

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

ВЕСТНИК

ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 4

Том 39

2015

Журнал основан в 1997 году.
Выходит 4 раза в год

Herald of Daghestan state technical university. Technical sciences

2015. №4 (39)

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 № 4 (ТОМ 39), 2015 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 align="center">Научные направления:</p> <p align="center">Физико-математические науки Механика</p> <p align="center">Технические науки</p> <p align="center">Энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение</p> <p align="center">Информатика, вычислительная техника и управление</p> <p align="center">Строительство и архитектура</p> <p align="center">Экономические науки</p>	
<p>Редакционный совет:</p> <p 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 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 align="center">Члены редакционного совета Бабанлы М.Б.-О., д.т.н., профессор, ректор Азербайджанского государственного университета нефти и промышленности, Азербайджанская республика, г. Баку. Давидок А.Н., д.т.н., заслуженный строитель России, директор НИИЖБ им. А.А.Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Россия, г. Москва. Джанзаков И. И., д.т.н., профессор, член-корр. НИА РК, академик МАНЭБ, Республика Казахстан, г. Атырау. Казачек В.Г., д.т.н., профессор, главный научный сотрудник Института жилища - НИПТИС им. Атаева С.С., директор ООО «Мобильная диагностика в строительстве», Республика Беларусь, г. Минск. Магомедов М. Х., д-р. физ.-мат. наук, генеральный директор ООО «САУНО», НПФ, Россия, г. Москва. Несветаев Г.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии строительного производства, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Россия, г. Ростов-на-Дону. Райзер В. Д., д.т.н., профессор, штат Калифорния, США, г. Сан-Диего. Сулин А.Б., д.т.н., профессор, член-корр. МАХ, НИИ промышленной и морской медицины федерального медико-биологического агентства, Россия, г. Санкт-Петербург. Хачумов В.М., д.т.н., профессор, заведующий лабораторией Института системного анализа РАН, Россия, г. Москва. Эмиров Ю.Н., д.ф.-м.н., ученый-исследователь Центра нанотехнологий Университета Южной Флориды, США. Якунин А.Г., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Вычислительные системы и информационная безопасность», ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Россия, г. Барнаул.</p>	<p>Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Выпуск 4. Том 39 Махачкала, 2015 – 184с.</p> <p>Издается по решению Ученого Совета ФГБОУ ВО «ДГТУ»</p>	
<p>Научно-исследовательский журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР), свидетельство ПИ № ФС77-30186 от 9 ноября 2007г.</p> <p>Подписной индекс 71366 в федеральном каталоге периодических изданий ОАО Агентства «Роспечать». Подписной индекс 93522 в объединенном каталоге «Пресса России».</p> <p>Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.</p> <p>Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), доступный в интернете, по адресу http://www.elibrary.ru (Научная электронная библиотека).</p>	<p>Адрес учредителя: 367015, РД, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, ФГБОУ ВО «ДГТУ» Тел./факс 8722)623715 (8722)623964 E-mail: vestnik.dgtu@mail.ru Website: http://vestnik.dstu.ru/</p>	

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

МЕХАНИКА8

Алиомаров Л.М., Вагабов Н.М., Курбанов А.З.

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА РЕЗЬБЫ С
НЕСИММЕТРИЧНЫМ ПРОФИЛЕМ8

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ
МАШИНОСТРОЕНИЕ14

Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Магомедова П.А., Челушкина Т.А.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕПЛОТВОД НА ОСНОВЕ
МНОГОКАСКАДНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА
С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИОДОВ ГАННА 14

Евдулов Д.В., Сулин А.Б.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫПРЯМИТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯ-
ЖЕНИЯ, ВЫПОЛНЕННОГО НА БАЗЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБ-
РАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ 21

Сулин А.Б., Хазамова М.А.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ЛЕЧЕБНЫХ
ПРОЦЕДУР ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ЗОНЫ
РУКИ ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
УСТРОЙСТВ 31

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

И УПРАВЛЕНИЕ.....38

Герасимова В.А., Шиккульская О.М., Шиккульский М.И.

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СТРУКТУРЫ
ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ 38

Дёмин С.Б., Синёнков Д.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ БУНКЕРА И
ТРАНСПОРТНЫХ ОКОН НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУНКЕРА СЕЯЛОК 47

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА54

Акаев Н.К., Гасанов И.А., Мантуров З.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И ОС-
НОВНЫХ СВОЙСТВ ПЕНО-СИЛИКАТ-НАТРИЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕГИДРАТИРОВАННЫХ СЛАНЦЕВЫХ ГЛИН 54

Аласханов А.Х., Алиев С.А., Муртазаев С-А.Ю., Успанова А.С.

РЕЦЕПТУРА ВОДОСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУ-
ЩИХ С КОМПОНЕНТАМИ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ 63

Алокова М.Х., Культербаев Х.П.

ИЗГИБНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТЕРЖНЯ ПЕРЕМЕННОГО
СЕЧЕНИЯ С СОСРЕДОТОЧЕННОЙ МАССОЙ 77

Виснап А.В., Моргун В.Н., Моргун Л.В.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АРМА-
ТУРЫ В ФИБРОПЕНОБЕТОНЕ 87

Газиев М.А., Мажиева А.Х., Мажиев К.Х.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО ЯЧЕЙ-
СТОГО БЕТОНА С УЧЕТОМ КАРБОНИЗАЦИИ 94

<i>Кокоев М.Н., Федоров В.Т.</i> МОДУЛЬНАЯ ПЛОЩАДКА ДЛЯ МОНТАЖА ТЯЖЕЛОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	110
<i>Курбанова З.А.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЕТОВ ОПТИ- МАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ВОДОСЛИВНОГО ФРОНТА ПЛОТИНЫ НА НЕ- СКАЛЬНОМ ОСНОВАНИИ	117
<i>Магомедов Р.А., Мамаев С.А.</i> СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДАГЕСТАНСКОГО СЕКТОРА ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА	127
<i>Мацапулин В.У., Тотурбиев А.Б., Тотурбиев Б.Д., Тотурбиева У.Д., Черкашин В.И.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОГО ПРИРОДНОГО КРЕМНИСТОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОБЕТОНА	136
<i>Муселемов Х.М., Устарханов О.М., Юсупов А.К., Ярахмедов И.Т.</i> ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОЛОНН, УСИЛЕННЫХ ЗА- ЯЖКАМИ.....	144
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ.....	152
<i>Алиярова Ф.М.</i> ЦЕЛЕВЫЕ ПРОГРАММЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ИНВЕ- СТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО	152
<i>Гамидуллаев Р.Б.</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИ- СТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РЕИНЖИНИРИНГЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕ- НИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ	161
<i>Зейналов М.З., Павлюченко Е.И.</i> ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ	167
НАШИ АВТОРЫ	175
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ.....	180

**Ministry of Education and Science of the Russian Federation
Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education
“Daghestan State Technical University”
HERALD OF DAGHESTAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY. TECHNICAL SCIENCES
№ 4 (v o l u m e 3 9), 2 0 1 5 г .**

The Journal was founded in 1997	ISSN 2073-6185
<p>Editor-in-Chief - T.A. Ismailov, Doctor of Technical Science, Professor, Rector, DSTU;</p> <p>Deputy Editor - A.M. Esetova, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department, DSTU;</p> <p>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. Khadzhashalov, Doctor of Technical Science, Professor, Dean, DSTU.</p>	<p style="text-align: center;">Research areas</p> <p>Physical-mathematical science Mechanics</p> <p>Technical science Power, Metallurgical and Chemical Mechanical Engineering</p> <p>Computer science, Computer Engineering and Management</p> <p>Building and architecture</p> <p>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 State Technical University "VOEN-MECH", Saint-Petersburg, Russia T. A. Ismailov, Doctor of Technical Science, Professor, rector, DSTU, Makhachkala, Russia. V.M. Kutuzov, Doctor of Technical Science, professor, rector, SPb.GEHTU, Saint-Petersburg, Russia.</p> <p style="text-align: center;">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. M.Kh. Magomedov, Doctor of Mathematics and Physics, General Director, "SAUNO" Ltd. Moscow, Russia. G. V. Nesvetayev, Doctor of Technical Science, Professor, Head of Construction Technologies Department, FSBEI HE "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia. V. D. Raizer, Ph.D., Professor, California, San Diego, USA. A.B. Sulin, Doctor of Technical Science, Professor, corresponding member, MAX, Institute of Industrial and Marine Medicine of Federal Medical and Biological Agency, St. Petersburg, Russia. V. M. Khachumov, Doctor of Technical Science, Professor, head of laboratory, Institute for Systems Analysis of RAS, Moscow, Russia. Yu.N. Emirov, Doctor of Mathematics and Physics, research associate, Nanotechnology Research and Education Center, University of South Florida, USA. A.G. Yakunin, Doctor of Technical Science, Professor, head of the department, Computing Systems and Information Security", FSBEI HE "Polzunov Altai State Technical University" Barnaul, Russia.</p>	<p>Herald of Daghestan State Technical University. Technical science Edition 4 volume 39 Makhachkala, 2015 –184p.</p> <p>Published by decision of the Academic Council FSBEE HE «DSTU»</p>
<p>The research journal is registered in Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR), the certificate of PINo. FS77-30186 of November 9, 2007. Subscription index 71366 is in the federal catalogue of periodicals of the JSC Rospechat Agency. Subscription index 93522 in the integrated catalogue "Press of Russia". The journal is included in the List of leading reviewed scientific journals and periodicals of the Higher Certifying Commission (VAK) of the Russian Federation, in which basic scientific results of dissertations are to be published. The journal is included in the Russian Index of Scientific Citing (RISC) available on the Internet (http://www.elibrary.ru Scientific electronic library). Edition address: 70, I. Shamil Ave., 367015, Makhachkala, the Republic of Daghestan FSBEE HE “DSTU”</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

Aliomarov L.M., Vagabov N.M., Kurbanov A.Z.

METHODS OF CONTROLLING THE AVERAGE DIAMETER OF THE THREAD WITH ASYMMETRICAL PROFILE8

TECHICAL SCIENCE

POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL MECHANICAL ENGINEERING... ..14

Ismailov T.A., Gadjiyev H.M., Magomedova P.A., Chelushkina T.A.

ENERGYEFFICIENT HEAT DISSIPATION THROUGH MULTISTAGE THERMOELECTRIC DEVICE USING GUNN DIODES 14

Evdulov D.V., Sulin A.B.

MATHEMATICAL MODEL OF THE RECTIFIER OF THE ALTERNATING VOLTAGE EXECUTED ON THE BASIS OF THE THERMOELECTRIC TRANSFORMER OF ENERGY 21

Sulin A.B., Khazamova M.A.

TECHNIQUE OF CARRYING OUT PHYSIOTHERAPEUTIC MEDICAL PROCEDURES FOR THERMAL IMPACT ON SEPARATE ZONES OF THE HAND OF THE PERSON WITH USE OF THERMOELECTRIC DEVICES 31

COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT38

Gerasimova V.A., Shikulskaya O.M., Shikulskiy M.I.

COMPETENCE-BASED APPROACH TO MODELLING STRUCTURES OF THE MAIN EDUCATIONAL PROGRAM 38

Demin S.B., Sinenkov D.V.

MODELLING OF INFLUENCE OF PARAMETERS OF THE BUNKER AND TRANSPORT WINDOWS ON PRODUCTIVITY OF THE BUNKER OF SEEDERS 46

BUILDING AND ARCHITECTURE54

Akaev N.K., Gasanov I.A., Manturov Z.A.

RESEARCH OF PROCESSES OF FORMATION OF STRUCTURE AND THE PENO-SILIKAT-NATRIEVYH MAIN PROPERTIES OF COMPOSITIONS WITH USE OF THE DEHYDRATED SLATE CLAYS 54

Alaskhanov A.H., Aliev S.A., Murtazaev S-A.Y., Uspanova A.S.

COMPOUNDING WATERPROOF COMPOSITEPLASTER KNITTING WITH COMPONENTS OF TECHNOGENIC ORIGINS 63

Alokova M.Kh., Kulterbaev Kh.P. FLEXURAL VIBRATIONS OF THE VERTICAL ROD VARIABLE SECTION WITH A CONCENTRATED MASS 77

Visnap A.V., Morgun V.N., Morgun L.V.

THE RELEVANCE OF COMPOSITE BAR REINFORCEMENT IN THE FIBER FOAM CONCRETE..... 87

Gaziev M.A., Mazhieva A.Kh, Mazhiev K.Kh.

FINE-GRAINEDCELLULAR CONCRETE CREEP ANALYSIS TECHNIQUE WITH CONSIDERATION FORCARBONATION 94

<i>Kokoev M.N., Fedorov V.T.</i> MODULAR STAGE FOR HEAVY MACHINERY ASSEMBLING AT THE INDUSTRIAL PLANTS.....	110
<i>Kurbanova Z.A.</i> DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR THE CALCULATION OF THE OPTIMUM PROFILE OF THE WATER DRAIN FRONT OF THE DAM ON OF NON-ROCK FOUNDATION	117
<i>Magomedov R.A., Mamaev S.A.</i> SEISMO-TECTONIC AND GEODYNAMIC FEATURES DAGESTAN SECTOR OF THE EASTERN CAUCASUS.....	127
<i>Matsapulin V.U., Toturbiev A.B., Toturbiev B.D., Toturbieva U.D., Cherkashin V.I.</i> USE OF LOCAL NATURAL SILICEOUS RAW MATERIAL AND WASTES FOR PRODUCTION OF HEAT-INSULATING FOAMCONCRETE	136
<i>Muselemov Kh.M., Ustarkhanov O.M., Yusupov A.K., Yarahmedov I.T.</i> INCREASE OF THE BEARING ABILITY OF THE COLUMNS STRENGTHENED BY INHALINGS	144
ECONOMIC SCIENCE.....	152
<i>Aliyarova F.M.</i> TARGET PROGRAM AS AN EFFECTIVE TOOL INVESTMENT IN CONSTRUCTION PRODUCTION	152
<i>Gamidullaev R.B.</i> THE EFFICIENCY ASSESSMENT METHODS OF MANAGEMENT SYSTEM UNDER MANAGEMENT PROCESSES REENGINEERING AT AN ENTERPRISE.....	161
<i>Zeynalov M.Z., Pavlyuchenko E.I.</i> THE IMPACT OF THE BASIC ASSETS EFFICIENCY ON THE OF CONSTRUCTION PRODUCTS COST PRICE	167
OUR AUTHORS.....	175

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ МЕХАНИКА

УДК 621.882.085/.086.004

Алиомаров Л.М., Вагабов Н.М., Курбанов А.З.

МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ СРЕДНЕГО ДИАМЕТРА РЕЗЬБЫ С НЕСИММЕТРИЧНЫМ ПРОФИЛЕМ

Aliomarov L.M., Vagabov N.M., Kurbanov A.Z.

METHODS OF CONTROLLING THE AVERAGE DIAMETER OF THE THREAD WITH ASYMMETRICAL PROFILE

Аннотация. Для обработки резьбовых отверстий в деталях, изготовленных из труднообрабатываемых материалов для судовых машин и механизмов, работающих при высоких температурах, больших нагрузках и в агрессивной среде, авторами разработан комбинированный инструмент зенкер-метчик со специальной схемой резания, который обладает несимметричным профилем резьбы на метчиковой части. Для контроля среднего диаметра резьбы метчиковой части комбинированного инструмента использовали метод трех проволочек, который позволяет произвести непрерывное измерение среднего диаметра резьбы по всему профилю. Отклонение среднего диаметра от эталонного регистрируется индуктивным датчиком и записывается самописцем. В работе разработаны и приведены схемы контроля среднего диаметра резьбы с симметричным и несимметричным профилем. На основе этих схем вывели расчетные формулы для определения теоретического параметра для установки проволочек в профиль резьбы в процессе измерения среднего диаметра. Проведенные комплексные исследования и внедрение комбинированного инструмента зенкер-метчик в производство изделий судового машиностроения, судостроения, судоремонта энергетических установок, изготовленных из труднообрабатываемых материалов, показали высокую эффективность предложенной технологии для обработки качественных резьбовых отверстий малых диаметров, отвечающих современным требованиям.

Ключевые слова: резьба, зенкер-метчик, технология, исследование, инструмент, контроль, производительность, качество, износ.

