдослучайных перестановок сложны, так как при их реализации нужны генераторы псевдослучайных последовательностей, требующие обеспечения их синхронности и синфазности. Однако их использование неизбежно, так как позволяет более эффективно решать задачи защиты от НСД и защиты от пакетов ошибок. Особенно это важно при борьбе с пакетами случайных ошибок, характеристики которых в каналах могут меняться, и при защите от преднамеренно организованных для стирания информации при передаче по каналу помех.

Из изложенного следует, что целесообразно разработать технологии с гибкой структурой, позволяющей формировать процессы скремблирования в зависимости от решаемых задач.

В данной работе качестве основного требования к процессу скремблирования рассматривается обеспечение надежной защиты от НСД. Требования по защите от пакетов случайных или организованных ошибок, рассматриваются с точки зрения изменения их свойств и характеристик.

Задача, поставленная в данной работе состоит в разработке пакета программ прямого и обратного преобразования потока данных, который обеспечивает улучшение характеристик потока:

- путем формирования массива из блоков, образованных из элементов потока данных;

- преобразование массива, перед считыванием данных, перестановками элементов, используя метод перестановок в качестве первого элемента ключа шифрования;
- в полученном после преобразования массиве, обеспечить считывание по различным алгоритмам и маршрутами, которые выбирает пользователь, используя выбор метода в качестве дополнительного, второго ключа шифрования.

Пакет программ должен обеспечить:

- формирование из блоков потока данных заданной длины $n \times n$ – массив;
- перестановки элементов $n \times n$ – массива, по заданным алгоритмам;
- последовательное считывание содержимое полученного массива последовательно по строкам или, столбцам, в заданной пользователем последовательности, по псевдослучайному алгоритму
- обратные преобразования по восстановлению структуры исходного потока.

Методы исследования. В основе методов решения поставленной задачи - создание пакета программ скремблирования, реализующих процесс на основе теоретических результатов, полученных авторами в работах [2, 3] в качестве методов преобразования, сформированных из элементов потока данных массива и первого ключа шифрования, с последующим использованием в качестве второго ключа шифрования одного из вариантов маршрута считывания содержимого преобразованного массива.

В качестве правил перестановок сформированного $n \times n$ – массива использован алгоритм, формирующий перестановками элементов массив, в каждой строке и в каждом столбце которого находится один и только один элемент из каждой строки и каждого столбца исходного массива [2, 3].

Искажения в таком массиве, от случайных пакетов ошибок или организационных помех стирания, длиной в n символов вызывает при обратном преобразовании на входе одиночные ошибки в строках, что легко обнаруживается и устраняется относительно простыми кодами Хэмминга.

Полученный перестановками массив, сохраняет указанные выше свойства при любых перестановках строк и столбцов. Это позволяет перед считыванием содержимого перестановками строк и столбцов сформировать $n!(n-1)!$ различных по местоположению элементов массивов. Что означает наличие указанного количества ключей шифрования, и определяет криптостойкость первого уровня метода шифрования. Считывание может выполнено по любому из указанных вариантов полученных массивов.

Выбор метода считывания задается пользователем. Он может быть реализован множеством вариантов: по строкам в той последовательности, в которой они записаны в массиве, либо в любом из $n!$ варианте считывания строк, определяемых пользователем выбором соответствующего ключа шифрования, задающего этот порядок.

Аналогично считывание может быть организовано считыванием по столбцам, причем число вариантов равно числу возможных перестановок столбцов.

Псевдослучайное скремблирование реализуется на уровне организации псевдослучайного выбора порядка считывания строк или столбцов, в отличие от традиционного случайного выбора номера позиции считываемого элемента в блоках информационного потока.

Для реализации метода в пакете использована стандартная программа формирования псевдослучайных последовательностей, определяющая порядок считывания строк или столбцов в преобразованном массиве.

Обсуждение результатов. В данной статье представлен пакет программ для скремблирования информационного потока, отличающийся тем, что сформированный из блоков потока данных информационный массив преобразуется по оригинальному алгоритму перестановки элементов, предложенному в работах авторов [2, 3], формирующему конфигурацию, строки и столбцы которого содержат по одному элементу из каждого столбца и каждой строки исходного массива, с последующей перестановкой ее строк и столбцов, считыванием их по различным алгоритмам, определяемым пользователем. Это позволяет существенно повысить криптостойкость метода шифрования.

Сам процесс скремблирования является многоступенчатым, число ключей шифрования значительно увеличивается.

В пакет включены программы формирования из входных информационных потоков массивов в виде *nхп*- матриц, где $n = (3, 5, 7, 9, \dots)$, преобразования в матрицы, в строках и столбцах которых расположены по одному элементу из каждой строки и каждого столбца исходного массива [2, 3].

Содержимое пакета программ. Для скремблирования входного сообщения разработаны следующие модули:

- модуль формирования *nхп*-массива из входного потока;
- модуль перестановки элементов массива по алгоритму формирования массив, строки и столбцы которого содержат по одному элементу из каждой строки и каждого столбца исходного *nхп*-массива;
- модули считывания строк или столбцов массива по одному из следующих алгоритмов:
 - а) последовательное считывание;
 - б) последовательное считывание строк или столбцов с четными индексами, а затем с нечетными;
 - в) последовательное считывание строк или столбцов с нечетными индексами, а затем с четными;
 - г) считывание строк или столбцов по случайному маршруту, который генерируется программой;
 - д) считывание строк или столбцов по маршруту, определенному пользователем.

Программный пакет для восстановления скремблированного сообщения включает в себя:

- модуль формирования из потока данных канального массива;
- модуль восстановления из канального массива - массива типа латинский квадрат;
- модуль восстановление исходного массива;
- модуль восстановление исходного сообщения.

Разработанные интерфейсы приложений для скремблирования и дескремблирования информационного потока, отображены на рисунках 1 и 2.

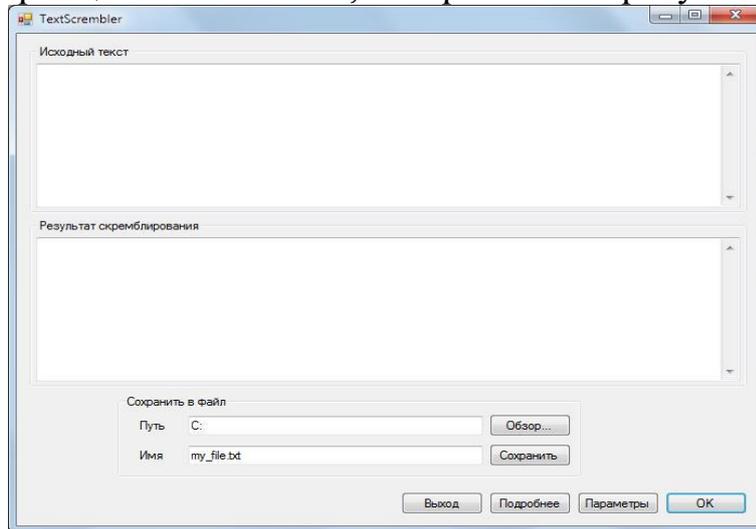


Рисунок 1 – Интерфейс программы для скремблирования информационного потока

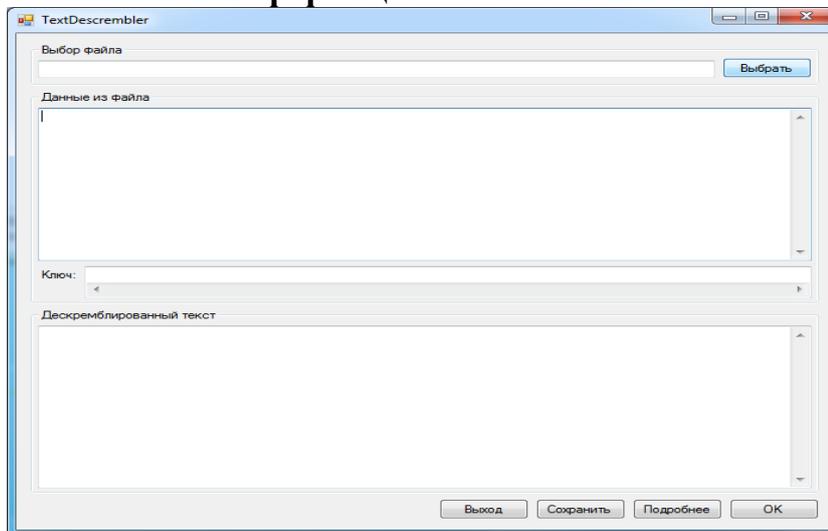


Рисунок 2 – Интерфейс программы для восстановления исходного сообщения

Процедуры по прямым преобразованиям выполняются в следующем порядке:

1. Сообщение, которое подлежит преобразованию, вводится в текстовое поле «Исходный текст». Для наглядности, в качестве исходного сообщения использована часть русского алфавита: «АБВГДЕЖЗЙЙКЛМНОПРСТУ-ФХЦЧШ..» (рисунок 3).

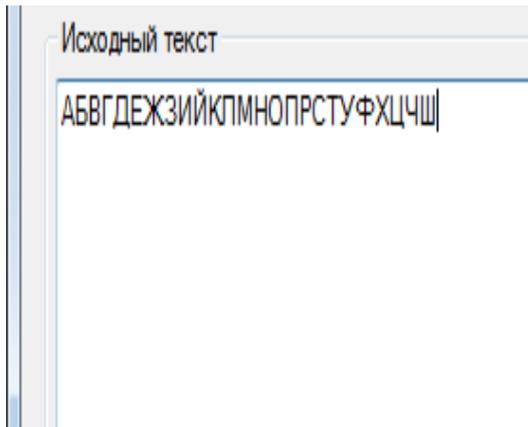


Рисунок 3 – Ввод исходного сообщения

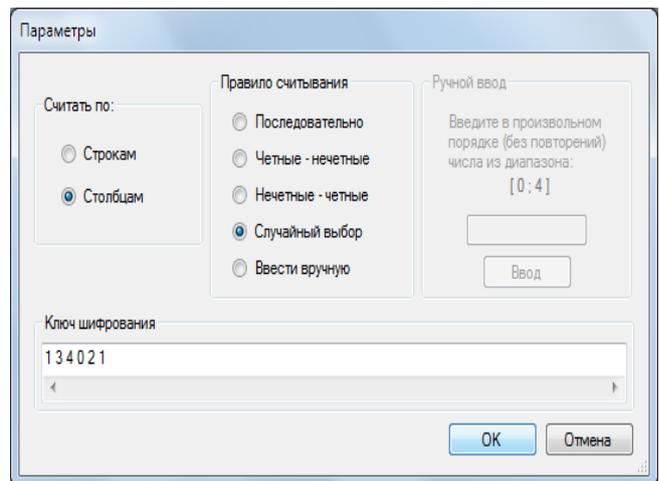


Рисунок 4 – Интерфейс окна «Параметры» программы для скремблирования информационного потока

2. Далее, при нажатии на кнопку «Параметры», всплывает диалоговое окно, в котором можно выбрать рядок и правило считывания (рисунок 4).

Интерфейс окна «Параметры» разделен на четыре блока:

Первый блок – «Считать по:». Здесь, пользователь задает порядок считывания: по строкам (по умолчанию), или по столбцам;

Второй блок – «Правило считывания», предназначен для выбора одного из следующих правил считывания:

а) «Последовательно» – является простейшим из всех возможных случаев, т. е. строки или столбцы будут переданы последовательно, без перестановок, от 0 до N следующим образом: 0, 1, 2, 3, ..., $N-1$, N ;

б) «Четные-нечетные». В данном случае строки (столбцы) будут переставлены таким образом, что вначале будут строки (столбцы) с четными индексами, а затем с нечетными. Так как N – всегда нечетное, последовательность будет выглядеть следующим образом: 0, 2, 4, ..., $N-3$, $N-1$, 1, 3, ..., $N-2$, N ;

в) «Нечетные-четные». Данное правило, является похожим на предыдущий случай, с единственной разницей в том, что в отличие от считывания по правилу «четные-нечетные», в начало будут переставлены строки (столбцы) с нечетными индексами, а затем – с четными. Так как N – всегда нечетное, последовательность будет выглядеть следующим образом: 1, 3, ..., $N-2$, N , 0, 2, 4, ..., $N-3$, $N-1$;

г) «Случайный выбор». Суть данного правила заключается в генерации случайной последовательности неповторяющихся чисел от 0 до $N-1$. Далее происходит перестановка строк или столбцов по сгенерированной последовательности;

«Ввести вручную». При выборе данного правила, пользователю необходимо будет ввести маршрут, по которому будут переставлены строки или столбцы;

Третий блок – «Ручной ввод». По умолчанию этот блок заблокирован. Для активации – необходимо выбрать правило считывания «Ввести вручную». Данный блок позволяет пользователю самостоятельно задавать последовательность считывания;

Четвертый блок – «Ключ шифрования». Отображает в текстовом поле ключ шифрования. Ключ состоит из $N+1$ чисел. Первое число ключа соответствует выбранному порядку считывания:

- а) ноль (0) – если считывается по строкам;
- б) единица (1) – если считывается по столбцам.

Остальные N чисел ключа, со второго и до $N+1$ элемента соответствуют правилу, по которому были переставлены строки или столбцы массива.

3. После выбора прядка и правила считывания, необходимо нажать на кнопку «ОК» в диалоговом окне программы, в результате запустится процесс скремблирования. Результат преобразования отобразится в текстовом поле «Шифрованный текст» как показано на рисунке 5.

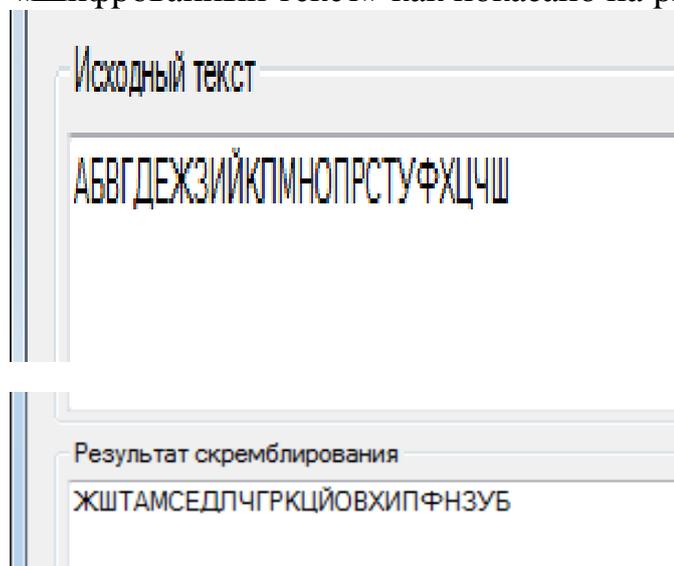


Рисунок 5 – Вывод результата скремблирования

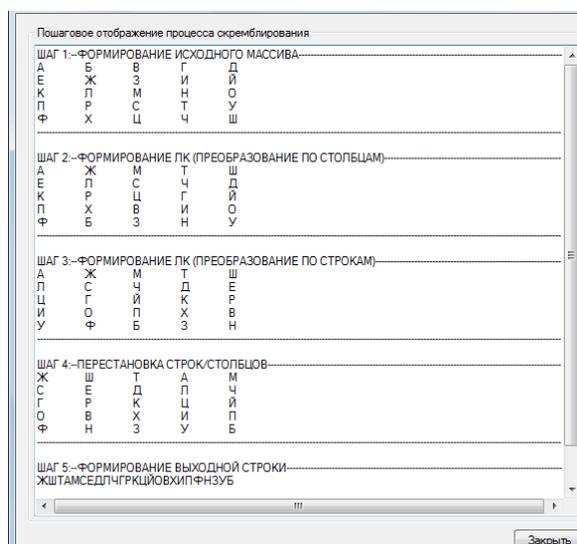


Рисунок 6 – Интерфейс окна «Подробнее» программы для скремблирования информационного потока

При нажатии на кнопку «Подробнее», появится диалоговое окно, в котором можно будет изучить каждый шаг преобразования исходного сообщения в скремблированный текст (рисунок 6).

4. После завершения скремблирования, результат необходимо сохранить в файл. Для этого в соответствующих полях интерфейса задается имя и путь к файлу, после чего нужно кликнуть по кнопке «Сохранить».

Восстановление скремблированного сообщения выполняется в следующем порядке:

1. Запускаем программу для восстановления (дескремблирования) исходного сообщения и загружаем файл со скремблированными данными, который был сохранен при работе предыдущей программы. Для этого нажмем

на кнопку «Выбрать» в основном окне программы для дескремблирования сообщения (рисунок 2) и в открывшемся окне найти и загрузить нужный файл.

2. После выбора и загрузки файла, программа считывает данные из нее и отображает их в соответствующих элементах интерфейса: в текстовое поле «Выбор файла» выводится полное имя выбранного файла; в поле «Данные из файла» – скремблированный текст; в поле «Ключ:» запишется информация, которая соответствует выбранному правилу преобразования-скремблирования (рисунок 7).

Окончательное восстановление исходного сообщения происходит при нажатии на кнопку «ОК» в основном окне программы для дескремблирования сообщения. Результат отобразится в поле «Дескремблированный текст» (рисунок 8).

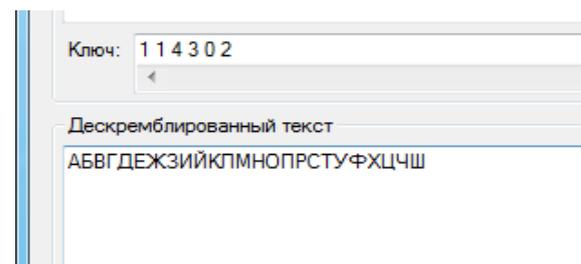
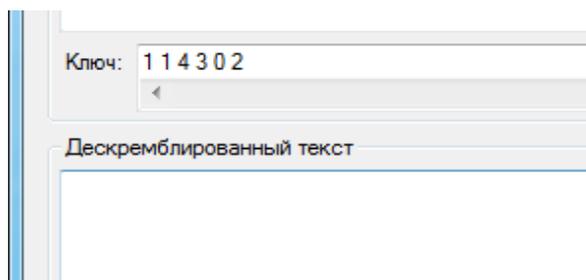
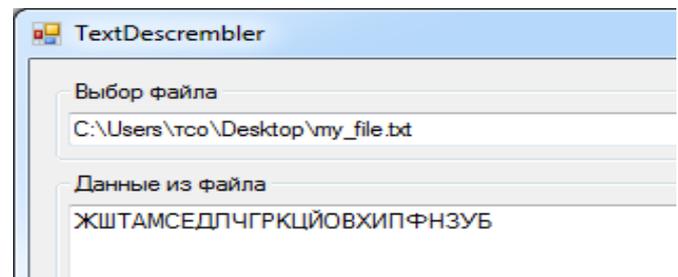
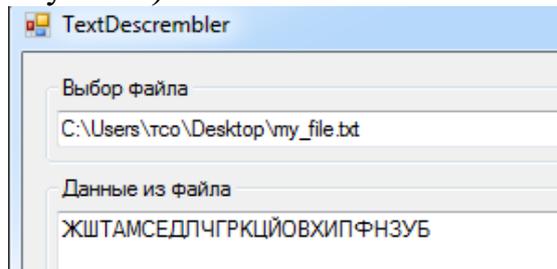


Рисунок 7 – Загрузка данных из файла в диалоговое окно программы

Рисунок 8 – Результат дескремблирования

3. Также как и в первой программе, здесь имеется возможность изучить каждый шаг преобразования-дескремблирования данных в исходное сообщение, используя кнопку «Подробнее».

На рисунке 9 видно, что восстановление исходного сообщения происходит по следующему алгоритму:

- восстановление массива из скремблированного текста (рисунок 8, шаг 2);
- обратная перестановка строк (столбцов) (рисунок 8, шаг 3);
- обратное преобразование по схеме латинских квадратов (рисунок 8, шаг 4 и 5);
- восстановление исходного сообщения (рисунок 8, шаг 6).

4. Для того чтобы сохранить в файл восстановленное сообщение необходимо нажать на кнопку «Сохранить» в основном окне программы для дескремблирования сообщения (рисунок 2), при этом, в том же каталоге, откуда был

загружен файл со скремблированным сообщением, появится новый файл, в который будет записано восстановленное исходное сообщение.

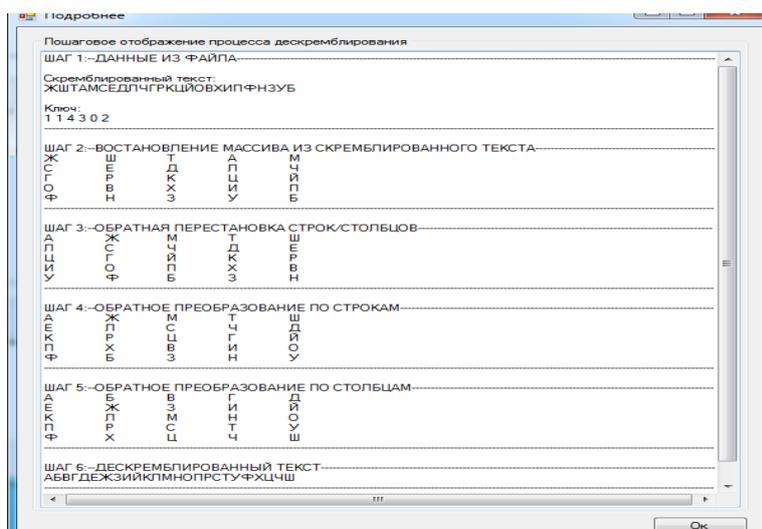


Рисунок 9 – Диалоговое окно «Подробнее»

В результате дескремблирования будет получено исходное сообщение: «АБВГДЕЖЗИЙКЛМНОПРСТУФХЦЧШ».

Вывод. Представленный пакет программ разрабатывался в среде Microsoft Visual Studio 2010, используя язык программирования C#. Предлагаемый пакет является продолжением работ по созданию программ скремблирования на основе предварительного преобразования массивов по схеме двухиндексных латинских квадратов, начало которым было положено разработкой и регистрацией программы преобразования матриц методом латинских квадратов [4]. Пакет программ под общим названием «СКРЕМБЛИРОВАНИЕ» внедрен в учебный процесс в качестве лабораторной работы по дисциплине «Теория информации», подготовлен для Госрегистрации.

Библиографический список

1. Шевкопляс Б.В. Скремблирование передаваемых данных. [Электронный ресурс] – URL: http://lit.lib.ru/s/shewkoplyas_b_w/text_0030.shtml. (дата обращения: 10.04.2016).
2. Кадиев П.А., Кадиев И.П., Зейналов М.З. Алгоритмы преобразования «классических» матриц в 2-х индексные латинские квадраты. Вестник ДГТУ, Технические науки, № 17, 2010. – С. 45-49.
3. Кадиев П.А., Кадиев И.П. Об одном классе комбинаторных конфигураций. Вестник ДГТУ, Технические науки, № 31, 2013. – С. 45-49.
4. Кадиев П.А., Зейналов М.З. Программа преобразования матриц методом латинских квадратов. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2009616143 от 09.11.2009.

References:

1. Shevkoptyas B.V. The scrambling of transmitted data. Available at: http://lit.lib.ru/s/shewkoplyas_b_w/text_0030.shtml. (accessed: 10.04.2016).

2. Kadiev P.A., Kadiev I.P., Zejnalov M.Z. Algorithms of transformation of «classical» matrixes in two-index latin squares. Vestnik DSTU, Technical science, № 17, 2010. – pp. 45-49.

3. Kadiev I.P., Kadiev P.A. About one class of combinatory configurations. Vestnik DSTU, Technical science, № 31, 2013. – pp. 45-49.

4. Kadiev P.A., Zejnalov M.Z. Program for transformation matrices by Latin squares. State registration of computer programs certificate № 2009616143 from 09.11.2009.

УДК 697.9

Марченко А.С., Сулин А.Б.

ЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Marchenko A.S., Sulin A.B.

LOGIC SIMULATION OF LIFE SUPPORT SYSTEM COMPONENT IN REAL TIME

Аннотация. В статье предложено использование методологии имитационного моделирования для оценки эффективности ступенчатого регулирования скорости вращения двигателя вентилятора при поддержании в заданных границах объемного расхода воздуха системы «вентилятор-фильтр». Приведен подробный алгоритм работы программы, составленной на основе прикладного пакета Anu Logic. Анализируется возможность использования предложенного метода при проектировании систем вентиляции. Предложенная в статье методика позволяет на этапе проектирования определить максимальные интервалы замены фильтрующих элементов систем, а также спрогнозировать время необходимого переключения скоростей работы двигателя вентилятора. Использование методики позволяет отказаться от сложных систем поддержания постоянного расхода воздуха и максимально увеличить срок службы комплекта фильтрующих элементов.

Методика логического моделирования процессов позволяет снизить затраты на строительство и повысить энергоэффективность зданий.

Ключевые слова: системы вентиляции, системы очистки воздуха, имитационное моделирование, характеристика сети.

Abstract. The article proposed the use of simulation methods for evaluating the effectiveness of a stepped fan engine speed control while maintaining the air flow

volume in the set boundaries of the «fan-filter» system. A detailed algorithm of the program made on the basis of an Any Logic software package. Is analyzed the possibility of using the proposed method in the design of ventilation systems.

The proposed method allows at the design stage to determine the maximum replacement intervals of the systems filter elements, as well as to predict the time to switch the fan motor speeds. Using of the technique allows to refuse the complex air flow systems and maximize the life of the filter elements set.

Methods of logical processes modeling allows to reduce construction costs and improve energy efficiency of buildings.

Key words: *ventilation systems, air purification systems, simulation, network characteristic.*

Введение. Капитальные затраты, осуществляемые на создание и поддержание системы жизнеобеспечения современных зданий, рассчитанных на одновременное пребывание в них большого количества людей, исчисляются суммами, которые по своим величинам часто сопоставимы со стоимостью строительства самого здания. К основным системам жизнеобеспечения, без которых практически невозможно представить, например, современный бизнес-центр, относятся системы отопления, холодоснабжения, вентиляции и прочие. Для северных регионов России, в которых стоимость таких систем значительно выше в связи с продолжительностью отопительного сезона, вопрос оптимизации затрат на приобретение, монтаж и последующую эксплуатацию оборудования стоит особенно остро, о чем свидетельствуют как постоянно увеличивающееся число предложений на основе, так называемых, «зеленых» или энергоэффективных технологий, так и неизменно растущий спрос на них со стороны строителей [1].

Постановка задачи. Любые энергоэффективные решения предполагают под собой минимизацию затрат ресурсов, среди которых особенно нужно выделить электроэнергию, необходимую для функционирования систем вентиляции и холодоснабжения, а так же топливо для нагрева теплоносителя в холодный период года.

Если экономию топлива на нагрев теплоносителя в холодный период года можно обеспечить, например, хорошими показателями теплоизоляции стен, перекрытий и непосредственно трубопроводов, то для оптимизации затрат на систему вентиляции здания, которая в балансе энергетических затрат часто составляет до 30% от общего энергопотребления, приходится искать другие пути, среди которых можно выделить, например, разработку систем с переменным расходом воздуха, реагирующих на изменение концентрации CO₂ в воздушной среде помещений, проектирование систем с минимальной длиной воздухопроводов и минимальными скоростями движения воздуха и прочие [2,3]. Все эти способы уменьшения расходов на системы вентиляции зданий являются дорогостоящи-

ми, поэтому целесообразность их применения необходимо подтверждать технико-экономическим расчетом.

Однако существуют и другие, более простые способы снижения капитальных и эксплуатационных затрат на системы вентиляции, один из которых будет описан ниже.

Одной из проблем современных больших городов является огромное содержание в их воздушной среде разнородной пыли. При анализе в ней можно обнаружить как частицы песка из пустыни Сахара, так и различные следы разрушительной для окружающей среды деятельности человека [4]. Например, в последние десятилетия фиксируется значительный рост концентрации копоти и пыли от тормозных колодок и шин различных автотранспортных средств в воздухе городов [5].

Оседание пыли на фильтрах вентиляционных систем отрицательно влияет на расход воздуха, что влечет за собой необходимость увеличения производительности и, как следствие, энергопотребления двигателей вентиляторов. Для жилых и административных помещений проблема стоит не столь остро, так как падение расхода воздуха между регламентными заменами фильтров не оказывает серьезного влияния на самочувствие людей.

Иначе дело обстоит для различных вредных производств, где падение расхода воздуха через систему вентиляции или местный отсос может привести к отравлению или временной потере трудоспособности сотрудников [6], что неприемлемо, поэтому необходима установка дополнительного оборудования и электроники, в задачи которой входит контроль за расходом воздуха. Возможным путем решения данной проблемы может быть установка специальных клапанов с переменным сопротивлением, или системы автоматического плавного регулирования расхода воздуха, но их использование ведет к значительному удорожанию системы, как в части оборудования, так и в части его автоматизации. Для случаев, когда приемлемо изменение расхода воздуха в определенных пределах, например от 1500 м³/ч до 2000 м³/ч, а его запыленность является постоянной величиной, возможно использование методики, изложенной ниже. Ее особенностью является возможность на этапе проектирования системы оценить временные промежутки между заменами воздушных фильтров, тем самым продлив их «жизненные циклы» и избежав лишних затрат на сложную автоматизацию системы. Двигатель вентилятора при этом оснащен ступенчатым регулятором производительности, который переключается на следующую ступень при засорении фильтра и падении расхода воздуха до уровня нижнего предела.

Далее приведен алгоритм расчета простейшей системы жизнеобеспечения, состоящей из радиального вентилятора и карманного фильтра.

Методы исследования. Для решения поставленной задачи необходимо использовать инструмент, позволяющий производить математическое моделирование системы в режиме реального времени. Методология имитационного

моделирования с применением таких программных продуктов как MvStudium, MATLAB, Arena, GPSS, Extend, iThink Analyst, Process Model, AnyLogic и др. является самым современным подходом к анализу поведения систем в режимах реального, ускоренного и замедленного времени.

В данном исследовании на примере системы «вентилятор – фильтр» анализируются возможности программного пакета AnyLogic [7-10], позволяющего разрабатывать динамические, дискретно-событийные и агентные имитационные модели, описывающие практически любой реальный процесс.

Для построения модели принимаются следующие исходные данные: приемлемый расход воздуха системы вентиляции составляет $1500 \text{ м}^3/\text{ч} - 2000 \text{ м}^3/\text{ч}$, эффективность карманного фильтра составляет 90%, запыленность воздуха на входе в систему составляет $2,5 \text{ мг на } 1 \text{ м}^3 \text{ воздуха}$.

При построении модели используются характеристики радиального вентилятора и канального карманного фильтра.

Математическая модель описываемого элемента системы жизнеобеспечения предполагает работу вентилятора на первой скорости вращения двигателя до тех пор, пока расход воздуха через него за счет засорения фильтра не опустится до нижней допустимой границы в $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$.

После достижения этого значения двигатель вентилятора переключается на более высокую вторую скорость вращения, что влечет за собой увеличение расхода. Далее, по мере засорения фильтра, двигатель вентилятора переходит на третью скорость вращения. Достижение на третьей скорости вращения двигателя вентилятора расхода воздуха $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ означает необходимость замены фильтра.

В блоке 2 (рисунок 1) происходит ввод начального значения расхода вентилятора с чистым фильтром ($L01$). Далее из расходно-напорных характеристик для каждой скорости вращения двигателя вентилятора необходимо получить зависимости полного давления вентилятора от расхода воздуха в виде $Pi = f(Li)$ и обратную ей зависимость расхода воздуха от давления $Li = f^{-1}(Pi)$, где i – ступень вращения двигателя вентилятора, выраженные в виде полинома второй степени.

Для первой скорости вращения двигателя через динамическую переменную, описываемую функцией $P01=f(L01)$, в блоке 3 происходит расчет начальной рабочей точки системы, соответствующей полностью чистому фильтру вентилятора.

Так как перемещаемая среда характеризуется высоким содержанием пыли, то в процессе работы происходит постоянное засорение фильтра, и, как следствие, снижение расхода воздуха через систему. Блок-схема данного процесса выглядит следующим образом (рис. 1):

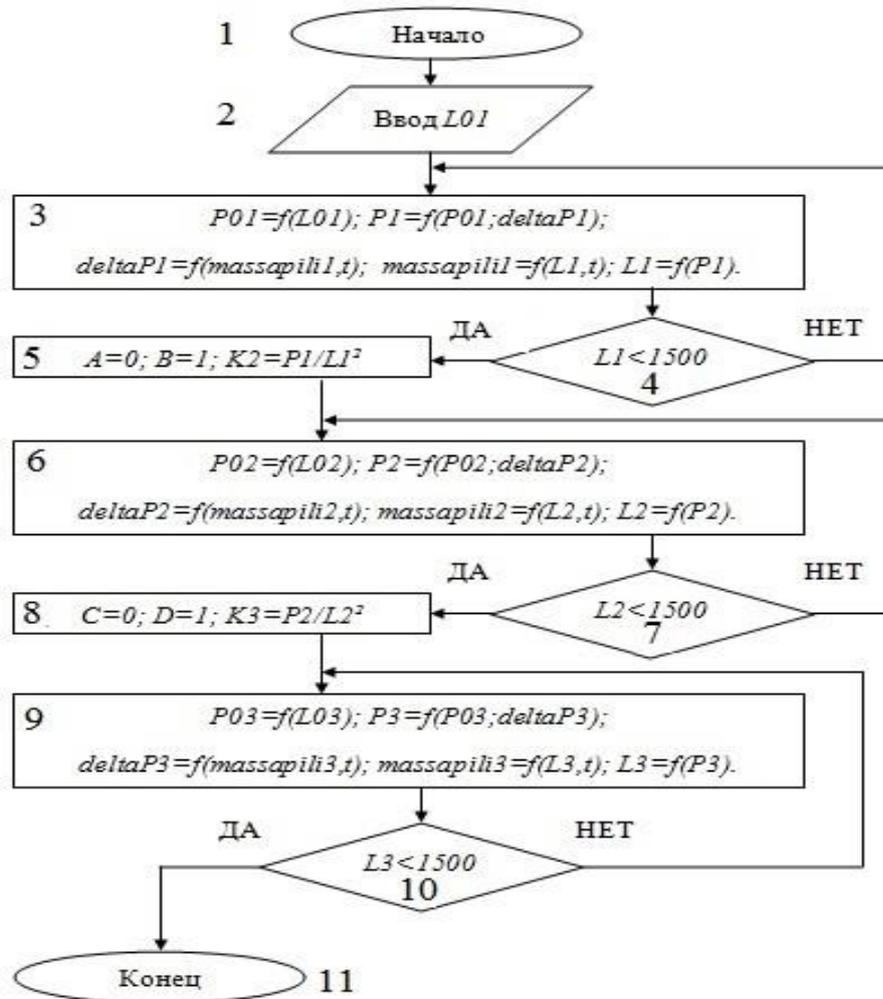


Рисунок 1 – Блок–схема программы расчета системы «вентилятор-фильтр»

Для оценки величины этого снижения в накопителе $massapili1$ в каждый момент времени рассчитывается количество задержанной в фильтре пыли с учетом его эффективности:

$$massapili1_j = massapili1_{j-1} + \Delta massapili = massapili1_{j-1} + L1_j \times m_p \times ef,$$

где: j – время эксперимента, с;

$massapili1_{j-1}$ – масса пыли, осевшей в фильтре в предыдущий момент времени, кг;

$\Delta massapili$ – масса пыли, осевшей в фильтре за 1 секунду, кг;

$L1_j$ – фактический расход воздуха с учетом засоренности фильтра в момент времени j на первой скорости, м³/ч;

m_p – масса пыли, содержащейся в 1 м³ воздуха, кг;

$ef = 0,9$ – эффективность фильтра.

Сопротивление засоренного фильтра рассчитывается по формуле

$$P1 = P01 + \Delta P1,$$

где $\Delta P1$ – прирост сопротивления фильтра за счет его засоренности.

При этом зависимость увеличения сопротивления фильтра от массы осевшей в нем пыли принимается линейной.

Накопитель ΔP_1 в каждый момент времени рассчитывается следующим образом:

$$\Delta P_{1j} = \Delta P_{1j-1} + \Delta \Delta P_1 = \Delta P_{1j-1} + r \times massapili_j,$$

где: j – время эксперимента, с;

ΔP_{1j-1} – прирост аэродинамического сопротивления фильтра в предыдущий момент времени относительно сопротивления чистого фильтра, Па;

$\Delta \Delta P_1$ – прирост аэродинамического сопротивления фильтра за 1с;

ΔP_{1j} – прирост аэродинамического сопротивления фильтра относительно сопротивления чистого фильтра в момент времени j на первой скорости вращения двигателя вентилятора, Па;

$massapili_j$ – масса пыли, осевшей в фильтре в момент времени j , кг;

r – коэффициент, зависящий от типа фильтра.

Расчеты для второй и третьей скоростей вращения двигателя проводятся аналогичным образом.

При достижении минимально допустимого расхода на первой и второй скоростях вращения двигателей вентиляторов происходит переход с конечной рабочей точки.

Переход с конечной рабочей точки на первой скорости вращения двигателя вентилятора на начальную рабочую точку на второй скорости и с конечной рабочей точки на второй скорости на начальную рабочую точку на третьей, происходит по кривой (характеристике сети), описываемой уравнением [2]:

$$P = k \times L^2,$$

Где k -коэффициент характеристики сети, рассчитываемый для конечно рабочей точки на первой скорости вращения двигателя вентилятора и начальной рабочей точки для второй скорости, по формуле:

$$k_2 = P_1 / L_1^2,$$

а для конечной рабочей точки на второй скорости вращения двигателя вентилятора и для начальной рабочей точки на третьей скорости вращения вентилятора по формуле:

$$k_3 = P_2 / L_2^2.$$

Для переноса блок-схемы расчета в среду программы AnyLogic, необходимо построить логическую цепочку, которая для рассматриваемой задачи имеет следующий вид:

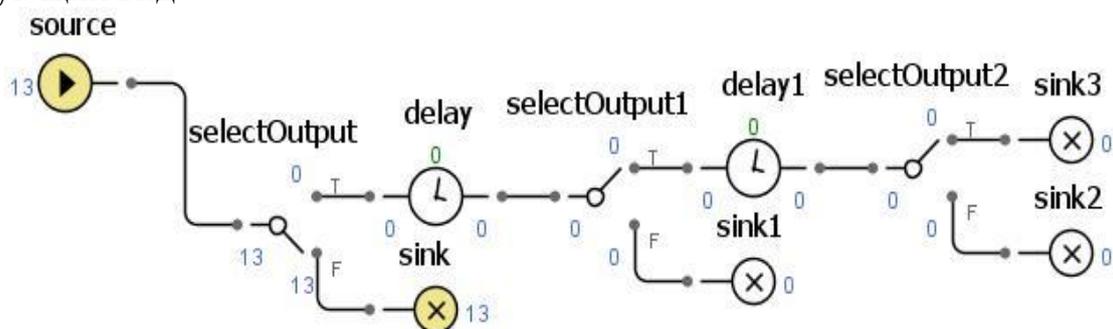


Рисунок 2 – Логическая цепочка рассматриваемых процессов в среде AnyLogic

Блок *source* соответствует элементу 1 «начало», изображенному на блок-схеме (рис.1). Через определенные промежутки времени он генерирует запросы.

При получении запроса блок *selectOutput* (соответствует элементу 4 блок-схемы) проводит проверку значения параметра *L1* на соответствие условию $L1 < 1500$.

При отрицательном ответе запрос уничтожается в блоке *sink*, при положительном переходит в блок *delay* (соответствует элементу 5 блок-схемы), в котором происходит присвоение значений параметрам, отвечающим за переход от расчета системы на первой скорости вращения двигателя на вторую, и расчет коэффициента характеристики сети.

Далее запрос переходит в блок *selectOutput1* (соответствует элементу 7 блок-схемы), в котором происходит проверка элемента *L2* на соответствие условию $L2 < 1500$.

При отрицательном ответе запрос уничтожается, при положительном переходит в блок *delay1* (соответствует элементу 8 блок-схемы), в котором происходит присвоение значений параметрам, отвечающим за переход от расчета системы на второй скорости вращения двигателя на третью и расчет коэффициента характеристики сети.

Далее запрос переходит в блок *selectOutput2* (соответствует элементу 10 блок-схемы), в котором происходит проверка элемента *L3* на соответствие условию $L3 < 1500$.

При отрицательном ответе запрос уничтожается, при положительном – расчет останавливается, что для реальной системы означает необходимость замены сильно засорившегося фильтра системы вентиляции.

Обсуждение результатов. Завершенные эксперименты имитационного моделирования приведены на рис. 3-5. Как видно из рисунка 3, расход воздуха на первой скорости вращения двигателя вентилятора изменялся от 2000 до 1497,95 м³/ч.

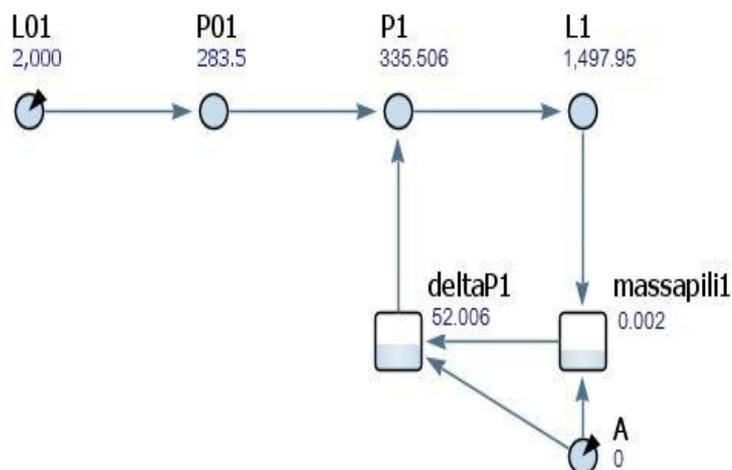


Рисунок 3 – Завершенный эксперимент имитационного моделирования для первой ступени вращения двигателя вентилятора

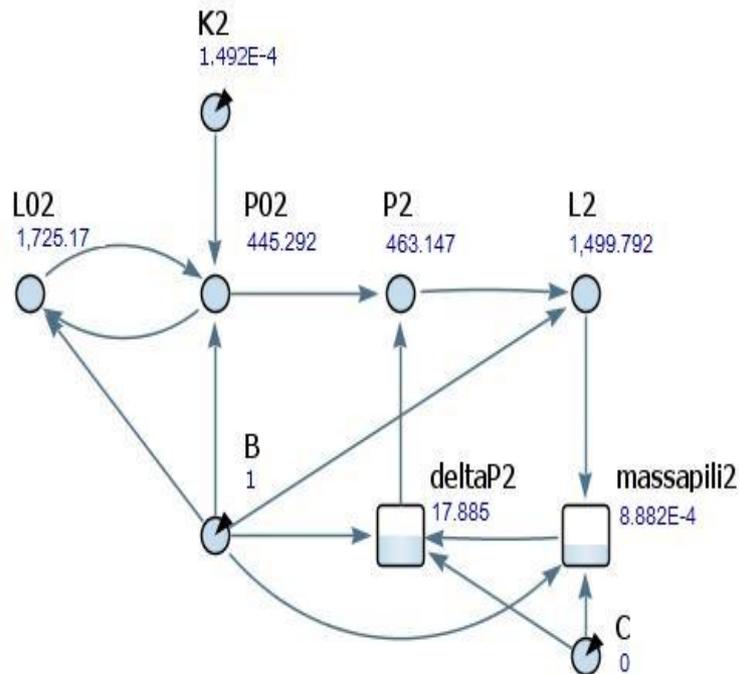


Рисунок 4 – Завершенный эксперимент имитационного моделирования для второй ступени вращения двигателя вентилятора

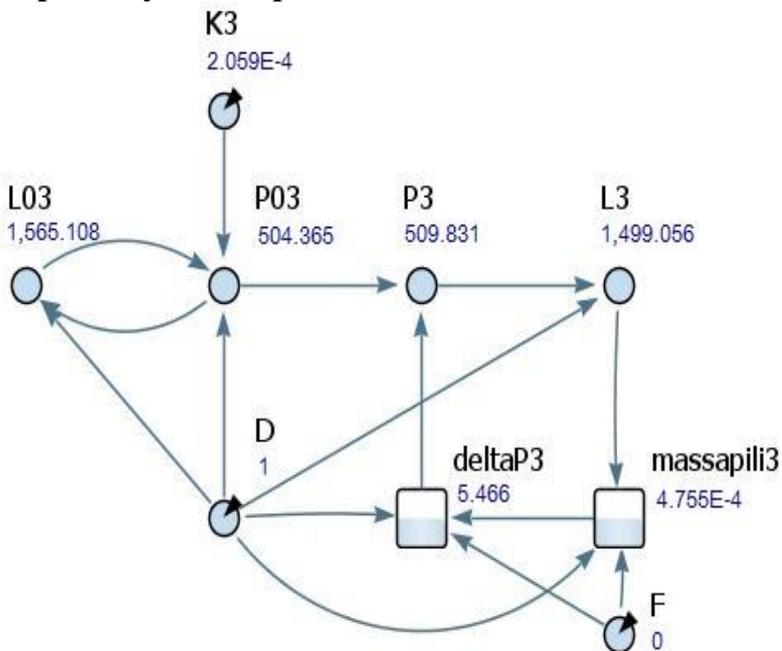


Рисунок 5 – Завершенный эксперимент имитационного моделирования для третьей ступени вращения двигателя вентилятора

Так как все процессы в программе происходят в режиме реального времени, то существует возможность построения графика, наглядно иллюстрирующего поведение системы.

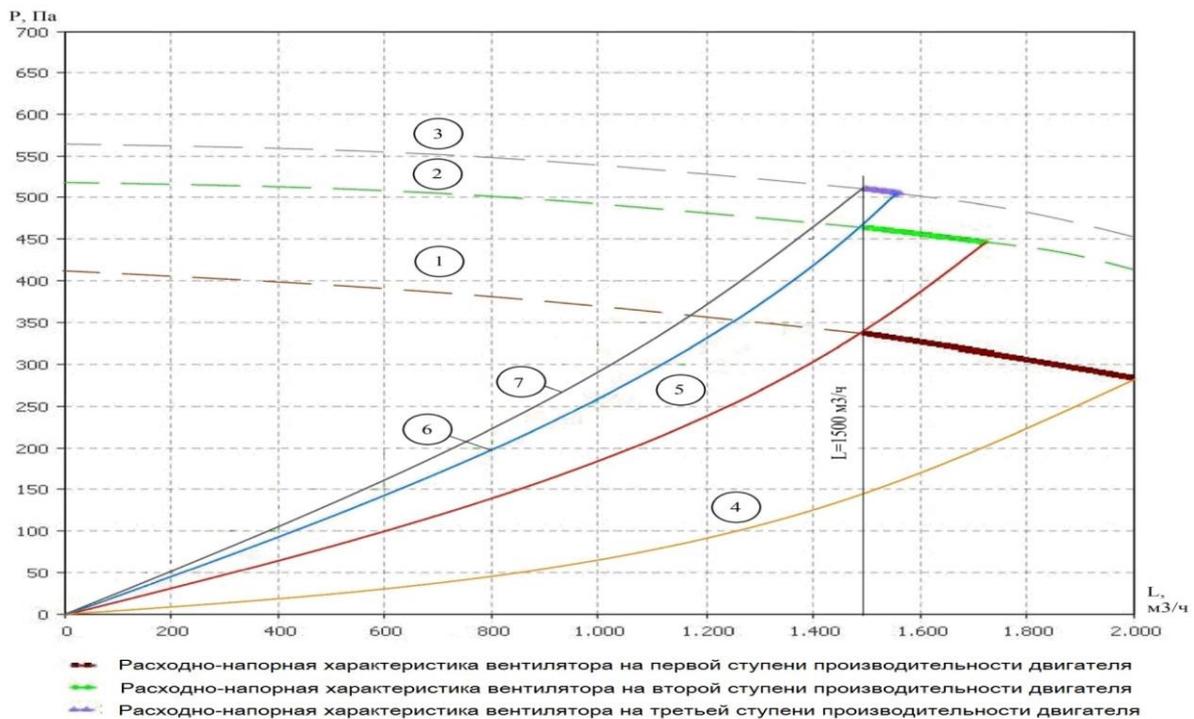


Рисунок 6 – Диаграмма эксперимента, график зависимости объемного расхода воздуха от давления, создаваемого вентилятором

Здесь линия 4 является характеристикой сети для работы вентилятора на первой скорости вращения двигателя. При засорении фильтра происходит смещение рабочей точки по линии 2 в направлении линии 5, являющейся характеристикой сети для конечной рабочей точки вентилятора на первой скорости вращения двигателя и начальной рабочей точкой для второй скорости вращения. Далее процесс движется по линии 2, являющейся напорно-расходной характеристикой вентилятора на второй скорости вращения двигателя до линии 6, являющейся характеристикой сети для конечной рабочей точки вентилятора на второй скорости вращения двигателя и начальной рабочей точкой для третьей скорости вращения двигателя. На третьей скорости вращения двигателя вентилятора рабочая точка смещается по линии 3, являющейся расходно-напорной характеристикой вентилятора для третьей скорости вращения двигателя вентилятора до пересечения с линией 7. Эта точка является конечной рабочей точкой системы, что означает необходимость замены фильтра.

Вывод. В настоящее время регламенты по периодичности замены фильтрующих элементов в системах вентиляции не предполагают контроля засоренности и проводятся через определенные промежутки времени.

Предложенная в статье методика позволяет на этапе проектирования определить максимальные интервалы замены фильтрующих элементов систем, а также спрогнозировать время необходимого переключения скоростей работы двигателя вентилятора. Методика позволяет сэкономить как капитальные так и эксплуатационные затраты на системы вентиляции, так как дает возможность

отказаться от сложных систем поддержания постоянного расхода воздуха и максимально увеличить срок службы комплекта фильтрующих элементов.

В перспективе данная методика, используемая в данном случае для прогнозирования поведения систем вентиляции, может быть с успехом использована для таких систем жизнеобеспечения зданий, как отопление, холодоснабжение, водоснабжение.

Повсеместное использование методик логического моделирования процессов позволит снизить затраты на строительство и повысить энергоэффективность зданий.

Библиографический список:

1. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. – 200с.
2. Стефанов Е.В. Вентиляция и кондиционирование воздуха. СПб.: Авок Северо-запад, 2005. – 399с.
3. Рымкевич А.А. Системный анализ общественной вентиляции и кондиционирования воздуха. СПб.: Авок Северо-запад, 2003.-271с.
4. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 296 с., ил. – (Охрана окружающей среды)
5. Барикаева Н.С., Николенко Д.А. Исследование запыленности городской среды вблизи автомобильных дорог // журнал «Альтернативная энергетика и экология» № 11 (133) 2013, стр. 75-78.
6. Родин А.К. Вентиляция производственных зданий. Учебное пособие / Родин А.К. Саратов. гос. технич. унив-т. Саратов, 1997
7. Маликов Р. Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6: учеб. пособие / Р. Ф. Маликов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2013. – 296с.
8. Куприяшкин, А.Г. Основы моделирования систем: учеб. пособие / А.Г. Куприяшкин; Норильский индустр. ин-т. – Норильск: НИИ, 2015. – 135 с.
9. Каменский Д.П. Имитационные модели автоматизации анализа и синтеза проектных решений систем жизнеобеспечения зданий. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – МГСУ, 2011.
10. Боев В. Д., Кирик Д. И., Сыпченко Р. П. Компьютерное моделирование: Пособие для курсового и дипломного проектирования. — СПб.: ВАС, 2011. — 348 с.

References:

1. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M., Shilkin N. In. Energy-efficient buildings. – Moscow: AVOK-PRESS, 2003.-200 p.
2. Stephanov E. V. Ventilation and air conditioning. SPb.: AVOK Severo-Zapad, 2005.-399 p.
3. Rymkevich, A. A. System analysis of public ventilation and airconditioning. SPb.: AVOK Severo-Zapad, 2003.-271 p.

4. Pirumov A. I. air Dedusting. – 2nd ed. Rev. And extra – M.: stroiizdat, 1981. – 296 p. – (Environmental protection)
5. Barakaeva N., Nikolenko D. A. a Study of dust go-rodskog environment close to roads. Journal for Alternative energy and ecology № 11 (133) 2013, pp. 75-78.
6. Rodin A. K. Ventilation of industrial buildings. Training Pozo Biya. Rodin A. K. Sarat. state technical. Univ-t Saratov, 1997.
7. Malikov, R. F. Workshop on simulation of complex systems in the environment of AnyLogic 6: proc. Manual. R. F. Malikov. – Ufa: Publishing house bgpu, 2013. – 296 p.
8. Kupryashkina, A. G. Fundamentals of modeling systems: textbook. Manual. A. G. Kudryashkin Norilsk industry. in-so – Norilsk: NII, 2015. – 135 p.
9. Kamensky D. P. Simulation model of automation of the analysis and synthesis of design solutions of the systems of the buildings. The dissertation on competition of a scientific degree Ph. D. –civil engineering, 2011.
10. Boev V. D., Kirik D. I., Sypchenko, R. P. Computer simulation: a Handbook for course and diploma projects. – SPb.: YOU, 2011. – 348 p.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 550.34

Абакаров А.Д., Курбанов И.Б.

МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ И СНИЖЕНИЮ СЕЙСМИЧЕСКОГО РИСКА

Abakarov A.D., Kurbanov I.B.

METHODOLOGY OF SYSTEM APPROACH TO SEISMIC RISK ASSESSMENT AND REDUCTION

Аннотация. Обеспечение сейсмобезопасности урбанизированных территорий является задачей, не требующей отложения. Но она не может быть решена отдельными отрывками. Необходимо связать все составляющие сейсмической опасности в одну цельную проблему, основанную на системном подходе. В настоящей работе приведена, как основная блок, – схема системного подхода к обеспечению сейсмобезопасности территории, так и блок – схемы составляющих каждого из основных блоков. Они охватывают весь комплекс мероприятий для полноценной оценки сейсмической опасности территории, оценки сейсмического риска и его снижения.

Предложенная методология может быть реализована при разработке и реализации региональных программ по сейсмобезопасности территорий.

Ключевые слова: системный подход, сейсмическая опасность, элементы сейсмического риска, уязвимость, сейсмический риск, допустимый риск, снижение сейсмического риска.

Abstract. Ensuring of urban areas seismic safety is a task which do not require delay. But it cannot be solved by separate parts. It is essential that all components of the seismic hazard must be grouped together in one problem based on the system approach. In the present paper is presented not only the main flowchart of systems approach to ensuring the territory seismic safety but also the flowcharts of components of each main unit. They cover the whole package of measures for a full assessment of territory seismic hazard, seismic risk and its reduction.

The proposed methodology can be carried out for design and implementation of regional territory seismic safety programs.

Key words: system approach, seismic hazard, seismic risk elements, vulnerability, seismic risk, acceptable risk, seismic risk reduction.

Введение. Сейсмический риск характеризуется социальными и экономическими потерями, возможными при землетрясениях. Если не принять соответствующие меры для его снижения, сейсмический риск территорий с каждым годом будет расти. К этому приводит рост населения на Земле, плотность и этажность застройки городов, физического износа старой застройки, воздействия человека на литосферную оболочку Земли, строительство крупных гидротехнических сооружений и др. Часто сильные землетрясения происходят на территориях традиционно не считавшихся сейсмоопасными, или сила землетрясения оказывается больше указанной в картах сейсморайонирования. Примерами тому являются Дагестанское землетрясение 1970г., Газлийское – 1984г., Спитакское – 1988г., Нефтегорское – 1995г., а также 6-ти бальное землетрясение в г. Калининград в 2004г.



Рисунок 1 - Схема системного подхода к оценке и снижению сейсмического риска

Ошибки в прогнозе места и силы землетрясений, трагические последствия сильных землетрясений, неожиданность наступления сейсмических событий обусловлены недостаточностью исследований по сейсмобезопасности территорий, основанных на системном подходе. Системность подхода к решению этой проблемы требует необходимость учета большого числа разных факторов, при-

родного, техногенного и человеческого характера, влияющих в конечном итоге на безопасность населения, инфраструктуры и природы на сейсмоопасных территориях.

Постановка задачи. Общая схема системного подхода к оценке и снижению сейсмического риска территории дана на рис.1.

Стратегия управления сейсмическим риском включает решение трех основных задач: оценка сейсмического риска; установление допустимого сейсмического риска; снижение сейсмического риска.

Методы исследования. Сейсмический риск складывается из сейсмической опасности территории, экономических, социальных, физических и технических характеристик элементов риска (зданий, сооружений, систем жизнеобеспечения и др.) и из уязвимости элементов риска при землетрясении той или иной интенсивности и спектральных характеристик.

Прогнозная оценка сейсмической опасности является наиболее сложной задачей, включающей сейсмически опасные первичные и вторичные процессы. На рис.2 дана схема прогноза сейсмической опасности территории.



Рисунок 2 – Схема прогноза сейсмической опасности территории

Первичная сейсмическая опасность вытекает из тектонических разрывов и разломов земной коры и, вызываемых ими сотрясений поверхности земли. Вторичная сейсмическая опасность – это природные и техногенные явления, порождаемые землетрясениями и представляющие опасность для человека и среды его обитания. К вторичным природным явлениям, прежде всего, относятся оползни, обвалы, селевые потоки, разжижение грунтов, цунами и др. Техноген-

ными являются пожары, отравления ядовитыми газами или жидкостями из-за разрушения их хранилищ, последствия аварии на объектах атомной электростанции, наводнения, вызываемые разрушением крупных гидротехнических сооружений и др.

Прогноз первичной сейсмической опасности включает результаты геолого - геофизического и геодинамического исследования территории, а также:

1) Материалы общего сейсмического районирования (ОСР):

- комплект карт ОСР;
- карты очаговых зон землетрясений.

2) Материалы детального сейсмического районирования:

- карты сейсмогенерирующих структур;
- прогнозные оценки параметров сейсмических колебаний, таких как максимальные ускорения, скорости, смещения, спектрально – временные характеристики колебаний грунтов.

3) Материалы количественного сейсмического микрорайонирования территорий населенного пункта или отдельных участков застройки:

- сейсмичность площадки в баллах с учетом местных грунтовых условий;
- максимальные ускорения, преобладающие периоды и продолжительности колебаний грунтов;
- спектры коэффициентов динамичности;
- набор реальных и (или) синтезированных акселерограмм землетрясений для территории.

Здесь следует иметь в виду, что традиционная оценка сейсмической опасности территорий в баллах уже не отражает той совокупности сейсмологической информации, которая необходима для оценки надежности и оптимального проектирования зданий и сооружений.

Строительные системы обладают высокой чувствительностью не только к ускорениям колебания грунтов, но и к спектральным характеристикам сейсмического воздействия, таким, как ширина спектра, преобладающий период колебаний и продолжительность.

Спектральные параметры землетрясения, в свою очередь, зависят от параметров очага землетрясения, механизма его действия, расстояния от очага до рассматриваемой площадки и грунтово – геоморфологических условий территории.

Обсуждение результатов. Необходимость количественной оценки сейсмической опасности территорий и методика разработки карт количественного сейсмического микрорайонирования впервые были рассмотрены в работах Н.В. Шебалина [1], Ю.В. Ризниченко [2], В.В. Штейнберга [3] и П.И. Крамынина[4].

В работе [3] предлагается прогнозную сейсмическую опасность оценить в три стадии. На первой стадии выявляются контуры зон ВОЗ, на второй – зоны сейсмической опасности на поверхности, на третьей – ожидаемые параметры

сейсмических воздействий в виде дискретных значений параметров колебаний грунтов и амплитудно – частотных спектров.

На картах количественного сейсмического микрорайонирования отражают спектральные параметры прогнозируемых сейсмических воздействий, что необходимо для разработки синтезированных акселерограмм, используемых как для расчетов, так и для сценариев землетрясений.

Примером территории с ярко выраженной вторичной сейсмической опасностью является Республика Дагестан. По данным МЧС РД [5] 835 селений республики подвержены различным экзогенным процессам. Почти вся ее горная часть характеризуется оползнями, обвалами и селевыми потоками.

Что касается вторичных техногенных процессов, то на территории республики расположено 75 потенциально опасных объектов. Среди них особое место занимают химически опасные объекты в виде емкостей для хранения аммиака и хлора, взрывопожароопасные объекты, которыми, прежде всего, являются нефтебазы, а также объекты наводнения, в виде водохранилищ каскада Сулакской ГЭС.

Общая площадь зон возможного воздействия поражающих факторов техногенного и природного характера в результате сильных землетрясений в Дагестане составляет 2300 кв км с населением более 600 тыс. человек. В том числе в зонах химической опасности проживают более 450 тыс. человек, в зоне затоплений – 90 тыс. человек, в зоне пожаров – 60 тыс. человек.

Характеристики элементов риска на территории включает базу данных по всем элементам на территории, повреждение и (или) разрушение которых связано с социальными и (или) экономическими потерями, в том числе и косвенными. Их определяют на основании инженерного обследования объектов и соответствующими расчетами.

Основной задачей инженерного обследования существующих на территории объектов является оценка их технического состояния с точки зрения сейсмостойкости, включая оценку дефицита сейсмостойкости, вероятностные степени повреждения при прогнозируемых землетрясениях и возможные экономические и социальные потери при повреждениях и разрушениях[6]. Результаты технического обследования по каждому объекту заносятся в технический паспорт здания или сооружения, служащий документом для оценки сейсмического риска объекта и формирования плана превентивных мероприятий по снижению риска.

Сейсмическая уязвимость элементов риска включает информацию по уязвимости техногенной и социальной среды и природы при землетрясениях, которую представляют в виде матриц повреждений и соответствующих потерь. Основные составляющие сейсмической уязвимости показаны на рис.3.

Для принятия решения по снижению риска необходимо определиться с допустимым (приемлемым) риском. Допустимые риски следует определить исходя из трех оценок риска [7]:

1. Общая оценка риска для исследования масштаба проблемы и выработки политики и принципов снижения риска;
2. Относительная оценка риска для определения критериев и дальнейших условий по снижению риска;
3. Оценка риска на конкретной площадке или для конкретного объекта для принятия решения по его снижению.