Abstract. For handling of carving openings in the details made of the hardly processed materials for the ship machines and mechanisms working in case of high temperatures, big loadings and in hostile environment, authors the vertical drill tap with the special scheme of cutting which possesses an asymmetrical profile of a carving on metchikovy part is developed the combined tool. For control of average diameter of a carving of metchikovy part of the combined tool used a method of three delays which allows to perform continuous measurement of average diameter of a carv-

ing on all profile. The deviation of average diameter from reference is registered the inductive sensor and registers the recorder. Schemes of control of average diameter of a carving with a symmetric and asymmetrical profile are developed and provided in work. On the basis of these schemes have removed settlement formulas for determination of theoretical parameter for installation of delays in a carving profile in the course of measurement of average diameter. The conducted complex researches and implementation of the combined tool a vertical drill tap in production of products of ship mechanical engineering, shipbuilding, ship repair of the power stations manufactured of the hardly processed materials have shown outstanding performance of the offered technology for handling of high-quality carving openings of the small diameters meeting the modern requirements.

Key words: *carving, vertical drill tap, technology, research, tool, control, performance, quality, depreciation.*

Введение. В современном судовом машиностроении, судостроении, судоремонте энергетических установок, работающих при высоких температурах, больших нагрузках и в агрессивной среде, все большее применение находят стали и сплавы с особыми физико-механическими свойствами: маломангнитных, коррозионностойких, кислотостойких и жаростойких. Это, как правило, стали аустенитного, аустенитно-ферритного и аустенитно-мартенситного классов типа Г13,12Х18Н10Т, 07Х16Н16, Х17С2, 40Х5В2ФС, 08Х18Н10Т, 2Х18 и др. Они относятся к числу труднообрабатываемых материалов.

Как показывает практика, 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 ($\lambda=0,03$) и низким коэффициентом обрабатываемости ($K_{об}$) по отношению к конструкционным углеродистым сталям ($K_{об} = 0,1-0,3$) [1,2]. Поэтому технология обработки и режимы резания, используемые для конструкционных углеродистых сталей, зачастую неприемлемы к труднообрабатываемым материалам.

Наиболее сложным является нарезание отверстий малых диаметров до 16 мм [3].

Для повышения производительности резьбонарезания в деталях из труднообрабатываемых материалов были разработаны технологии, которые в процессе эксплуатации в целом не обеспечили высокое качество нарезаемой резьбы и имели высокую склонность к поломке. Поэтому авторами разработан комбинированный инструмент зенкер-метчик со специальной схемой резания, имеющий несимметричный профиль резьбы.

Разработанная и предложенная авторами современная технология, основанная на применении комбинированного инструмента зенкер-метчик, позволила произвести качественную обработку резьбовых отверстий малых диаметров, отвечающих современным требованиям при производстве изделий судового машиностроения, судостроения, судоремонта и энергетических установок, изготовленных из труднообрабатываемых материалов [4].

Постановка задачи. В целях практической проверки результатов лабораторных исследований произведена обработка различных деталей, изготовленных из труднообрабатываемых материалов на действующем производстве. Проведенные производственные испытания новой технологии показали ее высокую эффективность, что позволило повысить производительность труда более чем в 2 раза по сравнению с известными технологиями, а также качество выпускаемой продукции.

Для изготовления комбинированного инструмента зенкер-метчик с несимметричным профилем необходимо разработать методику контроля среднего диаметра, для чего необходимо изучить и проанализировать существующие способы, методы измерения и контроля.

Существуют следующие методы, средства измерения и контроля цилиндрической резьбы:

1. Резьбовые шаблоны и калибры;
2. Резьбовой микрометр со вставками МВМ;
3. Измерение среднего диаметра резьбы методом трех измерительных проволок.

Для контроля параметров резьбы метчиковой части комбинированного инструмента использовали традиционные методы измерения и контроля.

Известно, что в настоящее время измерение среднего диаметра метрической и дюймовой резьбы осуществляется при помощи горизонтальных оптиметров ИКГ и ИКГ-3, универсальными микроскопами УИМ и УИМ-23 с применением шариковых наконечников, специальных ножей, а также с использованием трех проволок.

Методы исследования. Авторами для контроля среднего диаметра метчиковой части комбинированного инструмента был использован метод трех проволок.

Данный метод позволяет произвести непрерывное измерение среднего диаметра резьбы по всему профилю. Отклонение среднего диаметра от эталонного регистрируется индуктивным датчиком и записывается самописцем.

Для измерения среднего диаметра метрической резьбы с симметричным профилем методом трех проволок (рис.1) их устанавливают на размер M , который определяем из выражения:

$$M_{теор} = d_{cp} + d \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\varepsilon}{2}} \right) - \frac{P}{2} \operatorname{ctg} \frac{\varepsilon}{2} \quad (1)$$

где d_{cp} - средний диаметр резьбы;

d - диаметр проволок, который выбирается по таб. (1) для резьбы с симметричным профилем;

$\varepsilon / 2$ - половина угла профиля резьбы.

Выражение (1) обычно применяется для определения параметров симметричной резьбы.

Для определения среднего диаметра резьбы с несимметричным профилем на основании схемы (рис.2.) предложены следующие зависимости:

$$\begin{aligned} \text{Из } \triangle N''FN \quad NN'' &= F \cdot N \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_1 = \frac{P}{2} \cdot \operatorname{tg} \varepsilon_1 ; \\ \triangle N''Q'N' \quad N'Q' \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} &= \frac{P}{4} \cdot \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} ; \\ \triangle N''QN' \quad N''Q &= N''N' \frac{1}{\cos \varepsilon_1} = \frac{P}{4} \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} \frac{1}{\cos \varepsilon_1} \\ FN'' &= \frac{P}{2} \cdot \frac{1}{\sin \varepsilon_1} ; \quad FQ = FN'' - N''Q = \frac{P}{2} \left(\frac{1}{\sin \varepsilon_1} - \frac{\operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}}{2 \cos \varepsilon_1} \right) = \frac{P(2 - \operatorname{tg} \varepsilon_1 \cdot \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2})}{4 \sin \varepsilon_1} \end{aligned}$$

Определяем

$$r = OQ \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} \right) = \frac{P}{2} \left(\frac{1}{\sin \varepsilon_1} - \frac{\operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}}{2 \cos \varepsilon_1} \right) \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} \right) = \frac{P \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} \right) (2 - \operatorname{tg} \varepsilon_1 \cdot \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2})}{4 \sin \varepsilon_1}$$

где; P - шаг резьбы

ε_1 и ε_2 - половины угла профиля несимметричной резьбы

Для случая $\varepsilon_1 = 27^\circ 30'$ получим $\varepsilon_2 = 27^\circ 22'$

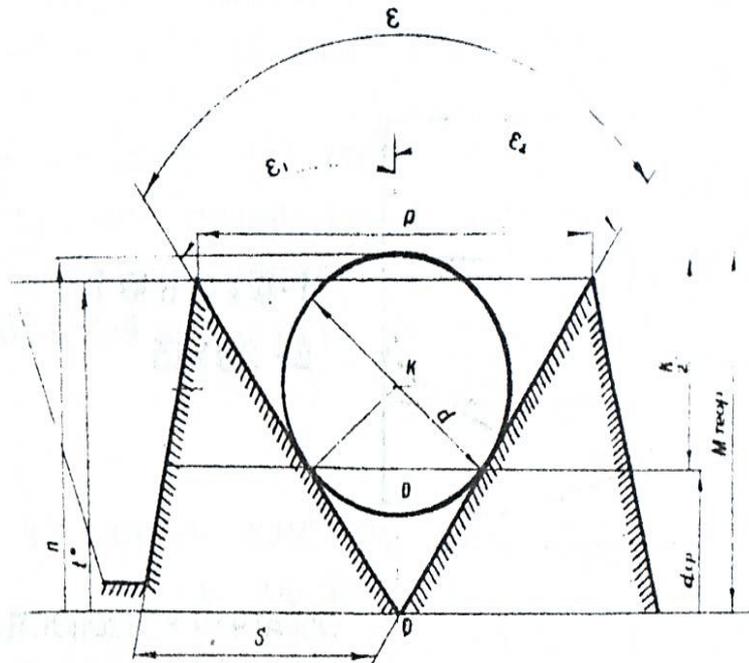


Рисунок 1 - Схема контроля среднего диаметра резьбы с симметричным профилем

Находим

$$r = \frac{P \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{27^{\circ}30' + 27^{\circ}22'}{2}\right)(2 - \operatorname{tg}27^{\circ}30' \cdot \operatorname{tg}30^{\circ})}{4 \sin 27^{\circ}30'} = 0,28P \quad (2)$$

Результаты эксперимента и их обсуждение. На основании выражения (2) по таблице 1 можно выбрать диаметр проволоки в зависимости от шага для резьбы с несимметричным профилем.

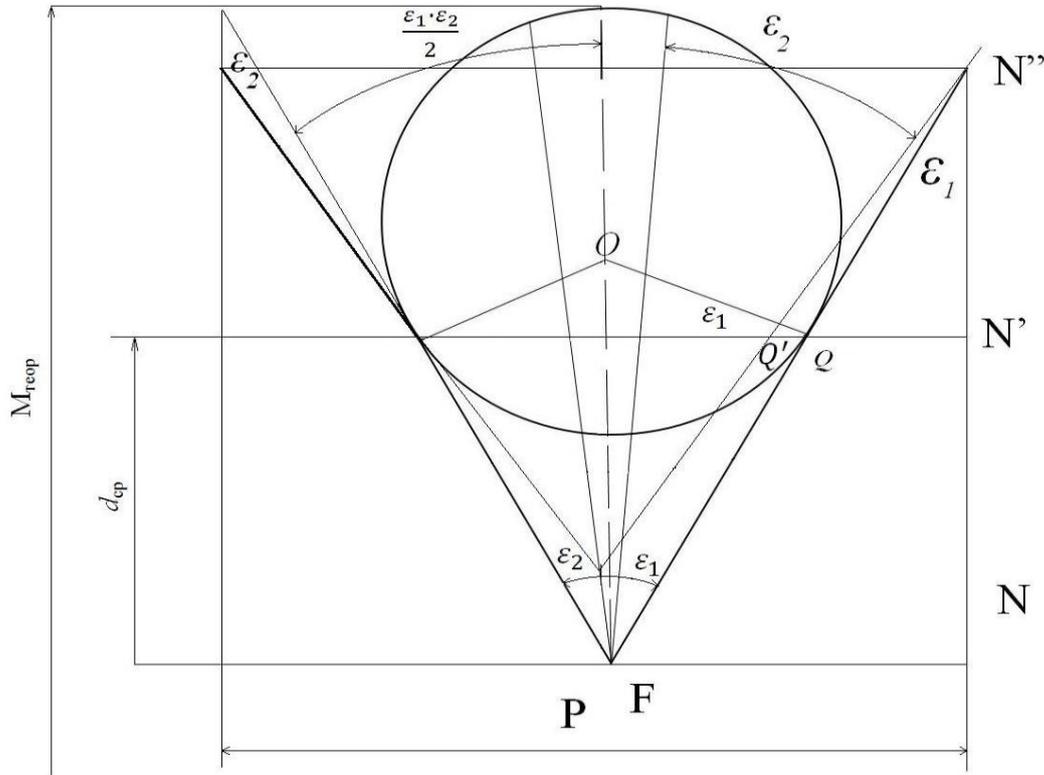


Рисунок 2 - Схема контроля среднего диаметра резьбы с несимметричным профилем

Таблица 1 - Оптимальные диаметры проволочек

P	0,5	1	1,25	1,5	2	2,5
$r=0,28P$ d_{np}	0,280	0,560	0,700	0,840	1,120	1,400
ГОСТ 2475-44 d_{np}	0,291	0,572	0,724	0,866	1,157	1,441

Средний диаметр резьбы определяем по формуле:

$$d_{cp} = M_{гeop} - 2r(1 + \sin \epsilon_1) \quad (3)$$

из которой, для $d_{cp}=13,071$, $P=1,5\text{мм}$, $d_{np}=0,84\text{мм}$, $\epsilon_1=27^{\circ}30'$

$$M_{\text{теор}} = d_{\text{ср}} + 2r(1 + \sin \varepsilon_1) = 13,071 + 0,84(1 + 0,462) = 14,2999 \text{ мм}$$

Вывод. Предлагаемый способ дает возможность определить средний диаметр резьбы с несимметричным профилем метчиковой части комбинированного инструмента зенкер-метчик.

Библиографический список:

1. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. М., Высшая школа, 1974 - 259с.
2. Афанасьев А.А. Взаимозаменяемость: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.А. Афанасьев, А.А. Погонин - М.: Издательский центр «Академия», 2010 - 352с.
3. Технология нарезания точных резьб в труднообрабатываемых материалах (комбинированный инструмент зенкер-метчик). Монография / Курбанов А.З. - Махачкала, 2015. - 104с.
4. Высокопроизводительное нарезание внутренних резьб в труднообрабатываемых материалах. Монография / Курбанов А.З. - Махачкала, из. ООО «Деловой мир», 2004. - 108с.

References:

1. Poduraev V. N. Cutting hard materials. M., Higher school, 1974 – 259p.
2. Afanas'ev A. A. Interchangeability: a textbook for students. the high. proc. institutions. A. A. Afanasiev, A. A. Pogonin - M.: Publishing center "Academy", 2010, - 352 p.
3. Technology cutting accurate threads in demanding materials (combined countersink tool-a tap). Monograph .A. Z. Kurbanov - Makhachkala, 2015. - 104p.
4. High-performance cutting internal threads in difficult to machine materials. Monograph. A. Kurbanov S - Makhachkala, from. ООО "Delovoy Mir", 2004. - 108p.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

УДК 621.362

Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Магомедова П.А., Челушкина Т.А.

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ТЕПЛОТВОД НА ОСНОВЕ
МНОГОКАСКАДНОГО ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА
С ПРИМЕНЕНИЕМ ДИОДОВ ГАННА**

Ismailov T.A., Gadjiyev H.M., Magomedova P.A., Chelushkina T.A.

**ENERGYEFFICIENT HEAT DISSIPATION THROUGH
MULTISTAGE THERMOELECTRIC DEVICE USING GUNN DIODES**

Аннотация. В статье рассмотрена конструкция теплоотвода на основе многокаскадного термоэлектрического устройства, реализующая способ трансформации теплоты для отвода в окружающую среду с помощью излучения за счет использования диодов Ганна, что позволит увеличить и интенсифицировать процессы теплопередачи, а также энергоэффективность систем охлаждения.

Ключевые слова: теплоотвод, многокаскадное термоэлектрическое устройство, диоды Ганна, излучение.

Abstract. In article the construction of the heat sink on the basis of the multistage thermoelectric device realizing a method of transformation of warmth for leadout in environment by means of radiation due to use of Gunn diodes that will allow to increase and intensify processes of a heat transfer, and also energy efficiency of cooling systems is considered.

Key words: heat sink, multistage thermoelectric device, Gunn diodes, radiation.

Введение. Одной из важнейших эксплуатационных характеристик современной микроэлектронной аппаратуры является соблюдение тепловых режимов в стационарных и нестационарных режимах работы. Повышение степени интеграции в сверхбольшой интегральной схеме приводит к тому, что даже при незначительной удельной мощности тепловыделений отдельных полупроводниковых компонентов общее количество выделяемой теплоты может привести к необратимому катастрофическому тепловому пробую.

Традиционные системы для охлаждения микроэлектронной аппаратуры базируются на кондукции, конвекции и переносе энергии в виде электромагнитного излучения в окружающую среду. У каждого из этих способов теплопереноса имеются свои достоинства и недостатки.

Кондуктивный теплоперенос позволяет отводить значительные количества тепловой энергии за счет контактной передачи тепла между атомами. Чем выше

теплопроводность и больше перепад температур, тем выше эффективность процесса теплопереноса. Однако при кондукции основным недостатком является инерционность тепловых процессов, которая может привести к тому, что в зоне паразитных тепловыделений температура может резко возрасти при нестационарных процессах и динамической нагрузке, а система охлаждения не успеет кондуктивно отвести избыток тепла в окружающую среду. Возникший перегрев приведет к тому, что избыток тепловой энергии резко увеличит количество генерируемых носителей в полупроводнике, а это, в свою очередь, приведет к неуправляемому росту величины протекающего электрического тока, в результате чего наступит необратимый процесс разрушения полупроводниковой структуры.

Для конвективного теплопереноса необходимы системы с механическим перемещением жидкого хладагента. Чем больше теплоемкость хладагента, выше скорость его движения и больше перепад температур, тем эффективнее процесс отвода тепла от нагретых зон в окружающую среду. Несмотря на то, что конвективный теплоперенос имеет максимальные характеристики по сравнению с другими способами охлаждения, основным недостатком является громоздкость всей системы в целом и низкая энергоэффективность.

Наибольшим быстродействием обладает способ отвода тепла в виде электромагнитного излучения. В этом случае энергия отводится в окружающую среду со скоростью света. Однако для получения приемлемых величин энергетических потоков необходимо очень сильно нагреть полупроводниковый прибор до температур, при которых он не сможет функционировать и будет разрушен. А излучение в диапазоне допустимых рабочих температур имеет практически незначительную величину и не может внести существенный вклад в процесс охлаждения.

Постановка задачи. Для устранения приведенных недостатков целесообразно внести конструктивные изменения как в сам теплоотвод, так и в способ трансформации теплоты для отвода в окружающую среду. Для повышения эффективности теплоотвода целесообразно изготовить его в виде многокаскадного термоэлектрического устройства, способного использовать эффект Пельтье для отвода тепла от нагретых компонентов микроэлектронной аппаратуры.

Традиционный теплоотвод в виде пластинчатого или игольчатого металлического радиатора позволяет от нагретого микроэлектронного компонента кондуктивно передать тепловую энергию на металлические пластины и далее в окружающую среду за счет кондукции, конвекции и излучения. Однако в зоне присоединения теплоотвода к микроэлектронному изделию при такой конструкции будет создаваться самая высокая температура, которая будет постепенно понижаться, практически до температуры окружающей среды на краях пластин металлического радиатора. Такой подход не позволяет получить большой перепад температур между пластинами и окружающей средой, вследствие чего, процессы кондукции, конвекции и излучения будут недостаточно энергоэффективны. Кроме того, охлаждаемый микроэлектронный компонент будет работать в районе максимальной тепловой границы, что снижает надежность в

процессе эксплуатации. Также недостатком являются значительные весогабаритные характеристики такого металлического радиатора.

Изготовление теплоотвода в виде многокаскадного термоэлектрического устройства позволит уменьшить габариты в два раза при одновременном возрастании количества отводимой тепловой энергии за счет перекачки энергии тепловым насосом от микроэлектронного устройства к краям теплоотвода.

Такой способ переноса тепла обладает несколькими преимуществами:

- во-первых, термоэлектрический тепловой насос позволяет организовать перекачку большего количества теплоты, интенсифицируя процесс кондуктивного переноса тепла в обычном металлическом радиаторе;
- во-вторых, габариты могут быть уменьшены за счет того, что края металлических пластин будут иметь значительно более высокую температуру по сравнению с температурой окружающей среды, что также интенсифицирует кондуктивный, конвективный и излучающий способы переноса тепла в окружающую среду, причем за счет каскадирования можно достичь значительно более высоких температур, что повысит эффективность всех теплообменных процессов;
- в-третьих, в месте контакта теплоотвода с микроэлектронным устройством, термоэлектрический тепловой насос будет создавать самую низкую температуру, тем самым имеется возможность не только для предотвращения теплового пробоя, но и обеспечения эффективного термостатирования.

Таким образом, многокаскадный термоэлектрический теплоотвод способен обеспечить надежное функционирование микроэлектронной аппаратуры в стационарных и нестационарных режимах работы в условиях динамической нагрузки [1].

Методы исследования. Дальнейшее совершенствование теплоотвода целесообразно проводить в направлении повышения доли отвода тепла за счет излучения, причем излучение будет создаваться не за счет теплового нагрева атомов полупроводника, а за счет других эффектов, которые при генерации электромагнитного излучения не создают высоких температур. За основу можно взять полупроводниковый прибор – диод Ганна.

Генерация частот возможна в диапазоне до 100 ГГц, причем нет необходимости в применении р-п-перехода, достаточно использовать полупроводниковый материал с нелинейными характеристиками. Если изготовить каскадный термоэлектрический теплоотвод из полупроводниковых материалов со специальными нелинейными характеристиками, то помимо обычного эффекта Пельтье возникнет еще и излучение в структурах, эквивалентных диоду Ганна и, такой теплоотвод будет отводить дополнительную энергию в окружающую среду в виде электромагнитного излучения сверхвысокочастотного диапазона.

Применение диодов Ганна в качестве систем охлаждения позволит изготовить более энергоэффективные системы охлаждения [2].

Расчет параметров энергоэффективного теплоотвода на основе многокаскадного термоэлектрического устройства с применением диодов Ганна можно провести по следующим соотношениям.

Обозначим температуры переходов - $T_0, T_1, \dots, T_i, \dots, T_n$, а количества теплоты проходящие через них соответственно - $Q_0, Q_1, \dots, Q_i, \dots, Q_n$. На горячих спаях i -го каскада Q_{1i} выделяется теплота, которая на холодных спаях $i+1$ каскада Q_{0i+1} , должна поглотиться:

$$Q_{1i} = Q_{0i+1} = Q_i, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

Считается, что величины физических постоянных термоэлектрических устройств известны.

Параметры теплоотвода рассчитываются следующим образом:

$$\frac{Q_0}{S} = \frac{GT_0}{h} \frac{\frac{t}{\mu} - 1}{\left(\frac{t}{\mu}\right)^{\frac{1}{n}} - 1} \frac{t^{\frac{1}{n}} - 1}{t^{\frac{1}{n}} + 1} \left(M - t^{\frac{1}{n}} \right), \quad (2)$$

где

$$G = \frac{2M}{M-1} \frac{\sqrt{k'\rho'} + \sqrt{k''\rho''}}{\sqrt{k'\rho''} + \sqrt{k''\rho'}} \sqrt{k'k''}, \quad (3)$$

$$M = \sqrt{1 + \frac{\alpha^2}{\left(\sqrt{k'\rho'} + \sqrt{k''\rho''}\right)^2} \frac{T_0 + T_1}{2}}, \quad (4)$$

k', ρ', k'', ρ'' - величины удельной теплопроводности и сопротивления полупроводниковых ветвей термоэлемента соответственно; α - удельная термо-ЭДС; $t = T_n/T_0$; $\eta = Q_n/Q_0$; n - число каскадов теплоотвода.

Площадь основания теплоотвода S находится по формуле:

$$S = ms, \quad (5)$$

где m - количество термоэлементов в батарее; s - площадь одного термоэлемента.

Поперечное сечение каждой из ветвей пары:

$$s' = s \frac{\sqrt{k''\rho''}}{\sqrt{k'\rho''} + \sqrt{k''\rho'}}, \quad (6)$$

$$s'' = s \frac{\sqrt{k' \rho''}}{\sqrt{k' \rho''} + \sqrt{k'' \rho'}}. \quad (7)$$

Электрическое сопротивление отдельного термоэлемента i -го каскада

$$r_i = \frac{\rho' h_i}{a'} + \frac{\rho'' h_i}{a''}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (8)$$

а электрическое сопротивление i -го каскада

$$R_i = r_i m_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

где m_i – количество термоэлементов в i -м каскаде.

Различные каскады термоэлектрических устройств в общем случае могут состоять из различного числа термоэлементов. Поэтому электрические сопротивления в соседних каскадах должны соответствовать:

$$\frac{r_i m_i}{r_1 m_1} = \left[\frac{T_n^2}{T_0^2 \left(1 + \frac{1}{K} \right)} \right]^{\frac{i-1}{n}}. \quad (10)$$

Величина напряжения, подаваемого на различные каскады:

$$U_i = \frac{\alpha T_0 M}{M-1} \left(1 - t^{-\frac{1}{n}} \right)^i t^{\frac{i}{n}}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (11)$$

Сила электрического тока, протекающего через них:

$$I_i = \frac{U_i}{R_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (12)$$

Холодильный коэффициент многокаскадного термоэлектрического устройства:

$$K = \frac{1}{\left(\frac{\frac{1}{t^n M - 1}}{M - t^n} \right)^n - 1}. \quad (13)$$

Потребляемая мощность:

$$W = \frac{Q_0}{K}. \quad (14)$$

В режиме максимальной холодопроизводительности напряжение на элементах различных каскадов и протекающий ток определяются соответственно:

$$U_{i.M.X..} = \alpha T_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (15)$$

$$I_{i.M.X..} = \frac{U_{i.M.X..}}{R} = \frac{\alpha T_i}{R}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (16)$$

Для режима минимального тока напряжение на элементах различных каскадов и протекающий ток:

$$U_{i.M.T.} = \alpha (T_i \sqrt{\theta_i} + \Delta T_i), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (17)$$

$$I_{i.M.T.} = \frac{U_{i.M.T.}}{R} = \frac{\alpha (T_i \sqrt{\theta_i} + \Delta T_i)}{R}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (18)$$

где ΔT_i – перепад температуры между спаями; $\theta = \Delta T / \Delta T_{\max}$ - относительный перепад температур.

Доля энергии, отводимой в виде электромагнитного излучения, будет тем выше, чем выше частота излучения в соответствии с формулой:

$$E = h \cdot \nu \quad (19)$$

Результаты эксперимента и их обсуждение. На рисунке 1 представлена конструкция энергоэффективного теплоотвода на основе многокаскадного термоэлектрического устройства с применением диодов Ганна.

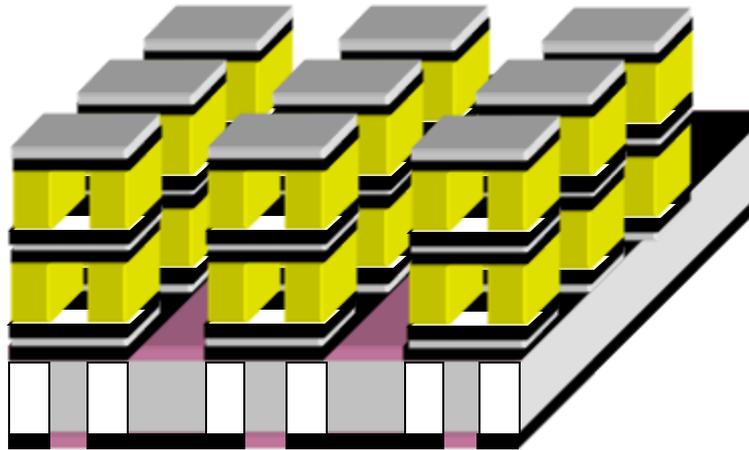


Рисунок 1 - Конструкция энергоэффективного теплоотвода на основе многокаскадного термоэлектрического устройства с применением диодов Ганна

На рисунке 2 представлена конструкция устройства для охлаждения компьютерного процессора с применением энергоэффективного теплоотвода на

основе многокаскадного термоэлектрического устройства с применением диодов Ганна.

Энергоэффективный теплоотвод на основе многокаскадного термоэлектрического устройства с применением диодов Ганна представляет собой набор термоэлектрических устройств, образующих основание 3 и полупроводниковые стержни 4, находящегося в корпусе компьютера 1. Напряжение поступает от источника питания 6.

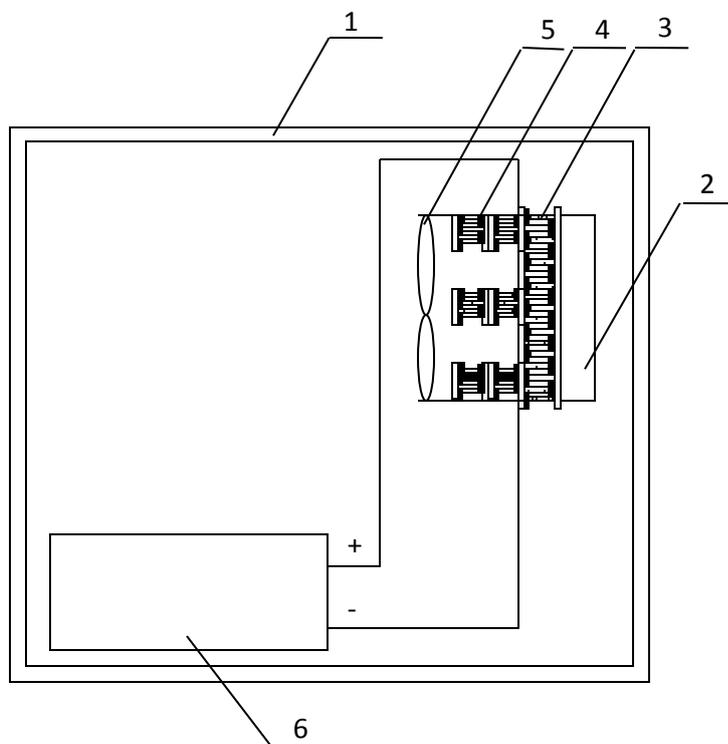


Рисунок 2 - Конструкция устройства для охлаждения компьютерного процессора с применением энергоэффективного теплоотвода на основе многокаскадного термоэлектрического устройства с применением диодов Ганна

Между термоэлектрическими устройствами, формирующими стержни радиатора, находится диэлектрическая пластинка. Охлаждающий спай термоэлектрического устройства, формирующий основание радиатора, находится в кондуктивном контакте с объектом охлаждения 2, а нагретые спаи в области основания отдельных полупроводниковых стержней. Охлаждающие спаи полупроводникового стержня находятся над нагретыми спаями нижнего термоэлектрического устройства. В результате на верхних концах стержней формируется высокая температура, которая обеспечивает более эффективную кондукцию и конвекцию, а также более высокое тепловое излучение, энергия которого прямо пропорциональна четвертой степени температуры на концах полупроводниковых стержней теплоотвода. Для интенсификации теплообменных процессов установлен кулер 5, обдувающий данный теплоотвод.

Вывод. Использование энергоэффективного теплоотвода на основе многокаскадного термоэлектрического устройства с применением диодов Ганна позволяет существенно увеличить и интенсифицировать процессы теплопередачи и энергоэффективность систем охлаждения.

Возможность повышения интенсивности теплопередачи путём использования излучения, кондукции и конвекции при высоких температурах позволит термостатировать режимы микроэлектронной аппаратуры с повышением надежности эксплуатационных характеристик.

Библиографический список:

1. Патент РФ №2288555. Термоэлектрический теплоотвод/Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Нежведилов Т.Д., Гафуров К.А.
2. Патент РФ №2558217 Способ отвода тепла от тепловыделяющих электронных компонентов в виде электромагнитной энергии на основе диодов Ганна/Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Нежведилов Т.Д., Челушкина Т.А.

References:

1. RF patent №2288555. Thermoelectric heat sink , Ismailov T. A., Gadzhiev M. Kh., Nevedrov T. D., Gafurov, A. K.
2. RF patent №2558217 Method of heat removal from heat-generating electronic components in the form of electromagnetic energy based on Gunn diodes , Ismailov T. A., Gadzhiev M. Kh., Nevedrov T. D., T. A. Chelushkina.

УДК 621.362

Евдулов Д.В., Сулин А.Б.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫПРЯМИТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ, ВЫПОЛНЕННОГО НА БАЗЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

Evdulov D.V., Sulin A.B.

MATHEMATICAL MODEL OF THE RECTIFIER OF THE ALTERNATING VOLTAGE EXECUTED ON THE BASIS OF THE THERMOELECTRIC TRANSFORMER OF ENERGY

Аннотация. В работе рассмотрена математическая модель выпрямителя переменного напряжения, построенного на базе термоэлектрического преобразователя энергии. Модель разбита на три основные части, включающие в себя расчет притока и оттока теплоты на спаи термоэлектрической структуры и расчет характеристик непосредственно термоэлектрического преобразователя. Получены графики зависимости, отражающие основные свойства термоэлектрического выпрямителя переменного напряжения.

Ключевые слова: выпрямитель переменного напряжения, термоэлектрический преобразователь, солнечный концентратор, воздушный теплоотвод, математическая модель.

Abstract. *In operation the mathematical model of the rectifier of the alternating voltage constructed on the basis of the thermoelectric transformer of energy is considered. The model is broken into three main parts including calculation of influx and outflow of warmth on seals of thermoelectric structure and calculation of characteristics directly of the thermoelectric transformer. The diagrams of dependence reflecting the main properties of the thermoelectric rectifier of alternating voltage are received.*

Key words: *rectifier of alternating voltage, thermoelectric transformer, solar hub, air heat sink, mathematical model.*

Введение. Одним из важных направлений электронной техники на сегодняшний день является проектирование эффективных систем для преобразования переменного электрического сигнала в постоянный. При этом среди существующих способов такого преобразования выделяются методы, основанные на использовании механических, электровакуумных и полупроводниковых устройств, отличающихся определенными достоинствами и недостатками, которые подробно рассмотрены в работах [1-3].