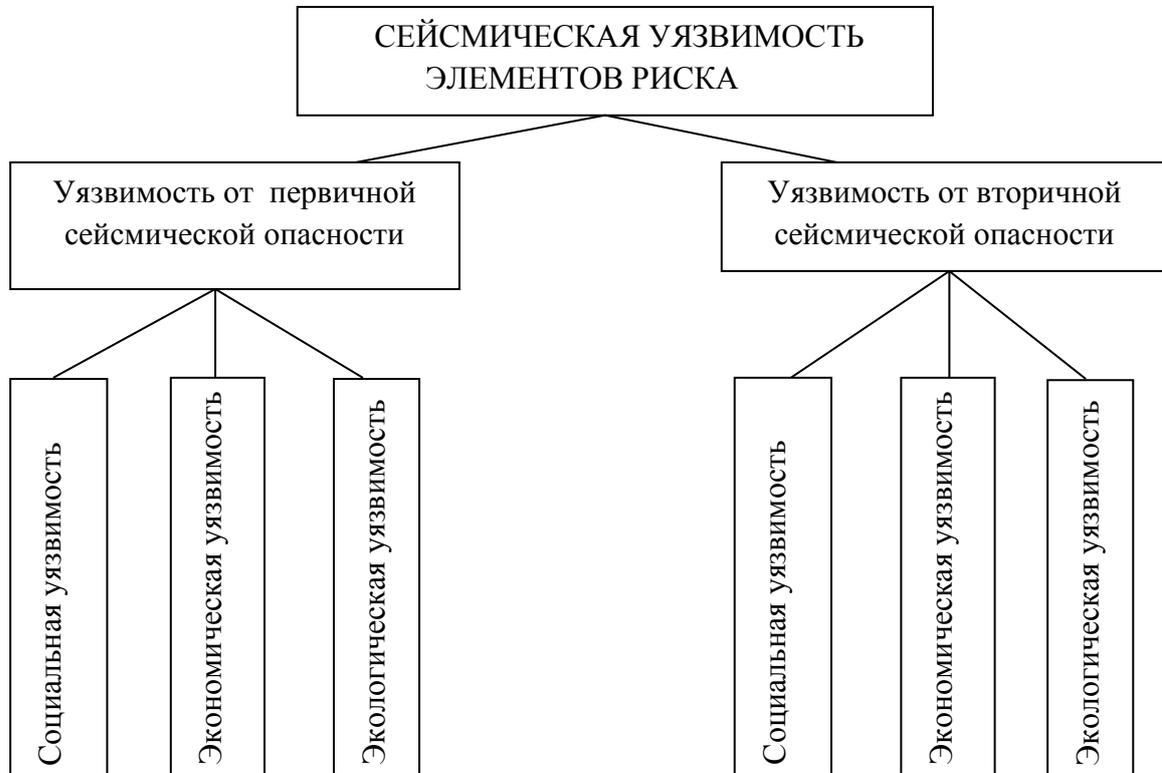


Рисунок 3 – Схема составляющих сейсмической уязвимости

При этом возможные социальные и экономические потери следует определить с учетом вероятностей проявления землетрясений.

Установление допустимого риска является сложной задачей, зависящей не только от сейсмической опасности, уязвимости и последствий отказа, но и экономических возможностей государства. Относительно легко эту задачу можно решить для объектов с чисто экономической ответственностью по критерию минимума суммарных средневероятностных потерь, связанных с сейсмической опасностью.

В этом случае получаем экономически оптимальный уровень надежности объекта и соответствующий ему вероятностный ущерб при отказе. Начальные затраты на обеспечение оптимальной сейсмостойкости при этом могут быть вполне приемлемыми.

Проблема снижения сейсмического риска предусматривает проведение комплекса мероприятий, основные из которых показаны на рис.4. На данном этапе особо важным является сейсмоусиление существующих зданий, сооружений и систем жизнеобеспечения с дефицитом сейсмостойкости. На сейсмоопас-

ных территориях России таких объектов, как было отмечено выше, составляет более 80%.

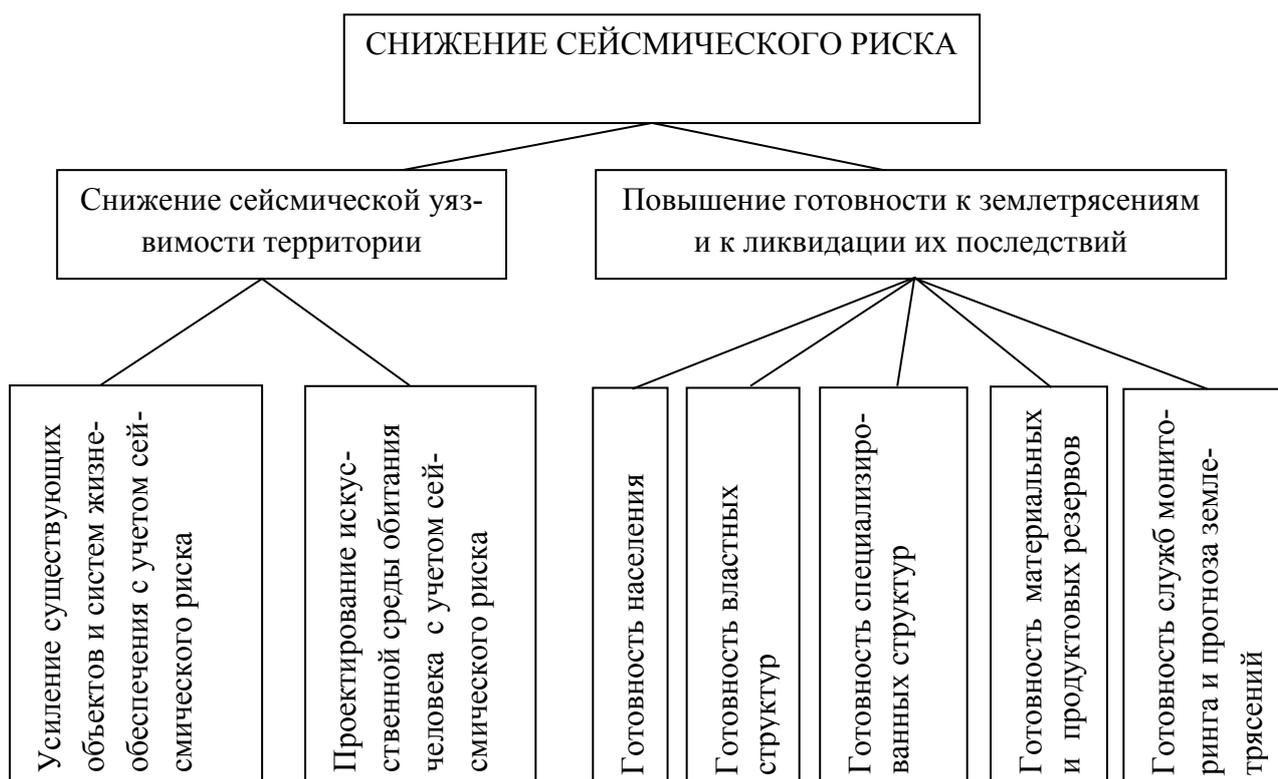


Рисунок 4 - Схема мероприятий по снижению сейсмического риска территории

Объекты, проектируемые для нового строительства, должны иметь сейсмостойкость, соответствующую допустимому риску для таких категорий зданий или соответствующую оптимальному риску.

Другими не менее важными составляющими снижения сейсмического риска являются мероприятия, включенные в блок «Повышение готовности к землетрясениям и к ликвидации их последствий». Сюда входят:

1. Обучение населения, в том числе студентов и школьников, к действиям при землетрясении;
2. Разработка и принятие законов и нормативных актов, обеспечивающих правовую основу снижения рисков;
3. Создание системы раннего оповещения населения;
4. Создание системы психологической реабилитации населения после землетрясения;
5. Создание региональных центров управления рисками;
6. Повышение готовности сил организации и проведения спасательных работ;
7. Повышение готовности медицинских и транспортных служб;
8. Повышение готовности объектов для временного размещения населения;
9. Создание необходимых материальных и продуктовых резервов для населения пострадавших от землетрясения.

Вывод. В мировой практике неоднократно после каждого сильного землетрясения было подсчитано, что стоимость превентивных мер по снижению сейсмического риска оказывается на порядок ниже, чем стоимость ликвидации последствий этого землетрясения, тогда как эффект от превентивных мер может быть гораздо выше осуществляемых затрат.

Предлагаемый методологический системный подход к оценке сейсмического риска, с целью снижения его последствий, охватывает все основные задачи обеспечения сейсмобезопасности территории. Методы решения поставленной задачи исследования могут быть реализованы в региональных целевых программах по сейсмобезопасности территорий.

Библиографический список:

1. Шебалин Н.В. Замечания о преобладающих периодах и очагах сильных землетрясений // В кн. «Сейсмическое исследование для строительства». – М.: Наука, 1971. – с.16-28.
2. Ризниченко Ю.В. Количественные методы оценки сейсмической опасности при новом сейсморайонировании в СССР // Вопросы количественной оценки сейсмической опасности. - М.: Наука, 1975. – с.149-155.
3. Штейнберг В.В. Колебание грунта при землетрясениях // Источники и воздействие разрушительных сейсмических колебаний. - М.: Наука, 1990. – с. 47-67.
4. Краминин П.Н., Штейнберг В.В. Параметры колебаний плотных грунтов при сильных землетрясениях // Инженерно – сейсмометрические проблемы. – (Вопр. инжен. сейсмологии; Вып. 18). - М.: Наука, 1976. – с. 23-35.
5. Отчет «Сейсмический риск и возможные последствия прогнозируемых сильных землетрясений, вторичная сейсмическая опасность и готовность республики к их ликвидации». – Махачкала, МЧС Дагестана, 2001. -74 с.
6. Абакаров А.Д., Курбанов И.Б. Методика экспресс оценки технического состояния зданий в сейсмических районах// Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2007, №2. –с.31-34.
7. Перельмутер А.В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. - М.: Изд-во АСВ, 2007. – 256 с.

References:

1. Shebalin N. V. Remarks on prevailing frames and foci of strong earthquakes. In book «Seismic study for the construction». – М.: Science, 1971. – pp. 16-28.
2. Riznechenko Y. V. Quantitative methods of seismic hazard assessment in the new samoregulirovaniya in the USSR. Problems of quantitative seismic hazard assessment. - М.: Science, 1975. – pp. 149-155.
3. Shteinberg V. V. Fluctuation of soil during earthquakes. Sources and destructive impact of seismic vibrations. - М.: Science, 1990. – p. 47-67.
4. Kraminin P. I., Shteinberg, V. V. Parameters of vibrations of the dense soil during strong earthquakes. Engineering and seismic issues. – (Questions of engineering seismology; Vol. 18). - М.: Science, 1976. – pp. 23-35.

5. The report «Seismic risk and possible effects of the predicted strong earthquakes, secondary seismic hazards and the readiness of the Republic to eliminate them». – Makhachkala, MES of Dagestan, 2001. -74 p.
6. Abakarov A.D., Kurbanov I.B. Method for rapid assessment of technical condition of buildings in seismic areas. Earthquake engineering. Safety of structures. – 2007, №2. – pp. 31-34.
7. Perelmuter A. V. Selected problems of reliability and safety of building structures. - M.: Publishing house of the DIA, 2007. – 256 p.

УДК 624.74:624.075

Агапов В. П., Айдемиров К. Р.

РАСЧЕТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ФЕРМ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ

Agapov V.P., Aidemirov K.R.

CALCULATION OF PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE FARMS BY FINITE ELEMENT METHOD TAKING INTO ACCOUNT PHYSICAL NON-LINEARITY

Аннотация. Рассматривается методика расчета предварительно напряженных железобетонных ферм с учетом физической нелинейности. Предварительное напряжение моделируется за счет задания температурного воздействия на арматуру стержней. Приводятся расчетные формулы, позволяющие определить необходимое для достижения заданного уровня предварительного напряжения значение температуры. Используемый авторами алгоритм нелинейного расчета основан на разработанной ранее и внедренной в вычислительный комплекс ПРИНС методике физически нелинейного расчета железобетонных ферм без предварительного напряжения арматуры. В качестве примера рассматривается расчет предварительно напряженной фермы на двух опорах с полигональным очертанием верхнего пояса. Нагрузка прикладывается в виде сосредоточенных сил в узлах верхнего пояса. Для всех стержней принята одинаковая площадь поперечного сечения и одинаковый коэффициент армирования. Нагружение температурой осуществлялось за один шаг, а нагрузка прикладывалась частями, равными одной десятой части от номинального значения. Приводятся и анализируются результаты расчета.

Ключевые слова: железобетонные фермы, армирование, метод конечных элементов, физическая нелинейность.

Abstract. Considered is the method of calculation of prestressed reinforced concrete farms taking into account physical nonlinearity. Prestress is modeled due to the thermal effect on the core crab. Rating formulae, allowing to define the temperature value necessary for the achieving the given prestress level are given

The nonlinear calculation algorithm used by the authors is based on the earlier developed and implemented into the computer system PRINS method of physically nonlinear calculation of reinforced farms without prestress of the armature. As an example is considered the calculation of prestressed farm on two supports with polygonal contour of the top belt. Load is applied in the form of concentrated forces in the top belt units. For all cores is accepted the same cross section area and the same ratio of reinforcement. Thermal loading was carried out for one step and load was applied in parts equal the one tenth of the nominal value. Calculation results are analyzed and presented.

Key words: reinforced farms, reinforcement, finite elements method, physical nonlinearity.

Введение. В работе [1] были рассмотрены теоретические основы расчета железобетонных ферм без предварительного напряжения арматуры методом конечных элементов с учетом физической нелинейности. Однако на практике чаще применяются предварительно напряженные фермы [2,3].

Постановка задачи. Рассмотрим методику расчета таких ферм.

Предварительное напряжение в бетоне при использовании шарнирно-стержневой модели конструкции можно создать за счет приложения температуры. На рисунке 1 изображен отдельный железобетонный стержень, закрепленный с двух сторон. Если охладить арматурный стержень на t градусов Цельсия, то в нем возникнет усилие, которое может быть найдено из формулы $\Delta l_a = \alpha_a t l = \frac{N_a l}{E_a A_a}$, следовательно $N_a = \alpha_a t E_a A_a$, где α_a – коэффициент линейного температурного расширения арматурной стали, E_a – модуль упругости арматурной стали, A_a – площадь сечения арматурного стержня.

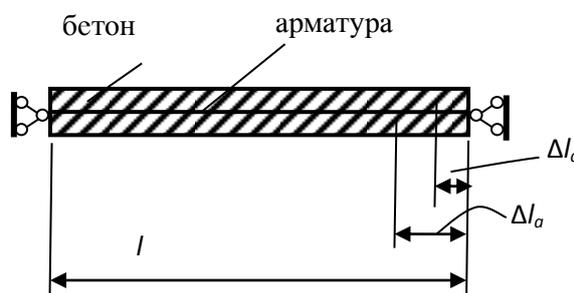


Рисунок 1- Железобетонный стержень, закрепленный с двух сторон

Это усилие будет сжимать стержень. Если освободить один из концов стержня, например, правый, то под действием силы N_a стержень укоротится на

$$\Delta l_c = \frac{N_a l}{(E_a A_a + E_o A_o)}.$$

При этом в бетоне возникнет сжимающее усилие

$$N_o = -\frac{N_a E_o A_o}{(E_a A_a + E_o A_o)} = -\frac{\alpha t E_a A_a E_o A_o}{(E_a A_a + E_o A_o)}. \quad (1)$$

Усилие в арматурном стержне уменьшится на величину $\frac{\alpha t (E_a A_a)^2}{(E_a A_a + E_o A_o)}$ и станет равным $\bar{N}_a = \alpha t E_a A_a - \frac{\alpha t (E_a A_a)^2}{(E_a A_a + E_o A_o)}$.

Не трудно убедиться, что суммарное усилие в стержне будет равно нулю, т.е. напряженное состояние стержня будет самоуравновешенным.

Из формулы (1) можно найти температуру, необходимую для достижения требуемого значения усилия предварительного напряжения.

Методы исследования. Методика расчета железобетонной фермы с учетом предварительного напряжения заключается в следующем.

На первом этапе на арматуру напрягаемых стержней задается температурное воздействие и итерационным методом решается система уравнений

$$(K_0 + \Delta K)u = P_t, \quad (2)$$

где K_0 – матрица жесткости конструкции, подсчитываемая при начальных значениях модулей упругости бетона и арматуры, ΔK – приращение матрицы жесткости за счет изменения свойств материала на шаге нагружения, u_i – вектор узловых перемещений от температурного воздействия P_t – вектор узловых сил, обусловленных температурными воздействиями в конструкции с несмещающимися узлами.

По найденным узловым перемещениям находятся усилия и напряжения в элементах конструкции (усилия предварительного напряжения).

На последующих этапах к конструкции прикладывается внешняя нагрузка, и шагово-итерационным методом по методике, описанной в работе [1], осуществляется физически нелинейный расчет.

В качестве примера рассмотрим расчет фермы, приведенной на рис.2.

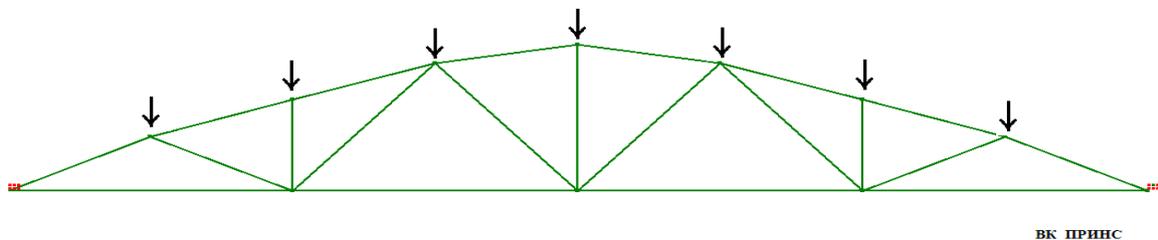


Рисунок 2. – Расчетная схема фермы

В работе [1] эта ферма была рассчитана без учета предварительного напряжения при следующих исходных данных:

Длина фермы $l = 12$ м, высота $h = 2$ м; площадь сечения бетона для всех стержней $A_b = 400 \text{ см}^2$, площадь сечения арматуры $A_a = 10 \text{ см}^2$; бетон тяжелый класса В30, арматура класса А400; ферма нагружалась сосредоточенными силами $P = 20 \text{ кН}$ в узлах верхнего пояса, при этом нагрузка разбивалась на 10 шагов.

Характеристики материалов устанавливались на основании рекомендаций российских и европейских строительных норм и правил [4-6]. В ходе исследования было определено, что трещины в стержнях нижнего пояса возникают при нагрузке, равной $0,6P$.

Обсуждение результатов. Поскольку в одной статье невозможно отразить всю совокупность полученных в ходе анализа результатов, поэтому приведем лишь некоторые из них.

В данной статье расчет фермы был проведен с учетом предварительного напряжения стержней нижнего пояса. При этом на арматурных стержнях нижнего пояса задавалась температура, равная 20^0 С .

По формуле (1), учитывая $\alpha = 1,3 \times 10^{-5} \frac{1}{\text{град}}$, $E_b = 3,25 \times 10^7 \text{ КПа}$, $E_a = 2 \times 10^8 \text{ КПа}$, находим $N_b = -45,07 \text{ кН}$.

Внешняя нагрузка прикладывалась шагами по $0,1P$ и при этом было задано 15 шагов.

На рисунке 3 приведена эпюра усилий в бетоне на первом этапе расчета (от температурного воздействия), откуда видно, что усилия предварительного напряжения в точности соответствуют результатам, подсчитанным теоретически.

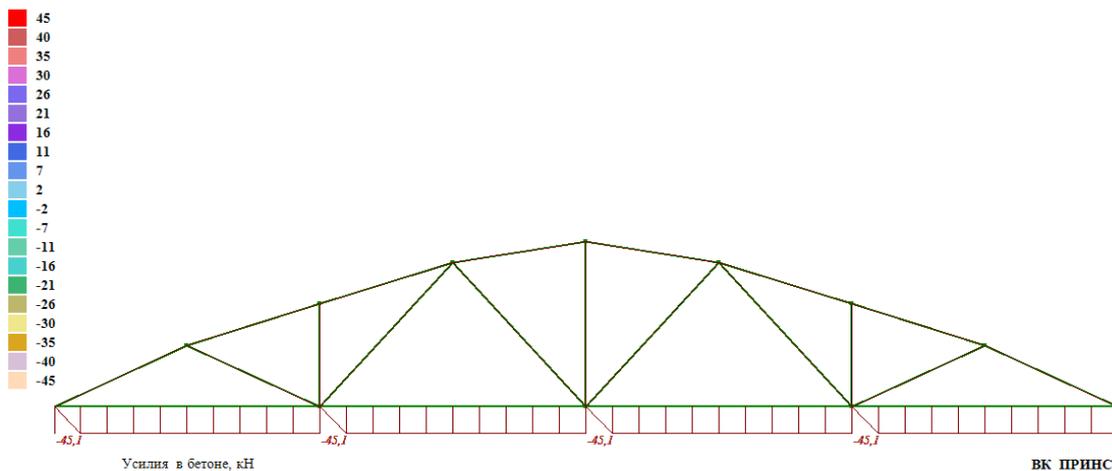


Рисунок 3 – Эпюра усилий в бетоне при температурном воздействии (усилия предварительного напряжения)

На рисунке 4 приведена эпюра полных усилий в стержнях на шаге нагружения, соответствующем 100% внешней нагрузки. Из рис.4 видно, что образование трещин в бетоне нижнего пояса происходит при нагрузке, равной

P , т.е. значительно позже, чем в случае фермы без предварительного напряжения.

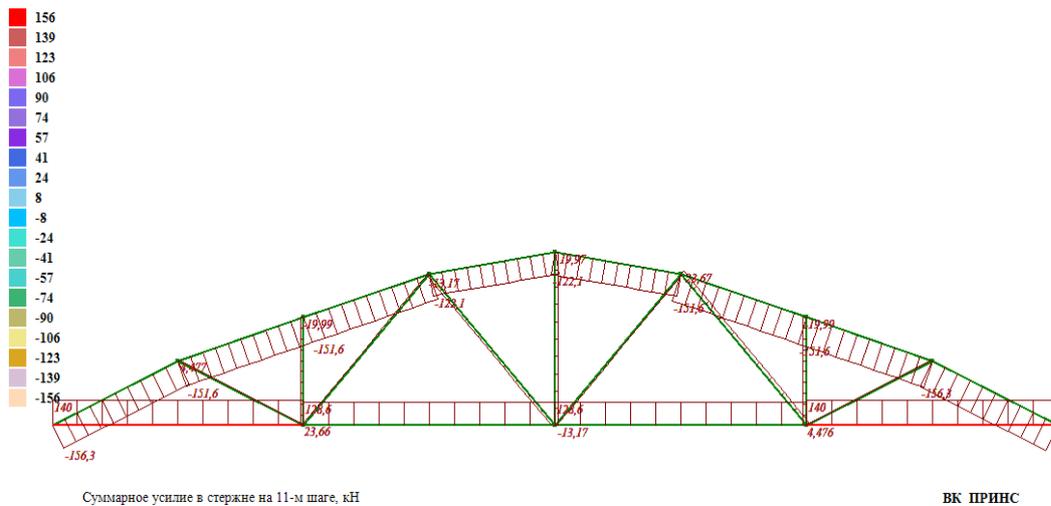


Рисунок 4 – Суммарные усилия в стержнях при номинальном значении нагрузки

На рисунке 5 приведена зависимость прогиба в середине пролета от параметра нагрузки.



Рисунок 5 – Зависимость прогиба в середине пролета от параметра нагрузки

Значение параметра нагрузки, равное 1, на рис.5 соответствует приложению за один шаг температурного воздействия, значение этого параметра, равное 2, соответствует полному значению полезной нагрузки.

Из рис. 5 видно, что вплоть до возникновения трещин зависимость прогиба от нагрузки носит почти линейный характер. Это объясняется тем, что в

программе учтена прямая разгрузка в предварительно сжатой зоне бетона нижнего пояса.

Вывод. Разработанная программа расчета адаптирована к вычислительному комплексу ПРИНС [7]. Из приведенных результатов видно, что программа ПРИНС дает возможность всесторонне анализировать поведение предварительно напряженных железобетонных ферм под нагрузкой.

Библиографический список:

1. Агапов В.П., Айдемиров К.Р. Расчет железобетонных ферм методом конечных элементов с учетом физической нелинейности //Научное обозрение, 2016. – Ч.1, №2, с.31-34. – Ч.2, №3, с.22-27.
2. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. «Железобетонные конструкции. Общий курс». М.: Стройиздат. - 1991, 728 с.
3. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчета и конструирования. По редакцией Пецольда Т.М. и Тура В.В.- Изд-во БГТУ. - 2003, 379 с.
4. Бетонные и железобетонные конструкции из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры. - СП 52-101-2003.- М., 2005, 53 с.
5. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 - М.: Минрегион России, 2012.
6. Comitee Euro-International De Beton] .Ceb-Fip_Model Cod, 1990. Thomas Telford House, London, 1993.
7. Агапов В.П. Метод конечных элементов в статике, динамике и устойчивости конструкций. - Изд-во АСВ, М., 2005. - 247 с.

References:

1. Agapov V. P., Aidemirov K. R. reinforced concrete design of trusses by finite element method taking into account the physical nonlinearity. Scientific obozrenie, 2016. – CH. 1, No. 2, pp. 31-34. – CH. 2, No. 3, pp. 22-27.
2. Baykov V. N., Sigalov, E. E. Reinforced Concrete structures. General course. M.: Stroyizdat. - 1991, 728 p.
3. Reinforced concrete structures. Fundamentals of theory, calculation and designing of education. Edition Petzold T. M. and Tura V. V. publishing house of BSTU. - 2003, 379 p.
4. Concrete and reinforced concrete structures of heavy and light concrete without prestressing. - SP 52-101-2003.- M., 2005, 53 p.
- 5.SP 63.13330.2012 concrete and reinforced Concrete structures. The main provisions. The updated edition of SNIIP 52-01-2003 - M.: the Ministry of regional development, 2012.
6. Comitee Euro-International De Beton] .Ceb-Fip_Model Cod, 1990. Thomas Telford House, London, 1993.
7. Agapov V. P. finite element Method in statics, dynamics and sustainability-resistance structures. - Publishing house of the DIA, M., 2005. - 247 p.

УДК 624.131.54

Баламирзоев А.Г., Зербалиев А.М., Курбанов К.О.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ СОЛЕЙ ПРИ ОДНОМЕРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДЫ В ГРУНТАХ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ

Balamirzoev A. G., Zerbaliev M. A., Kurbanov K. O.

MATHEMATICAL MODELING OF SALTS LEACHING WITH ONE-DIMENSIONAL FILTRATION OF WATER IN SOILS OF FINITE THICKNESS

Аннотация. В статье поставлена и решена задача моделирования растворения и вымывания солей из однородной толщи засоленного грунта первого типа при одномерной установившейся и равномерной фильтрации воды. Поставленная задача сведена к решению дифференциального уравнения в частных производных с начальными и граничными условиями.

Получено уравнение конвективной диффузии, определяющее изменение концентрации солевого раствора при фильтрации воды в засоленных грунтах, при условии, что фильтрация воды в засоленном грунте является установившейся и равномерной, все соли, содержащиеся в порах грунта, полностью растворены, коэффициент конвективной диффузии не зависит от скорости фильтрации.

Определены изменения концентрации раствора во времени на нижней границе промываемой толщи грунта.

Получены формулы, пользуясь которыми можно определить коэффициенты конвективной диффузии и растворения солей.

Ключевые слова: фильтрация, засоленный грунт, многокомпонентная жидкость, пористая среда.

Abstract. In the article is considered and solved the problem of dissolution and leaching of salts from saline strata of homogeneous soil of the first type with one-dimensional steady-state and uniform water filtration. This problem is reduced to the solution of the differential equation in partial derivatives, with initial and boundary conditions.

Derived is the resulting equation of convective diffusion that determines the change in the concentration of the salt solution during filtration of water in saline soils, provided that water filtration in saline soil is steady and uniform, all the salts contained in the pores of the soil are completely dissolved, the coefficient of convective diffusion does not depend on speed of filtration.

Determined are the change in concentration in time at the lower boundary of the washing out ground thickness.

Derived are the formulae using of which allows to determine convective diffusion and dissolution of salts factors.

Key words: *filtration, saline soil, a multicomponent fluid, porous medium.*

Введение. В целях проведения всестороннего экспертного анализа состояния инженерно-геологических и гидрогеологических критериев строительных площадок, а также осуществления конструктивных решений при возведении объекта следует прогнозировать возможные деформации строения либо сооружения по причине выщелачивания солей из грунтов.

На базе общей теоретической концепции физико-химической гидродинамики, включающей в себя теоретическую концепцию фильтрации многокомпонентных жидкостей в пористой среде и смесей, содержащих в диссоциированном виде ионы засоленных грунтов можно смоделировать такой прогноз [1, 2].

Постановка задачи. К созданию единой системы уравнений, комплексно описывающих фильтрацию, диффузию и массообмен привело изучение физико-химических процессов, сопутствующих фильтрации многокомпонентных жидкостей.

Такой математический подход стал возможным при замене реальной грунтовой среды физической моделью в виде пористой среды с ограниченным и упрощенным представлением действительных сложных взаимодействий между растворами и скелетом грунта.

Характером засоления грунтов, степенью дисперсности водорастворимых частиц и критериями их расположения условно сравнительно скелета почвы определяется удельно-относительная площадь поверхности растворимых солей, омываемая фильтрационным потоком.

Следующими причинами определяется площадь раскрытой для воды поверхности солей, на которой происходит растворение: степенью дисперсности частиц солей; чем мельче частицы, тем больше площадь их удельно-относительной поверхности; характером контакта (соприкосновения) растворимых частиц со скелетом почвы; чем менее площадь поверхности контакта, тем более площадь поверхности, омываемой водой при фильтрации [4].

Методы исследования. Рассмотрим задачу с препятствием о растворении и вымывании солей из однородной толщии засоленной почвы при одномерной установившейся и равномерной фильтрации жидкой среды. Эту задачу можно свести к решению дифференциального уравнения

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} - \frac{v}{n} \frac{\partial C}{\partial y} + \bar{\gamma}(C_n - C) \quad (1)$$

при начальных и граничных условиях [1, 2, 3]:

$$\left. \begin{aligned} C(y,t)|_{t=0} &= C(y,0) = C_n, \quad 0 \leq y \leq l; \\ \frac{\partial C}{\partial y} \Big|_{y=0} &= \frac{v}{nD} [C(0,t) - C_0], \quad t > 0; \\ \frac{\partial C}{\partial y} \Big|_{y=l} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где v – скорость фильтрации, м/с; n – пористость грунта; $\bar{\gamma}$ – коэффициент растворения солей, с⁻¹; C_n – концентрация предельной насыщенности жидкости солями данного состава, г/л; C – концентрация грунтового раствора, г/л; D – коэффициент конвективной диффузии, см²/сут; t – время, с.

После обозначения уравнение (1) примет вид:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{nD}{vl} \frac{\partial^2 C}{\partial \bar{y}^2} - \frac{\partial C}{\partial y} + \frac{n\bar{\gamma}l}{v} (C_n - C), \quad (3)$$

или

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 C}{\partial \bar{y}^2} - \frac{\partial C}{\partial y} + N_i (C_n - C), \quad (4)$$

где $Pe = \frac{vl}{nD}$ и $N_i = \frac{n\bar{\gamma}l}{v}$.