В [4] предложен способ выпрямления переменного электрического напряжения, основанный на применении термоэлектрических преобразователей энергии, отличительной особенностью которого является возможность усиления выпрямленного сигнала за счет использования энергии солнечного излучения.

Принцип работы прибора, реализующего указанный метод, состоит в преобразовании Джоулевой теплоты, выделяющейся в омической области при протекании в ней переменного электрического тока, а также теплоты за счет нагрева этой же области за счет солнечного излучения в постоянную ЭДС, генерируемую термоэлектрическим преобразователем энергии. За счет использования возобновляемой солнечной энергии характеристики такого прибора, в частности коэффициент полезного действия, во многом будут улучшены.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является разработка математической модели устройства, реализующего данный подход, и на ее основе всестороннее исследование характеристик последнего.

Методы исследования. В соответствии со структурной схемой прибора, его математическая модель может быть разделена на три равноценные составные части:

- расчет теплопритоков на горячие спаи термоэлектрической структуры, в частности, определение характеристик концентратора солнечной энергии;
- расчет системы отвода теплоты от холодных спаев термоэлектрической структуры;
- расчет генератора электрической энергии, построенного на основе термоэлектрического преобразователя.

Результаты эксперимента и их обсуждение.

Расчет теплопритоков на горячие спаи термоэлектрического преобразователя.

Теплопритоки на горячие спаи термоэлектрического преобразователя энергии складываются из теплоты Джоуля, выделяемой в омической структуре при протекании через нее переменного электрического тока и теплоты, поступающей на термоэлектрическую структуру вследствие нагрева поверхности за счет солнечного излучения.

Первая составляющая может быть определена на основе закона Джоуля-Ленца по выражению:

$$Q_{Дж} = I^2 R, \quad (1)$$

где R – сопротивление омической структуры, $R = \rho \frac{\ell}{S}$, где ρ - удельное сопротивление омической структуры, ℓ - длина омической структуры, S – площадь поперечного сечения омической структуры, I – действующее значение тока, протекающего через омическую структуру.

Расчет теплоты, поступающей на горячие спаи термоэлектрического преобразователя за счет солнечного излучения, более сложен и зависит от типа и характеристик концентратора солнечной энергии.

В нашем случае предполагается применение параболического концентратора солнечной энергии как наиболее часто применяемого на практике в настоящее время. Схема хода лучей в нем представлена на рисунке 1. Основные соотношения, используемые для расчета, представлены в виде формул (2)-(4) [5].

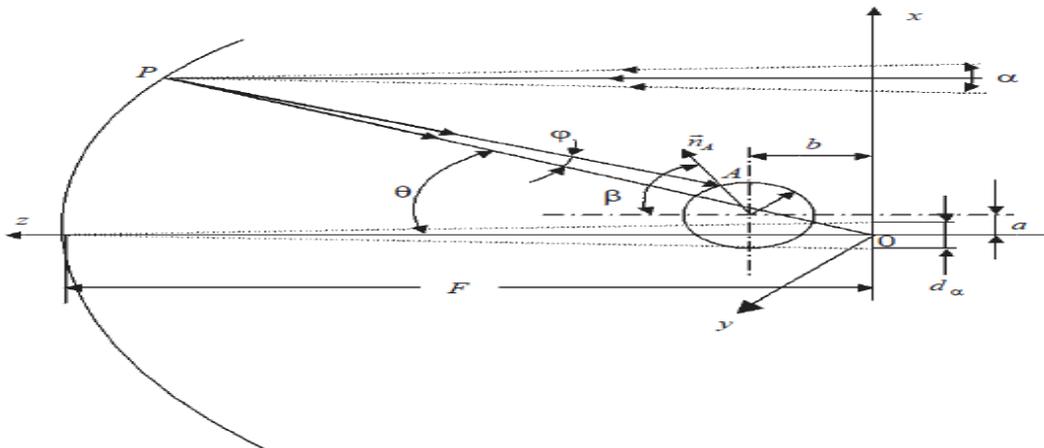


Рисунок 1 - Схематическое изображение лучей (их отражения) в параболическом концентраторе

Теплота, поглощаемая теплоприемником за счет солнечного излучения:

$$Q_n = \frac{mC_p kS_a}{3,6S_r U} \left[1 - e^{-\frac{S_r U}{mC_p}} \right] \left[G_0 \rho \gamma \alpha - U \frac{S_r}{S_a} (T_n - T_{cp}) \right], \quad (2)$$

при фокусном расстоянии

$$F = D \frac{1 + \cos\theta}{4\sin\theta}$$

где D - размер раскрытия зеркала, θ - угол раскрытия, m – масса теплоприемника, C_p – средняя теплоемкость теплоприемника, U – коэффициент теплоот-

дачи от поверхности теплоприемника в окружающую среду, γ - коэффициент улавливания теплоприемника, ρ - коэффициент отражения материала зеркала, T_n - температура теплоприемника, T_{cp} - температура окружающей среды, S_a - площадь незатемненной поверхности концентратора, S_r - площадь поверхности концентратора, G_0 - плотность солнечного потока, $\alpha=32^\circ$ - видимый угловой диаметр Солнца,

$$k = \frac{(\theta - \Delta\theta)}{180}, \quad (3)$$

$$\sin\left(\Delta\theta + \frac{\alpha}{2}\right) = \frac{2F}{1 + \cos\theta} \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{r}, \quad (4)$$

где r - радиус цилиндрического теплоприемника.

На основе расчетов получены графики зависимости изменения количества теплоты в единицу времени, поступающей на горячие спай термоэлектрической структуры, а также от действующего значения переменного электрического тока, проходящего через омическую структуру. Расчеты проводились при следующих параметрах параболического концентратора: диаметр - 0,3 м, общая площадь - 0,56 м², эффективная площадь сбора солнечного излучения - 0,42 м², суммарная площадь отражения - 0,47 м², фокусное расстояние - 0,5 м, максимальная температура в точке фокуса - 278°C. Характеристики омической области принимались следующими: $R=100$ Ом, действующее значение тока принималось равным 1 и 2 А.

На рисунке 2 показана зависимость тепловой мощности P , поглощаемой теплоприемником за счет солнечного излучения, приведенной к 1 м² на юге (1) и в средней полосе (2) России от времени суток. С учетом нагрева за счет Джоулевой теплоты данные значения следует увеличить еще на 100 и 400 Вт для токов 1 и 2 А. Как показывают представленные зависимости, значительное расхождение в мощности, поглощаемой горячими спаями термоэлектрической структуры за счет солнечного излучения, наблюдается утром (до 11 ч.), затем примерно до 14 ч. 30 мин. данные значения отличаются незначительно (не более 20 Вт/м²), и после 15 ч. различие резко растет. В местах наибольшего расхождения данных величина разности в тепловом потоке достигает 80-100 Вт/м². Утром (6 ч.) и вечером (21 ч.) величина тепловой мощности, поглощаемой горячими спаями термоэлектрической структуры за счет солнечного излучения близка к нулю.

На рисунке 3 представлены графики зависимости изменения тепловой мощности на горячих спаях термоэлектрической структуры, приведенной к 1 м² при фиксированном значении солнечного излучения (тепловой поток на приемнике 400 Вт/м²) от тока, протекающего через омическую структуру. Рассмотрены случаи, когда углы между нормалью к плоскости концентратора и линией падения лучей α_n различны. Максимальное значение теплового потока на горячих спаях термоэлектрического преобразователя достигает 800 Вт/м². При дальнейшем увеличении тока рост рассеиваемой мощности будет наблюдаться практически пропорционально второй степени силы тока.

При этом с уменьшением значения α_n мощность, поглощаемая горячим спаем термоэлектрической структуры, растет. Изменение угла между нормалью к плоскости концентратора и линией падения лучей изменяет поглощаемую тепловую мощность примерно на 70-75 Вт/м².

P, Вт/м²

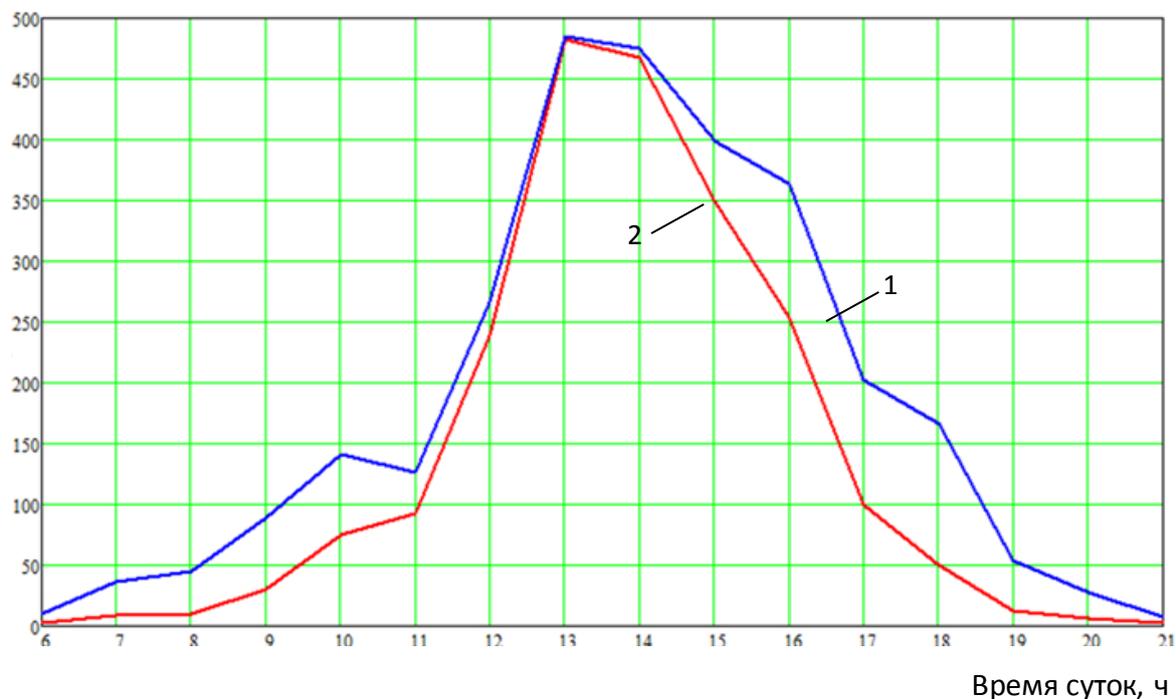
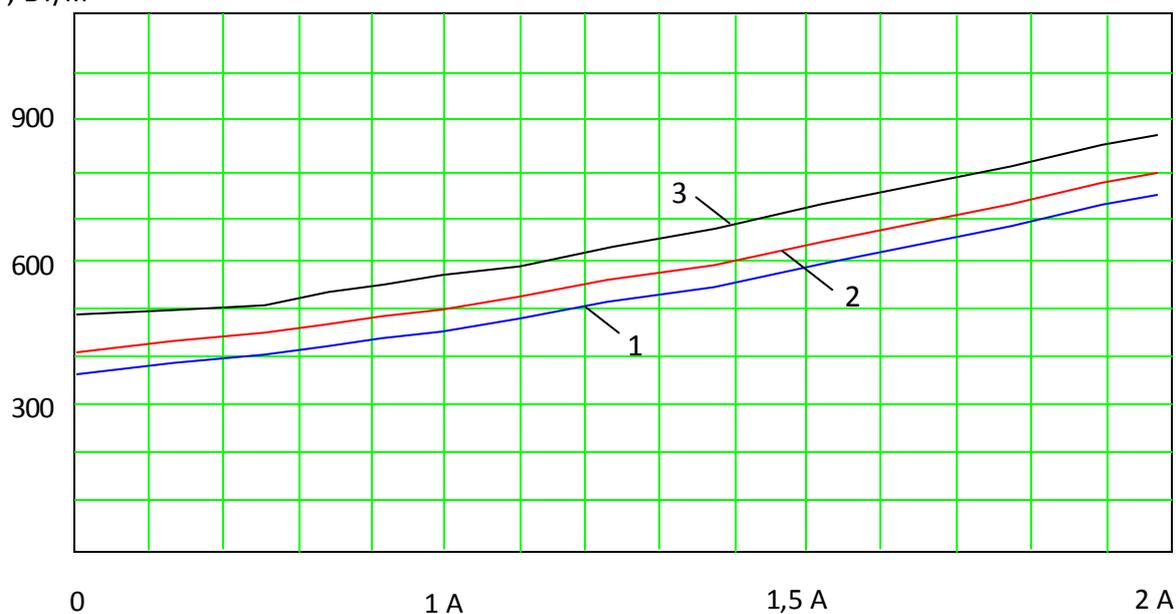


Рисунок 2 - Зависимость тепловой мощности P, поглощаемой теплоприемником за счет солнечного излучения на юге (1) и средней полосе (2) России в зависимости от времени суток

P, Вт/м²



I, A

Рисунок 3 - Зависимость изменения тепловой мощности на горячих спаях термоэлектрической структуры при фиксированном значении солнечного излучения от тока, протекающего через омическую структуру 1 - $\alpha_n=20^\circ$, 2 - $\alpha_n=15^\circ$, 3 - $\alpha_n=5^\circ$

Расчет системы отвода теплоты от холодных спаев термоэлектрической структуры. Расчет системы воздушного охлаждения спаев термоэлектрической структуры сводится к нахождению значения количества теплоты, которое отводится в единицу времени системой теплоотвода и приходится на единицу площади $q_{ст}$, используемое в дальнейшем для стандартного расчета радиаторной системы.

Основные соотношения для определения $q_{ст}$ представлены формулами (5)-(9). Расчет параметров радиаторной системы, состоящий в определении ее геометрических размеров, носит типовой характер и приведен, например, в [6].

Мощность, снимаемая с холодных спаев термоэлектрического преобразователя:

$$q_{ст} = \alpha_{ст} (T_p - T_{ср}) \varepsilon, \quad (5)$$

где $\alpha_{ст}$ – коэффициент теплопередачи от теплоотводящей поверхности к окружающей среде, T_p – температура радиатора, ε – коэффициент эффективности оребрения поверхности (при отсутствии оребрения $\varepsilon = 1$).

$$\alpha_{ст} = \alpha_{стк} + \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{стк}} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}}},$$

где $\alpha_{стк}$ коэффициент теплообмена за счет излучения, $\alpha_{сти}$ – конвективный коэффициент теплообмена, $\delta_{ст}$ – толщина стенки радиатора, $\lambda_{ст}$ – коэффициент теплопроводности материала радиатора.

$$\varepsilon = \frac{\text{th}(mh_p)}{mh_p},$$

где $m = \sqrt{\frac{\alpha_{б.п.} U_p}{\lambda_p F_p}}$, U_p – периметр сечения ребра; λ_p – коэффициент теплопроводности ребра; F_p – площадь поперечного сечения ребра; h_p – высота ребра.

Конвективный коэффициент теплообмена определяется из формулы:

$$\alpha_{стк} = \frac{Nu \lambda_{ср}}{\ell_0}, \quad (6)$$

где Nu – число Нуссельта; $\lambda_{ср}$ – коэффициент теплопроводности теплоносителя (окружающая среда); ℓ_0 – определяющий размер (длина термоэлектрической структуры).

Критерий Нуссельта при естественном воздушном теплообмене в зависимости от поверхности радиатора может быть получен в виде:

гладкая (неоробренная) поверхность

$$Nu = \begin{cases} 0,45 \text{ при } (Gr Pr) \leq 10^{-3} \\ 1,18(Gr Pr)^{0,125} \text{ при } 10^{-3} < (Gr Pr) < 10^2 \\ 0,54(Gr Pr)^{0,25} \text{ при } 10^2 < (Gr Pr) < 2 \cdot 10^7 \\ 0,135(Gr Pr)^{0,33} \text{ при } 2 \cdot 10^{-3} < (Gr Pr) \end{cases} \quad (7)$$

оробренная поверхность с вертикально расположенными ребрами

$$Nu = \begin{cases} 1,4 \left[\sqrt{1 + 0,443 \frac{Grb}{2D}} - \left(1 + 0,113 \frac{Grb}{2D} \right) \right] \text{ при } \frac{Grb}{2D} < 7 \\ 0,64 + 0,023 \frac{Grb}{2D} \text{ при } 7 \leq \frac{Grb}{2D} < 20 \\ 0,5 \frac{Grb}{2D} \text{ при } \frac{Grb}{2D} \geq 20 \end{cases}, \quad (8)$$

где D – длина ребра; b – расстояние между ребрами; Gr – число Грасгофа; Pr – число Прандтля.