С помощью подстановки

$$C(\bar{y}, \bar{t}) = C_n - (C_n - C_0) \left\{ u(\bar{y}) + v(\bar{y}, \bar{t}) \cdot \exp \left[- \left(\frac{1}{4} Pe + N_i \right) t \right] \right\} \exp \left(\frac{Pe}{2} \bar{y} \right) \quad (5)$$

уравнение (4) приводится к двум уравнениям:

$$\frac{d^2 u}{d\bar{y}^2} = a^2 u \quad (6)$$

при $\frac{du}{d\bar{y}} \Big|_{\bar{y}=0} = \frac{Pe}{2} [u(0) - 2]; \quad \frac{du}{d\bar{y}} \Big|_{\bar{y}=1} = -\frac{Pe}{2} u(1);$

где $a^2 = \frac{Pe^2}{4} + N_i Pe;$

$$\frac{\partial v}{\partial \bar{t}} = \frac{1}{Pe} \frac{\partial^2 v}{\partial \bar{y}^2} \quad (7)$$

при $\frac{\partial v}{\partial \bar{y}} \Big|_{\bar{y}=0} = \frac{Pe}{2} v(0, \bar{t}); \quad \frac{\partial v}{\partial \bar{y}} \Big|_{\bar{y}=1} = \frac{Pe}{2} v(1, \bar{t}).$

Найдем решение задачи (6). Очевидно, решением уравнения

$$\frac{d^2 u}{d\bar{y}^2} - a^2 u = 0$$

является функция

$$u(\bar{y}) = Ae^{a\bar{y}} + Be^{-a\bar{y}}. \tag{8}$$

По условию (6) найдем:

$$A(a - Pe/2) - B(a + Pe/2) = -Pe;$$

$$A(a + Pe/2)e^a - B(a - Pe/2)e^{-a} = 0,$$

откуда получим:
$$A = \frac{Pe(a - 0,5Pe)}{e^{2a}(a + 0,5Pe)^2 - (a - 0,5Pe)^2};$$

$$B = \frac{Pe(a + 0,5Pe)e^{2a}}{e^{2a}(a + 0,5Pe)^2 - (a - 0,5Pe)^2}.$$

Подставляя значения A и B в уравнение (8), после необходимых преобразований получим решение задачи (6) в виде:

$$u(\bar{y}) = \frac{Pe[acha(1 - \bar{y}) + 0,5Pe \operatorname{sha}(1 - \bar{y})]}{(a^2 + 0,25Pe^2) \operatorname{sha} + aPe \operatorname{cha}}. \tag{9}$$

Что же касается решения задачи (7), то оно известно из литературы [3]:

$$v(\bar{y}, \bar{t}) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} e^{-1/(Pe\alpha_n^2 \bar{t})} \frac{\alpha_n \cos \alpha_n \bar{y} + 0,5Pe \sin \alpha_n \bar{y}}{\alpha_n^2 + 0,25Pe^2 + Pe} \cdot J, \tag{10}$$

где $J = \int_0^l v(\bar{y}, 0)(\alpha_n \cos \alpha_n \bar{y} + 0,5Pe \sin \alpha_n \bar{y}) d\bar{y}$, $\alpha_n (n = 1, 2, 3)$ некоторые отличные от нуля корни уравнения

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{\alpha_n Pe}{\alpha_n^2 - 0,25Pe^2}. \tag{11}$$

Последнее уравнение имеет бесчисленное множество вещественных корней, в чем нетрудно убедиться, построив графики кривых (рис. 1):

$$y = \operatorname{ctg} \alpha_n; \quad y = \frac{\alpha_n}{Pe} - \frac{0,25Pe}{\alpha_n}.$$

Из рис.1 видно, что в каждом интервале $(0, \pi)$, $(\pi, 2\pi)$, лежит положительный корень уравнения (11), а отрицательные корни по абсолютной величине равны положительным.

Следовательно, каждый член ряда (10) является частным решением уравнения (7).

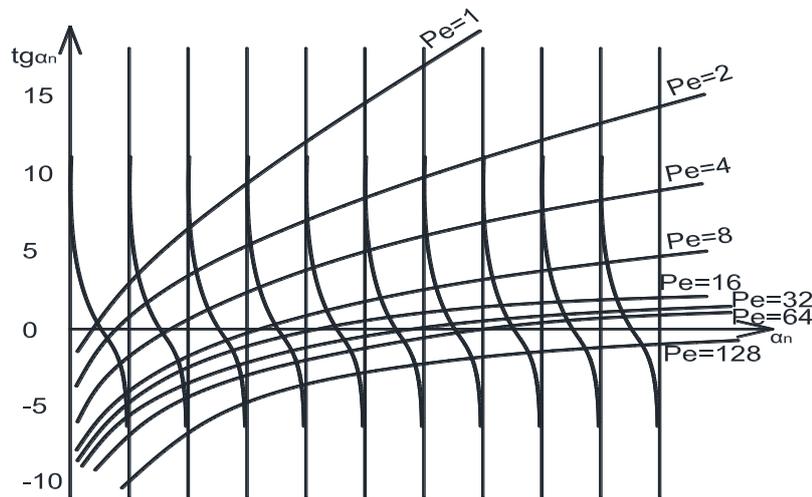


Рис. 1. Графическое решение уравнения (11)

Учитывая, что $v(\bar{y}, 0) = -u(\bar{y})$, из формулы (10) находим:

$$v(\bar{y}, \bar{t}) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} e^{-1/(Pe\alpha_n^2 t)} \frac{\alpha_n \cos \alpha_n \bar{y} + 0,5Pe \sin \alpha_n \bar{y}}{\alpha_n^2 + 0,25Pe^2 + Pe} \times$$

$$\int_0^l \frac{Pe[a \operatorname{ch} a(1-\bar{y}) + 0,5Pe \operatorname{sh} a(1-\bar{y})]}{(a^2 + 0,25Pe^2) \operatorname{sh} a + aPe \operatorname{ch} a} (\alpha_n \cos \alpha_n \bar{y} + 0,5Pe \sin \alpha_n \bar{y}) dy \quad (12)$$

Легко можно показать, что:

$$\int_0^1 \operatorname{ch} a(1-y) \cos \alpha_n y dy = \frac{\alpha_n \sin \alpha_n + a \operatorname{sh} a}{a^2 + \alpha_n^2};$$

$$\int_0^1 \operatorname{ch} a(1-y) \sin \alpha_n y dy = \frac{\alpha_n (\operatorname{ch} a - \cos \alpha_n)}{a^2 + \alpha_n^2};$$

$$\int_0^1 \operatorname{sh} a(1-y) \sin \alpha_n y dy = \frac{\alpha_n (\operatorname{ch} a - \cos \alpha_n)}{a^2 + \alpha_n^2};$$

$$\int_0^1 \operatorname{sh} a(1-y) \cos \alpha_n y dy = \frac{\alpha_n \operatorname{sh} a - a \sin \alpha_n}{a^2 + \alpha_n^2}.$$

Подставив эти выражения в уравнение (12), после соответствующих преобразований получим:

$$v(\bar{y}, \bar{t}) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} e^{-1/(Pe\alpha_n^2 t)} \frac{Pe\alpha_n (\alpha_n \cos \alpha_n \bar{y} + 0,5Pe \sin \alpha_n \bar{y})}{(a^2 + \alpha_n^2)(\alpha_n^2 + 0,25Pe^2 + Pe)}. \quad (13)$$

Учитывая равенства (9) и (13), из уравнения (5) находим

$$C(\bar{y}, \bar{t}) = C_{\Pi} - (C_{\Pi} - C_0) \left\{ \frac{Pe[a \operatorname{ch} a(1 - \bar{y}) + 0,5Pe \operatorname{sh} a(1 - \bar{y})]}{(a^2 + 0,25Pe^2) \operatorname{sh} a + aPe \operatorname{ch} a} - \right. \\ \left. - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Pe\alpha_n (\alpha_n \cos \alpha_n \bar{y} + 0,5Pe \sin \alpha_n \bar{y})}{(a^2 + \alpha_n^2)(\alpha_n^2 + 0,25Pe^2 + Pe)} \exp\left(-\frac{a^2 + \alpha_n^2}{Pe} \bar{t}\right) \right\} \exp\left(\frac{Pe}{2} \bar{y}\right), \quad (14)$$

где $0 \leq \bar{y} \leq 1$, $\bar{t} \leq 0$, $\alpha_n (n=1,2,3)$ — корни уравнения (11).

Обсуждение результатов. Функция, определяемая равенством (14), удовлетворяет уравнению (1) и условиям (2) и является требуемым решением.

Если обозначим $\bar{C}(\bar{y}, \bar{t}) = [C_{\Pi} - C(\bar{y}, \bar{t})]/(C_{\Pi} - C_0)$, то из уравнения (14) получим:

$$\bar{C}(\bar{y}, \bar{t}) = \left\{ \frac{Pe[a \operatorname{ch} a(1 - \bar{y}) + 0,5Pe \operatorname{sh} a(1 - \bar{y})]}{(a^2 + 0,25Pe^2) \operatorname{sh} a + aPe \operatorname{ch} a} - \right. \\ \left. - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Pe\alpha_n (\alpha_n \cos \alpha_n \bar{y} + 0,5Pe \sin \alpha_n \bar{y})}{(a^2 + \alpha_n^2)(\alpha_n^2 + 0,25Pe^2 + Pe)} \exp\left(-\frac{a^2 + \alpha_n^2}{Pe} \bar{t}\right) \right\} \exp\left(\frac{Pe}{2} \bar{y}\right), \quad (15)$$

Для определения изменения концентрации раствора во времени на нижней границе промываемой толщи грунта (уравнения выходных кривых) следует подставить $y=1$. Тогда $\bar{y} = 1$ и формула (15) получит вид

$$C(1, \bar{t}) = \frac{aPe \exp(0,5Pe)}{(a^2 + 0,25Pe^2) \operatorname{sh} a + aPe \operatorname{ch} a} - \\ - 2 \exp(0,5Pe) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Pe\alpha_n (\alpha_n \cos \alpha_n + 0,5Pe \sin \alpha_n)}{(a^2 + \alpha_n^2)(\alpha_n^2 + 0,25Pe^2 + Pe)} \exp\left(-\frac{a^2 + \alpha_n^2}{Pe} \bar{t}\right). \quad (16)$$

Из уравнения (11) определяем $\cos \alpha_n = (\alpha_n - 0,25Pe^2)/(\alpha_n + 0,52Pe^2)$ и $\sin \alpha_n = Pe\alpha_n / (\alpha_n^2 + 0,25Pe^2)$ и, с учетом этих значений из формулы (16) находим:

$$\bar{C}(1, \bar{t}) = \frac{aPe \exp(0,5Pe)}{(a^2 + 0,25Pe^2) \operatorname{sh} a + aPe \operatorname{ch} a} - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Pe \alpha_n^2 \exp(0,5Pe)}{(a^2 + \alpha_n^2)(\alpha_n^2 + 0,25Pe^2 + Pe)} \exp\left(-\frac{a^2 + \alpha_n^2}{Pe} \bar{t}\right). \quad (17)$$

При $\bar{\gamma} = 0$ $a = 0,5Pe$, тогда

$$\bar{C}(1, \bar{t}) = 1 - 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Pe \alpha_n^2 \exp(0,5Pe)}{(\alpha_n^2 + 0,25Pe^2)(\alpha_n^2 + 0,25Pe^2 + Pe)} \cdot \theta, \\ \text{где } \theta = \exp\left(-\frac{\alpha_n^2 + 0,25Pe^2}{Pe} \bar{t}\right)$$

или

$$\bar{C}(1, \bar{t}) = \frac{C(1, \bar{t}) - C_0}{C_n - C_0} = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{Pe \alpha_n^2 \exp(0,5Pe)}{(\alpha_n^2 + 0,25Pe^2)(\alpha_n^2 + 0,25Pe^2 + Pe)} \cdot \theta. \quad (18)$$

Пользуясь формулами (17) и (18), можно определить коэффициенты конвективной диффузии и растворения солей.

Вывод: Определены изменения концентрации раствора во времени на нижней границе промываемой толщи грунта и получены формулы, воспользовавшись которыми можно квалифицировать коэффициенты конвективной диффузии и растворения солей при одномерной фильтрации воды в грунтах конечной толщины.

Библиографический список:

1. Баламирзоев, А.Г. Прогнозирование деформаций оснований гидротехнических сооружений на засоленных грунтах/А.Г.Баламирзоев.- Ростов-на-Дону.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001.- 201 с.
2. Баламирзоев А.Г. Развитие теории и методов прогнозирования суффозионных деформации при фильтрации в рещиноватых основаниях гидротехнических сооружений// дис. докт. техн. наук (05.23.07): защищена 25.05.06: утв.13.10.06/ Баламирзоев Абдул Гаджибалаевич.-Махачкала, 2006.-409 с.
3. Мамедов К. М., Исмаилов Ф. М. Об одном методе решения уравнений конвективной диффузии для случая фильтрации в пористой среде ограниченной мощности -Учен. зап. вузов МВиССО АзербССР Сер. X, 1973, с. 41- 47.
4. Гидродинамические и физико-химические свойства горных пород/ под ред. Н. Н. Веригина.-М. Недрa, 1977.- 271 с.

References:

1. Balamirzoev A.G. Prediction of deformation bases waterworks on saline soils. A.G.Balamirzoev.- Rostov-na-Donu.: Izd-vo SKNC VSH, 2001.- 201p.
2. Balamirzoev A.G. Development of the theory and methods of suffusion deformations prediction when filtering reschinovatyh grounds waterworks. dissertation doctor of Technical Sciences (05.23.07): 25.05.06: utv.13.10.06 Balamirzoev Abdul Gadzhibalaevich.- Makhachkala, 2006.-409p.
3. Mamedov K. M., Ismailov F. M. A method for solving the convective diffusion equations for the case of filtration in porous media of limited capacity. Scientists universities notes MViSSO AzerbSSR Ser. X, 1973, pp. 41- 47.
4. The hydrodynamic and physico-chemical properties of rocks. Edited by N. N. Verigina. – M. Nedra, 1977- 271p.

УДК 539,41: 629.7.023

Булгаков А.И., Мананов Р.М., Муселемов Х.М., Устарханов О.М.

РАСЧЕТ ТРЕХСЛОЙНЫХ БАЛОК ПО МЕТОДУ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ПК ЛИРА

Bulgakov A. I., Mananov R. M., Muselemov Kh.M., Ustarkhanov O.M.

CALCULATION OF THREE-LAYER BEAMS BY THE FINITE ELEMENT-METHOD WITH THE HELP OF LIRA PC

Аннотация. В настоящее время широкой популярностью у инженеров и научных работников пользуются программные комплексы, в основе которых заложен метод конечных элементов (МКЭ). Основной концепцией МКЭ является непосредственная дискретизация рассчитываемой системы, которая расчленяется расчетной сеткой на конечные элементы. В статье рассмотрены вопросы сходимости метода конечных элементов МКЭ для пластинчатых элементов.

На основании сделанных предпосылок выполнен численный эксперимент расчета напряженно-деформированного состояния трехслойной балки и произведено сравнение результатов с теоретическими данными, полученными по результатам расчета трехслойных балок (ТБ) проведенными по методу изложенном в справочнике Кобелева В.Н.

Ключевые слова: метод конечных элементов, сходимость, трехслойные балки, узловые переменные, линейная теория упругости, программные комплексы.

Abstract. *Currently very popular among engineers and scientists are the software systems, which are based on the finite element method (FEM).*

The basic concept of the finite element method is a direct discretization of the calculated system that is divided by the calculated net into finite elements.

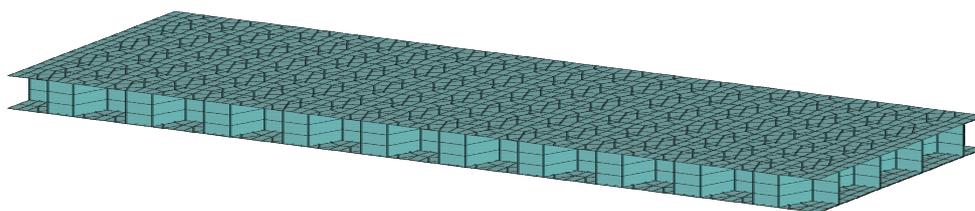
In the paper are considered the questions of convergence of the finite element method for plate elements.

Based on the premises made is carried out the numerical calculation experiment of the stress-strained state of three-layer beams and compared the results with theoretical data obtained from the results of the calculation of three-layer beam (TB) by the method described in the Kobelev V.N reference book

Key words: *finite element method, convergence, three-layer beams, the nodal variables, the linear elasticity theory, software systems.*

Введение. Трехслойные балки представляют собой сложную пространственную структуру, образованную верхним и нижним несущими слоями, а также сотовой конструкцией заполнителя. Соединение несущих слоев с сотовым заполнителем осуществляется с помощью клея (рис. 1).

а)



б)

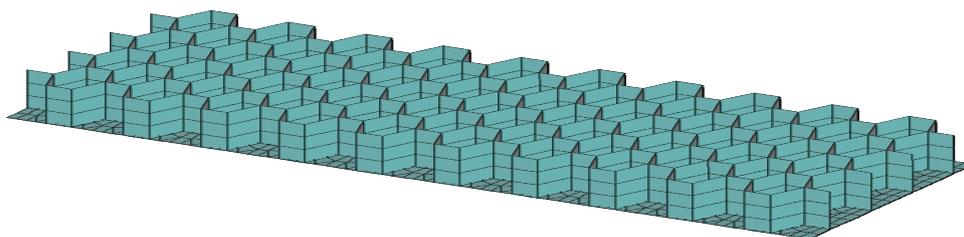


Рисунок 1 – Трехслойная балка а) общий вид; б) сотовый заполнитель

Конструкция трехслойной балки сама по себе является весьма жесткой при работе на плоский изгиб, что делает ее весьма привлекательной для применения в реальных конструкциях, особенно учитывая ее относительную легкость [2]. В настоящее время расчет трехслойных конструкций (ТК) ведется различ-

ными методами. Одним из наиболее распространенным является метод, изложенный в книге [1] под редакцией Кобелева В.Н.

Развитие компьютерных технологий привело к созданию большого количества программ расчета прочности и устойчивости конструкций, основанных на различных методах строительной механики и теории упругости которое можно использовать для расчета напряженно-деформированного состояния (НДС) трехслойных конструкций.

Революцию в строительной механике и теории упругости произвело появление метода конечных элементов (МКЭ). Неограниченные возможности реализации компьютерных моделей на основе МКЭ обусловили разработку новых методов математической физики для решения задач динамики, устойчивости, физической и геометрической нелинейности.

В настоящее время широкой популярностью у инженеров и научных работников пользуются программные комплексы, в основе которых заложен метод конечных элементов (МКЭ), однако лишь единицы из них ориентированы на строительную область [3]. Так в России и странах ближнего зарубежья наибольшей популярностью пользуются программные комплексы STARK и MicroFe (Россия), SCAD и LIRA (Украина) основанные на нормах и стандартах данного региона.

Постановка задачи. Исходя из вышеизложенных предпосылок, авторами сделан выбор в пользу программного комплекса LIRA (ПК ЛИРА).

Рассмотрим основные положения МКЭ реализованные в ПК ЛИРА. Выбор расчетной схемы для МКЭ в перемещениях легко поддается алгоритмизации, что делает этот метод привлекательным с точки зрения применения современных компьютерных технологий. В основе МКЭ лежит линейная теория упругости, уравнения равновесия для которой могут быть записаны в следующем виде:

$$Au \equiv -B^T (DBu) + f = 0, \tag{1}$$

где B – матричный линейный дифференциальный оператор, с помощью которого вектор деформации $\varepsilon(u)$ выражается через вектор перемещений u , $\varepsilon(u) = Bu$; D - матрица упругости, определяющая линейную связь между векторами напряжений σ и деформаций ε , $\sigma = D\varepsilon$ (закон Гука); B^T - транспонированная матрица.

Потенциальную энергию деформации обозначим

$$P(u) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} (DBu)(Bu) d\Omega = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \sigma(u)\varepsilon(u) d\Omega \tag{2}$$

Работу внешних сил выразим формулой

$$W(u) = \int_{\Omega} f \cdot u d\Omega, \tag{3}$$

а полную энергию

$$J(u) = \Pi(u) + W(u) \quad (4)$$

Из формулы вытекает, что функция u является решением дифференциального уравнения (1). Функционал полной энергии вида (4) представляет собой функционал Лагранжа, условием минимума которого являются равенства принципа возможных перемещений – при любом возможном перемещении v сумма возможных работ внутренних и внешних сил равна нулю. Обозначим:

$a(u, v) = \int_{\Omega} (DBu)(Bv) d\Omega = \int_{\Omega} \sigma(u) \varepsilon(v) d\Omega$ – возможная работа внутренних сил;

$$(f, v) = W(v) = \int_{\Omega} f \cdot v d\Omega \text{ – возможная работа внешних сил.}$$

Тогда принцип возможных перемещений запишется в виде:

$$a(u, v) + (f, v) = 0. \quad (5)$$

Левая часть равенства (5) является производной функционала полной энергии (4). Задача решения уравнений равновесия (1) и вариационная задача минимизации функционала (4), т.е. нахождения функции u , удовлетворяющей (5), эквивалентны, т.е. имеют одно и то же решение.

Вариационная постановка задачи имеет определенные преимущества, которые вытекают из того, что порядок производных в (4) понижается в 2 раза. Это позволяет более удобно формулировать граничные условия, смягчить требования к базисным функциям и более просто представить разностные выражения.

Методы исследования. Метод конечных элементов относится к вариационным методам, т.к. позволяет отыскивать минимум функционала (4) на основе уравнений (5). Основной концепцией МКЭ является непосредственная дискретизация рассчитываемой системы, которая расчленяется расчетной сеткой на конечные элементы. Искомая функция перемещений по области системы $u(x)$, $x \in \Omega$ приближенно может быть принята в виде:

$$u_h(x) = \sum_{l=1}^L q_l \varphi_l(x), \quad (6)$$

где L - общее число узловых неизвестных.

Следует помнить, что в каждом узле может быть различное число неизвестных, т.к. на некоторые из них могут быть наложены связи.

На основе подстановки (6) в (5) задача определения непрерывной функции $u(x)$ сводится к определению значений конечного числа узловых неизвестных q_l , которые находят из системы уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial q_l} I(u_h) &= \frac{d}{dq_l} (\Pi(u_h) - W(u_h)) = \frac{\partial}{\partial q_l} \left(\frac{1}{2} a(u_h, u_h) - (f, u_h) \right) = \\ &= \frac{\partial}{\partial q_l} \left(\frac{1}{2} a \left(\sum_{j=1}^L q_j \varphi_j, \sum_{j=1}^L q_j \varphi_j \right) - \left(f, \sum_{j=1}^L q_j u_h \right) \right) = \\ &= a(u_h, \varphi_l) + (f, \varphi_l) = \sum_{j=1}^L q_j \int_{\Omega} DB \varphi_j B \varphi_l d\Omega + \int_{\Omega} f \varphi_l d\Omega = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

при $l=1, 2, \dots, L$

Решая систему (7) будем полагать, что $u_h(x)$ удовлетворяет главным граничным условиям. По найденным из (7) значениям q_l на основе (6) определяется функция перемещений по области системы, а по ней на основе известных соотношений теории упругости и другие компоненты напряженно-деформированного состояния.

Обозначим:

$$K_{l,j} = \int_{\Omega} (DB \varphi_j) B \varphi_l d\Omega = a(\varphi_j, \varphi_l); \quad P_l = \int_{\Omega} f \varphi_l d\Omega = (f, \varphi_l) \quad (8)$$

Матрицу K с элементами $K_{l,j}$ называют матрицей жесткости или матрицей системы уравнений МКЭ, вектор P с элементами P_l - вектором нагрузок и вектором правых частей.

Обозначим через q вектор узловых неизвестных, тогда уравнение (7) в матричном виде будет:

$$Kq + P = 0 \quad (9)$$

Расчленение системы на конечные элементы, выполненные на первом этапе расчета, дает возможность представить возможные работы деформаций и внешних сил в виде сумм по отдельным элементам:

$$a(u, v) = \sum_r a_r(u, v), \quad (f, v) = \sum_r (f, v)_r .$$

Такой подход позволяет составить элементы матрицы K и вектора P из отдельных компонентов. Так, lj -элемент матрицы K и l -элемент вектора P определяются по формулам

$$K_{lj} = \sum_{r \in lj} K_{ljr}; \quad P_l = \sum_{r \in l} P_{lr},$$

где $r \in lj, r \in l$ – суммирование по всем элементам, содержащим l и j узловые неизвестные; K_{ljr}, P_{lr} – компоненты матрицы жесткости и вектора узловых сил r – конечного элемента, которые определяются аналогично (8):

$$K_{ljr} = \int_{\Omega_r} (B\varphi_l)^T DB(\varphi_j) d\Omega_r; \quad P_{lr} = \int_{\Omega_r} \varphi_l^T f d\Omega_r. \quad (10)$$

Это позволяет строить разрешающую систему уравнений МКЭ (7) на основе рассмотрения каждого отдельного конечного элемента.

После выбора системы базисных функций $\{\varphi_l\}$ процедура МКЭ представляется достаточно формализованной. Выбор $\{\varphi_l\}$ является самым ответственным этапом, так как определяет сходимость метода, точность решения задачи, разрешимость системы (7). Линейная независимость базисных функций проверяется достаточно легко и, как правило, выполняется для МКЭ автоматически.

На основе работы [4] можно сформулировать требования, которым должны удовлетворять функции φ_l , чтобы обеспечить сходимость МКЭ:

- система базисных функций $\{\varphi_l\}$ должна принадлежать энергетическому пространству H_A дифференциального оператора задачи A . То есть представление разрешающей функции u должно удовлетворять главным граничным условиям и обеспечивать существование по всей области Ω тех перемещений и их производных, которые входят в функционал (4);
- функции φ_l должны быть линейно независимыми, для разрешимости системы (7);
- система базисных функций $\{\varphi_l\}$ должна быть полна в энергетическом пространстве оператора A .

Принадлежность к энергетическому пространству оператора A устанавливается существованием компонентов напряженно-деформированного состояния, которые входят в соответствующий функционал.

По области конечных элементов это требование, как правило, удовлетворяется автоматически, поэтому необходимо проверять неразрывность соответствующих компонентов только по линиям или поверхностям контактов конечного элемента.

Так как для изгибаемых плит и оболочек дифференциальный оператор A имеет четвертый порядок, а в функционал Лагранжа входят вторые производные по перемещениям, то необходимо обеспечить непрерывность, как перемещений, так и их первых производных по линиям контакта.

Обсуждение результатов. Основываясь на выше приведенных выкладках, было принято решение об использовании МКЭ при решении задачи расчета

трехслойных балок. В качестве расчетной схемы использовалась система вертикальных и горизонтальных пластин, со следующими характеристиками:

1. Несущие слои (горизонтальные пластины) – толщина 1мм, материал: алюминий Д16-АТ ($E=69000\text{МПа}$, $\nu=0.34$, $\rho=26.8\text{кН/м}^3$);
2. Сотовый наполнитель (вертикальные пластины) – толщина 0.12мм, материал: алюминий АМГ2-Н ($E=69000\text{МПа}$, $\nu=0.34$, $\rho=26.8\text{кН/м}^3$).

Расчетная длина балки принята 70см. Высота балки – 6см. Ширина балки варьировалась в зависимости от размера сот и составляла 4 полных соты. Ширина элементов, образующих соты составляла 5, 10, 15 и 25мм.

Условие опирания – жесткие заделки. Нагрузка на балку – равномерно распределенная, интенсивностью от 1,0 – 6,5кН/м².

Исходя из вида работы и напряженно-деформированного состояния элементов в качестве расчетных были приняты четырех- и трех- узловые конечные элементы пологих оболочек. Сопряжение элементов между собой принято жестким, что обеспечивает выполнение условия совместности перемещений и их производных входящих в функционал (4). Линейная независимость базисных функций проверяется для МКЭ автоматически. Полнота системы базисных функций также выполняется, так как порядок полинома, выражаемого линейными комбинациями функции φ_{jg} , $p=m$ ($p=2$, порядок полинома; $2m=4$ – порядок дифференциального оператора A). Таким образом, сходимость решений доказана.

Результаты численного эксперимента приведены на рис. 2.

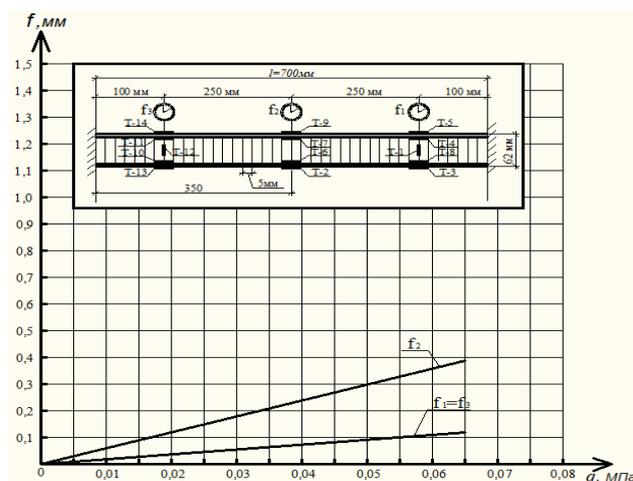


Рисунок 2- График прогибов полученных в результате расчета с применением МКЭ (ПК ЛИРА). $f_{\max}=0.39\text{мм}$.

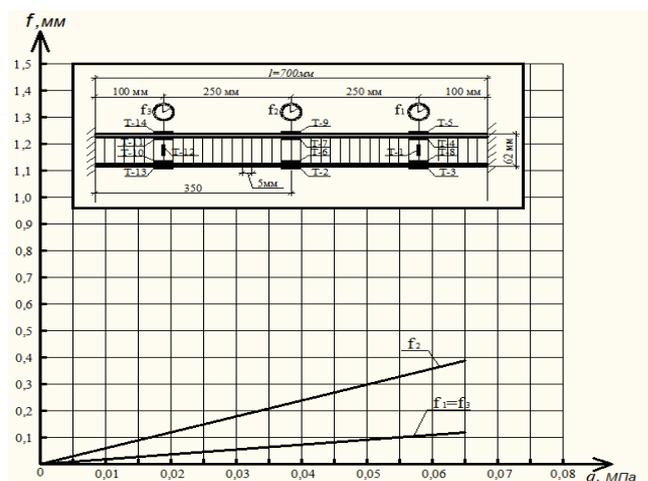


Рисунок 3- График прогибов полученных в работе В.Н. Кобелева [1]. $f_{\max}=0.389\text{мм}$.

Для сравнения приведены результаты расчета ТБ по методу изложенному в [1] (рис. 3).

Вывод. Сравнение результатов аналитического и численного методов, показывает достаточно хорошее совпадение вычисляемых параметров, что подтверждает правильность выбранной модели метода конечных элементов и принятый тип конечных элементов.

Библиографический список:

1. Кобелев В.Н. «Расчёт трёхслойных конструкций». М.:Машиностроение, 1984. 304с.
2. Панин В.Ф. «Конструкции с сотовым наполнителем». М.:Машиностроение, 1982. 152с.
3. А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. Компьютерные модели конструкций. Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2009.360с.
4. Михлин С.Г. Вариационные методы математической физики. – М.:Наука, 190. – 512 с.

References:

1. Kobelev V. N. «Calculation of sandwich structures». М.:Mashinostroenie, 1984. 304p.
2. Panin, V. F., «design of honeycomb». М.:Mashinostroit-nie, 1982. 152p.
3. A. S. Gorodetski, I. D. Evzerov. Computer models of designs. Moscow: Publishing house Association building universities, 2009.360 p.
4. Mikhlin S. G. Variational methods in mathematical physics. – М.:Nauka, 190. – 512 p.

УДК 550.34; 622, 831

Магомедов Р.А.

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Magomedov R.A.

EVALUATION OF STRESS-STRAIN STATE OF ROCK MASS

Аннотация. Предложен новый способ определения напряженно-деформированного состояния массива горных пород без пропуска отдельных его участков на основе совмещения наблюдений за динамикой пьезометрического уровня в специальных гидрогеологических скважинах заранее спланированной сети и изменением диаметра скважин измеряемого фотоупругими датчиками.

С началом формирования напряженно-деформированного состояния геологической среды, хаотичная структура гидрогеодинамического поля (ГГД-поля) переходит в аномальное состояние определенной формы, в соответствии с геометрической формой и размерами геологической структуры. Замкнутые линии равных аномальных значений пьезометрических уровней образуют кольцевые геометрические структуры, в центральных частях которых наблюда-

ются наибольшие аномальные их значения, соответствующие наибольшей степени напряженно-деформированного состояния массива горных пород. В пределах аномального (возмущенного) ГГД-поля проводят измерения диаметров скважин, фиксируемые фотоупругими датчиками, которые уточняют конкретный напряженно-деформируемый участок (источник напряжений) массива горных пород. Скважины, пробуренные для измерения фотоупругими датчиками изменений их диаметров, располагают в массиве горных пород в шахматном порядке, а специальные гидрогеологические скважины, пробуренные до изолированной водонапорной системы для регистрации аномального (возмущенного) ГГД-поля, располагают в двух взаимно перпендикулярных профилях с учетом геометрической формы контролируемого массива горных пород. Совмещение наблюдений по заранее спланированной сети пьезометров и скважин с фотоупругими датчиками позволит получить более точную картину напряженно-деформированного состояния исследуемого массива горных пород без пропуска его отдельных участков.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, прогноз, пьезометрия, эффективное напряжение, поровое давление.