Критерий Нуссельта при принудительном воздушном теплообмене:

$$Nu = 0,35 \left(Pe \frac{\ell}{b} \right)^{0,3} \left(Gr Pr \frac{\ell}{b} \right)^{0,18}, \quad (9)$$

где Pe – число Пекле.

Окончательное выражение для определения $q_{ст}$:

$$q_{ст} = \left(\alpha_{стк} + \frac{\lambda_{ст}}{\delta_{ст}} \right) (T_p - T_{ср}) \frac{th(mh_p)}{mh_p}.$$

В результате расчета получены зависимости изменения коэффициента теплоотдачи ребристого радиатора при естественной конвекции от температуры, коэффициента теплоотдачи ребристого радиатора при принудительной конвекции от скорости воздушного потока, мощности, рассеиваемой воздушным теплоотводом на основе ребристого радиатора от его температуры.

Предполагалось что материал радиатора – алюминий, длина-ширина основания – 120 мм -120 мм.

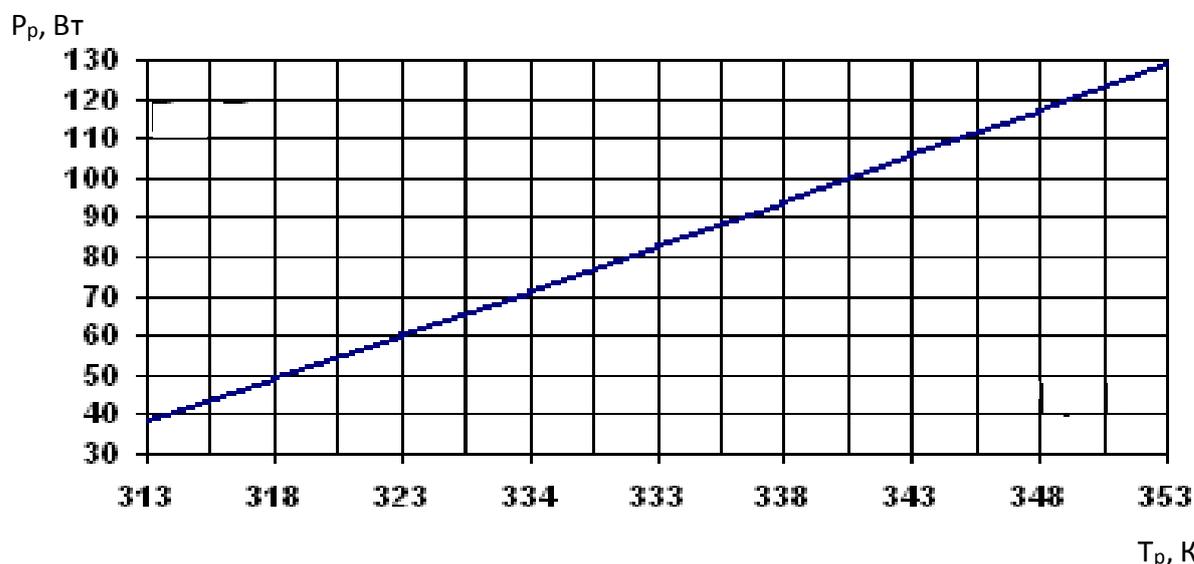


Рисунок 4. - Зависимость мощности, рассеиваемой воздушным радиатором, от его температуры

Согласно расчетным данным следует, что для обеспечения интенсивного отвода теплоты от холодных спаев термоэлектрической структуры вполне достаточно применение воздушного теплоотвода.

При этом очевидно, что применение принудительного воздушного охлаждения, например, посредством вентиляторного агрегата, является более выгодным с точки зрения уровня отвода теплоты.

Так, при температуре радиатора 353 К количество снимаемой теплоты в единицу времени составляет 130 Вт (рисунок 4).

Однако применение принудительного теплоотвода связано с дополнительными затратами на использование и эксплуатацию вентиляторного агрегата, имеющего также ограниченный срок службы.

Расчет термоэлектрического генератора.

По найденным значениям теплоты, подводимой и отводимой от спаев термоэлектрического преобразователя, могут быть определены значения генерируемой им ЭДС, а также величина тока, протекающего на нагрузке, напряжения и полезной мощности.

Соотношения для их расчета представлены в виде выражений (10)-(13).

Величина термо-ЭДС определяется из выражения:

$$E_{ТЭП} = n(\alpha_p + \alpha_n) \Delta T, \quad (10)$$

где α_p и α_n – абсолютные величины коэффициентов термо-ЭДС ветвей р- и n-типов термоэлектрического преобразователя энергии соответственно, ΔT - перепад температур между горячими и холодными спаями термоэлектрического преобразователя энергии, n - количество термоэлементов в термоэлектрическом преобразователе энергии.

Ток на нагрузке:

$$I = \frac{E_{ТЭП}}{(1+M)r_{ТЭ}}. \quad (11)$$

Рабочее напряжение на нагрузке:

$$U = \frac{M}{1+M} E_{ТЭП}. \quad (12)$$

Полезная электрическая мощность, вырабатываемая термоэлектрическим преобразователем энергии:

$$W_{ТЭП} = UI = \frac{M}{(1+M)^2} \frac{E_{ТЭП}^2}{r_{ТЭ}} = \frac{M}{(1+M)^2} \frac{(\alpha_p + \alpha_n)^2 \Delta T^2}{\left(\rho_p \frac{\ell}{S_p} + \rho_n \frac{\ell}{S_n} \right) (1+m)}. \quad (13)$$

Здесь $r_{ТЭ} = r_p + r_n + r_k$ - сопротивление термоэлемента, r_p и r_n - сопротивления ветвей р- и n-типов соответственно, r_k - сопротивление коммутационных элементов, $M = \frac{R}{r_{ТЭ}}$, $m = \frac{r_k}{r_p + r_n}$, $r_{ТЭ} = \left(\rho_p \frac{\ell}{S_p} + \rho_n \frac{\ell}{S_n} \right) (1+m)$, ρ_p и ρ_n - удельные сопротивления ветвей термоэлемента соответственно р- и n-типов; ℓ - длина ветвей; S_p и S_n - площади поперечных сечений ветвей, соответственно р- и n-типов.

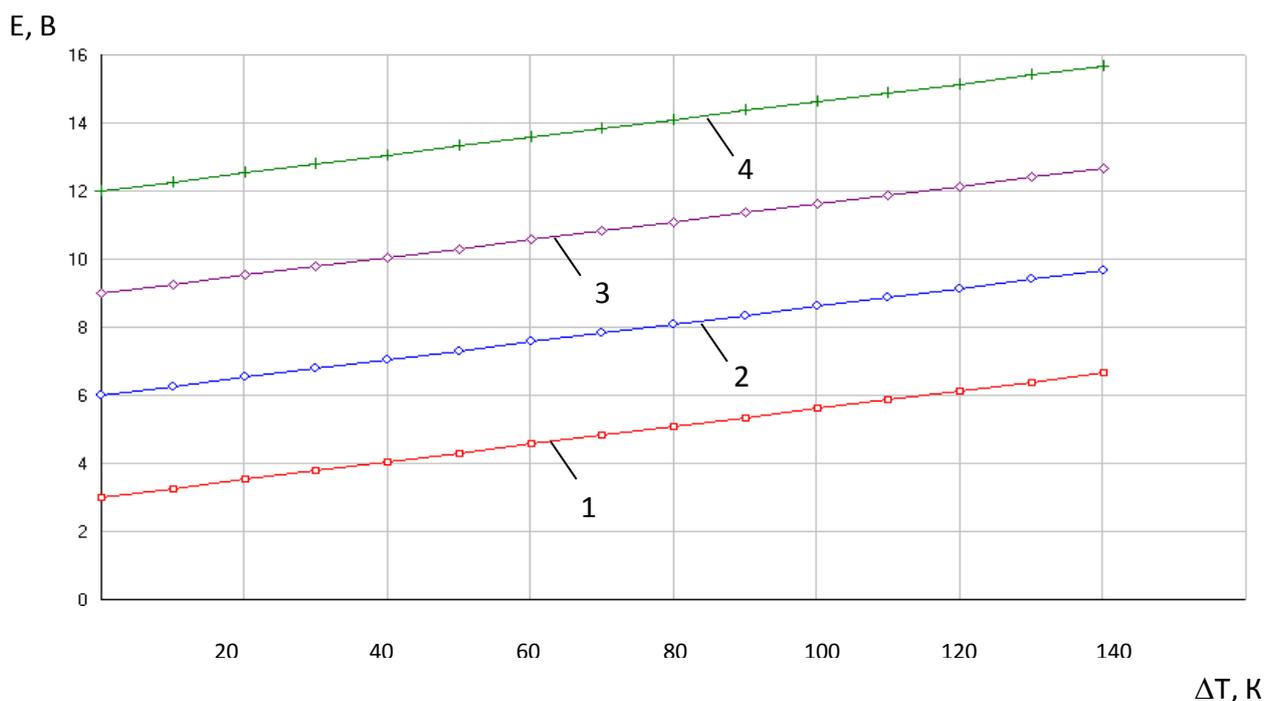


Рисунок 5 - Зависимость изменения постоянной ЭДС выпрямителя напряжения от перепада температур между спаями термоэлектрической структуры при различных значениях действующего значения переменного тока 1- 1 А, 2 – 1,5 А, 3- 2 А, 4 – 2,5 А

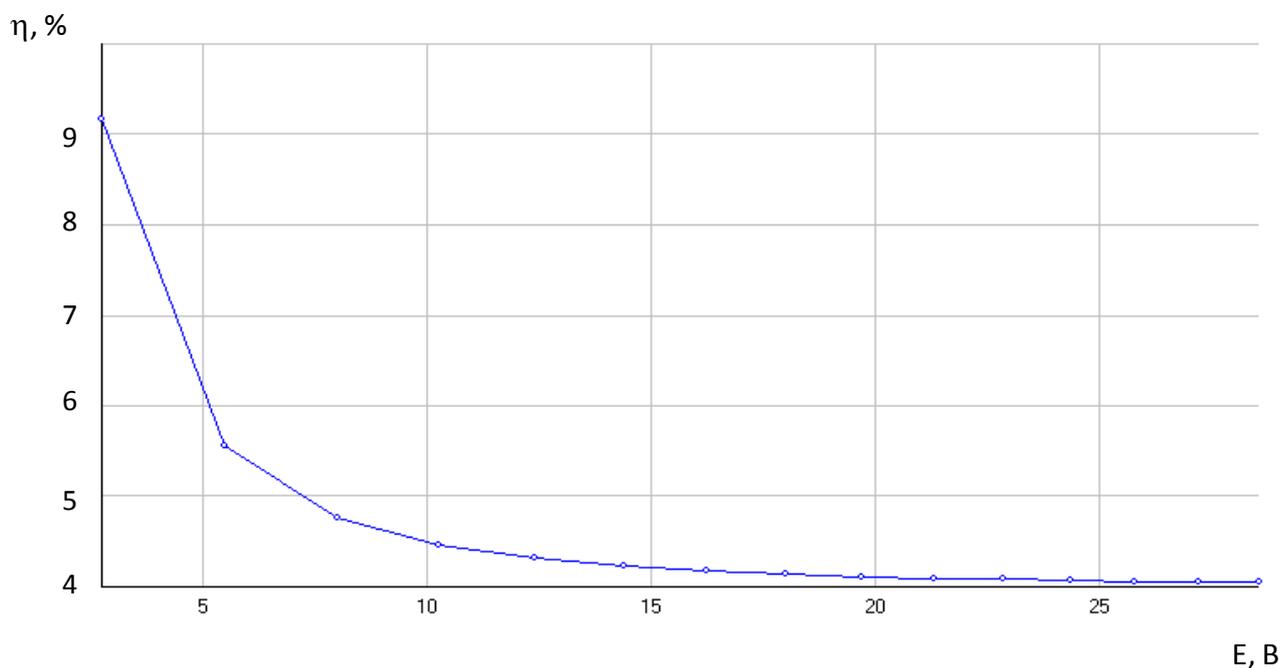


Рисунок 6 - Зависимость изменения КПД выпрямителя напряжения от генерируемой ЭДС

Основываясь на найденные ранее значения подводимой и отводимой мощности к спаям термоэлектрического генератора, а также предполагая следующие параметры термоэлектрического материала: теплопроводность - 1,5 Вт/(м·К),

удельное электрическое сопротивление - $10,65 \cdot 10^{-6}$ Ом·м., теплоемкость - 123 Дж/(кг·К), коэффициент термо-ЭДС - $0,2 \cdot 10^{-3}$ В/К, и размеры ветвей термоэлементов - 2-2-2 мм – на рисунках 5-6 приведены основные характеристики исследуемого прибора.

Вывод. Согласно представленным данным величина ЭДС растет с увеличением перепада температур между спаями термоэлектрического преобразователя и при расчетных условиях может достигать порядка 16 В при перепаде температур 140 К. При этом коэффициент полезного действия устройства уменьшается с ростом ЭДС. При значениях последней, лежащих в пределах 10-15 В, величина КПД прибора составляет 3-1 %. Поэтому дальнейшей задачей разработчиков будет являться разработка методов по увеличению значений η , что напрямую связано с уменьшением тепловых потерь при эксплуатации прибора, созданием термоэлектрических материалов с улучшенными свойствами, а также совершенствованием методов и средств преобразования солнечной энергии в тепловую.

Библиографический список:

1. Артамонов В.В. Маломощные выпрямители М.: Связь, 1970. – 146 с.
2. Алексеев О.В., Китаев В.Е., Шихин А.Я. Электрические устройства. М.: Энергоиздат, 2000. – 314 с.
3. Джонс М.Х., Электроника - практический курс. Москва: Техносфера. - 2006.
4. Патент РФ на изобретение № 2525171 Выпрямитель переменного напряжения // Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Евдулов Д.В., опубл. 10.08.2014, Бюл. №22.
5. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей. М.: Энергоатомиздат, 2002. – 304 с.
6. Исмаилов Т.А. Термоэлектрические полупроводниковые устройства и интенсификаторы теплопередачи. СПб.: Политехника, 2005. – 520 с.

References:

1. Artamonov V. V. low-power rectifiers M.: Communication, 1970. – 146 p.
2. Alekseev O. V., Kitaev V. E., Shahin, A. Y. Electrical devices. M.: Energoizdat, 2000. – 314 p.
3. Jones M. H., Electronics - practical course. Moscow: Tekhnosfera. - 2006.
4. RF patent for the invention № 2525171 Rectifier of alternating voltage , Ismailov T. A., Avdulov O. V., D. V. Avdulov, publ. 10.08.2014, bull. No. 22.
5. Rauschenbach G. Handbook on the design of solar panels. M.: Energoatomizdat, 2002. – 304 p.
6. Ismailov T. A. Semiconductor Thermoelectric device and in heat transfer densifier. SPb.: Polytechnic, 2005. – 520 p.

УДК 621.362

Сулин А.Б., Хазамова М.А.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ЛЕЧЕБНЫХ ПРОЦЕДУР ДЛЯ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ЗОНЫ РУКИ ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Sulin A.B., Khazamova M.A.

TECHNIQUE OF CARRYING OUT PHYSIOTHERAPEUTIC MEDICAL PROCEDURES FOR THERMAL IMPACT ON SEPARATE ZONES OF THE HAND OF THE PERSON WITH USE OF THERMOELECTRIC DEVICES

Аннотация. Рассмотрено устройство для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека, выполненное на базе термоэлектрических преобразователей энергии. Отмечены его достоинства, состоящие в высокой экологичности, бесшумности, надежности, функциональности, универсальности. Описана методика проведения лечебных (профилактических) физиотерапевтических процедур, состоящих в контрастном тепловом воздействии на участок руки человека с различным уровнем нагрева и охлаждения, а также продолжительностью экспозиции.