Abstract. A new method of determining the stress-strain state of the rocks without dropping its individual parts on the basis of combination of observations of the dynamics of piezometric level in special hydrogeological wells of pre-planned network and by the change in the diameter of wells measured by photo elastic sensors is proposed.

With the beginning of the formation of the stress-strain state of the geological environment, the chaotic structure of hydro-geodynamic field (HGD-field) goes into the abnormal condition of a certain form, in accordance with the geometric shape and sizes of the geological structure. Closed lines of equal abnormal values of piezometric levels form geometric circular structures in the Central parts of which are observed their most anomalous values corresponding to the greatest extent of stress-strain state of rock massif. Within abnormal (disturbed) HGD-field is carried out the measurement of the diameters of the wells, fixed by photoelastic sensors which clarify the concrete stress-strain plot (voltage source) of the rock massif. Well drilled for measuring by photoelastic sensors of changes in their diameters, are arranged in the rock massif in a staggered manner, and the special hydrogeological well, drilled up to an isolated water system for the registration of anomalous (perturbed) HGD-field are located in two mutually perpendicular profiles, taking into account the geometric shape of the monitored rock mass. The combination of observations according to a pre-planned network of piezometers and wells with photoelastic sensors will allow to get a more accurate picture of the stress-strain state of the investigated deposits of rock without pass of its separate parts.

Key words: stress-strain state, forecast, piezometers, effective stress, pore pressure.

Введение. Известен способ определения напряжений в массиве горных пород [7], основанный на измерении фотоупругими датчиками диаметра сква-

жины, пробуренной в массиве горных пород, и метод определения напряжений в массиве горных пород, основанный на натуральных замерах проявлений горного давления [5]. Наиболее близким к предлагаемому способу оценки является первый. Этот способ дает некоторую информацию о напряженном состоянии отдельного участка массива горных пород. Недостатком этого способа является малая точность и надежность определения напряженно-деформированного состояния всего массива горных пород в целом.

Этот способ может быть применен в условиях идеальной изотропной среды, чего в природе не бывает. Геологическая среда гетерогенна, а изменения в одной точке (в одной скважине) массива горных пород не обязательно означают, что вся геологическая среда (весь исследуемый горный массив) находится в напряженно-деформированном состоянии.

Изменение режима подземных вод, даже не связанное с эндогенными и экзогенными (техногенными и др.) процессами, вызывает деформацию земной поверхности. Локальное разуплотнение пород, изменения физико-химических процессов, техногенное воздействие, которое практически не учитывается в этом случае, и т.д., могут привести к деформационным изменениям пород в горном массиве.

Постановка задачи. Целью предлагаемого способа является повышение достоверности, точности и надежности определения напряженно-деформированного состояния всего исследуемого массива горных пород в целом, без пропуска отдельных его участков. Способ применим в области инженерной геологии, и может быть использован для определения напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

Методы исследования. В предлагаемом способе непрерывные наблюдения за изменениями пластового давления (за динамикой изменения пьезометрического уровня воды в специальных скважинах, пробуренных до изолированной водонапорной системы) и диаметра скважин (измеряемой фотоупругими датчиками), позволят контролировать границы и изменения напряженно-деформированного состояния всего исследуемого массива горных пород без пропуска отдельных его участков.

Обсуждение результатов. Аномальное гидродинамическое поле, представляющее собой поле аномальных значений пьезометрического уровня воды в скважинах, возникает в результате изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Как известно, многолетние исследования особенностей функционирования подземной гидросферы привели к обнаружению новой разновидности естественного поля – ГГД-поля Земли [2-4].

Результаты комплексных исследований ГГД-поля [1,6] были признаны научным открытием (диплом № 273) и зарегистрированы в 1982 г. с формулой: Явление глобально распространённых быстропротекающих пульсационных изменений в гидрогеосфере, обусловленное способностью последней реагировать на изменения напряжённо-деформированного состояния литосферы (Гидрогеологический эффект Варганяна-Куликова).

Изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород происходит не только под воздействием эндогенных сил, но также и в результате хозяйственной деятельности человека.

Создание крупных водохранилищ вызывает увеличение общего напряженно-деформированного состояния массива горных пород, которое происходит за счёт роста поверхностных внешних сил (P_e), численно равных давлению столба воды в водохранилище. Дополнительное напряжение, возникающее в водоносных породах горного массива от весовой нагрузки водохранилища, уравнивается реакцией «скелета» водосодержащей породы и жидкостью.

Это сопровождается ростом эффективного напряжения (давления на «скелет» породы - σ) и давления флюида (P_n). Изменение порового давления и напряжений на «скелет» породы описывается известным равенством $P_e = \sigma + P_n$. Увеличение нагрузки (в частности, строительство водохранилища) проявляется через повышение столба воды в пьезометрической скважине. Другая часть весовой нагрузки от водохранилища, действующая на «скелет» породы, вызывает увеличение эффективного напряжения, которое в явной форме не проявляется и поэтому может быть косвенно измерено непосредственно в скважине (измерением диаметра скважин фотоупругими датчиками).

Гидрогеодинамический режим, возникающий в результате нарушения баланса внешних и внутренних сил, является чутким индикатором изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород в зоне создания и эксплуатации крупных водохранилищ.

Систематические наблюдения за динамикой изменения пьезометрического уровня и диаметра скважин позволят осуществить постоянный контроль за изменением напряженно-деформированного состояния массива горных пород в зоне создания и эксплуатации водохранилищ.

Разработка месторождения нефти и газа также приводит к изменению общего напряжения в кровле разрабатываемого горизонта. Уменьшение порового давления (ΔP_n) сопровождается увеличением на такую же величину эффективного напряжения ($\Delta \sigma_e$) или давления на скелет породы: $\Delta P_n = - \Delta \sigma_e$. Приращение эффективного напряжения численно равно величине сработки первоначального гидростатического давления.

Общее эффективное напряжение ($\Sigma \sigma_e$) в разрабатываемом продуктивном горизонте будет складываться из первоначального напряжения (σ_e) и приращения его на данный момент времени ($\Delta \sigma_e$) за счёт сработки порового давления и может быть выражен известным очевидным равенством $\Sigma \sigma_e = \sigma_e + \Delta \sigma_e$.

Эффективное напряжение в кровле эксплуатационного горизонта в условиях постоянной внешней нагрузки будет непрерывно расти (что будет фиксироваться изменениями диаметров скважин сети наблюдений) за счёт уменьшения порового давления.

Всекие изменения внешних (экзогенных) и внутренних (эндогенных) сил компенсируются в пределах любого флюидосодержащего массива горных пород изменениями эффективного напряжения и пластового давления. Изменения эффективного напряжения, которые в явной форме не проявляются, измеряют-

ся непосредственно в скважине (измерением диаметра скважин фотоупругими датчиками).

Изменения пластового давления контролируются систематическими наблюдениями за динамикой пьезометрического уровня в специальных гидрогеологических скважинах. Замкнутые линии равных аномальных значений пьезометрического уровня образуют кольцевые геометрические структуры, в центральных частях которых наблюдаются наибольшие аномальные значения пьезометрических уровней, соответствующие наибольшей степени напряженно-деформированного состояния массива горных пород.

Таким образом, аномальный гидродинамический режим, возникающий в результате нарушения баланса внешних (уровень водохранилища, разработка месторождения нефти и газа) и внутренних сил (пластовое давление под влиянием эндогенных и техногенных сил), является чутким индикатором изменения напряженно-деформированного состояния всего массива горных пород и контролирует его границы. Изменения диаметров скважин, фиксируемые фотоупругими датчиками уточняют конкретный напряженно-деформируемый участок (источник напряжений) в пределах контролируемого массива горных пород.

Систематические наблюдения за динамикой изменения пьезометрического уровня и диаметра скважин позволят осуществить постоянный контроль за изменением напряженно-деформированного состояния массива горных пород в зонах создания и эксплуатации водохранилищ, на территориях разработок месторождений и строительства ответственных инженерных сооружений.

С началом формирования напряженно-деформированного состояния геологической среды, хаотичная структура ГГД-поля переходит в аномальное состояние определенной формы, в соответствии с геометрической формой и размерами геологической структуры. Замкнутые линии равных аномальных значений пьезометрических уровней образуют кольцевые геометрические структуры, в центральных частях которых наблюдаются наибольшие аномальные их значения, соответствующие наибольшей степени напряженно-деформированного состояния массива горных пород [8].

В пределах аномального (возмущенного) ГГД-поля проводят измерения диаметров скважин, фиксируемые фотоупругими датчиками, которые уточняют конкретный напряженно-деформируемый участок (источник напряжений) массива горных пород.

В предлагаемом способе скважины, пробуренные для измерения фотоупругими датчиками изменений их диаметров располагают в массиве горных пород в шахматном порядке, а специальные гидрогеологические скважины, пробуренные до изолированной водонапорной системы для регистрации аномального (возмущенного) ГГД-поля, располагают в двух взаимно перпендикулярных профилях с учетом геометрической формы контролируемого массива горных пород (рис.1).

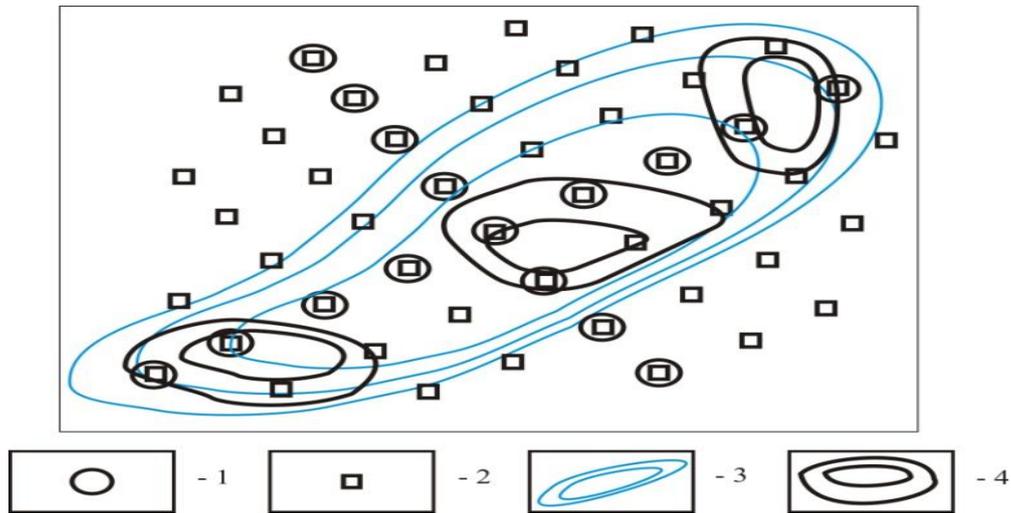


Рисунок 1 – Схема расположения наблюдательных скважин в пределах исследуемого массива горных пород

1 – скважины для наблюдения за изменениями пластового давления;
2 – скважины для наблюдения за изменениями диаметра скважин фотоупругими датчиками.

3 – изолинии равных значений пластового давления;
4 – изолинии равных изменений диаметров скважин.

Расстояние между скважинами выбирается с учетом требуемой точности и геометрической формы и размеров контролируемого массива горных пород. Чем чаще располагают скважины, тем точнее и детальнее будет получаемое в результате аномальное напряженно-деформированное поле (например, для массива горных пород под крупными и ответственными инженерными сооружениями – первые десятки метров).

Вывод. Таким образом, совмещение наблюдений по заранее спланированной сети пьезометров и скважин с фотоупругими датчиками позволит получить более точную оценку напряженно-деформированного состояния исследуемого массива горных пород без пропуска его отдельных участков.

Библиографический список

1. В государственном комитете СССР по делам изобретений и открытий // Вестн. АН СССР. 1984. № 1. С. 132-142.
2. Вартамян Г.С. Гидрогеодеформационное поле в исследовании механизмов геодинамики // Отечественная геология. 1995. № 4. С. 29-37.
3. Вартамян Г.С., Куликов Г.В. Гидрогеодеформационное поле Земли // Докл. АН СССР. 1982. Т. 262. Вып. 2. С. 310-314.
4. Вартамян Г.С., Куликов Г.В. О глобальном гидрогеодеформационном поле Земли // Советская геология. 1983. № 5. С. 116-125.
5. Грицко Г.И., Власенко Б.В. Экспериментально-аналитический метод определения напряжений в массиве горных пород. Новосибирск: Наука, 1976 г. - 188 С.

6. Официальный бюллетень Государственного комитета СССР по делам изобретений и открытий. Открытия, изобретения. Публикация об открытиях, зарегистрированных «Государственном реестре открытий СССР». - М.: Типография ГОСНИТИ, 1983. № 46. 3 С.

7. Катков Г.А., Хаимова-Малькова Р.И. Способ определения напряжений в массиве горных пород. А.С. № 465477 //Б.И. № 12. 1975.

8. Магомедов Р.А. Способ предсказания силы и места землетрясения. Патент № 2163385 //Б.И № 5. 2001.

References:

1. The USSR State Committee for Inventions and Discoveries. Vestn. USSR Academy of Sciences. 1984. № 1. pp. 132-142.
2. Vartanyan GS Hidrogeodeformatsionnoe field in the study of mechanisms of geodynamics. Patriotic geology. 1995. № 4. pp. 29-37.
3. Vardanyan GS, Kulikov GV Hidrogeodeformatsionnoe field of the Earth. Dokl. USSR Academy of Sciences. 1982. T. 262. Vol. 2, pp. 310-314.
4. Vardanyan GS, Kulikov GV On global gidrogeodeformatsionnom field of the Earth // Soviet Geology. 1983. № 5. pp. 116-125.
5. Gritsko GI Vlasenko BV Experimental and analytical method for the determination of stresses in the rock mass. Nauka, Novosibirsk, 1976 - 188 p.
6. Official Gazette of the USSR State Committee for Inventions and Discoveries. Discoveries and inventions. Publication of the findings, reported "State Register of Discoveries SSSR M. : Printing GOSNITI, 1983. № 46. p. 3
7. GA Katkov, Haimova-Malkova RI A method for determining stresses in the rock mass. AS .B.I Number 465,477. Number 12. 1975.
8. Magomedov RA A method of predicting the strength and earthquake locations. Patent number 2163385. B.I number 5. 2001.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 665.775

Белова Н.А., Исраилова З.С., Страхова Н.А.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ

N.A. Belova, Z.S. Israilova, N.A. Strakhova

PROBLEMS AND PROSPECTS OF PETROLEUM BITUMEN PRODUCTION

Аннотация. Рассмотрено мировое производство нефтяных битумов для дорожного строительства. Показаны проблемы и перспективные направления битумного производства в мире и России.

В настоящее время лидирующие позиции на российском рынке битумов занимают компании «Газпром нефть», «Роснефть», и «Лукойл». На них приходится почти 80% общего объема производства битумов в РФ.

В мировой практике дорожного строительства в основном применяются остаточные нефтяные дорожные битумы, из которых на Западе строится более 80% автомобильных дорог.

Значительный рост качества нефтяных битумов произошел с появлением модифицированных и полимерно-битумных вяжущих (ПБВ). Среди блок-сополимеров стирола (SBC - styrene block copolymer), используемых в дорожном строительстве, основным модификатором для производства полимер-модифицированных битумов в мире является бутадиен-стирольный термоэластопласт СБС (SBS – styrene butadiene styrene).

Выявлено, что на Московском НПЗ в 2014г. запущена установка по производству ПМБ нового поколения под брендом G-Way Styrelf. Установка построена совместным предприятием «Газпром нефти» и французского концерна Total и рассчитана на выпуск 60 тыс. тонн ПМБ и 7 тыс. тонн битумных эмульсий в год. Производство осуществляется в соответствии с технологией Styrelf, разработанной концерном Total и адаптированной к российским климатическим условиям. Интерес к российскому битуму наблюдается и на зарубежных рынках.

Ключевые слова: битум, новые автомобильные дороги, мировое производство битумов, битумный рынок, окисление битумов, старение битумов, пластификаторы битумов, скоростные автотрассы, мощности по производству битумов, модифицированные и полимерно-битумные вяжущие.

Abstract. *The world production petroleum bitumen for road construction is considered. The problems and prospects of the bitumen production in the world and Russia are shown.*

At present leading positions on Russian bitumen market occupy the companies Gazprom Oil, Rosneft and Lukoyl. They cover nearly 80% of total volume of bitumen production in the RF.

In world road construction practice the residual road oil bitumen is basically used, from which more than 80% of motor roads are built in the west.

The significant quality growth of oil bitumen was the result of the appearance of modified and polymeric-bitumen bindings (PBB). Amongst block polymer of the styrene (SBC - styrene block copolymer), used in road construction, the main modifier for production of polymer-modified bitumen in the world is butadiene styrene thermo-elastolayer SBS (SBS - styrene butadiene styrene).

In 2014 at Moscow NPZ the installation on production PMB of new generation G-Way Styrelf is launched. The installation was built by the joint-venture "Gazprom Oil" and French concern Total and is considered to produce 60 thousand tons of PMB and 7 thousand tons of bitumen emulsion per annum. The production is realized in accordance with technology Styrelf, designed by concern Total and adapted to Russian climatic conditions. The Russian bitumen is in demand on foreign market as well.

Key words: *bitumen, new motor roads, world production bitumen, bitumen market, oxidation bitumen, aging bitumen, plastic bitumen, speed car routes, powers on production bitumen, modified and polymeric-bitumen binding.*

Введение. Развитие экономики, промышленности и сельского хозяйства немыслимо без развития строительства, сферы услуг, бизнеса и инфраструктуры. Транспортная инфраструктура – всегда являлись, являются, и будут являться двигателями развития экономики любого государства и без строительства новых дорог невозможно построить успешно развитое современное государство. В большинстве развитых стран, в том числе в Германии, Японии, США, формирование сети автомобильных дорог осуществляется в рамках долгосрочных государственных программ.

По протяженности автомобильных дорог США находится на первом месте. Их протяженность составляет более ста с лишним земных экваторов (свыше 6,5 млн. км), они пересекли и перепоясали всю территорию страны [1]. Индия с отрывом от Китая в несколько сот тысяч километров - на втором месте после США. Китай пока на третьем месте в мире (по усредненным данным приближается к 4,5 млн. км) [1]. Сегодня в Китае самые высокие темпы строительства автомобильных дорог. Так в 2001 году общая длина скоростных автомагистралей составляла 10 тыс. км, в 2002 – 20 тыс. км, в 2008 – 60 тыс. км. В 2014 году в Китае общая протяженность автомагистралей составила более 4 миллионов километров, из которых более 100 тысяч километров – это скоростные авто-

трассы. Ежегодно в Китае строится в год более 10 тысяч километров дорог, а в России – 600 километров [2].

Постановка задачи. По мнению экспертов, емкость битумного рынка будет оставаться в пределах 100-120 млн. т/г. Именно поэтому, определение перспективы развития производства нефтяных битумов представляется весьма актуальным.

Методы исследования. По данным статистического наблюдения, в настоящее время нефтяные битумы производятся более чем в 70 странах мира при суммарной мощности порядка 110 млн. т/г [3]. С 1992-го по 2008-й годы мировое производство битума возросло на 30%.

Динамика мирового производства битума с 1992-го по 2008 годы приведена на рисунке 1[4].

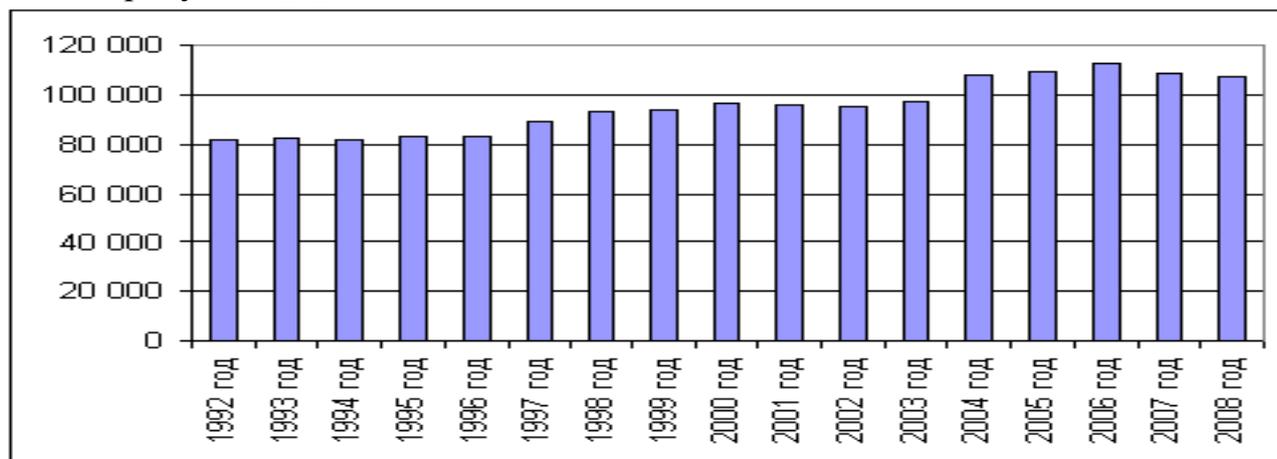


Рисунок 1 – Динамика мирового производства битума с 1992-го по 2008 годы (тыс. т)

По данным [1] основные мощности по производству битумов расположены в США, которые занимают первое место по объемам производства нефтяного битума, а также в странах Средней, Южной и Восточной Азии.

Китай является вторым в мире производителем битума, после США. Производство битума в стране в 2015 году достигло 22,5 млн. т, это более чем в 2 раза больше, чем в 2007 году

Объем импорта битума в Китае продолжался почти весь период активного строительства скоростных дорог, за исключением спада в 2011-2012 годов (рисунок 3) [5]. (рисунок 2) [5].

Как показало исследование, крупнейшим поставщиком нефтяного битума в Китай стала Малайзия, которая поставила в январе-декабре 2014 года 4,45 млн. т нефтяного битума по сравнению с 1,64 млн. тонн в 2013 году. Среди иностранных производителей на рынке Китая находится и Южная Корея.

Как видно из приведенных данных в 2015 году в Китай было ввезено 4,75 млн. т импортного битума, что составило около 17 % рынка битумов [5].



Рисунок 2 – Объем производства битума в Китае 2007-2015 гг., млн. т



Рисунок 3 – Объем импорта битума Китаем, 2008-2015 гг., млн. т

В 2015 в структуре потребления битума Китая 76% занимало дорожное строительство, 11% производство гидроизоляционных материалов, остальное делили между собой строительство аэропортов, строительство гидроэлектростанций и др. [5].

На долю России и других стран СНГ приходится около 11,9% общемирового объема производства битумов, из них доля России составляет 9,1% [6].

Европа является экспортером битума, а дефицит битума в некоторых европейских странах покрывают экспортные поставки из соседних стран. Оборот

по внешней торговле нефтяным битумом в Северной, Латинской и Южной Америке только в 2008 году составил 1 млрд. долл. [4].

Самый большой объем нефтяных битумов производит США – более 38 млн. тонн в год; для сравнения: в России по результатам 2014 года – только 5,4 млн. тонн в год, большая часть продукции (из которого 4,9 млн. тонн – дорожные битумы) идет на внутренний рынок [7].

Следует отметить, что США является не только крупнейшим производителем, но и крупнейшим потребителем битума в мире. Значительные объемы битума США импортирует из Канады.

Производственный потенциал различных стран мира по производству нефтяных битумов приведен в таблице 1 [8].

Таблица 1. – Характеристика производственного потенциала получения нефтяных битумов в основных странах мира (2009 год)

Страна	млн. т/Г	Доля в мировом потенциале, %	% к первичной переработке нефти
США	31,5	28,7	3,7
Канада	6,7	6,1	6,7
Япония	7,3	6,7	3,1
Италия	0,9	0,8	0,7
Германия	4,7	4,3	4,0
Франция	3,0	2,7	3,0
Великобритания	2,5	2,3	2,8
Испания	1,6	1,4	2,4
Нидерланды	0,9	0,8	1,4
Финляндия	0,8	0,7	5,8
Россия	10,0	9,1	3,7
Страны СНГ	3,0	2,8	2,2
Бразилия	1,8	1,6	1,9
Венесуэла	2,2	2,0	3,3
Иран	2,7	2,5	3,6
Египет	0,3	0,3	0,8
ЮАР	0,3	0,3	1,3
Румыния	0,8	0,7	3,3
Польша	1,1	1,0	5,8
Итого в мире	109,6	100,0	2,7

Высокая стоимость энергоносителей в странах Европы определяет самую высокую стоимость нефтяного битума в Испании, Бельгии, Германии, Франции и Италии (400-550 дол/т) в сравнении с прочими экспортерами. Значительно дешевле нефтяной битум, экспортируемый из США (220-300 дол/т) [4].

В расчете на душу населения мощности по производству нефтяных битумов на НПЗ России несколько выше, чем в странах Западной Европы, но в 3 раза ниже, чем в Канаде, и в 1,6 раза ниже, чем в США (таблица 2) [9].

На территории бывшего СССР основными экспортёрами нефтяного битума являются Российская Федерация и Беларусь, Литва.

Остальные страны в основном импортируют битум (таблица 3) [4].

Таблица 2. – Сравнительная характеристика развития мощностей по производству битумов в России и в семерке ведущих стран мира, 2009 г.

Ведущие страны мира	Удельная мощность	
	на душу населения, кг/г	на 1 км ² территории, т/ км ²
Канада	209,4	0,7
США	107,7	3,4
Россия	69,0	0,6
Япония	57,0	19,6
Германия	57,0	13,2
Франция	49,6	5,4
Великобритания	41,7	10,3
Италия	15,4	3,0

Таблица 3. – Объем торговли нефтяным битумом на постсоветской территории, 2008 г.

Страна	Экспорт, т	Импорт, т	Сальдо торгового баланса, т
Россия	609 357	3 878	605 479
Беларусь	137 202	7 643	129 559
Литва	74 032	85 250	-11 219
Украина	41 523	174 798	-133 275
Азербайджан	28 800	-	28 800
Казахстан	-	386 560	-386 559
Армения	-	39 084	-39 084
Грузия	-	56 781	-56 781
Латвия	-	86 167	-86 167
Итого	890 913	840 160	50 753

Крупнейшими странами, для которых предназначался экспортируемый Россией битум (по данным 2008 г.), являлся Казахстан (58%), Украина (13%) и Монголия (10%). На основе анализа поставок в первом квартале 2014 Россия увеличила экспорт в Монголию, на долю которой теперь приходится 12% российского экспортного битума. В Монголии сегодня наблюдается бурный эконо-

мический рост, и поставки с находящихся неподалеку восточносибирских заводов для монголов весьма привлекательны.

Помимо Монголии наиболее привлекательными регионами для импорта битума из России и СНГ являются рынки Африки и Восточного Средиземноморья.

Можно отметить, что мощности российских заводов находятся на уровне 9,8 млн. тонн в год (приблизительно в 4 раза отставая от американских и ненамного превышая канадские), при этом загруженность российских мощностей не превышает 40 %, в то время как в семёрке наиболее развитых стран мира (США, Канада, Япония, Германия, Великобритания, Франция и Италия) этот потенциал используется на 90-96 % [3].

Мировое потребление битума, как ожидается, достигнет 135,07 млн. т к 2020 году, рост в среднем на 2,7 % по сравнению с 2014 года. Основным фактором роста потребления битума являются быстрорастущие рынки Индии, Китая и Бразилии.

В последние годы нанотехнологии и наноматериалы находят широкое применение и в дорожном строительстве. Для изменения и придания новых свойств битумо-минеральным материалам используют целый ряд различных нанодобавок: углеродные наноматериалы (УНМ), минеральные наночастицы, наночастицы SiO₂, TiO₂, Fe₂O₃ и т.д. [10].

Результаты исследования влияния наночастиц на свойства битумного вяжущего приведены в таблице 4.

Таблица 4. – Изменения основных свойств битума

Состав	Температура размягчения, °С	Глубина проникновения иглы, 0,1 мм	Температура хрупкости, °С	Дуктильность, см	Индекс пенетрации
Битум БНД 90/130	46	98	-25	Свыше 150	-0,77
Битум +0,1% УНМ	44	92	-29	136	-1,35
Битум +0,25% УНМ	42	9	-24	112	-2,1
Битум +0,5% УНМ	40	76	-25	83	-3,19

По данным таблицы 4, очевидно, что с введением и увеличением содержания нанодобавки, температура размягчения битума снижается.

Снижение вязкости битума в области технологических температур способствует лучшему смачиванию поверхности каменного материала – заполнителя органическим вяжущим. Добавка наночастиц увеличивает эластичность вяжущего при низкой температуре и сопротивляемость деформации.

Следует предположить, что смолы, отвечающие за пластичность битума, взаимодействуя с фуллеренами, проявляют свои свойства лучше. В то же время глубина проникновения иглы снижается, битум становится более твердый, следовательно, асфальтены, определяющие степень его твердости, так же взаимодействуют с фуллеренами [10].

На наш взгляд, при введении нанодобавок битум приобретает новые, уникальные свойства. Так же наблюдается понижение температуры хрупкости битума при добавлении 0,1% модификатора, что свидетельствует о повышении качества битума. Выявлено, что ФСМ более активно влияет на увеличение работы адгезии, что связано с более высоким содержанием фуллеренов в составе нанодобавки. Использование УНМ позволяет увеличить работу адгезии битума с минеральным наполнителем на 30-40 % в зависимости от количества добавки и рабочей температуры приготовления асфальтобетонной смеси.

В мировой практике дорожного строительства в основном применяются остаточные нефтяные дорожные битумы, из которых на Западе строится более 80% автомобильных дорог. Использование в дорожном строительстве водно-битумных эмульсий, изготовленных на основе битумов, при наличии соответствующей техники позволяют производить ремонт и строительство автодорог даже при отрицательных температурах, занимаясь их производством, транспортировкой и применением практически круглый год.

Значительный рост качества нефтяных битумов произошел с появлением модифицированных и полимерно-битумных вяжущих (ПБВ). Среди блок-сополимеров стирола (SBC – styrene block copolymer), используемых в дорожном строительстве, основным модификатором для производства полимермодифицированных битумов в мире является бутадиен-стирольный термоэластопласт СБС (SBS – styrene butadiene styrene) [10].

В структуре производства стирольных модификаторов на долю SBS приходится до 80%. К остальным блок-сополимерам стирола относятся:

- блок-сополимер стирола и изопрена (SIS),
- стирол-этило-бутилен (SEBS),
- бутадиенстирольный каучуковый латекс (SBR).

Мировой рынок SBC оценивается в 1,6 млн. тонн. Из них на дорожные модификаторы приходится 26% или 0,42 млн. тонн. В таблице 5 приведены мощности мирового выпуска SBC [11].

Таблица 5. – Мощности по производству SBC

Регион	Тыс. тонн	%
Европа	418	28
Северная Америка	269	18
Латинская Америка	65	4
Азия	755	50

Как показало исследование, сегодня в мире насчитывается свыше 30 производителей СБС в США, Канаде, Китае, Корее, Великобритании, Франции, Германии, Италии и др. По темпам прироста мощностей бутадиен-стирольных термоэластопластов лидирует Китай. Ежегодный рост достигает 30%. Несмотря на высокие темпы роста производства, спрос опережает предложение. Дефицит покрывается за счет импорта из Тайваня, Кореи и Японии [11].

При добавлении СБС в битуме образуется пространственная сетка, усиливающая свойства полимерно-битумного вяжущего (ударная вязкость, прочность, эластичность, тепло- и морозостойкость). Применение полимермодифицированного битума на основе СБС повышает срок службы дорожного покрытия в 2-3 раза [11].

К пластимерам, используемым в мире для модификации дорожного битума, относятся в первую очередь сополимеры этилена и винилацетата (EVA), а также реактивные полимеры – терполимеры этилена, буталакрилата и глицидилмеакрилата (RET) [11]. Полиолефины могут быть использованы для модификации нефтяных битумов, однако, обычно они применяются в сегменте кровельного битума с целью повышения характеристик водонепроницаемости.