Ключевые слова: термоэлектрическое устройство, тепловое воздействие, медицинские процедуры, реабилитация, профилактика.

Abstract. The device for thermal impact on separate zones of an arm of the person executed on the basis of thermoelectric converters of energy is considered. Its advantages consisting in high environmental friendliness, noiselessness, reliability, functionality, universality are noted. The technique of carrying out the medical (preventive) physiotherapeutic procedures consisting in contrast thermal impact on a site of an arm of the person with various level of heating and cooling and also lasting expositions is described.

Keywords: thermoelectric device, thermal influence, medical procedures, after-treatment, prophylaxis.

Введение. Методы локального теплового воздействия широко используются в медицинской практике при лечении и профилактике различного рода заболеваний, к которым относятся механические травмы и заболевания суставов и мышц, боли в области желудочно-кишечного тракта, приступы желчнокаменной и почечнокаменной болезни, невроты, артроз и артрит, фарингит, тонзиллит, хроническая усталость и др. [1-3]. При этом тепловое действие оказывает значительное влияние на энергетический баланс организма. Под воздействием тепла кровеносные и лимфатические сосуды расширяются, что улучшает кро-

вообращение во многих внутренних органах [4]. Данное обстоятельство приводит к активизации обмена веществ, качественному насыщению организма питательными веществами и кислородом. Термовоздействие стимулирует окисление жира, очищает организм, выводя вредные токсины и другие продукты жизнедеятельности, тем самым, способствуя улучшению общего состояния человека [5].

Из существующих методов локального теплового воздействия в медицинской практике в настоящее время используются: лучистая энергия, нагретые (охлажденные) вода, воздух, лечебные грязи, парафин, озокерит, нафталан, глина, песок, термопакеты, жидкий азот и термоэлектрические элементы [1]. Причем применение указанных способов на сегодняшний день развивается по двум основным направлениям. Во-первых, охлаждение либо нагрев всего организма или сравнительно значительных его частей. Во-вторых, вовлечение в процесс теплового воздействия менее обширных участков, а также участков с патологическими изменениями.

Если в первом случае для охлаждения (нагрева) всего организма используются мощные холодильные и тепловые машины (например, парокompрессионные, абсорбционные и т.п.), то для теплового воздействия на отдельные зоны человека могут быть применены системы с меньшей тепло- и холодопроизводительностью на основе других принципов преобразования энергии.

Постановка задачи. В этих условиях для осуществления локального теплового воздействия с целью проведения оздоровительных процедур перспективным является применение термоэлектрических устройств (ТЭУ) [6-7], отличающихся высокой экологичностью, бесшумностью, надежностью, функциональностью и значительным ресурсом работы, а также возможностью простого перехода с режима охлаждения на режим нагрева и наоборот.

Методы исследования. В НИИ «Полупроводниковые термоэлектрические приборы и устройства» при ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет» разработано термоэлектрическое устройство [8], структурная схема которого представлена на рис.1, а внешний вид на рис.2.

Прибор содержит эластичное основание 1 с отверстиями, расположенными в один ряд по длине основания, для установки ТЭМ 2.

Основание 1 выполнено в виде двух полотен 3 из синтетической эластичной материи, сшитых между собой капроновой нитью, по периметру установленных в них ТЭМ 2 на расстоянии от их краев в 2-3 мм таким образом, что часть материи находится на поверхности ТЭМ 3, закрывая 2-3 мм последних по периметру. Внутренние спаи 4 ТЭМ 2, обращенные к руке человека, приведены в тепловой контакт с гибкой тепловыравнивающей пластиной 5 через теплопроводную пасту 6.

Противоположные внешние спаи 7 ТЭМ 2 также через теплопроводную пасту 7 контактируют с гибкими металлическими пластинами 8, выполняющими роль теплосъема. Металлические пластины 8 пришиваются к основанию 1 по своим углам капроновой нитью. ТЭМ 2 подключаются электрическими проводами к программируемому источнику питания, реализующего различные

режимы работы модулей (охлаждение, нагрев, их чередование). Основание 1 по краям снабжено застежкой-липучкой 9.

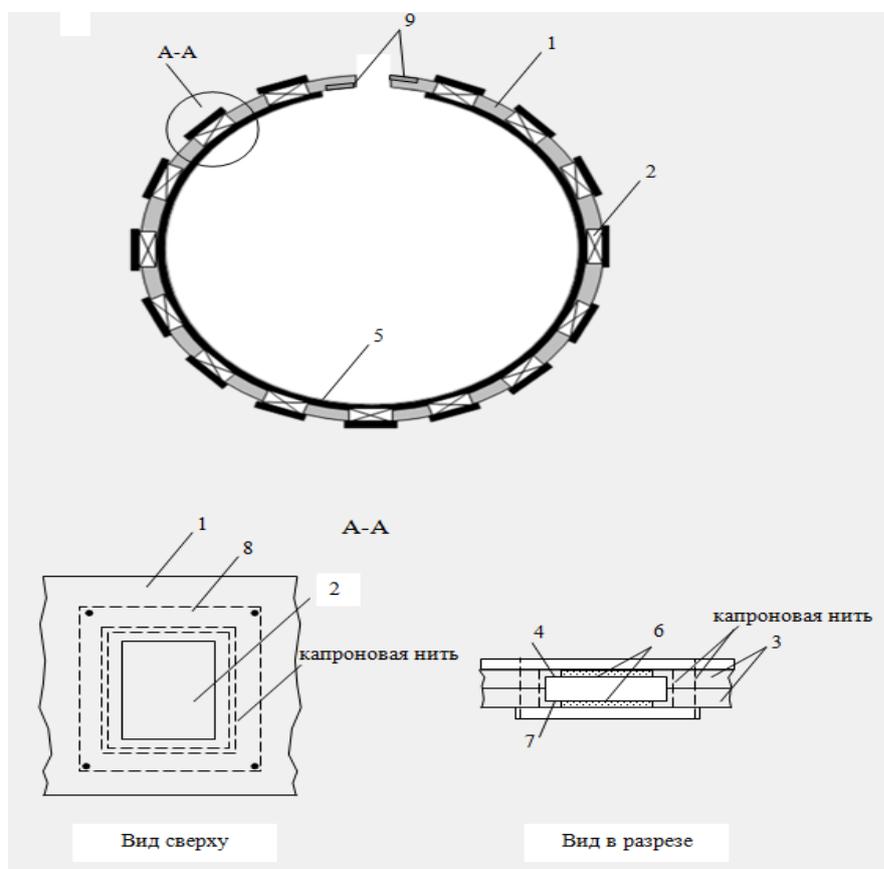


Рисунок 1 - Структурная схема ТЭУ для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека

Устройство работает следующим образом.

Перед началом процедуры устройство закрепляется на участке руки человека, подлежащем тепловому воздействию, с обеспечением плотного контакта за счет эластичных свойств основания 1 и наличия застежки-липучки 9.

Процедура начинается с включения программируемого блока питания, по заданной программе осуществляющего питание электрическим током необходимой величины и полярности ТЭМ 2. Доза и длительность теплового воздействия определяется лечащим врачом, им же производится текущий контроль за состоянием пациента. Металлические пластины 8 предназначены для съема излишка тепла с внешних спаев 7 ТЭМ 2 при охлаждении участка руки, а тепловыравнивающая пластина 5 обеспечивает равномерное распределение температуры.

Конструктивная простота устройства и возможность смены режимов в широком интервале температур обеспечивает применение его в различных областях медицины.

Для описанной конструкции разработана общая методика проведения лечебных (профилактических) физиотерапевтических процедур, которую предпо-

лагается осуществлять в следующей последовательности.

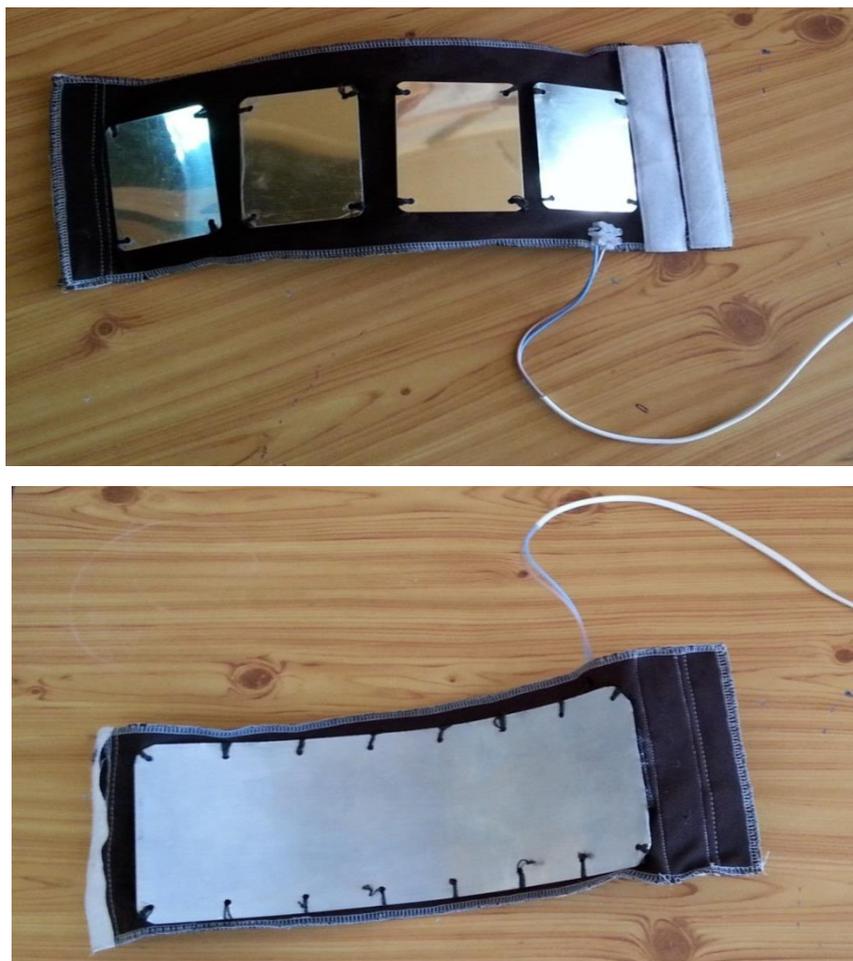


Рисунок 2 - Внешний вид ТЭУ для теплового воздействия на отдельные зоны руки человека

Перед началом проведения лечебного сеанса пациента усаживают на кушетку или в медицинское кресло и оголяют зону руки, которая будет подвергаться воздействию. Затем врач обрабатывает данную область дезинфицирующим раствором (например, 40% спиртом или перекисью водорода) и смазывает смягчающим нейтральным кремом (например, детским кремом). На соответствующую зону руки надевается устройство с обеспечением плотного механического контакта воздействующей поверхности прибора и кожи пациента.

При задании характеристик теплового воздействия врач может опираться на стандартный, или вводить новый режим работы. При выборе стандартного режима работы следует придерживаться апробированных и многократно реализованных режимов проведения процедур с соответствующими параметрами – пределами температур, временем воздействия в каждом из пределов и общим временем сеанса. При осуществлении нового режима необходимо, прежде всего, задаться следующими параметрами и режимами теплового воздействия:

значением минимальной и максимальной температуры зоны руки, подвергаемой воздействию; экспозицией процедуры; продолжительностью охлаждения и нагрева объекта при контрастных процедурах и т.п.

За проведением процедуры должен производиться постоянный контроль со стороны медицинского персонала, который состоит в тщательном отслеживании пульса (подсчитывая его на височной артерии) и общим состоянием пациента. В случае выхода температурного уровня воздействия за границы требуемого диапазона следует отключить устройство от сети питания.

Обязательным условием проведения каждой процедуры является предварительная стерилизация поверхности прибора, соприкасающейся с поверхностью кожи человека. Так, после окончания процедуры воздействующую поверхность устройства стерилизуют в дезинфицирующем растворе, после чего осуществляется ее сушка.

После окончания воздействия врач осуществляет оценку состояния пациента. При положительной оценке состояния пациента в течение 15-20 мин, последний отдыхает. На этом процедура завершается.

Количество, продолжительность и характер сеансов (охлаждающее, нагревающее или контрастное воздействие) задаются индивидуально с учетом патологии и состояния человека. Процедура может осуществляться ежедневно или через один – два дня. Курс лечения обычно может составлять от 10 до 25 процедур. При необходимости лечебный цикл может быть повторен через определенный интервал времени в зависимости от состояния пациента.

Для лечения наиболее распространенных заболеваний опорно-двигательного аппарата разработанная методика может быть реализована при следующих нюансах, определяющих температурный уровень воздействия и продолжительность процедур, а также особые требования к пациентам.

При лечении воспалительных заболеваний суставов, последствий травматических поражений, ревматоидного артрита и т.п. тепловое воздействие реализуется в диапазоне 36÷43 °С. Так, при ревматоидном артрите соответствующее дозирование теплового воздействия предпочтительно в фазе ремиссии, а также в подострой стадии.

В хронической стадии заболеваний тепловое воздействие обеспечивает наилучший эффект при проведении его в комплексном лечении (например, с одновременным механическим массажем).

При лечении больных ревматическим полиартритом следует проявлять определенную степень осторожности и придерживаться строгого индивидуального подхода. Таким пациентам следует проводить лечебные процедуры только спустя 6-7 месяцев после окончания острых и подострых явлений.

При травматических повреждениях в лечении и реабилитации важную роль играет тепловой массаж, а также совмещенное контрастное механическое и тепловое воздействие. Данное обстоятельство требует учета при регулировании уровня теплового воздействия: охлаждение должно осуществляться не ниже 10÷12 °С, нагрев – не выше 43÷45 °С. Так, при рубцовом сращении тканей, тугоподвижности суставов, миофиброзе, миосклерозе тканей и т.п. комбини-

руют механическое, подготавливающее к массажу ткани тела, и тепловое воздействие. При парезах, параличах, мышечной атрофии, невритах и невралгиях эффективным вначале является предварительное согревание зон руки, кожная температура которых понижена, или уменьшение болезненных ощущений, чтобы появилась возможность углубленного массажа. При сосудистых заболеваниях (отек тканей после перелома, явления лимфостаза) сначала производится механическое воздействие на необходимые зоны (массаж), а затем уже осуществляется тепловое воздействие (обычно при соблюдении температуры в $35\div 42$ °С) во избежание разрывов поверхностных сосудов.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Основным показанием к применению разработанной конструкции ТЭУ является тепловое воздействие на биологические ткани руки человека при локальных воспалительных процессах, плохо заживающих ран, послеоперационных швов, а также различных типов поражения кожных покровов.

Применение разработанного ТЭУ для чередующегося охлаждающего и нагревающего воздействия целесообразно также в случаях поражения плечевого сплетения, переломов костей верхнего плечевого пояса и т.п.

При атрофиях некоторых групп мышц, явлениях пониженного тонуса, невритах отдельных нервных стволов и периферического паралича лечебную процедуру обычно начинают с проведения теплового воздействия на поверхность руки в пораженных областях с использованием индифферентных температур ($32\div 37$ °С), а затем используют тонизирующую технику сегментарно-рефлекторного массажа, которая за счет механического воздействия и рефлекторного влияния способствует усилению крово- и лимфообращения в поврежденной зоне, улучшая при этом трофику и способствуя заживлению поврежденной зоны. За счет контрастного теплового и механического воздействия повышается эластичность и улучшается подвижность связочно-капсульного аппарата, активизируется секреция синовиальной оболочки сустава, что способствует снижению отечности и нормализации функций организма.

Вывод. В настоящей работе рассмотрена конструкция ТЭУ, предложена методика проведения тепловых процедур на отдельные зоны руки человека в медицинской практике, а также определены особенности их использования при лечении заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Библиографический список:

1. Боголюбов В.М., Улащик В.С. Комбинирование и сочетание лечебных физических факторов // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2004. - № 5.
2. Зубкова С.М. Роль тепловой компоненты в лечебном действии физических факторов // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2011. - № 6.
3. Лапп С.К. Лечебные ванны и тепловые процедуры. - М.: Феникс, 2004.
4. Пономаренко, Г.Н., Турковский И.И. Биофизические основы физиотерапии - М.: Медицина, 2006.
5. Улащик В.С., Лукомский И.В. Общая физиотерапия. - Минск: Книжный дом, 2003.