Основным фактором, определяющим выбор того или иного модификатора, является экономическая целесообразность. Однако по мере обострения экологических проблем возможен переход на недорогие эффективные модификаторы из различных отходов.

Наиболее широкое применение находят полимеры: полиолефины, полибутадиен, термоэластопласты типа СБС. По данным [12] использование ПБВ в дорожном строительстве составило, % в общем объеме битумов: США- 15, в том числе, Аляска -48; Европа – 20; Китай – 15, Россия – 5.

По объемам производства ПБВ на мировом уровне лидером является Германия (32%), на втором месте Польша (22%), на третьем – Франция (18%) [12]. Таким образом, в России использование ПБВ в практике строительства дорог значительно меньше, чем в экономически развитых странах.

Обсуждение результатов. Одним из существенных препятствий для ускоренного развития российской экономики является недостаточное развитие транспортной инфраструктуры. Это объясняется тем, что на состояние и развитие битумного производства в России существенное влияние оказывает ряд технических и экономических факторов. К ним относятся: сезонность потребления дорожных битумов; неконтролируемое качество поступающего на переработку сырья; физический и моральный износ битумных установок; незначительное различие в ценах сырья и битума; недостаточное государственное финансирование дорожных работ, что является основной причиной низкого спроса на битум.

Лидирующие позиции на российском рынке битумов в 2014 г. занимают компании «Газпром нефть», «Роснефть», и «Лукойл». На них приходится почти 80% общего объема производства битумов в РФ [13]. Растет интерес к российскому битуму и на зарубежных рынках. В 2014 году на Московском НПЗ запу-

щена установка по производству ПМБ нового поколения под брендом G-Way Styrelf. Установка построена совместным предприятием «Газпром нефть» и французского концерна Total, рассчитана на выпуск 60 тыс. тонн ПМБ и 7 тыс. тонн битумных эмульсий в год. Производство осуществляется в соответствии с технологией Styrelf, разработанной концерном Total и адаптированной к российским климатическим условиям. В битумное сырье добавляется специальный связующий реагент (PAXL), который способствует образованию дополнительных химических связей на молекулярном уровне [14].

В США разработана комплексная система проектирования составов асфальтобетонных смесей «Суперпейв» (Superpave: «Strategic Highway Research Program» – Стратегическая система исследования автодорог), суть которой заключается в новой классификации вяжущих, принципиально иных методах испытаний вяжущих и асфальтобетонных смесей, а также проектировании их составов для обеспечения эксплуатационной надежности дорожных покрытий, устраиваемых на конкретных объектах в известных климатических условиях [15].

Система «Суперпейв» признана на международном уровне, однако внедрена далеко не везде. В большинстве стран Европы и в Китае широко используется оборудование и методы тестирования дорожных материалов подобные ей, но полностью система не внедрена.

Для внедрения инновационной системы «Суперпейв» в России потребуется определенное время, необходимое для ее адаптации к отечественному производству битумов дорожных марок, рецептурам битумных материалов и асфальтобетона, применительно к климатическим условиям разных регионов и пр.

Вывод. Сегодня битумное производство выходит на позиции полноценного сегмента нефтеперерабатывающей промышленности. Несмотря на существующие проблемы, вызванные рядом технических и экономических факторов, прослеживается устойчивая тенденция роста объемов битумного производства. Государство в лице органов исполнительной власти значительно поддерживает развитие битумного производства в России.

Библиографический список:

1. КНР наращивает темпы строительства скоростных автомагистралей. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://rg.ru/2014/03/31/magistral.html>
2. Как строят дороги в Китае: большой скачок. [Электронный ресурс] Режим доступа: [//www.zr.ru/content/articles/701776-kak-stroyat-dorogi-v-kitae/](http://www.zr.ru/content/articles/701776-kak-stroyat-dorogi-v-kitae/)
3. Россия в системе мировой нефтепереработки – состояние, проблемы, перспективы. Аналитический материал. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2005. – 117 с.
4. Мировой рынок битума. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://newchemistry.ru/printletter.php?n_id=6963
5. Рынок битума в Китае и перспективы российского экспорта. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://chinesemarkets.ru/node/141>

6. Исследование рынка битумов в России в 2009-2011 гг. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.newchemistry.ru/rep.php.id=1841&folder=4>
7. Экспортная составляющая» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2015-april/1107669>.
8. Отдел мониторинга компании «Транс Сервис» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://mazutbitum.ru/dinamika2007-2009.html>
9. Производство битумов в России: проблемы и задачи. [Электронный ресурс] Режим доступа: http://dorservis52.ru/?page_id=129
10. Шестаков Н.И. Модификация асфальтобетона с углеродными нанодобавками: дисс. канд. техн. наук: 05.23.05/Шестаков Николай Игоревич. – Улан-Удэ, 2015. – 132с.
11. Мировой рынок модификаторов битумов [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=5694&cat_id=&pageid=1
12. Мат.5-ой межотраслевой конференции «Битум и ПБВ. Актуальные вопросы 2016» [Электронный ресурс].
13. Перспективы развития рынка// III-я межотраслевая конференция «Битум и ПБВ 2014» [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.mirp.ru>
14. Газпромнефть-Тоталь ПМБ [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.bitum.gazprom-neft.ru/business/production/GPNTotal/>
15. Кирюхин Г.Н., Джуманов Р.Б. Плюсы и минусы системы проектирования асфальтобетона «Суперпэйв»// Материалы «Ежегодная XXVI научная сессия». -Ассоциация Исследователей асфальтобетона, 2014 г.

References:

1. KNR increases the rates a construction speed superhighways. [Electronic resource] Mode of the access: <http://rg.ru/2014/03/31/magistral.html>
2. What build the roads in China: big jump. [Electronic resource] Mode of the access: [//www.zr.ru/content/articles/701776-kak-stroyat-dorogi-v-kitae](http://www.zr.ru/content/articles/701776-kak-stroyat-dorogi-v-kitae).
3. Russia in system world нефтепереработки – a condition, problems, prospects. Analytical material. – М.: СНИТЕНЕФТЕХИМ, 2005. – 117 p.
4. The World market of the bitumen. [Electronic resource] Mode of the access: http://newchemistry.ru/printletter.php?n_id=6963.
5. The Market of the bitumen in China and prospects of the russian export. [Electronic resource] Mode of the access: <http://chinesemarkets.ru/node/141>.
6. Study market bitumen in Russia in 2009-2011 gg. [Electronic resource] Mode of the access: <http://www.newchemistry.ru/rep.php.id=1841&folder=4>.
7. «Export forming» [Electronic resource] Mode of the access: <http://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2015-april/1107669>.
8. Division of the monitoring to companies «Trance Service» [Electronic resource] Mode of the access: <http://mazutbitum.ru/dinamika2007-2009.html>.
9. The Production bitumen in Russia: problems and problems. [Electronic resource] Mode of the access: http://dorservis52.ru/page_id=129.

10. World market modifier bitumen [Electronic resource] Mode of the access: http://www.newchemistry.ru/letter.phpn_id=5694&cat_id= &page_id=1.
11. Mat. 5-ouch interindustry conference «Bitumen and PBV. Actual questions 2016» [Electronic resource] Mode of the access: Mistake! Nedo-started object.
12. Prospects of the development market. III-I interindustry conference «Bitumen and PBV 2014» [Electronic resource] Mode of the access: <http://www.mipr.ru>
13. GazpromneftI-Totali PMB [Electronic resource] Mode access: <http://www.bitum.gazprom-neft.ru/business/production/GPNTotal/>.
14. Kiryuhin G.N., Dzhumanov R.B. The Pluses and negativity systems designing the asphalt concrete «Superpeyv». Mate. «Annual XXVI scientific session
15. «Assotiation of the Researchers asphalt concrete», 2014 g.
16. Kiryuhin G.N., Dzhumanov R.B. The Pluses and negativly systems projects asphalt concrete «Superpeyv». Mate. 2Annual XXVI scientific sit «Assotiation of the Researchers a asphalt concrete», 2014.

УДК 658.624

Гордеев О.И.

УСИЛЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРОЦЕСС УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

O.I. Gordeev

INCREASING IMPACT OF MANAGEMENT ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT PROCESS OF REGIONAL ECONOMY IN MODERN CONDITIONS

Аннотация. Успешное развитие экономики России и регионов в условиях современного рыночного хозяйствования в значительной степени определяется воздействием управления на данный процесс на всех уровнях экономической деятельности. С такой позиции в представленной работе рассматриваются теоретические, методологические и практические положения создания системы управления устойчивым развитием экономики, как на уровне страны, так и отдельного региона. В этом аспекте, в частности, отмечается, что действующее управление экономической региона в значительной степени отстывает от принципов и положений современной теории и передовой практики. С другой стороны, происходят усложнение и перемены во внешней и внутренней среде функционирования и развития предприятий, отраслей, комплексов и ре-

гиона в целом. Данные положения все более обуславливают важность формирования новой системы управления на всех уровнях регионального хозяйства, обеспечивающей своевременную и непрерывную адаптацию к внешним условиям. При таком подходе к формированию управления устойчивым развитием экономики необходимо совершенствование научной базы, включающей формы и инструменты управляющего воздействия на данный процесс.

Ключевые слова: регион, управление, устойчивое развитие, хозяйственный механизм, экономика.

Abstract. *The successful development of the Russian economy and regions in the conditions of modern market economy is largely determined by the WHO-action control on the process at all levels of economic activity. From this point of view in the present study we examine the theoretical, methodological and practical provisions of the management system creating by sustainable development of the economy, both at the country level and in a separate region. In this aspect, in particular, it is noted that the current management of the economy of the region largely departs from the principles and provisions of the modern theory and best practices. On the other hand, complication and some changes are taking place in external and internal operation environment and enterprises development, industries, complexes and the region as a whole. These provisions stipulate the increasing importance of a new management system formation at all levels of regional economy, providing timely and continuous adaptation to external conditions. Under this approach to the management formation of the sustainable economic development it is necessary to improve the scientific basis, including the ways and instruments of control influence on the process.*

Key words: region, management, sustainable development, economic mechanism, economy

Введение. Вступление России на путь инновационной экономики при укреплении регионализации страны предопределяют резкое усиление роли управления на всех уровнях региона и, прежде всего, его хозяйства и экономики. Важность данной проблемы становится особенно значимой для регионов аграрно-индустриального типа, к числу которых относится Республика Дагестан (РД). Тем самым выдвигается необходимость научного обеспечения управления региональным комплексом, как системы, охватывающей все стороны функционирования и развития отраслей, первичных звеньев и комплекса в целом.

Важность усиления его воздействия на процессы, происходящие в каждом конкретном регионе, обуславливается наличием в РФ множества территорий, достаточно резко отличающихся между собой по природным условиям, ресурсам, энергетической базе и др. составляющим. Целесообразное их использование при функционировании и развитии регионального хозяйства во многом определяется соответствием системы управления закономерностям и

принципам его действия на всех уровнях экономики региона в современных условиях.

Постановка задачи. Сложившаяся к настоящему времени система управления экономикой региона в значительной степени отстывает от принципов и положений современной теории и передовой практики. С другой стороны, происходят усложнение и перемены во внешней и внутренней среде функционирования и развития предприятий, отраслей, комплексов и региона в целом. Данные положения все более обуславливают важность формирования новой системы управления на всех уровнях регионального хозяйства, обеспечивающей своевременную и непрерывную адаптацию к внешним условиям.

По своему назначению она должна способствовать поиску и устранению препятствий для развития разного рода объектов хозяйствования, расположенных на территории конкретного региона, в том числе Республики Дагестан. Средством выполнения данного требования выступает внутренний потенциал, величина и содержание которого непосредственно обеспечивается управлением того или иного хозяйствующего субъекта [1].

Рассмотренные положения позволяют считать, что управление устойчивостью экономики региона предопределяет необходимость осуществления интеграции, координации и направления деятельности всей его системы на достижение поставленных целей и реализацию выбранной стратегии с учетом риска и неопределенности среды.

Методы исследования. С этой позиции процесс управления в условиях действующей рыночной экономики, ориентированной на широкое использование инноваций, следует рассматривать в виде системы, предполагающей наличие в ней целеобразования, формирования стратегии, а также разработку стратегических и текущих планов и бюджетов [2]. Кроме того необходим мониторинг происходящих явлений и событий, а также отклонений полученных результатов от намеченных целей. Вместе с тем все большее значение приобретает синтез эффективных управленческих решений.

Подобный подход к преобразованию системы управления региональным хозяйством достаточно полно отвечает пониманию и концепции управления устойчивостью развития в рыночных условиях.

Обобщено под устойчивостью деятельности любого экономического субъекта понимается его способность изменять ход функционирования и развития с учетом допустимого уровня риска и обеспечения экономического роста при эффективности использования имеющегося экономического потенциала [3]. Такая направленность развития производства предполагает неуклонное повышение качества продукции, достижение высокой производительности труда при наличии оптимальной структуры производственных издержек. На решение этой задачи должна направляться маркетинговая стратегия, научно обоснованная кадровая политика, принятие верных управленческих решений и контроль за их исполнением при изменении емкости рынка и уровня конкуренции.

На важность усиления воздействия управления на процесс устойчивого развития экономики указывает также необходимость определения и достиже-

ния баланса между инвестиционной, основной и финансовой деятельностью, как основными составляющими предпринимательства в регионе.

Подобная направленность особенно важна в виду возникших антироссийских санкций, обусловивших негативные изменения внешней среды. Они практически ведут к возникновению возможности изменения такого баланса и на уровне регионов. В результате становится реальным возникновение и в данном масштабе новых вариаций хозяйственной среды, что объективно потребует создания соответствующего оптимального сочетания ресурсов в региональном хозяйстве.

Решение такого рода задач может обеспечить только система управления, действующая в соответствии с закономерностями, принципами и требованиями рыночной экономики, а также соблюдением вновь возникших условий во внешней среде и изменениями во внутреннем положении экономики страны и конкретного региона. Тем самым без укрепления воздействия управления на процесс развития крайне сложно будет добиться успешного движения по пути устойчивого развития хозяйственной деятельности и экономики того или иного региона.

Такое понимание его роли в настоящее время и в перспективе подтверждается выводами зарубежных исследователей, которые считают, что успех на современном рынке почти на 75% зависит от качества управления хозяйственной и экономической деятельности [4,5]. Поэтому не случайно экономическая наука считает, что основой современной эффективной экономики выступает, прежде всего, эффективное управление, что с полным правом относится и к региону.

Рассмотренные общие положения функционирования управления экономикой страны и отдельного региона определяют необходимость перехода к новой концепции его организации. Она должна рассматриваться в качестве самостоятельной области научных знаний, охватывающей методологические и методические основы, принципы и инструменты практической реализации.

Подобный подход к разработке данной концепции управления предполагает также наличие определенных разграничений его функций на федеральном, региональном и местном уровнях, как условия сохранения системности управления. Данное требование способствует обеспечению общего равновесия в экономическом развитии страны в целом, в том числе и каждого региона. При таком понимании ее роли и значения можно правомерно говорить о важности разработки концепции основ управления экономикой региона.

Обсуждение результатов. Вышеизложенное достаточно определенно указывает на необходимость разработки принципиально новой концепции данного вида управления с учетом происходящих изменений в общественной и экономической системах РФ и РД. По существу они связаны с выходом региона на среднероссийский уровень по качеству жизни и ВВП на душу населения. Расчеты показывают, что для достижения данного положения РД необходимо довести темпы роста производства до 11,2% в год.

Выполнение этого требования должно опираться, прежде всего, на имеющиеся природные ресурсы, материальный, трудовой и научный потенциал региона. В таком аспекте следует исходить из запасов нефти в РД в размере 510 млн. т., природного газа – свыше 877 млрд. куб.м., добываемых термальных вод – до 100 млн. куб.м. Гидроэнергетический потенциал региона достигает 55,17 млрд. кВт/час в год. Из общего количества безработных 95% имеют высшее и среднее образование, 37% – профессиональное образование и около 60% – большой опыт трудовой деятельности. В науке заняты около 2000 человек, в том числе свыше 160 докторов и 360 кандидатов наук. Тем самым РД имеет серьезный потенциал для ускоренного экономического роста, что объективно требует усиления воздействия управления на его эффективное использование.

Приведенные условия и средства воздействия системы управления на процесс устойчивого развития экономики региона должны иметь свое отражение в новой его концепции. По назначению она предполагает предусматривать ее выделение в качестве единого объекта рассматриваемого вида управления, исходя из особенностей и специфики конкретного региона.

С учетом этого к основным положениям новой концепции управления устойчивым развитием экономики на региональном уровне, по нашему мнению, можно отнести следующие:

- укрепление методов регулирования и координации межотраслевых и межрегиональных экономических отношений;
- более точное и объективное обоснование объектов управления государственной, кооперативной и частной собственности;
- повышение роли функций государственного управления в министерствах и ведомствах и, прежде всего, экономики региона.

На этой концептуальной базе становится возможным, по нашему мнению, усиление воздействия управления на устойчивое развитие экономической деятельности на всех уровнях регионального хозяйства, как материальной базы развития экономики региона. Это достигается путем укрепления средств управления в данном процессе с учетом специфики отраслей и первичных звеньев, расположенных на территории того или иного региона.

Исходя из рассмотренных основ предлагаемой концепции управления устойчивым развитием экономики региона, следует решать такие задачи, как:

- разработка и реализация стратегии устойчивого развития региона;
- проведение эффективной структурной и инвестиционной политики;
- формирование консультационного, маркетингового и информационного обслуживания предприятий, организаций и товаропроизводителей регионального хозяйства;
- усиление воздействия управления на развитие НТП путем реализации комплексных целевых программ расширению применения достижений науки и хозяйственной практики, подготовку и переподготовку кадров с учетом потребностей региона;
- формирование федеральных и региональных фондов устойчивого разви-

тия регионального хозяйства;

- совершенствование государственного регулирования экономики и хозяйственной деятельности в регионе путем эффективного использования бюджетных средств, дотаций и кредитных ресурсов;
- расширение и укрепление государственного контроля качества продукции и экологической безопасности регионального производства.

Успешное решение данных задач способствует, по нашему мнению, практическому осуществлению функций управления устойчивым развитием на всех уровнях экономики региона.

В этом аспекте возрастает роль организационного и социального элементов экономической устойчивости. Первый из них предопределяет необходимость укрепления связей между отраслями и комплексами регионального хозяйства, а также эффективность их экономической деятельности.

Элемент социальной устойчивости наиболее тесно связан с работой и состоянием кадрового потенциала конкретного региона, что предопределяет усиление внимания управления к эффективному использованию кадров во всех отраслях и комплексах регионально хозяйства и экономики региона в целом [6]. Указанные положения предопределяют важность улучшения действия всех факторов экономической устойчивости в масштабах региона.

Основные из них, а также показатели их оценки приведены ниже (табл.1). В совокупности они способствуют принятию верных управленческих решений по созданию благоприятных условий для устойчивого развития экономики региона.

Таблица 1. – Факторы экономической устойчивости региона

Устойчивость экономики региона							
Производственно-сбытовые факторы			Функционирование регионального хозяйства в рыночной среде		Участники рынка		
Финансово-экономическая стабильность региона	Производственно-хозяйственная деятельность в регионе		Изменения рыночной среды	Степень обеспечения потребительского спроса	Поставщики	Потребители	Конкуренты
	Производство и реализация продукции	Производственно-технологический потенциал					
Финансовые показатели	Показатели производства и сбыта	Показатели производственных ресурсов, их состояния и использования	Показатели динамики спроса, предложения и т.д.	Показатели, характеризующие ход реализации программ	Показатели, определяющие выбор поставщика	Показатели емкости рынка и его структуры	Показатели, определяющие выбор продукции потребителями

В целом подобная направленность исследования выдвигает сложную для практического решения задачу, обусловленную проблемами и уровнем развития каждого региона. Ее решение непосредственно связано с обеспечением

экономического роста на всех уровнях экономики: от первичных звеньев до национального хозяйства страны и каждого региона.

В связи с этим особую актуальность для устойчивого развития национального хозяйства страны и регионов приобретает системный подход к происходящим в них процессам. Воплощение его в практику возможно за счет создания четкого механизма управления устойчивым развитием всех сторон экономики.

Решение этой важной и перспективной задачи до настоящего времени сдерживается не полной адаптацией отдельных предприятий к рыночным трансформациям, слабой системной направленностью экономической политики и не достаточным вовлечением внешних и внутренних факторов устойчивого развития в реальную практику [7].

Поэтому становится все более необходимым создание системы устойчивого развития, охватывающей все стороны экономики и национального хозяйства. Она должна ориентироваться на неуклонный инновационный рост, оптимальное взаимодействие всех ее подсистем и повышение инвестиционной привлекательности хозяйствующих субъектов.

В целом подобный подход к устойчивому развитию экономики предполагает усиление роли государства (региона) в осуществлении структурных преобразований в экономике (рис. 1).

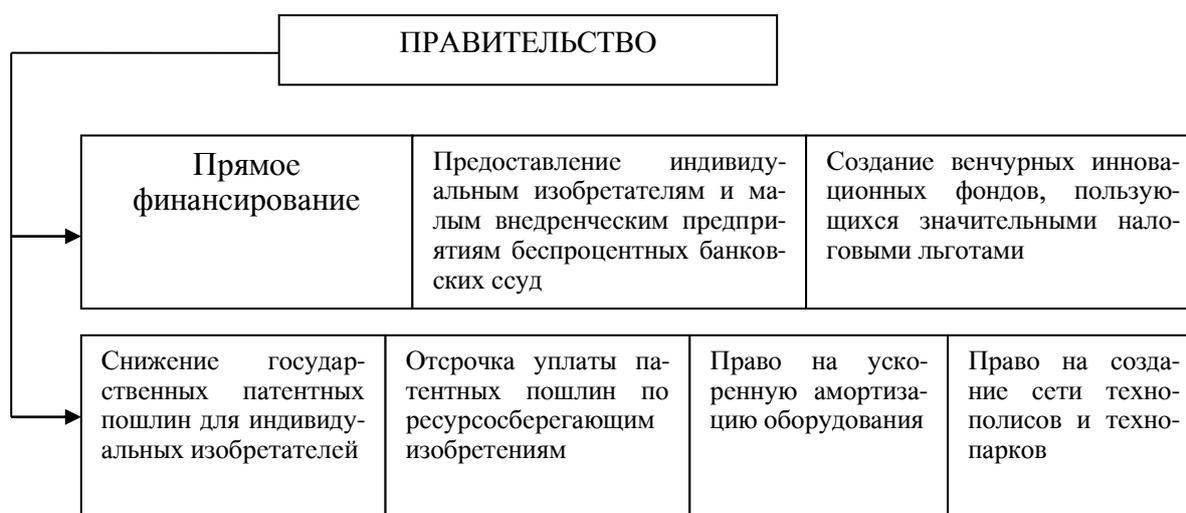


Рисунок 1 – Формы государственной поддержки качественных преобразований в экономике страны и регионов

Вместе с тем, следует учитывать, что дорыночная система производства и управления в период реформирования отечественной экономики выступала основной причиной сдерживания ее развития в новых условиях хозяйствования. В виду подобного положения становятся все более важным системные подходы, позволяющие построить организационно-экономический механизм, способствующий активизации процессов экономического роста, как основы устойчивого развития экономики, во всех сферах национального и регионального хозяйства. Тем самым возникает необходимость внедрения новых методов и стра-

тегических направлений эффективной экономической политики, ориентированной на неуклонный экономический рост. На это должно быть направлено государственное регулирование, обеспечивающее «... стабилизацию экономики, то есть контроль уровня занятости и инфляции, обуславливаемых колебаниями экономической конъюнктуры, соответствующие корректирующие воздействия, а также стимулирование экономического роста» [2].

Выполнение такой задачи без усиления воздействия управления на процесс устойчивого развития экономики региона в современных условиях достаточно проблематично. Тем самым повышается значение принятия верных управленческих решений, отвечающих успешному осуществлению данного процесса на всех уровнях региона. Они должны исходить из понимания зависимости устойчивости от следующих групп факторов:

- внутренней среды региональной экономики, т.е. внутрисистемными производственно-сбытовыми факторами;
- внешней среды или рыночными факторами;
- фактор функционирования региона в рыночной среде, пересекающий данные группы факторов.

В совокупности приведенные группы дают достаточно объективное представление о содержании и сущности устойчивости развития экономики региона в современных условиях (рис.2).

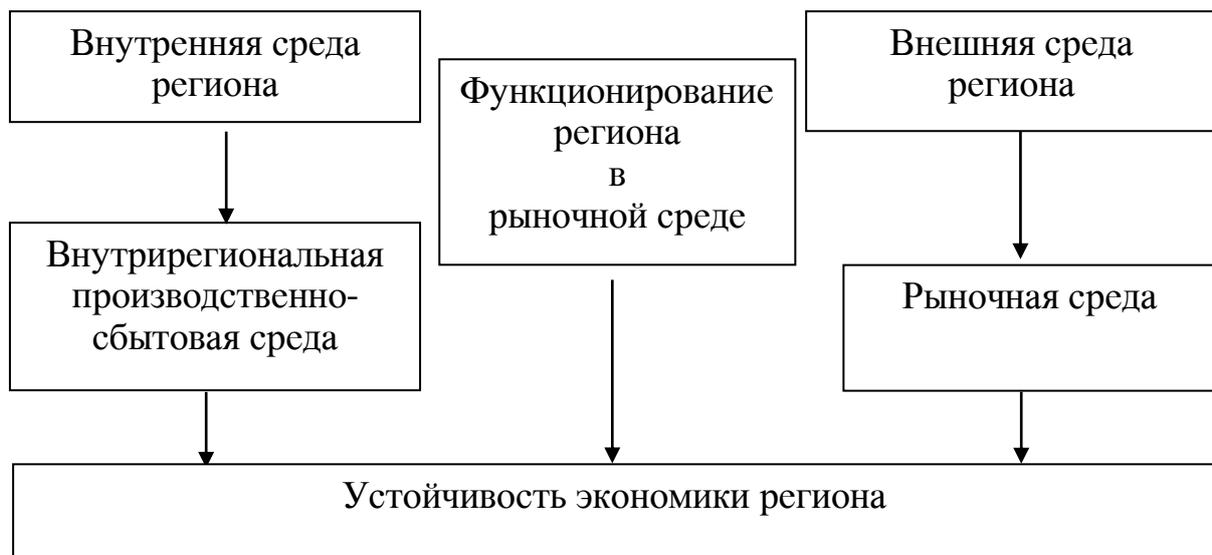


Рисунок 2 – Структурно-функциональная схема устойчивости экономики региона

На этой основе становится возможным давать ее оценку и выбирать условия соблюдения данного процесса.

В таком аспекте ее устойчивое развитие следует увязывать с изменениями качества потенциала, в основе которых находятся НТП и новое содержание производственных факторов. На практике они выступают в виде капитала в

форме нового оборудования и технологий, а также труда в виде рабочей силы. При глубоком характере таких изменений возникает качественный рост экономики, переходящий в ее развитие, что предопределяет важность более четкого представления о понятии «экономический потенциал».

Здесь следует исходить из известного положения, что «... способность создавать богатство бесконечно важнее самого богатства» [1]. С такой позиции экономический потенциал должен включать не только основные ресурсы экономики, но также инновационный, институциональный, инфраструктурный, финансовый и другие виды потенциала

В этой связи возрастает внимание к способам и направлениям модернизации национального и регионального хозяйства, способным вывести страну (регион) на новый качественный уровень.

Вывод. При таком подходе к развитию становится возможным формирование современного технологического уклада, проведение соответствующей структурной перестройки и формирование нового типа воспроизводства при совершенствовании «человеческого капитала». В противном случае становится затруднительно преодоление технологического отставания России от развитых зарубежных стран, поворот к усилению потенциала страны и укреплению национальной безопасности. В этом по существу прослеживается путь формирования экономической модели России, адекватной требованиям рыночной экономики и ее места в современном мире.

Библиографический список:

1. Аакер Д. Стратегическое рыночное управление / Пер. с англ. под ред. Ю. Н. Каптуревского. – СПб: Питер, 2003
2. Алабугин А.А. Инструментарий управления процессами адаптации устойчивого развития предприятия (организации)//Управление устойчивым развитием социально-экономических систем. – Челябинск: Изд-во ЮурГУ, 2001.
3. Идзиев Г.И. Роль промышленной политики в развитии региона. – Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы формирования и реализации промышленной политики депрессивного региона», 2009.
4. Корчагина Е. В. Экономическая устойчивость предприятия: виды и структура [Электронный ресурс] / Е. В. Корчагина//Режим доступа : <http://www.m-economy.ru/art.php3?artid=20912>
5. Никифоров А., Антипина О., Миклашевская И. Микроэкономика: научные школы, концепции, экономическая политика: учебное пособие. – М., Дело и Сервис, 2008
6. Сажина М.А. Фирма: управление кризисом - М.: Издательский Дом «Деловая литература», – 2004
7. Стратегическое управление организационно-экономической устойчивостью фирмы : логистикоориентированное проектирование бизнеса / А. Д. Канчавели, А. А. Колобов, И. Н. Омельченко и др.; под. ред. А. А. Колобова, И. Н. Омельченко. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001.

References

1. Aaker D. Strategic market management. Per. from English. ed. N. Kap-
turevskogo. - SPb: Peter, 2003.
2. Alabugina AA Process Control Instrumentation adaptation of sustainable devel-
opment of the enterprise (organization). Management of a sustainable development
of socio-economic systems. - Chelyabinsk: South Ural State University Publishing
House, 2001.
3. Idziev GI The role of industrial policy in the development of the region. - Ma-rials
All-Russian scientific-practical conference «Problems of formation and implementa-
tion of industrial policy in the regio-depressive», 2009.
4. Korchagin EV economic stability of the enterprise: types and structure [Electron-
ic resource]. EV Korchagin. Access: <http://www.m-economy.ru/art.php3 Artid = 20912>.
5. Nikiforov, O. Antipina, Miklashevsky I. Microeconomics: scientific schools, the
concept of economic policy: a tutorial. – M., Delo and Service 2008
6. Sazhina MA Company: crisis management - M.: Publishing house «Business», -
2004.
7. Strategic management of organizational and economic ustoychi-Eastern company:
logistikoorientirovannoe design business. AD Kanchaveli, AA Kolobov, I.
Omelchenko, etc.; under. Ed. AA Kolobova, I. Omelchenko. – Moscow: Publishing
House of the MSTU. Bauman 2001.

УДК 69.003

Гулиев М. Е.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДИВЕРСИФИЦИРОВАННОЙ ПОЛИТИКИ И УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОНОМИКИ АЗЕРБАЙДЖАНА

Guliyev M. Y.

TOPICAL ISSUES OF DIVERSIFIED POLICY AND SUSTAINABLE ECONO- MY OF AZERBAIJAN

Аннотация. Выявлено, что резкое падение цен на нефть проде-
монстрировало существующие проблемы нефтедобывающих стран и со-
здадо ситуацию ослабления экономической устойчивости Азербайджан-
ской республики. Установлено, что обеспечение устойчивости экономики
является современным вызовом для нефтедобывающих стран СНГ. При-
ведены результаты анализа макроэкономической ситуации в Азербай-
джанской республике, на основании которого подтверждено, что Россия
является крупнейшим торгово-экономическим партнером Азербайджана.
Обосновано, что диверсифицированная экономика обладает наиболее вы-

сокой степенью устойчивости, именно поэтому диверсификация сегодня является одним из главных направлений экономической политики Азербайджана. Доказано, что промышленная политика и импортозамещение должны быть адекватны глобальным вызовам.

В целях повышения экспортного потенциала Азербайджана, роста производства конкурентоспособной импортозамещающей продукции, привлечения иностранных инвестиций предложено формирование технопарков и промышленных кварталов на новой технологической основе, используя инструменты стимулирования спроса, предложения и продвижения на рынок товаров наиболее приоритетных, с точки зрения обеспечения экономической устойчивости, отраслей. Для реализации конкретных стратегических целей устойчивого развития предложено использование механизма проектного финансирования.