6. Базаев А.Р., Евдулов О.В. Термоэлектрические приборы для контрастного теплового воздействия на отдельные зоны человеческого организма//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2013. - № 28.
7. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Юсуфов Ш.А., Аминов Г.И. Приборы для локального температурного воздействия на человеческий организм//Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2003. - №2.
8. Патент РФ на изобретение № 2562513 Термоэлектрическое устройство для теплового воздействия на руку человека/Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Хазамова М.А., Магомадов Р.А.-М., опубл. 10.09.2015, бюл. №25.

References:

1. Bogolyubov V. M., Ulashchik V.S. the Combination and the combination of therapeutic physical factors. Physiotherapy, balneology and rehabilitation. 2004.
2. Zubkova S. M. the Role of thermal components in the therapeutic action of physical factors. Physiotherapy, balneology and rehabilitation. 2011. - No. 6.
3. Lapp, S. K. Medicinal baths and thermal procedures. - M.: Feniks, 2004. Ponomarenko G. N., Turka I. Biophysical bases of physiotherapy, M.: Medicine, 2006.
4. Ulashchik V.S., Lukomsky V.I. General physiotherapy. - Minsk: Book house, 2003.
5. Bazaev A. R., O.V. Evdulov Thermoelectric devices to contrast the thermal effect on separate areas of the human body. Herald of the Dagestan state technical University. Technical Sciences. 2013. - No. 28.
6. Ismailov T. A., Evdulov O.V., Yusufov S. A., Aminov R. I. Apparatus for local thermal effects on the human body, proceedings of the universities. The North Caucasus region. Technical Sciences. 2003. - No. 2.
7. RF patent for the invention № 2562513 Thermoelectric device for thermal exposure on the human hand. Ismailov T. A. Evdulov O. V., Hazamova M. A., Magomadov R.A. M., publ. 10.09.2015, bull. No. 25.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК/ББК 004.94,004.8, 378.14.015.62

Герасимова В.А., Шиккульская О.М., Шиккульский М.И.

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СТРУКТУРЫ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Gerasimova V.A., Shikulskaya O.M., Shikulskiy M.I.

COMPETENCE-BASED APPROACH TO MODELLING STRUCTURES OF THE MAIN EDUCATIONAL PROGRAM

Аннотация. Авторы обосновали необходимость компьютерной поддержки этапа планирования и разработки основной образовательной программы, разработали модель автоматического формирования структуры образовательной программы на основе графов; предложили интегрированный критерий оценки дисциплины; разработали стратегическую карту комплексной оценки дисциплины. Выполненные теоретические исследования являются основой для создания автоматизированной системы поддержки процессов планирования и разработки основной образовательной программы.

Ключевые слова: компетентностный подход, модель жизненного цикла, модель основной образовательной программы, автоматическая генерация, BPMN нотация.

Abstract. Authors have proved need of computer support of a stage of planning and development of the main educational program, have developed model of automatic forming of structure of an educational program on the basis of counts; have offered the integrated criterion for evaluation of discipline; have developed a strategic map of a complex assessment of discipline. The executed theoretical researches are a basis for creation of the automated system of support of planning processes and development of the main educational program.

Key words: competence-based approach, lifecycle model, model of the main educational program, automatic generation, BPMN notation.

Введение. Динамичное развитие экономики, быстро меняющиеся технологии привели к необходимости реорганизации системы образования. Выпускнику ВУЗа необходимо обладать такими личностными характеристиками, которые ему помогут в дальнейшей профессиональной деятельности – умение применять на практике полученные знания в часто неопределенных ситуациях. В связи с этим, перед системой образования поставлена нелегкая задача воспитать в человеке коммуникативность, гибкость, ответственность, которые помо-

гут ему действовать в любой жизненной и производственной ситуации.

Подписание Россией Болонской конвенции привело к необходимости пересмотра методов, прежде всего, оценки результатов обучения.

В настоящее время, модернизация системы образования тесно связана с компетентностным подходом [1]. Это новая парадигма в сфере образования. Разработанные ранее образовательные модели по формированию необходимых навыков не могут подготовить профессиональных специалистов, в полном объеме отвечающих требованиям современной экономики.

Внедрение новых ФГОС ВО ориентирует систему образования на результат обучения, выраженный языком компетенций. Перед образовательными учреждениями поставлена важнейшая задача научить студента постоянно совершенствовать свой профессиональный уровень в условиях непрерывного обновления информации.

Анализ многочисленных научно-технических исследований в области компетентностного подхода позволил выявить неоднозначный характер трактовки основных понятий [2,3], что свидетельствует о многомерности изучения данного направления. При рассмотрении всех составляющих компетентностного подхода авторами было использовано понятие «жизненный цикл компетенции» (ЖЦК) [4]. В работе [5] было показано, что из двух укрупненных этапов ЖЦК («Планирование и разработка основной образовательной программы (ООП)» и «Реализация ООП») первый наименее изучен и наиболее важен. Неверный подбор дисциплин и последовательность их изучения не позволит в полном объеме сформировать компетенции с учетом требований образовательных стандартов и работодателей. Сложность первого этапа ЖЦК обуславливает необходимость компьютерной поддержки этого процесса, чем обоснована актуальность представленного исследования.

Постановка задачи. Каждая компетенция представляет собой совокупность элементов «Знать», «Уметь», «Владеть». Формирование у выпускника набора требуемых компетенций закладывается на этапе планирования и разработки ООП, определяющем набор дисциплин, продолжительность и последовательность их прохождения. Для изучения каждой дисциплины обучаемому необходим начальный минимальный набор соответствующих данной дисциплине знаний, умений и навыков. После прохождения курса учащийся приобретает новые знания, умения и навыки, которые накапливаются в процессе всего периода обучения, формируя компетенции выпускника. От того, насколько правильно будет сформирована структура ООП, представляющая собой набор, продолжительность и последовательность дисциплин, зависит качество сформированных компетенций и затратность процесса обучения.

Огромное количество дисциплин значительно усложняет процесс планирования и разработки и ООП и делает его неэффективным. В связи с этим необходимо создать механизм, позволяющий формализовать этот процесс с целью обеспечения его компьютерной поддержкой.

Методы исследования. Процесс формирования компетенций является с точки зрения системного анализа сложной системой, относимой к классу само-

организующихся систем, модели которых должны постоянно корректироваться и развиваться. При исследовании такого процесса возможно изменение не только модели, но и метода моделирования. Иными словами, перевод вербального описания в формальное, осмысление, интерпретация модели и получаемых результатов становятся неотъемлемой частью практически каждого этапа моделирования этой сложной развивающейся системы. Для определения более точной характеристики такого подхода к моделированию процессов принятия решений, мы говорим о создании «механизма» моделирования, «механизма принятия решений».

Для решения проблемы перевода вербального описания в формальное существуют специальные способы и методы: «мозговой штурм», «сценарии», экспертных оценок, «дерева целей» и т.д. Данная задача имеет большую степень неопределенности, поэтому для ее решения необходимо использовать теорию множеств, математическую логику, математическую лингвистику, теорию графов, что во многом является стимулом для развития этих направлений.

Основные этапы синтеза структуры основного учебного плана.

По аналогии с синтезом новых технических решений на основе энергоинформационного метода [6,7] были разработаны принципы создания информационного обеспечения на этапе планирования и разработки основной образовательной программы:

- декомпозиция сложных процессов, происходящих внутри системы;
- декомпозиция компетенций на элементы «Знать», «Уметь», «Владеть»;
- каждая дисциплина имеет свое стандартное формализованное описание, удобное для машинной обработки на ЭВМ: вход (элементы «Знать», «Уметь», «Владеть» на входе), выход (элементы «Знать», «Уметь», «Владеть» на выходе), комплекс численных значений параметров для расчета критерия выбора дисциплины;
- перевод вербального описания элементов компетенций и дисциплин «Знать», «Уметь», «Владеть» в формальное описание путем создания и использования классификатора этих элементов;
- структурно-формализованное описание возможных вариантов траекторий формирования компетенций в виде структурных схем (цепей), каждое звено которых является дисциплиной и отражает преобразование элементов компетенций «Знать», «Уметь», «Владеть» на входе дисциплины в элементы «Знать», «Уметь», «Владеть» на выходе дисциплины; соединение звеньев осуществляется посредством состыковки совпадающих элементов «Знать», «Уметь», «Владеть» на выходе предыдущей дисциплины с соответствующими элементами «Знать», «Уметь», «Владеть» на выходе последующей дисциплины;
- информационное обеспечение синтеза возможных вариантов структуры ООП и их ранжирование по значениям оценочной функции, вычисленным по совокупности критериев.

Основные этапы синтеза структуры основной образовательной программы приведены на рис. 1.

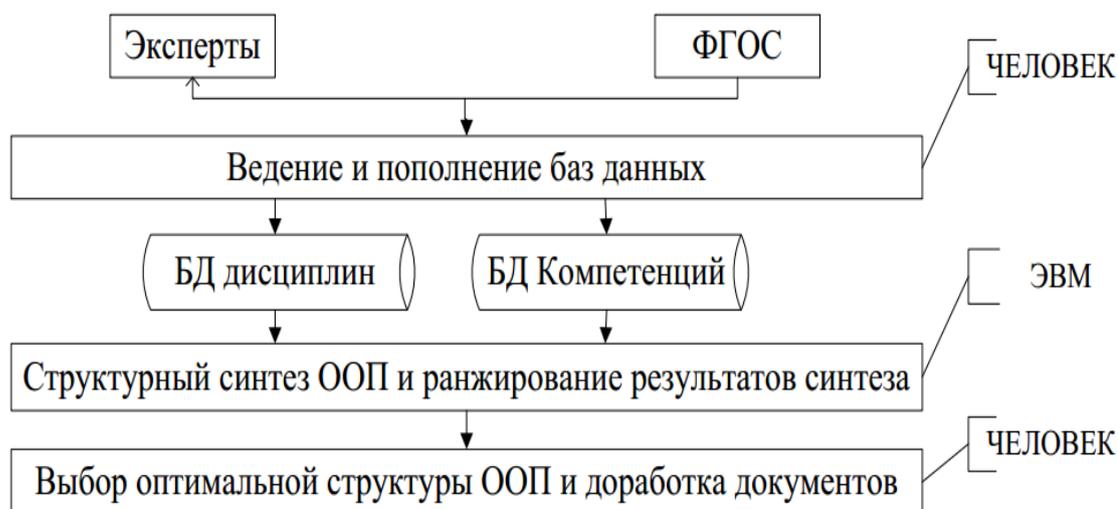


Рисунок 1 - Основные этапы синтеза основной образовательной программы

На основании требований Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС), а также опроса экспертов (представителей работодателей) формируется перечень компетенций выпускника, их формализованное описание вводят в базу данных компетенций. Затем на ЭВМ запускается автоматизированный синтез вариантов структуры ООП, результатом которого является ранжированный по степени удовлетворения требования список вариантов формализованных структур ООП. Лицо, принимающее решение (ЛПР) – составитель ООП выбирает один из вариантов структуры ООП и разрабатывает на ее основе документы ООП.

Синтез вариантов структуры основной образовательной программы с использованием графов

Для удобства обработки на ЭВМ мы используем графы. Для каждого из элементов компетенции («Знать», «Уметь», «Владеть») строим индивидуальный граф (рис. 2). Рассмотрим на примере синтеза элемента компетенции «Знать».

Вершинами графа являются элементы («Знать», дугами – дисциплины. Левая вершина обозначает требуемое знание на входе курса, правая – на выходе. Последняя вершина $Z_{к1}$ обозначает знание выпускника ВУЗа, первая Z_n – абитуриента. Над дугами графа пишется номер дисциплины. Синтез осуществляется в направлении, обратном ориентации дуг – от конечного элемента компетенции «Знать» к начальному элементу «Знать дисциплины» (от знаний выпускника к знаниям абитуриента).

При построении графов следует учитывать следующие правила:

1. Дуги имеют одно направление, т.е. граф является направленным.
2. Входная величина графа может иметь только выходящие дуги.
3. Выходная вершина графа должна иметь только входящие дуги.
4. Отбрасываются дисциплины, использование которых не возможно без повторного возвращения к уже пройденной вершине.

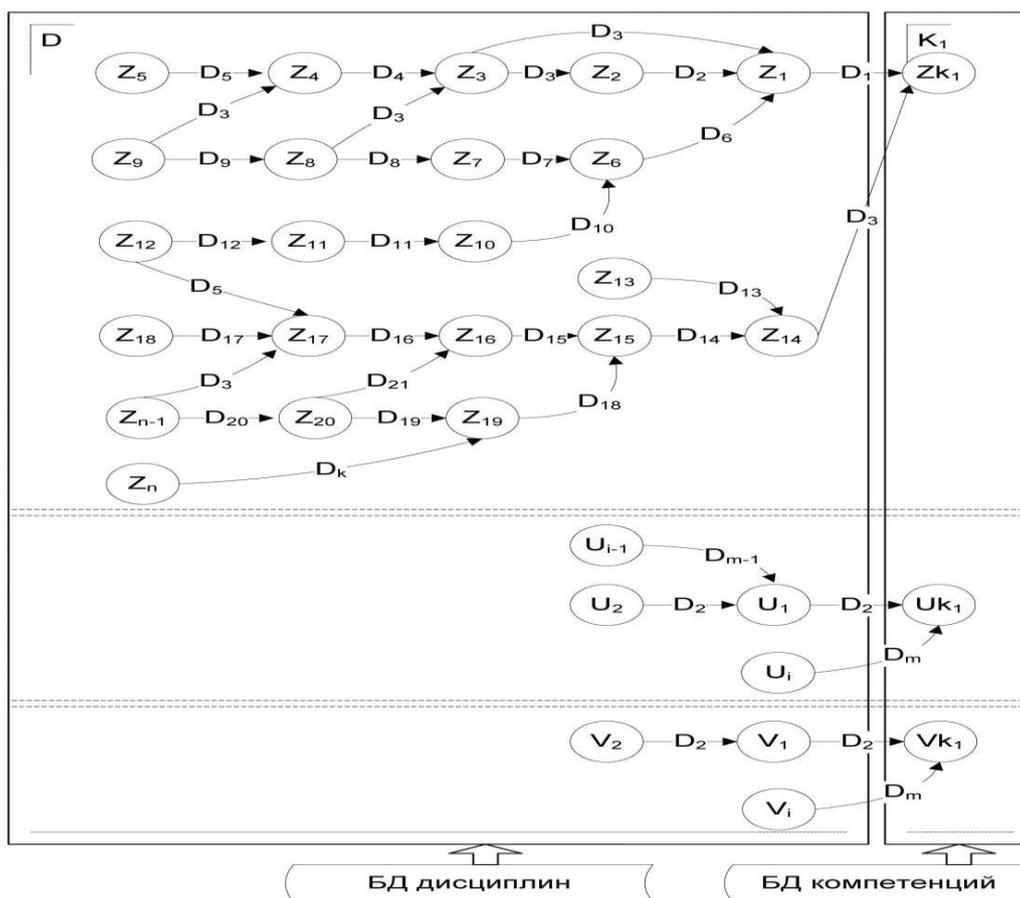


Рисунок 2 – Графы траекторий формирования компетенций

5. В каждую траекторию графа обязательно должны быть включены дисциплины, определяемые ФГОС.

6. Продолжительность изучения дисциплины измеряется в семестрах. Продолжительность обучения студента должна соответствовать требованиям ФГОС. Она определяется в процессе синтеза для каждой траектории формирования компетенций как сумма продолжительности дисциплин, обозначенных дугами данной траектории. В случае если при достижении необходимой продолжительности траектории не получен уровень абитуриента, траектория удаляется.

7. В одной траектории одна и та же дисциплина не может быть использован более одного раза.

8. Граф не может иметь петли.

Аналогичные графы строятся для элементов той же компетенции «Уметь», «Владеть». Затем все повторяется для остальных компетенций выпускника.

Построенные графы строятся для элементов той же компетенций: все элементы компетенций выпускника должны быть связаны траекторией с элементами подготовленности абитуриента. В противном случае необходимо пополнить базу данных новыми дисциплинами и повторить операции. После окончания синтеза возможных траекторий формирования компетенций, необходимо выбрать оптимальные из них на основе значений оценочных функций по заданным критериям.

Интегрированный критерий оценки дисциплины. Для выбора оптимальных решений необходимо рассчитать значения оценочной функции, которая зависит от совокупности значений критериев каждой дисциплины.