Ключевые слова: диверсификация экспорта, девальвация маната, оппоненты диверсифицированной политики, промышленная политика, импортозамещение, стратегия отраслевого развития, технопарки, совместное взаимодействие.

Abstract. It is revealed that the sharp drop in oil prices demonstrated the existing problems in oil-producing countries and created a situation of weakening the economic stability of the Republic of Azerbaijan. It is established that sustainability of economy is the modern challenge for oil-producing countries of the CIS. The results of the analysis of the macroeconomic situation in the Republic of Azerbaijan on the basis of which it is confirmed that Russia is the largest trade and economic partner of Azerbaijan are given. It is proved that a diversified economy has the highest degree of stability, which is why diversification is today one of the main directions of economic policy of Azerbaijan. It is proved that industrial policy and import substitution should be adequate to global challenges.

In order to increase the export potential of Azerbaijan, growth of production of competitive import-substituting products, attraction of foreign investment suggested the formation of technology parks and industrial districts based on new technology using incentives of supply, demand and market promotion of products of highest priority from the point of view of ensuring economic stability of the industries. To implement the specific strategic goals for sustainable development the use of mechanism of project financing is proposed.

Key words: export diversification, the devaluation of the manat, opponents of the diversified policy, industrial policy, import substitution, strategy and industry development, technology parks, interaction.

Введение. В условиях глобальной экономической нестабильности резко меняются многие социально-экономические тренды в нефтедобывающих странах. Резкое падение цен на нефть со всей остротой продемонстрировало существующие проблемы нефтедобывающих стран и непростую ситуацию в их экономической устойчивости. Современное состояние экономики Азербайджана,

её участие в международном разделении труда как самостоятельного субъекта международных экономических отношений, а также усиление процессов интеграции в условиях глобализации мирохозяйственных связей, диктует необходимость исследования этой проблемы с учётом национальных интересов. За последние годы в этом направлении были проведены различные экономические исследования, были изучены проблемы устойчивого развития экономики Азербайджана.

Постановка задачи. В таких условиях требуется поиск новых направлений в развитии промышленности: переход от доминирования сырьевых до современных высокотехнологических отраслей. Задача эта непростая.

Методы исследования. Этот вопрос является актуальным для нефтедобывающих стран СНГ, требует глубокого теоретического и практического исследования на основе методов статистического наблюдения и анализа. Мирохозяйственная практика неоднократно доказывала, что диверсифицированная экономика обладает наиболее высокой степенью устойчивости. Повышение внимания к диверсификации сегодня является одним из главных направлений экономической политики Азербайджана.

Обсуждение результатов. Падение мировых цен на нефть приводят к ухудшению ситуации в нефтеэкспортирующих странах СНГ, значительную часть доходов которым обеспечивает экспорт энергоресурсов. Вслед за Казахстаном Азербайджан провел девальвацию национальной валюты. С конца 2014 года резкое падение национальной валюты наблюдались в ряде других странах постсоветского пространства, также в Турции и Иране.

В тоже время в Азербайджане была сохранена макроэкономическая стабильность, продолжена диверсификация экономики, развитие ненефтяного сектора, интеграция страны в мировую экономику. В 2014 г. в стране был достигнут 2,8-процентный рост в производстве ВВП. В недостаточно благоприятный для мировой экономики период это может считаться приемлемым результатом. Экономический рост в ненефтяном секторе страны составил 7 процентов. Удельный вес этого сектора во ВВП достиг 61 процента. В целом, в 2014 г. экономический рост был обеспечен за счет ненефтяного сектора.

Совокупные валютные резервы Азербайджана превысили 50 миллиардов долларов. Запасы валюты, накопленные Центральным банком и Нефтяным фондом Азербайджана (ГНФАР), смягчат воздействие внешних экономических угроз, однако рост в одних лишь ненефтяных секторах экономики вряд ли сможет обеспечить устойчивый рост при падающих мировых нефтяных цен. Валютные резервы покрывают почти трехлетний импорт и более чем в 8 раз превышают внешний государственный долг страны [1].

Как показало исследование, такие результаты были достигнуты в период ослабления экономического развития в мире и в условиях давления царящей на международных финансовых рынках неопределенности и ее последствий на экономику страны.

Центральный банк Азербайджана (ЦБА) с 2015 года отменил жесткую привязку курса национальной валюты к доллару и привязал манат к бивалют-

ной корзине, в которую добавил еще и евро. Применение новых операционных рамок позволит проводить более гибкую курсовую политику, а также постепенно адаптировать экономические субъекты к новым условиям.

Следует отметить, что ранее курс маната уже был привязан к бивалютной корзине из доллара и евро, однако в январе 2011 года ЦБЕ заявил о переходе на двустороннее таргетирование обменного курса маната и доллара США. Как показывает мировая практика, государственные регуляторы просто вынуждены проводить политику снижения курса национальной валюты для поддержки экспортеров [2]:

- во-первых, мировые цены на нефть падают и сохраняются экономические нестабильности в еврозоне;
- во-вторых, принятые в отношении России санкции оказывают негативное влияние на все страны региона СНГ и Восточной Европы.

С практической точки зрения, решение Центрального Банка Азербайджана положительно скажется на экспортерах, которые ведут торговлю в долларах и евро. Учитывая то, что бюджет Азербайджана получает доходы преимущественно от экспорта нефти и газа, девальвация представляет собой вынужденный шаг.

Объем ВВП Азербайджана в 2015 году составил 54,4 миллиарда манатов, что превышает показатель 2014 года на 1,1 процента. [7].

За указанный период нефтегазовый сектор экономики Азербайджана вырос на 1,1 процента по сравнению с 2014 годом, его доля в ВВП страны составила 69,3 процента. Объем производства добавленной стоимости в сфере добычи и переработки нефти и газа составил 30,7 процента от ВВП, увеличившись по сравнению с 2014 годом на 1,2 процента. В отчетный период 54,73 процента ВВП Азербайджана было сформировано в сферах производства, из которых 36,0 процента (18,44 миллиарда манатов) - в промышленности, 12,5 процента (6,6 миллиарда манатов) - в строительстве, 6,23 процента (3,39 миллиарда манатов) - в сельском, лесном и рыболовном хозяйствах (рис. 1).

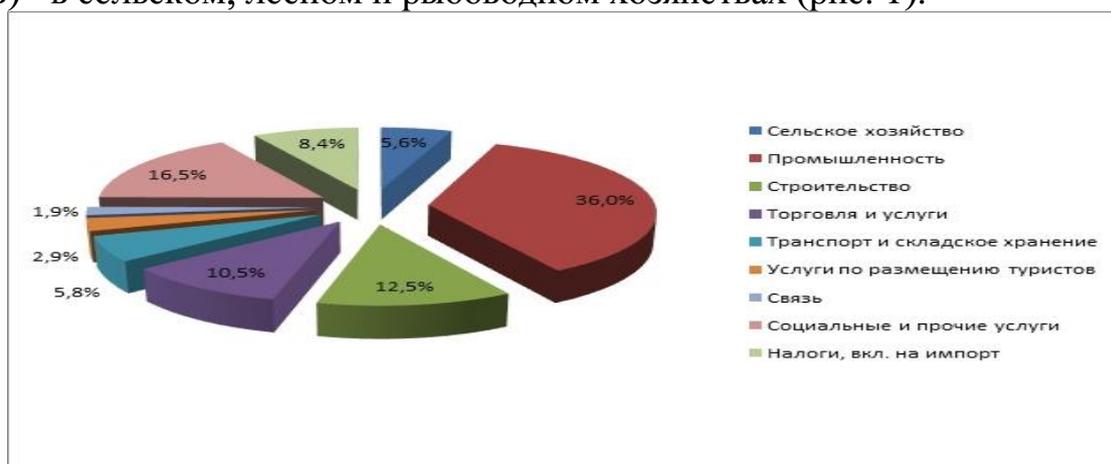


Рисунок 1. – Структура ВВП Азербайджана по добавленной стоимости

В 2015 году общий объем промышленного производства по сравнению с аналогичным периодом прошлого года вырос на 3,8 % и составил 13,3 млрд.

манат (12,6 млрд. долл. США), (табл. 1) . На добывающую промышленность пришлось 63,3% всего промышленного производства, обрабатывающую – 28,7 %, снабжение электроэнергией, газом, паром и кондиционированным воздухом – 7,2%, водоснабжение – 0,8 %.

Таблица 1. – Основные макроэкономические показатели
(по данным Госкомстата и ГТК Азербайджанской Республики)

Показатели	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.
Валовой внутренний продукт:					
в текущих ценах млрд. долларов США	63,6	68,8	73,2	74,9	25,0
<i>в % к предыдущему периоду</i>	100,1	102,2	105,8	102,8	105,7
<i>на душу населения, тыс. долларов США</i>	5,5	7,5	7,9	7,98	1987,8
Продукция промышленности:					
в текущих ценах млрд. долларов США	43,9	43,2	42,9	40,5	12,6
<i>в % к предыдущему периоду</i>	95,0	97,7	101,8	99,3	103,8
Продукция сельского хозяйства:					
в текущих ценах млрд. долларов США	5,7	6,1	6,7	6,6	2,5
<i>в % к предыдущему периоду</i>	105,8	105,8	104,9	97,4	107,3
Инвестиции в основной капитал:					
в текущих ценах млрд. долларов США	16,2	19,5	22,8	22,2	7,5
<i>в % к предыдущему периоду</i>	127,3	118,0	115,1	98,3	103,7
Перевозки грузов:					
млн. т.	203,5	210,6	218,0	222,0	109,6
<i>в % к предыдущему периоду</i>	103,6	103,5	103,4	101,9	101,5
Розничный товароборот:					
в текущих ценах млрд. долларов США	20,9	22,4	25,1	27,9	11,3
<i>в % к предыдущему периоду</i>	110,6	109,6	109,9	110,0	113,4
Индекс потребительских цен (за период, в %)	107,9	101,1	102,4	101,5	103,5
Товарооборот * (январь – май 2015г.)	36,3	33,6	34,7	31,0	9,35
в текущих ценах млрд. долларов США <i>в % к предыдущему периоду</i>	103,9	92,4	103,4	94,1	105,7
Экспорт:					
в текущих ценах млрд. долларов США	26,5	23,9	24,0	21,8	5,28
<i>в % к предыдущему периоду</i>	124,4	90,0	100,3	98,0	102,3
Импорт:					
в текущих ценах млрд. долларов США	9,7	9,6	10,7	9,2	4,07
<i>в % к предыдущему периоду</i>	145,3	99,0	110,9	85,4	114,9
Международные валютные резервы, млрд. долларов США	40,0	46,0	50,0	54,4	51,2
Официальный курс маната к доллару США (в среднем за период)	0,7864	0,7850	0,7845	0,7844	1,05

*Данные Государственного комитета по статистике Азербайджанской Республики

По данным Государственного таможенного комитета Азербайджана Россия является крупнейшим торгово-экономическим партнером Азербайджана (рис 2). Исходя из этого, представители Азербайджана и бизнес-структур Ев-

ропейского Союза не раз говорили о нецелесообразности санкций на международной арене.

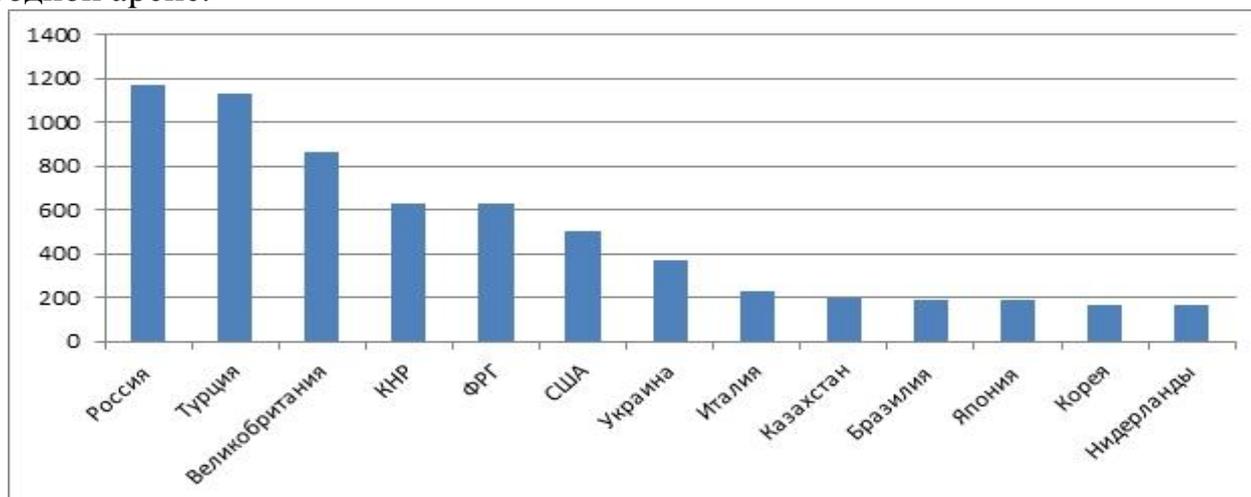


Рисунок 2. – Основные страны-партнеры Азербайджана по импорту (млн. долл. США)

Сверхзадачей на ближайшую перспективу является диверсификация экономики Азербайджана. Самой актуальной проблемой Азербайджана на сегодняшний день является диверсификация экономики, в которой углеводороды составляют более 90 % от общего объема экспорта страны, т.е. на 50 % больше чем 15 лет назад. Но добыча нефти в стране по данным ВР (British Petroleum) уже достигла своего пика. Поэтому экономическая диверсификация стала краеугольным камнем основной концепции развития страны «Азербайджан 2020: взгляд в будущее» [1]. Особое внимание уделяется укреплению ненефтяной промышленности, переходу страны к экономике знаний и использованию стратегического положения Азербайджана на пересечении международных торговых путей.

В настоящее время в Азербайджане осуществляют деятельность порядка 6,8 тыс. компаний с иностранным капиталом, из которых 40% имеют турецкий капитал. Компании с российским капиталом составляют 8,5% (600 компаний) от общего числа компаний с иностранным капиталом в Азербайджане.

В 2015 году инвестиции в основной капитал выросли на 3,7% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года и составили 7,9 млрд. манат (7,5 млрд. долл. США). Как и прежде, Великобритания занимает первое место (981,1 млн. долл. США), за ней следует Турция (434,8 млн. долл. США), а тройку замыкает Норвегия (368,0 млн. долл. США). Россия с объемом инвестиций в 211,3 млн. долл. США занимает 4 место, (рис.3).

Благодаря успешно проводимой политике диверсификации, экономика страны устойчиво развивается вот уже многие годы, несмотря на продолжающиеся кризисные процессы в мировой экономике.

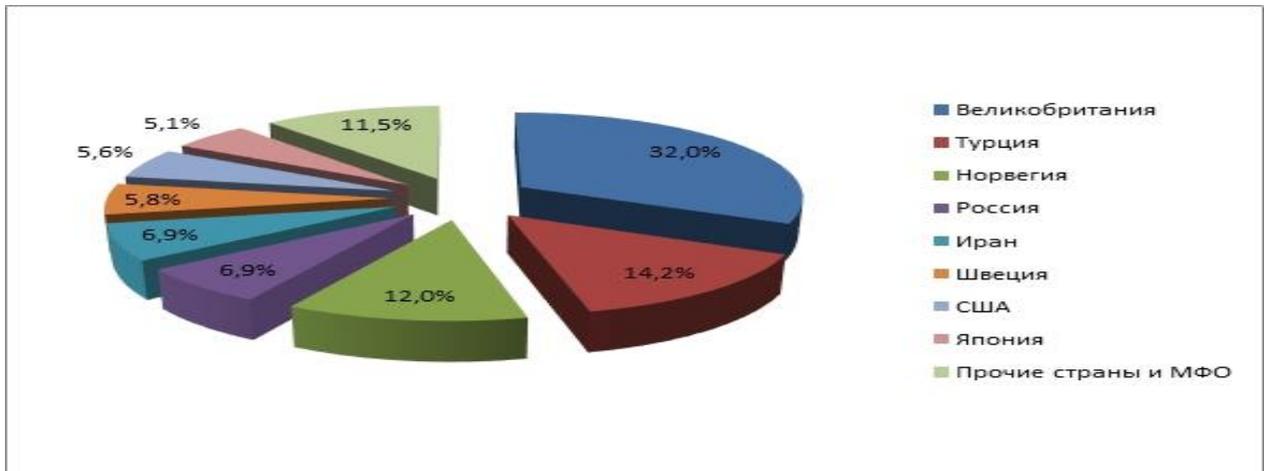


Рисунок 3. – Иностранные инвестиции в основной капитал Азербайджанской Республики

Основным компонентом диверсифицированной политики является реализуемая в стране системная программа новой индустриализации.

Новая госпрограмма промышленного развития акцентирует внимание на формирование в стране высокотехнологичного производства.

План мероприятий состоит из пяти приоритетных направлений: усиление промышленного потенциала, совершенствование нормативно-правовой базы и методов управления, развитие кадрового и научного потенциалов в этой сфере, организационные мероприятия и меры поощрения.

По данным Министерство экономики и промышленности Азербайджана за последние годы заметно возрос объем производства импортозамещающей продукции. По некоторым товарным позициям сегодня полностью обеспечиваются потребности внутреннего рынка. В частности, это относится к производству цемента, строительных блоков, гипса, гипсокартонных изделий, металлоконструкций, красок и т.д.

Промышленная политика и импортозамещение должна быть адекватны глобальным вызовам. В Азербайджане импортозамещение трактуется, как возможность снизить зависимость национальной экономики от влияния внешнеэкономической конъюнктуры и повысить безопасность страны.

На наш взгляд, при разработке стратегии по импортозамещению необходимо учитывать зарубежный опыт. Многие вопросы импортозамещения лежат в плоскости регулирования рынков.

Наиболее успешный мировой опыт свидетельствует о том, что импортозамещение, прежде всего, должно опираться на частную инициативу, при этом гибко поддерживаться государством. Чтобы успешно осуществить структурные изменения в промышленном комплексе, необходимо в первую очередь укрепить имеющийся потенциал и поощрять развитие новых направлений.

С этой целью наряду с развитием традиционных отраслей за последнее время по инициативе президента Азербайджана И.Г.Алиева создаются новые направления, применяются новые формы организации промышленного производства – технопарки. Успех реализуемых правительством начинаний по модернизации и диверсификации нефтегазового сектора экономики наиболее наглядно проявляются в одном из крупнейших индустриальных центров страны – Сумгаите. Близость к столице и наличие в городе десятков предприятий нефтехимии, металлургии, пищевой и легкой промышленности и квалифицированных специалистов делают Сумгаит наиболее приспособленным для формирования современного, интенсивно развивающегося промышленного комплекса. Правительство приняло решение создать первый в стране технопарк именно здесь и в целом отводит этому городу роль главного индустриального центра страны.

Сегодня многие международные эксперты признают Сумгаит ключевым промышленным центром не только Азербайджана, но и всего Южного Кавказа. Очередным шагом по наращиванию индустриального потенциала Сумгаита стало открытие здесь крупнейшего в регионе Восточной Европы завода бетонных изделий и швейной фабрики «Альянс Текстиль». Применяемые на предприятии бетонных изделий энергосберегающие технологии позволят заметно снизить себестоимость производства и удешевить конечную продукцию. Сырье для швейной фабрики – различные ткани будут поставляться с расположенного поблизости текстильного парка-холдинга «Гилан».

В частности, уже функционируют Балаханский промышленный парк, ведутся работы в других регионах по созданию новых промышленных парков, а также промышленных кварталов. Ведется работа по организации Азербайджанского комплекса по производству стали. Также планируется начать работу по созданию комплекса нефтегазопереработки и нефтехимии.

Формирование технопарков и промышленных кварталов особенно важно с точки зрения повышения экспортного потенциала страны, роста производства конкурентоспособной импортозамещающей продукции, привлечения иностранных инвестиций и современных технологий. Подобные компактные формы сосредоточения небольших промышленных объектов по модели «технологической платформы» могут обеспечить динамичный эффект для развития экономики регионов страны. Индустриальные парки, обладающие современной разнопрофильной инфраструктурой, создаются с целью диверсификации экономики страны и применения инноваций в промышленности.

Особо можно отметить проделанную за последние годы работу в области обеспечения продовольственной безопасности страны, сокращения зависимости от импорта, роста местного производства, создания новых промышленных предприятий. Важная роль уделяется и продовольственной безопасности, чтобы в течение будущих пяти лет основные продовольственные товары производились в Азербайджане.

Как показало проведенное исследование, достигнуты позитивные перемены в агропромышленном комплексе, являющемся одной из основных отраслей

экономики страны. Производители сельскохозяйственной продукции в очередной раз были на 5-летний период освобождены от всех налогов, за исключением земельного налога. Реализация указанных проектов, применяемые к аграрному сектору налоговые льготы, проводимые комплексные меры, связанные с повышением урожайности, в ближайшем будущем окажут позитивное влияние на обеспечение страны основной продовольственной продукцией и ее экспорт.

Так благодаря поддержке Азербайджанского фонда поощрения экспорта и инвестиций (AZPROMO) около четырех лет назад в США была создана импортно-экспортная компания West Coast Connection, посредством которой в ряде престижных магазинов Лос-Анджелеса сегодня реализуется разнообразная продовольственная продукция с маркировкой Made in Azerbaijan. В США и Канаде успешно продвигаются проекты Flavors of Azerbaijan и Wine&Spirits of Azerbaijan, предусматривающие продвижение продукции азербайджанского виноделия, консервной промышленности. При поддержке AZPROMO и частных инвесторов запланировано открытие национальных сельскохозяйственных центров в Москве, регионах России, в перспективе в Беларуси [2].

В качестве инструментов политики диверсификации, необходимо выделить три ключевых направления:

- стимулирование спроса (расширение рынков сбыта, субсидирование НИОКР);
- стимулирование предложения (технопарки, промышленные зоны, субсидирование развития инфраструктуры при создании индустриального парка);
- организация и расширение доступа к информации о рынках (субсидирование участия в выставках за рубежом, торговые представительства).

Азербайджан сегодня является инициатором трансрегиональных экономических проектов. Наряду с проектами нефтепроводов и газопроводов, можно назвать транспортные коридоры и инфраструктурные объекты. Все внешнеполитические инициативы построены на региональном экономическом сотрудничестве. Успешная диверсификация экономики Азербайджана в последующие годы может способствовать развитию сотрудничества с соседними регионами, имеющие тесные торгово-экономические отношения с республикой.

В условиях санкций Запада, российская экономика сейчас переживает трудное время, вместе с тем укрепляется сотрудничество РФ с соседними государствами. На наш взгляд, политически мотивированные санкции выпадают из контекста ВТО, они дискриминационные и противоречат духу правил международной торговли. Азербайджанская продукция экспортируется на рынки России, замещая западные аналоги.

Влияние санкций на реальный сектор и ритейл пока выражается, только в том, что закрылись западные рынки финансирования. Россия осваивает новые рынки стран Азиатско-Тихоокеанского региона, Ближнего Востока, Латинской Америки. Однако сегодня санкции для Европы обернулись серьезными экономическими проблемами. Профессор Института мировой экономики в Киле Р.Лангхаммер, один из ведущих специалистов Германии в области междуна-

родной торговли, подчеркивает что, это политическая аргументация, стороны должны отказаться от санкций. Например, ограничения в поставке технологий для энергетической сферы могут со временем сказаться на поставках энергии. В результате ущерб понесут обе стороны» [3]. При этом важно подчеркнуть, что Россия по-прежнему открыта к инновационному сотрудничеству со своими прежними технологическими партнерами в странах Европы и США.

Между тем, интегрированная индустрия открывает огромные возможности для сотрудничества и инновационного развития. Промышленность позволяет создавать рабочие места – не только на предприятиях, но и в смежных отраслях и других сферах экономики. И каждое новое рабочее место в промышленности создает в среднем 0,5–2 новых рабочих места в других секторах экономики [4].

Реализация проектов индустриальных парков - одно из приоритетных направлений промышленной политики России. По данным Ассоциации индустриальных парков (АИП) на сегодняшний день в России действуют 75 индустриальных парков. В их распоряжении имеется достаточно свободных инфраструктурных ресурсов для размещения нефтехимических производств.

Создание в промышленных парках Азербайджана благоприятных условий создает широкие возможности для сотрудничества с Россией.

В 2014 г. на встрече министра экономики и промышленности Азербайджанской Республики Ш.А.Мустафаева с находящимся в Баку заместителем министра промышленности и торговли Российской Федерации Г.В.Каламановым, стороны обсудили возможности двустороннего сотрудничества в области фармацевтики и нефтяного машиностроения [5]. Обеим сторонам следует продвинуть экономическую интеграцию в целях диверсификации. Функционирование промышленных парков придаст импульс росту конкурентоспособности экономики наших стран.

С учетом этого, Азербайджан и Россия планируют развитие сотрудничества в инвестиционной сфере до 2020 года [6]. В частности, речь идет о плане сотрудничества в инвестиционной сфере до 2020 г. в рамках соглашений по синхронизации работ энергетических систем Азербайджана и России, созданию инвестиционной платформы между Российским фондом прямых инвестиций (РФПИ) и Государственным нефтяным фондом Азербайджана.

Вывод. Для поддержания темпов устойчивого экономического роста основной акцент необходимо сделать на создание отраслевой стратегии, промышленную кооперацию на новой современной высокотехнологичной базе с учетом передового опыта в области науки и техники.

В рамках формирования промышленных парков торгово-экономические контакты между Азербайджаном и Россией могут выйти на новый качественный уровень, а также в рамках совместного предпринимательства в аграрной сфере.

Очевидно, что проекты в рамках модели диверсификации потребуют больших инвестиций, развития кадрового потенциала и применения новых технологий.

В условиях возможного ухудшения мировой конъюнктуры на товарных рынках необходимо фокусировать ресурсы государства на приоритетных направлениях промышленного производства и поддержки отечественных товаропроизводителей. Финансирование должно предоставляться на проектной основе, для реализации конкретных стратегических целей развития.

Предложенный комплекс мер может поддержать устойчивость экономики Азербайджана, создаст возможность производителю развиваться дальше, совершенствуя технологии и повышая качество продукции.

Библиографический список:

1. В Милли Меджлисе заслушан ежегодный отчет Кабинета Министров // Азербайджан, 18 марта 2015 г.
2. Предприятие по переработке граната одним из первых сформировало известную за рубежом торговую марку// Российская газета, 25.11.2014 г.
3. www.dw.de/немецкий-эксперт-санкции-обрекают-на-импортозамещение (дата обращения 31.03.2015)
4. Г.Никитин Промышленность – это залог развития во всех сферах // <http://minpromtorg.gov.ru> (дата обращения 02.04.2015)
5. Азербайджан приглашает российские компании в промышленные парки, Азербайджанские известия, 19 ноября 2014 г.
6. Россия и Азербайджан договорились об инвестициях до 2020 года// <http://mir24.tv/news/economy> 11.02.2015
7. Отчет Государственного комитета Азербайджанской республики по статистике, 2015г. / <http://www.trend.az/business/economy/2483490.html>. (дата обращения 12.04.2015).

References:

1. In the Milli Majlis heard the annual report of the Cabinet of Ministers. Azerbaijan, 18 March 2015.
2. Enterprise pomegranate processing one of the first companies known abroad trademark. The Russian newspaper, 25.11.2015.
3. www.dw.de/немецкий-эксперт-санкции-обрекают-на-импортозамещение (accessed 31.03.2015).
4. G.Nikitin Industry is the key to development in all spheres <http://minpromtorg.gov.ru> (accessed 02.04.2015).
5. Azerbaijan welcomes Russian companies in the industrial parks of Azerbaijan Izvestiya, November 19, 2014.

6. Russia and Azerbaijan have agreed to invest up to 2020. <http://mir24.tv/news/economy> 11.02.2015.

7. The report of the State Committee of Azerbaijan Republic on statistics, 2015. <http://www.trend.az/business/economy/2483490.html>. (accessed 12.04.2015).

УДК 378.1

Султалиева З.М.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Z.M.Sultalieva

IMPROVEMENT OF QUALITY ASSURANCE SYSTEM ACTIVITIES OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Аннотация. Целью работы является совершенствование системы оценки качества деятельности учреждений высшего образования с точки зрения менеджмента качества. Выявлены и систематизированы проблемы, препятствующие повышению качества деятельности вузов. Проведен анализ существующих критериально-оценочных комплексов, используемых для определения эффективности деятельности учреждений высшего образования. Уточнено содержание компонентов качества деятельности учреждений высшего образования. Предложена структурная модель оценки внутреннего качества учреждений высшего образования. Проведен анализ макросреды деятельности вуза с использованием методики стратегического управления - PEST-анализ.

Результатом проведенного исследования является макрокритериальная модель системы менеджмента качества учреждений высшего образования, характеризующая управление качеством, новый подход к оценке эффективности вуза и степени его конкурентоспособности, а также деятельности учреждений высшего образования с точки зрения менеджмента качества.

Ключевые слова: образовательное учреждение, система менеджмента качества, управление вузом, качество образовательных услуг, всеобщее управление качеством

Abstract. The aim of the article is the improvement of quality assessment system of higher education institutions in the aspect of management. The problems of quality improvement are revealed and classified. The analysis of criteria assessment sets used to define the efficiency of higher education institu-

tions activity is carried out. The components of quality of higher education institutions activity are specified. The structural model of quality assessment system of higher education institutions activity is offered. The analysis of macro environment of a university based on the method of strategic management is carried out, i.e. PEST analysis. As a result of the research a new model of macro criteria model of quality assessment system of higher education institutions, characterizing quality management as an approach to university efficiency is offered, moreover, this system can define the level of its competitiveness in the aspect of quality management.

Key words: *education institution, quality management system, university management, quality of education, overall quality management.*

Введение. Качество образовательных услуг является краеугольной проблемой всей системы образования, в частности высшей школы. Внимание к этому вопросу проявляют представители государственных органов управления, общественность, различные субъекты образовательного процесса: обучающиеся, их родители, работодатели, работники образовательных учреждений [15].

Все это обуславливает актуальность вопросов, связанных с разработкой эффективных механизмов менеджмента качества высшего образования, с учетом требований, предъявляемых международными стандартами серии ИСО и системой всеобщего управления качеством (TQM).

В качестве основных проблем в сфере высшего образования, препятствующих повышению его качества можно выделить [12, 13]:

- системное недофинансирование отечественной высшей школы;
- повышение уровня неопределенности состояния и динамики развития социальной и экономической среды общества, экономические и рыночные кризисы;
- отставание отечественной системы высшего образования от мировых и общеевропейских тенденций развития и повышения качества высшего образования;
- несоответствие имеющихся механизмов развития и обновления высшего школы требованиям новых социально-экономическим условий;
- недостаточный уровень обновления и старение профессорско-преподавательского состава отечественных вузов;
- снижение объемов НИР и потенциала научных коллективов вузов.

Постановка задачи. Решить все указанные проблемы лишь путем внедрения системы менеджмента качества невозможно. Необходимо целостное переосмысление всей системы управления образовательным учреждением с точки зрения позиций менеджмента качества, в основу которого должна быть положена единая система критериев, позволяющая данную систему сформировать и

обеспечить ее эффективное функционирование, направленное на достижение миссии образовательного учреждения.

Методы исследований. В отечественной и зарубежной литературе выделяется достаточно много различных подходов к определению критериальных комплексов оценки качества образования и его мониторинге.

Согласно ранее действующим государственным образовательным стандартам качество образования определялось путем оценки степени сформированности у обучающихся так называемых ЗУНов (знаний, умений, навыков) [11]. В дальнейшем в Концепции модернизации российского образования на период до 2010 г. ЗУНы были дополнены критериями, оценивающими опыт самостоятельной работы, уровень правового самосознания, личностными качествами [1].

Федеральные образовательные стандарты нового поколения провозгласили переход к новой категории именуемой «компетенция», определяемой как способность применять знания, умения, успешно действовать на основе практического опыта при решении задач общего рода, также в определенной широкой области [1]. Однако данные качественные характеристики по-прежнему не являются достаточными и исчерпывающими.

Аналогичную картину мы можем наблюдать и при оценке деятельности вуза. Существующие методики оценки, в частности, мониторинг деятельности вузов охватывает показатели, характеризующие образовательную, научно-исследовательскую, международную, финансово-экономическую деятельность вуза, а также состояние его инфраструктуры и вопросы трудоустройства выпускников [2].

Данные показатели характеризуют эффективность деятельности образовательного учреждения, однако не дают возможность оценить качество предоставляемых образовательным учреждением услуг [7]. Все это обуславливает необходимость поиска иного подхода к оценке качества функционирования вуза. Одним из наиболее эффективных вариантов является формирование системы оценки деятельности вуза с позиций менеджмента качества [3].

Подобный подход рассматривает качество не только как набор неких компетенций, но и должен включать непосредственно характеристики деятельности образовательного учреждения, которые можно условно разделить на внутренние и внешние [6].

Структурная модель оценки внутреннего качества учреждений высшего образования включает в себя 2 подсистемы: качество образовательных процессов в вузе; качество (эффективность) управления вузом.

В рамках каждой из этих подсистем можно выделить конкретные показатели (рисунок 1).

Внешнюю составляющую качества деятельности вуза можно охарактеризовать с помощью методики PEST-анализа, позволяющей оценить степень влияния различных факторов макросреды на образовательное учреждение [14].



Рисунок 1. – Структурная модель оценки внутреннего качества учреждений высшего образования

Исходя из основных требований данной методики, были выделены 4 группы факторов, оказывающих влияние на функционирование вуза: политические (P), экономические (E), социальные (S) и технологические (T) (рисунок 2). Данная методика позволяет провести качественную диагностику состояния макросреды вуза и оценить степень влияния выделенных факторов на функционирование вуза.

Вместе с тем, предлагаемый набор показателей не отражает требований, предъявляемых к образовательному процессу, а также субъектам деятельности учреждений высшей школы. Все это создает основу для продолжения поиска оптимальных путей повышения качества деятельности вуза.



Рисунок 2. – PEST-анализ деятельности вуза

Обсуждение результатов. Большинство исследователей сходятся во мнении, что решение проблемы оценки качества образования находится в построении макрокритериальной модели, охватывающей все стороны деятельности образовательного учреждения и позволяющей оценить его конкурентоспособность [8, 9, 10].

На сегодняшний день многие вузы имеют собственные системы менеджмента качества, однако нет унифицированных требований к их разработке и реализации. На наш взгляд, причиной этого является отсутствие единого подхода к выработке критериев, которые должны быть положены в основу подобных систем.

В основу макрокритериальной модели системы менеджмента качества учреждений высшего образования положены ключевые принципы всеобщего управления качеством (TQM) и комплексного управления деятельностью организации [4,5]. Модель включает в себя 3 группы показателей, характеризующих общие условия функционирования СМК, систему обеспечения качества высшего образования и систему управления развитием качества образования.

Первая группа показателей охватывает общие вопросы (нормативно-правовые, организационные, кадровые, технологические), характеризующие условия для создания, функционирования и развития СМК вуза.

Основная задача данного блока оценки состоит в формировании первичных сведений по организации работы вуза и формированию базиса для его управления с точки зрения менеджмента качества.

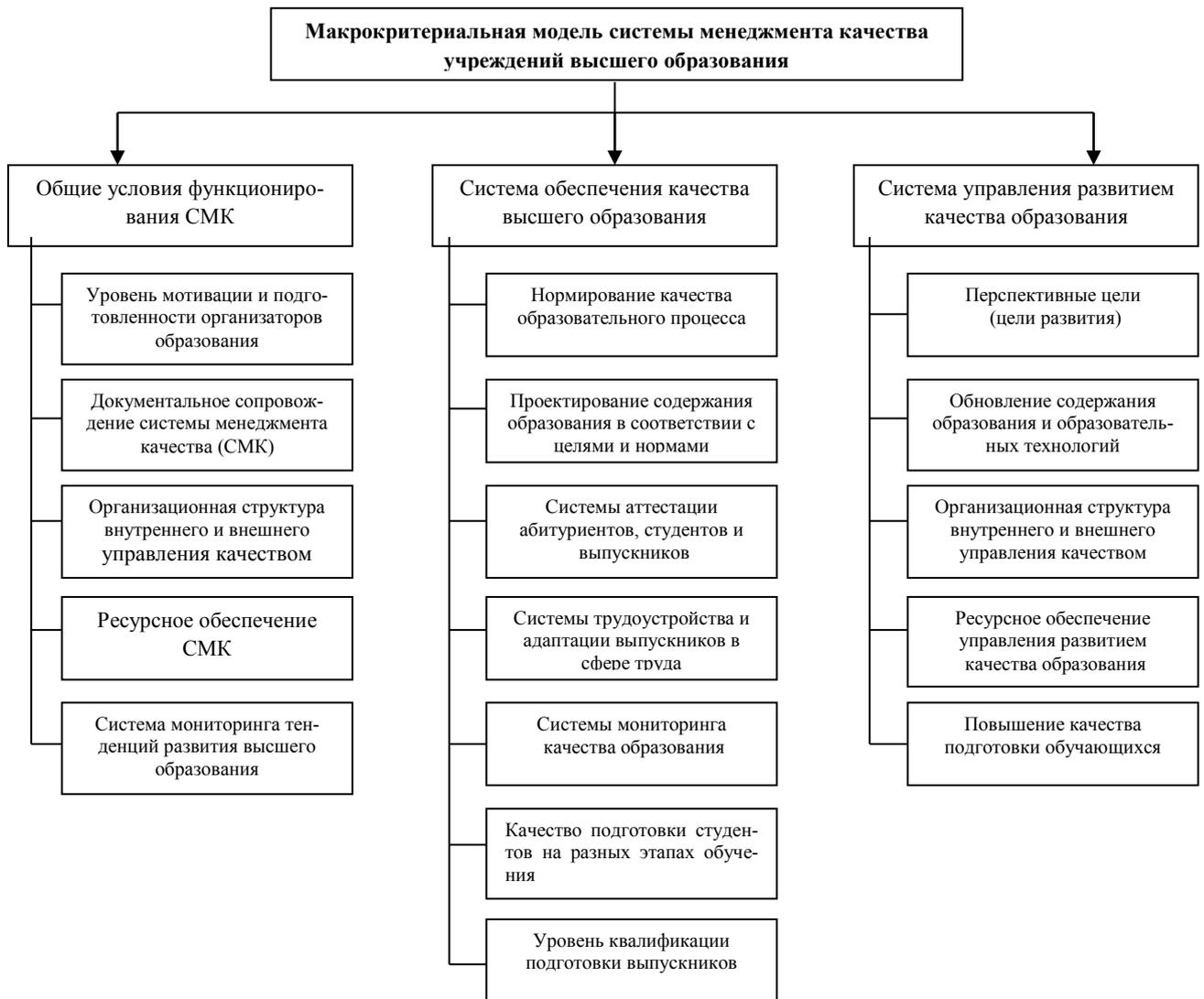


Рисунок 3. – Макрокритериальная модель системы менеджмента качества учреждений высшего образования

Вторую группу показателей составляют критерии, характеризующие управление качеством функционирования системы обеспечения качества высшего образования. Также в эту группу будут отнесены показатели, характеризующие результаты управления деятельностью вуза, к которым будут отнесены уровень качества подготовки выпускников, а также уровень квалификации и степень удовлетворенности работодателей их знаниями и навыками.

Третью группу показателей определяют критерии, характеризующие развитие СМК вуза, а также компоненты улучшения качества высшего образования, в том числе по таким направлениям как совершенствование системы внутреннего и внешнего управления, ресурсное обеспечение и обновление содержимого образовательного процесса.

Выводы. Результаты многочисленных исследований продолжают отмечать наличие существенных проблем в сфере образования, среди которых, проблемы, связанные с качеством предоставляемых образовательных услуг всегда являются определяющими.

Разработанные модели критериально-оценочной системы функционирования учреждений высшей школы имеет прямую взаимосвязь с определением ее эффективности.

Предложенная макрокритериальная модель соответствует требованиям всеобщего управления качеством, а также принципам дуального управления.

Основным преимуществом внедрения подобной макрокритериальной модели системы менеджмента качества высшего образования является обеспечение целостного подхода к оценке и анализу систем управления качеством учреждений высшего образования.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 29.12.2012 N 273-ФЗ (ред. от 02.06.2016) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.06.2016).
2. Абдуллаева Т.К., Султалиева З.М. Разработка модели самооценки деятельности вуза как основы обеспечения качества образовательных услуг. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Выпуск 2. Том 21//Махачкала, 2011. – С. 218-224.
3. Бабкин А.Н. Развитие инновационной инфраструктуры образовательной организации как средство повышения качества образования//Качество. Образование. Инновации. – 2014. - №7. – С. 27-31.
4. Болотов В.А., Вальдман И.А., Ковалёва Г.С., Пинская М.А. Российская система оценки качества образования: главные уроки//Качество образования в Евразии. - 2013. №1. – С. 85-123.
5. Гадалова В.В., Фролова М.Е. Система менеджмента качества в университете: опыт, результаты, перспективы//Высшее образование в России. – 2012. - № 10. С.73-80.
6. Гарашкина Н.В. Квалитологический подход в вузовской подготовке будущих специалистов по социальной работе//Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. -2015.- №2. – С. 79-86.
7. Кудряшова Е.В., Чичерина Н.В.. Об организации систематической работы по анализу и распространению лучших практик ведущих университетов // Высшее образование в России. 2016. - №5.- С. 5-9
8. Муллахметова Г.Л. Социальные функции мониторинга качества образования. – Вестник Удмуртского университета. - 2014. - №3-1. – С. 40-44.

9. Павлюченко Е.И. Эффективное управление образовательным процессом в вузе (теория, методология и практика) диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Дагестанский государственный технический университет. Махачкала, 2009.- 320с.
10. Павлюченко Е. И., Гичиев Н.С., Атаханов Р.А. Международный опыт повышения качества высшего образования // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. С. 441.
11. Пуденко Т.И. О качестве, эффективности и эффективном контракте общем образовании // Управление образованием: теория и практика. – 2014. - № 1. – С. 43-54.
12. Рагозинникова Л.Н. Оценка качества образования глазами обучающихся, родителей и педагогов // Инновационные проекты и программы в образовании. 2012. - №1. – С. 69-75.
13. Сидорин А.В., Сидорин В.В. Разработка стратегии вуза на основе PEST-анализа / Современные наукоемкие технологии. - № 11. – 2014. – С. 31-37.
14. Соловьев И.В., Филатов С.В. Интегральные оценки качества образования // Интеграция образования. – 2014. - № 2 (75). - Т. 18. – С. 14-18.
15. Строкова Т.А. Качество образования: сущность и критерии мониторинговой оценки//Образование и наука. Известия УрО РАО. – 2009.- № 4 (61). - С.36–45.

References:

1. Federal law of 29.12.2012 N 273-FZ (as amended on 02.06.2016) «On education in Russian Federation» (as amended. and EXT, joined. in force 13.06.2016).
2. T.K. Abdullaeva, Z.M. Sultalieva Development of a self-estimation model of high school activity as bases of quality educational services maintenance. Herald of the Dagestan state technical University. Technical Sciences. Issue 2. Volume 21. Makhachkala, 2011. – pp. 218-224.
3. A.N. Babkin Development of innovation infrastructure of the educational organization as a means of improving the quality of education. - Quality. Education. Innovation. – 2014. - №7. – pp. 27-31.
4. V.A. Bolotov, I.A. Waldman, G.S. Kovaleva, M.A. Pinsky Russian quality assessment system in education: key lesson. - Quality of education in Eurasia. - 2013. - № 1. – pp. 85-123.
5. V.V. Gadalog, M.E. Frolova Quality management system at the university: experiences, results, prospects .Higher education in Russia. – 2012. - No. 10. pp. 73-80.
6. N.V. Garaskina Quality approach in high school preparing of future specialists on social work Bulletin of the Tambov University. Series: Humanitarian Sciences. -2015. - №2. – pp. 79-86.

7. E.V. Kudryashova, N. In. Chicherina About the organization of systematic work on the analysis and dissemination of best practices of the leading universities. Higher education in Russia. 2016. - №5.- pp. 5-9.
8. Mullakhmetov G. L. Social functions of education quality monitoring. – Bulletin of Udmurt University. - 2014. - No. 3-1. – pp. 40-44.
9. E.I. Pavlyuchenko, N.S. Gichiev, R.A. Atahanov International experience of high quality improvement Education. - Modern problems of science and education. - 2013. - № 5. - pp. 441.
10. E. I. Pavlyuchenko Effective management of educational process in University (theory, methodology and practice) dissertation for the degree of doctor of economic Sciences, Dagestan state technical University. Makhachkala, 2009. .- 320 p.
11. T.I. Pudenko About the quality, efficiency and effective contract in general education. - Managing education: theory and practice. – 2014. - № 1. – pp. 43-54.
12. Rogozinnikova L. N. Quality assessment of education through the eyes of the studying, parents and teachers , Innovative projects and programs in education. 2012. - № 1. – pp. 69-75.
13. A.V. Sidorin, V.V. Sidorin Developing high school based PEST-analysis. Modern high technologies. – 2014- № 11. – pp. 31-37.
14. I.V. Soloviev, S.V. Filatov Integral assessments of education quality. - Integration of education. – 2014. - № 2 (75). - T. 18. – pp. 14-18.
15. T.A. Strokhova Quality of education: the essence and criteria of the monitoring assessment//science and Education. Izvestiya Uro RAO. – 2009.- № 4 (61). - pp. 36–45.

НАШИ АВТОРЫ

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

Агапов Владимир Павлович – доктор технических наук, профессор кафедры прикладной механики и математики, ФГБОУ ВО «Московский государственный строительный университет», 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: kyrayd@mail.ru

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

Айдемиров Курбан Рабаданович – кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, теоретической и строительной механики, ФГБОУ ВО «Дагестанского государственного технического университета», 367015 г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70

E-mail: kyrayd@mail.ru

Алешин Алексей Евгеньевич – аспирант кафедры кондиционирования воздуха, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики» (Университет ИТМО), 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр. д. 49.

E-mail: al.ev.aleshin@gmail.com

Алимерденов Вадим Шамсутдинович – ассистент 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: vadim080487@yandex.ru

Асланов Гайдарбек Кадырбекович – доктор технических наук, профессор кафедры управления и информатики в технических системах и вычислительной техники, «Дагестанского государственного технического университета», заслуженный деятель науки РД, 367015 г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70

E-mail: uits@dstu.ru

Ахмедова Милена Расуловна – старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

E-mail: ragus05@mail.ru

Баламирзоев Абдул Гаджибалаевич – доктор технических наук, профессор кафедры мелиорации, землеустройства и кадастров, ФГБОУ ВО «Дагестан-

ский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70.

E-mail: abdul2000@yandex.ru

Белова Наталья Александровна – аспирантка кафедры промышленного и гражданского строительства, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань, ул. Татищева, 18

E-mail: astra_belova@mail.ru

Булгаков Александр Исакович – доцент кафедры строительных конструкций и гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70

E-mail: bulgakov@yandex.ru

Вагабов Нурулла Магомедович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры основы конструирования машин и материаловедения, филиал ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Каспийск, ул. Алферова 3.

E-mail: vagamov01@inbox.ru

Гаджиев Али Магомедимович – старший преподаватель кафедры электроэнергетики и возобновляемых источников энергии, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70

E-mail : Eesis-dstu@mail.ru

Гаджиев Хаджимурат Магомедович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70

E-mail: gadjiev.xad@mail.ru

Гордеев Олег Иванович – кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник отдела территориально-отраслевых пропорций в экономике региона, ИСЭИ ДНЦ РАН, 367000 г. Махачкала, ул.М.Ярагского, д.75

E-mail: gordeev@mail.ru

Гулиев Мушфиг Ельмар оглы – доктор экономических наук, доцент кафедры международной экономики ФГБОУ ВО «Азербайджанский государственный экономический университет» г. Баку, ул. Истиглалият, 6

E-mail: guliev@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

Зербалиев Алихан Мамалиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры мелиорации, землеустройства и кадастров, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70

E-mail: alihan_zerbaliev@mail.ru

Евдулов Денис Викторович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры теоретической и общей электротехники, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015г. Махачкала, пр. И. Шамиля , 70

E-mail: ole-ole-ole@rambler.ru

Евдулов Олег Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 36701 г. Махачкала, пр. И. Шамиля , 70

E-mail: ole-ole-ole@rambler.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

Исраилова Залпа Солмановна – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», 364052, г. Грозный, ул. А. Авторханова, д. 14/53

E-mail: israilova_zs@mail.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: islam-kadi@mail.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: islam-kadi@mail.ru

Костенко Дмитрий Сергеевич – студент факультета промышленного и гражданского строительства, академия строительства и архитектуры, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1.

E-mail: DmitriyKostenko95@mail.com

Кравченко Галина Михайловна – кандидат технических наук, профессор кафедры технической механики, академия строительства и архитектуры, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1

E-mail: Galina.907@mail.ru

Курбанов Али Зульпукарович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология и методика обучения», ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный педагогический университет». Заслуженный учитель РД. Почетный работник высшего профессионального образования, 367003, г. Махачкала, Ярагского, д. 57

E-mail: limat05@mail.ru

Курбанов Иса Багаутдинович – научный сотрудник Дагестанского филиала Геофизической службы РАН, 367008, г. Махачкала, ул. Белинского, д. 16

E-mail: kurbanov@mail.ru.

Курбанов Курбан Османович – кандидат физико-математических наук, доцент, «Махачкалинский филиал МАДИ», 367026, г. Махачкала, пр. Акушинского, д. 13

E-mail: kurbanovko@yandex.ru

Магомедова Марина Алиевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технология и методика обучения ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный педагогический университет», 367003, г. Махачкала, Ярагского, д. 57

E-mail: limat05@mail.ru

Магомедова Патимат Арсланалиевна – аспирант кафедры теоретической и общей электротехники, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И. Шамяля, 70

E-mail: magomedova-pa@mail.ru

Магомедов Рабадан Абдулкагирович – кандидат геологоминералогических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук», 367015 г. Махачкала, пр. И. Шамяля, 70

E-mail: ra-mag@yandex.ru

Мананов Рашид Магомедович – аспирант кафедры строительных конструкций и гидротехнических ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамяля, 70

E-mail: dgtu.pgs@mail.ru

Марченко Андрей Сергеевич – аспирант, кафедры кондиционирования воздуха, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики» (Университет ИТМО), 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр. д. 49.

E-mail: miconata@rambler.ru

Мирзабеков Темурхан Мевлюдинович – аспирант, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И. Шамяля, 70

E-mail: islam-kadi@mail.ru

Мусаева Ума Алиевна – кандидат технических наук, доцент кафедры управления и информатики в технических системах и вычислительной техники, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И. Шамяля, 70

E-mail: uma9@list.ru

Муселемов Хайрулла Магомедмуратович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры строительных конструкций и гидротехниче-

ских сооружений ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля , 70

E-mail: hairulla213@mail.ru

Поддубный Родион Александрович – бакалавр кафедры кондиционирования воздуха кафедры кондиционирования воздуха, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики»(Университет ИТМО), 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр. д. 49.

E-mail: pallada-ltd@info.spb.ru

Рябова Татьяна Владимировна – аспирант кафедры кондиционирования воздуха кафедры кондиционирования воздуха, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики» (Университет ИТМО), 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр. д. 49.

E-mail: Rjabova_tatjanna@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: sarcarovta@mail.ru

Страхова Нина Андреевна – доктор технических наук, профессор, «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф.Ушакова», 353918, г. Новороссийск, пр-т Ленина, 93

E-mail: strakhova_na@mail.ru

Сулин Александр Борисович – доктор технических наук, профессор кафедры кондиционирования воздуха, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики» (Университет ИТМО), 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр. д. 49.

E-mail: miconata@rambler.ru

Султалиева Зарема Маратовна – старший преподаватель, кафедры экономической безопасности, налогообложения и бизнес-информатики, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля , 70

E-mail: mameeva88@mail.ru

Труфанова Елена Васильевна – кандидат технических наук, доцент кафедры технической механики, Академия строительства и архитектуры, «Донской государственный технический университет», 344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1

E-mail: El.Trufanova@mail.ru

Устарханов Осман Магомедович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций и гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015г. Махачкала, пр. И.Шамиля , 70

E-mail: hairulla213@mail.ru

Челушкин Дмитрий Алексеевич – аспирант кафедры теоретической и общей электротехники, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля , 70

E-mail: chelushkindima1975@mail.ru

Цыганков Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой кондиционирование воздуха, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий механики и оптики» (Университет ИТМО), 197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр. д. 49.

E-mail: pallada-ltd@info.spb/ru

Юсуфов Ширали Абдулкадиевич – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», 367015 г. Махачкала, пр. И.Шамиля , 70

E-mail: yshirali@yandex.ru

OUR AUTHORS

Abakar Jansulaewicz Abakarov– doctor of technical Sciences, Professor, head of Department of architecture, faculty of architecture and construction, FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: asf_arhitektura@mail.ru

Vladimir Pavlovich Agapov– doctor of technical Sciences, Professor of the Department of PMM FSBE HE «Moscow state construction University» 26 Yaroslavskoye shosse, 129337, Moscow

E-mail: kyrayd@mail.ru

Elifhan Kerimhanovich Agakhanov – doctor of technical science, professor, head of roads, bases and foundations of the transport faculty, FSBE HE «Dagestan State Technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: elifhan@bk.ru

Kurban Rabadanovich Aidemirov– candidate of technical Sciences, associate Professor STSM, of the FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: kyrayd@mail.ru

Alexey Evgenyevich Aleshin– Postgraduate student, Department of air conditioning in Saint-Petersburg University. Of information technologies, mechanics and optics (NRU ITMO), 49 Kronverkskiy PR., 197101, Saint-Petersburg

E-mail: al.ev.aleshin@gmail.com

Vadim Shamsutdinovich Alimardanov– assistant Professor of Weidelt of the FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: uits@dstu.ru

Gaidarbek Kadyrbekovich Aslanov– doctor of technical Science, Professor of Weidelt FSBE HE «Dagestan state technical University», honored worker of science of Dagestan", 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: uits@dstu.ru

Milena Rasulovna Akhmedova – Senior Lecturer, FSBE HE «Kuban State University», 149 Stavropol St., 350040 Krasnodar

E-mail: ragus05@mail.ru

Abdul Gadibalaevich Balamirzoev– doctor of technical Science, Professor of the Department of melioration, land management and cadastre, faculty of oil, gas and environmental engineering, FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala.

E-mail: abdul2000@yandex.ru

Natalia Aleksandrovna Belova– postgraduate student, Department "Industrial and civil construction" of the FSBE HE «Astrakhan state architectural-building University», 18 Tatischeva str., Astrakhan

E-mail: astra_belova@mail.ru

Alexandr Isakovich Bulgakov – associate Professor of the Department of structures and hydraulic structures of the FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: bulgakov@yandex.ru.

Nurullah Magomedovich Vagabov – candidate of technical Science, senior lecturer of the Department of bases of constructing of machines and materials, the branch of the, FSBE HE «Dagestan state technical University», 3 Alferov St., 367015, Kaspiysk

E-mail: vagamov01@inbox.ru

Khadzhimurat Magomedovich Gadzhiev – candidate of technical Science, Professor, head of Department of radio engineering and telecommunications of the, FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: gadjiev.xad@mail.ru

Ali Magomedalievich Gadzhiev – senior lecturer of the Department of electricity and renewable energy of the FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: Eesis-dstu@mail.ru

Oleg Ivanovich Gordeev – candidate of economic Science, leading researcher of the Department of territorial and sectoral proportions in the economy of the region», ISEI, Dagestan scientific center, Russian Academy of Science, 75 St. M. Yaragskogo, D. 367000, Makhachkala

E-mail: gordeev@mail.ru.

Rasul Vagidovich Guseynov – doctor of technical Science, Professor of the Department of technical complexes and SANR, the branch of the, FSBE HE «Dagestan state technical University», 3 Alferov St., 367015, Kaspiysk

E-mail: ragus05@mail.ru

Elmar ogly Mushfig Guliyev – doctor of economic Science, associate Professor of international economy Department of the, FSBE HE «Azerbaijan state economic University», 6 Istiglaliyyat, Baku,

E-mail: guliev@mail.ru.

Denis Viktorovich Evdulov – candidate of technical Sciences, senior lecturer of the Department of theoretical and General electrical engineering, school of computing, computing and energy, of the FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: ole-ole-ole@rambler.ru

Oleg Viktorovich Evdulov – candidate of technical Sciences, docent of Department of theoretical and General electrical engineering, school of computing, computing and energy, of the FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: ole-ole-ole@rambler.ru

Alikhan Malalievich Zarbaliev – candidate of technical Science, associate Professor of the Department of melioration, land management and cadastre, of the

FSBEE HE "Dagestan state technical University", 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: alihan_zerbaliev@mail.ru

Tagir Abdurashidovich Ismailov – doctor of technical Science, Professor, head of Department of theoretical and General electrical engineering, school of computing, computing and energy. The rector of the «Dagestan state technical University», honored scientist of the Russian Federation, 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: dstu@dstu.ru

Zalpa Salmanovna Israilova – candidate of technical Science, associate Professor, «the Grozny state oil technical University named academician M. D. Millionshtchikov», 14/5 St. Avtorhanova, D. 3364052, Grozny.

E-mail: israilova_zs@mail.ru

Islamuddin Pashaevich Kadiev – leading specialist in the field of information protection of information-analytical Department of management of inspection of commercial organizations, the Central Bank of the Russian Federation on RD. 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: islam-kadi@mail.ru

Pashay Abdulkerimovich Kadiev – candidate of technical Science, Professor of the Department of Informatics in technical systems, of the FSBEE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: islam-kadi@mail.ru

Galina Mikhailovna Kravchenko – candidate of technical Science, Professor of the Department of technical mechanics, Academy of construction and architecture, doctor of «Donskoy state technical University», 1 Gagarina square, 344000, Rostov-on-Don.

E-mail: Galina.907@mail.ru

Dmitry Sergeevich Kostenko – student, faculty of industrial and civil construction, Academy of construction and architecture, doctor of «Donskoy state technical University», 1 Gagarina square, 344000, Rostov-on-Don.

E-mail: DmitryKostenko95@gmail.com

Ali Zulpukarovich Kurbanov – candidate of technical Science, Professor, head of chair of technology and methods of teaching of the FSBEE HE «Dagestan state pedagogical University», Honored teacher of Dagestan. Honorary worker of higher professional education, 57 Yaragskogo, D. 367003, Makhachkala.

E-mail: israilova_zs@mail.ru

Isa Bagautdinovich Kurbanov – researcher at the Dagestan branch of the Geophysical service RAS, 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala.

E-mail: kurbanov@mail.ru

Kurban Osmanovich Kurbanov – doctor of physical and mathematical Science, associate Professor, «Makhachkala branch of MADI, 16 Belinskogo, d. 367008, Makhachkala

E-mail: kurbanovko@yandex.ru

Marina Alievna Magomedova – candidate of technical Science , senior teacher of chair of technology and methods of teaching of the FSBEE HE «Dagestan state pedagogical University», 57 Yaragskogo, D. 367003, Makhachkala.

E-mail: limat05@mail.ru

Patimat Arslanaliyevna Magomedova – postgraduate student of the Department of theoretical and General electrical engineering, doctor of the FSBEE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: magomedova-pa@mail.ru

Rabadan Abdulkadyrovich Magomedov– Geologorazvedka candidate of Science, senior researcher, Federal state budget institution of science «Institute of Geology of the Dagestan scientific center, Russian Academy of Science, 75 St. M. Yaragskogo, D. 367000, Makhachkala

E-mail: ra-mag@yandex.ru

Andrey Sergeevich Marchenko – graduate student, Department of air-conditioning at the National research University of Information technologies , mechanics and optics, 49 Kronverkskiy PR., 197101, Saint-Petersburg

E-mail: miconata@rambler.ru

Rashid Magomedovich Manapov –postgraduate student, Department of structures and hydraulic engineering of the FSBEE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: hairulla213@mail.ru

Timurhan Mevludinovich Mirzabekov– graduate student, FSBEE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

Hayrulla Magomedaliyevich Musalimov – candidate of technical Science, senior lecturer of the Department of structures and hydraulic structures of the FSBEE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: hairulla213@mail.ru

Uma Alievna Musaeva– candidate of technical Science, associate Professor of the Department of management and Informatics in technical systems and computer engineering, FSBEE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: uma9@list.ru

Rodion Aleksandrovich Poddubny – bachelor of Department of air-conditioning systems of the University ITMO, national research University of information technologies, mechanics and optics», 49 Kronverkskiy PR., 197101, Saint-Petersburg

E-mail: pallada-ltd@info.spb.ru

Tatiana Vladimirovna Ryabova – postgraduate student of the Department of air-conditioning systems of the University ITMO, national research University of information technologies, mechanics and optics», 49 Kronverkskiy PR., 197101, Saint-Petersburg.

E-mail: Rjabova_tatjanna@mail.ru

Tadjedin Akbarovich Sarkarov – doctor of technical Science, Professor, head of Department of management and Informatics in technical systems and computer engineering, FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: sarcarovta@mail.ru

Nina Andreevna Strakhova – doctor of technical Science, Professor, «State Maritime University» named after Admiral F. F. Ushakov, Novorossiysk.

E-mail: strakhova_na@mail.ru

Alexander Borisovich Sulin – doctor of technical Science, Professor, Department of air-conditioning at the National research University of Information technologies, mechanics and optics, 49 Kronverkskiy PR., 197101, Saint-Petersburg

E-mail: miconata@rambler.ru

Zarema Maratovna Sultalieva – senior lecturer, Department of economic security, taxation and business Informatics, of the FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala.

E-mail: mameeva88@mail.ru

Elena Vasilievna Trufanova – candidate of technical Science, associate Professor of the Department of technical mechanics, Academy of construction and architecture, FSBE HE «Donskoy state technical University», 1 Gagarina square, 344000, Rostov-on-Don.

E-mail: El.Trufanova@mail.ru

Osman Magomedovich Ustarhanov – doctor of technical Science, Professor, head of Department of structures and hydraulic structures of the FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala.

E-mail: hairulla213@mail.ru

Alexander Vasilievich Tsygankov – doctor of technical Science, Professor, head of Department of Chair of Air Conditioniong in Saint-Petersburg University of Information technologies, mechanics and optics, doctor of «St. Petersburg state University», 49 Kronverkskiy PR., 197101, Saint-Petersburg

E-mail: pallada-ltd@info.spb/ru

Chelushkin Dmitry Alekseevich – postgraduate student, FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala.

E-mail: chelushkindima1975@mail.ru

Shirali Abdulkadyrovich Yusufov – candidate of technical Science, docent of Department of theoretical and General electrical engineering, of the FSBE HE «Dagestan state technical University», 70 I. Shamil Ave, 367015, Makhachkala

E-mail: yshirali@yandex.ru

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 (Abstract) -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 части), 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 (на русском и английском языках). 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 редколлгией 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 и по телефону 8(8722) 62-39-64.

Министерство образования и науки РФ



ВЕСТНИК ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. Махачкала, 2016. – №2, (Том 41) – 196с.

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 Website: <http://vestnik.dstu.ru/>

«Бесплатно»

Подписано в печать 30.06.2016г. Сдано в печать 30.06.2016г

Формат 60*84 1/8. Гарнитура «Times». Бумага офсетная

Тираж 500. Усл. п.л. 20,1 Уч. изд.л. 20,1

Заказ № 0156

Отпечатано в ИПЦ ФГБОУ ВО «ДГТУ»

367015, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70.