С этой целью авторы предлагают иерархическую систему критериев. Вершиной иерархии является интегрированный критерий оценки дисциплины (ИКД). Его структура показана на рис. 3.



Рисунок 3 - Структура интегрированного критерия оценки дисциплины (ИКОД)

Все критерии разделены на 3 группы: потребительской ценности дисциплины, потребность дисциплины и ресурсоемкость дисциплины.

Потребность дисциплины рассматривается только с точки зрения требований по элементам компетенций «Знать», «Уметь», «Владеть» к предыдущей дисциплине (процессу-поставщику) или к уровню абитуриента, если дисциплина в начале графа. Эти критерии учитываются только при синтезе графа.

Потребительская ценность дисциплины рассматривается с двух точек зрения: по элементам компетенций «Знать», «Уметь», «Владеть» на выходе дисциплины (способность удовлетворить процесс потребитель); Эти критерии, используются только при синтезе; привлекательная ценность для студента – экспертная оценка.

Третья группа – ресурсоемкость дисциплины – представляет собой набор критериев оценки материальных, трудовых и временных затрат для подготовки и проведения дисциплины. Эти критерии используются для расчета оценочной функции на этапе ранжирования синтезированных траекторий. Все критерии имеют различные типы: качественные, количественные и булевы. Поэтому

необходимо использовать процедуры, переводящие неколичественные критерии в количественные, а затем все количественные критерии в приведенные, чтобы их можно было соотнести между собой. Стратегическая карта комплексной оценки дисциплины представлена на рис. 4.

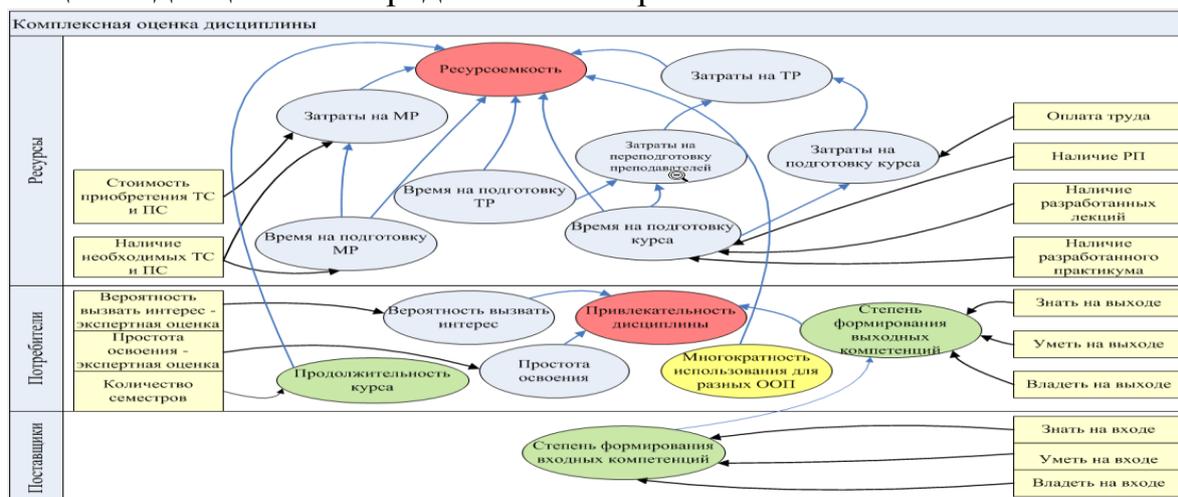


Рисунок 4 – Стратегическая карта комплексной оценки дисциплины

Результаты эксперимента и их обсуждение. Формализованное представление структуры ООП позволяет описать ее синтез математически. Структура ООП представлена авторами в виде такой разновидности знаково-символических наглядных средств, как граф. Графы являются удобным языком для формулировки и эффективным инструментом для решения задач. Для того, чтобы из множества автоматически сгенерированных траекторий формирования компетенций выбрать наиболее оптимальную по соотношению достигаемых в обучении результатов и связанных с этим финансовых затрат, авторы предложили использовать интегрированный критерий оценки дисциплины, основанный на иерархической системе частных критериев. Интегрированный критерий оценки дисциплины учитывает взаимосвязь между читаемыми курсами, потребительскую ценность дисциплин и их ресурсоемкость, т.е. затраты на реализацию.

Вывод. Исследования известных авторов в области компетентностного подхода в образовании направлены, главным образом, на формирование и контроль компетенций студентов, однако недостаточно внимания уделяется стадии планирования и разработки основной образовательной программы, которая является основой для других этапов формирования компетенций, что ввиду большой сложности и важности нуждается в компьютерной поддержке.

Авторы предложили принципы создания информационного обеспечения этапа планирования и разработки основной образовательной программы, базирующиеся на декомпозиции сложных процессов, формализованном описании и декомпозиции дисциплин и компетенций, структурно-формализованном описании возможных вариантов траекторий формирования компетенций в виде структурных схем, ранжирования автоматически сгенерированных структур ООП по значениям оценочной функции, вычисленным по совокупности критериев. В соответствии с этими принципами сформированы основные этапы синтеза ООП, основанные на человеко-машинном взаимодействии.

На основе проведенных теоретических разработок в дальнейшем будет автоматизирован синтез структуры ООП, что обеспечит повышение качества процесса обучения, в частности, формирования требуемых компетенций. В настоящее время авторами уже разработан модуль этой системы [8].

Библиографический список:

1. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года 17.11.2008г. № 1662-р. URL/http://www.ifap.ru/ofdocs/rus/rus006.pdf
2. A. Lunev, I. Petrova V. Zaripova Competency-Based Models Of Learning For Engineers: A Comparison.// Journal: CEEE European Journal of Engineering Education Manuscript ID: 824410 DOI: 10.1080/03043797.2013.824410
3. Zaripova V., Petrova I. Engineering creativity education in Russian Universities, Proceedings of the SEFI Annual Conference 2014, University of Birmingham (UK), 15-19 September 2014, [Online] Available From: <http://www.sefi.be/conference-2014/0084.pdf>
4. Сибикина И.В. Модели и алгоритмы формирования и оценки компетенций выпускника ВУЗа. Специальность 05.13.10. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Астрахань – 2012.
5. Gerasimova V.A., Shikulskaya O.M. Models of the competence life cycle // *Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal* No11(30) 2014 Part 4 pp. 5-7.
6. Zaripova V., Petrova I. Knowledge-Based Support for Innovative Design on Basis of Energy-Information Method of Circuits // Proceedings of the 11th Joint Conference, JCKBSE 2014, Volgograd, Russia, September 17-20, (2014), Communications in Computer and Information Science, Vol. 466 (2014), pp.521-532
7. Zaripova V., Petrova I. System of Conceptual Design Based on Energy-Informational Model. Progress in systems engineering, Proceedings of the the 23rd International Conference on Systems Engineering, August, 2014, Las Vegas, NV, Series: Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 1089 2015, pp.365-373.
8. Шиккульская О.М., Герасимова В.А. Информационная система формирования компетентностной структуры основной образовательной программы, Россия, Сертификат регистрации компьютерной программы № 2015616778, 23.06.2015.

References:

1. The concept of long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period until 2020 17.11.2008, No. 1662-p. URL/http://www.ifap.EN/ofdocs/rus/rus006.pdf
2. A. Lunev, I. Petrova, V. Zaripova. Competency-Based Models Of Learning For Engineers: A Comparison; Journal: CEEE European Journal of Engineering Education Manuscript ID: 824410 DOI: 10.1080/03043797.2013.824410.
3. Zaripova V., Petrova I. Engineering creativity education in Russian Universities, Proceedings of the SEFI Annual Conference 2014, University of Birmingham (UK), 15-19 September 2014, [Online] Available From: <http://www.sefi.be/conference-2014/0084.pdf>
4. Sinicina I. V. Models and algorithms of formation and evaluation of competences

of graduates. The specialty 05.13.10. The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical sciences. Astrakhan – 2012.

5. A. V. Gerasimova, O. M. Shikulskaya Models of the competence life cycle ; International scientific-practical journal No11 – Vol.30 – 2014-Part 4- pp. 5-7.

6. Zaripova V., Petrova I. Knowledge-Based Support for Innovative Design on Basis of Energy-Information Method of Circuits ;Proceedings of the 11th Joint Conference, JCKBSE 2014, Volgograd, Russia, September 17-20, (2014), Communications in Computer and Information Science, Vol. 466 (2014), pp.521-532.

7. Zaripova V., Petrova I. System of Conceptual Design Based on Energy-Informational Model; Progress in systems engineering, Proceedings of the the 23rd International Conference on Systems Engineering, August, 2014, Las Vegas, NV, Series: Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 1089 2015, pp.365-373.

8. Shikulska O. M., Gerasimov V. A. Information system of forming the competence structure of the basic educational program, Russia, Certificate of computer program registration № 2015616778, 23.06.2015.

УДК 631.331.5

Дёмин С.Б., Синёнков Д.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ БУНКЕРА И ТРАНСПОРТНЫХ ОКОН НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУНКЕРА СЕЯЛОК

Demin S.B., Sinenkov D.V.

MODELLING OF INFLUENCE OF PARAMETERS OF THE BUNKER AND TRANSPORT WINDOWS ON PRODUCTIVITY OF THE BUNKER OF SEEDERS

***Аннотация.** В статье обоснована целесообразность исследования производительности бункерного устройства для высевających агрегатов методом математического моделирования. Произведена группировка факторов, влияющих на производительность бункера высевającego агрегата. Определены ограничения в построении математической модели бункера высевającego агрегата. Проведен сравнительный анализ существующих математических моделей бункерных устройств. Определены их недостатки и доказано преимущество предлагаемой математической модели. Приведены результаты исследования влияния параметров бункера и транспортных окон на производительность бункера высевających агрегатов. Даны рекомендации по выбору их основных параметров при заданной норме высева посевной культуры.*

Ключевые слова: бункер, транспортные окна, производительность бункера высевającego агрегата, математическое моделирование.

Abstract. *In article feasibility of research of performance of the bunker device for the sowing aggregates is proved by method of mathematical modeling. The group of the factors influencing performance of the bunker of the sowing aggregate is made. Organicheniye in creation of mathematical model of the bunker of the sowing aggregate are determined. The comparative analysis of the existing mathematical models of bunker devices is carried out. Their shortcomings are determined and the benefit of the offered mathematical model is proved.*

Results are given influences of parameters of the bunker and transport windows on performance of the bunker of the sowing aggregates are researched. Recommendations about the choice of their key parameters in case of the set regulation of seeding of sowing culture are made.

Key words: *the bunker, transport windows, performance of the bunker of the sowing aggregate, mathematical modeling.*

Введение. Стремление повысить эффективность посева посевных культур посредством высевающих агрегатов – сеялок, в условиях жесткой конкуренции на внутреннем и внешнем рынках заставляет производителей подобной продукции совершенствовать известные конструкции данных устройств и разрабатывать новые. Базовым «входным» узлом высевающих агрегатов является бункер, который представляет собой емкость заданного типоразмера и формы, предназначенной для кратковременного хранения, в данном случае, посевной культуры последующего высевания.

Бункерные устройства, как накопительные емкости, широко применяются для хранения сыпучих материалов и в других отраслях промышленности [1-3]. Их конструктивная схема и параметры транспортных окон определяют производительность всей цепи транспортного устройства в целом. Должны исключаться «заторы» при движении транспортируемой среды или их обрушения. Поэтому, проблемы исследования бункерных устройств, в данном случае, для высевающих агрегатов (сеялок), остаются сегодня актуальными.

Постановка задачи. Одним из эффективных методов исследования в настоящее время является метод математического моделирования, позволяющий, не прибегая к сложным и затратным физическим экспериментам, получить огромный объем вычислительных данных объекта.

Методы исследования. Проведем исследование производительности бункерного устройства для высевающих агрегатов методом математического моделирования.

Моделирование производительности бункера сеялок

Производительность бункера высевающего агрегата, как одного из элементов транспортного механизма, зависит от ряда факторов, а именно:

- соответствие геометрического объема бункера сеялок требуемой норме посева посевной культуры при требуемой производительности;
- отсутствие зон торможений («заторов») посевной культуры на наклонных стенках бункера;

- беспрепятственный выпуск посевной культуры через транспортные окна бункера и транспортного узла сеялок.

В настоящее время в высевающих агрегатах применяются 3 основных вида бункеров, которые позволяют обеспечить приемлемые показатели производительности [4]. Это конусно-цилиндрические, пирамидальные и параболические бункеры, формы которых приведены на рисунке 1.

На производительность бункера высевающих агрегатов влияют геометрическая форма и размер посевной культуры, агрегатное состояние. В [5] отмечено, что посевные культуры близки по форме к эллипсу, трапеции, тетраэдру или многогранной фигуре, как показано на рисунке 2, что позволяет их рассматривать как фигуру шара с диаметром d_0 при моделировании.

Анализируя формы выполнения бункеров высевающих агрегатов (см. рис. 1), можно сказать, что конусно-цилиндрическая форма снижает вероятность образования «затора» посевной культуры, форма транспортного окна которой близка к форме шара с диаметром $d \gg d_0 = 6 - 10$ мм.

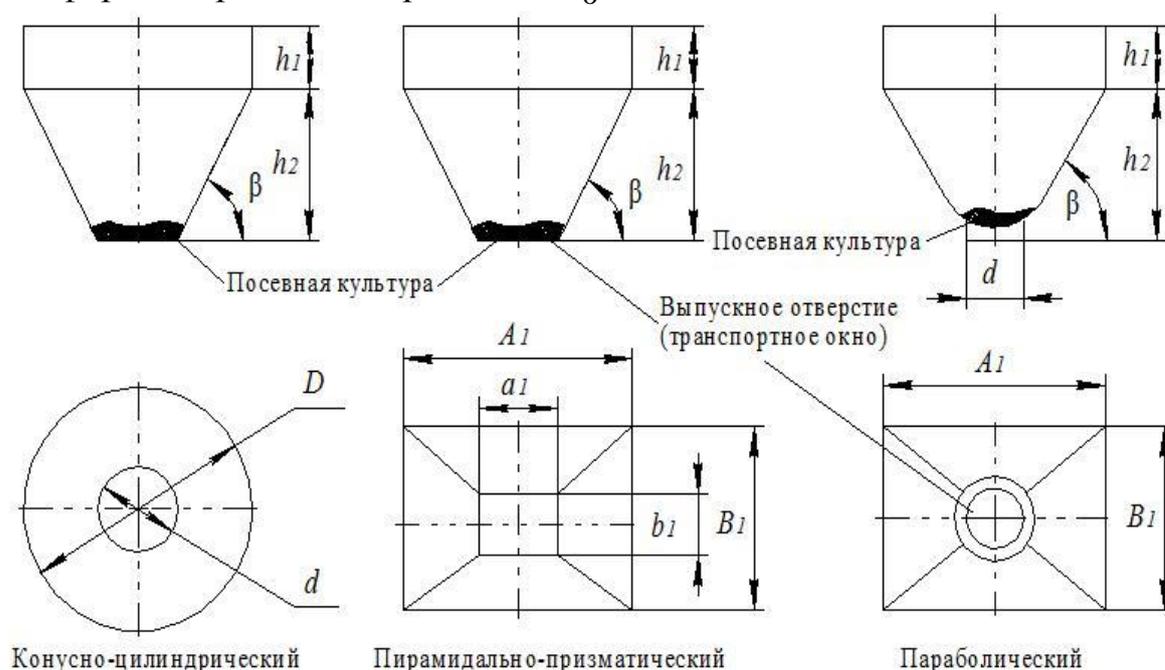


Рисунок 1 – Виды бункеров высевающих агрегатов (сеялок):

a_1, b_1, d – размеры выпускного отверстия (транспортного окна) бункера, A_1, B_1, D – размеры загрузочной части бункера, β – угол наклона стенок бункера, h_1, h_2 – высота верхней и нижней частей бункера

Кроме того, здесь отсутствуют вертикальные или наклонные ребра жесткости, являющиеся источниками повышенного «внешнего» трения посевной культуры при ее движении по бункеру. Анализ производительности бункера высевающих агрегатов как объекта математического моделирования проводился в работах Даманского И.В., Фиалкова Б.С., Горюшинского И.В., Исаева В.С., Прошунина Ю.Е. [6-8] и др.

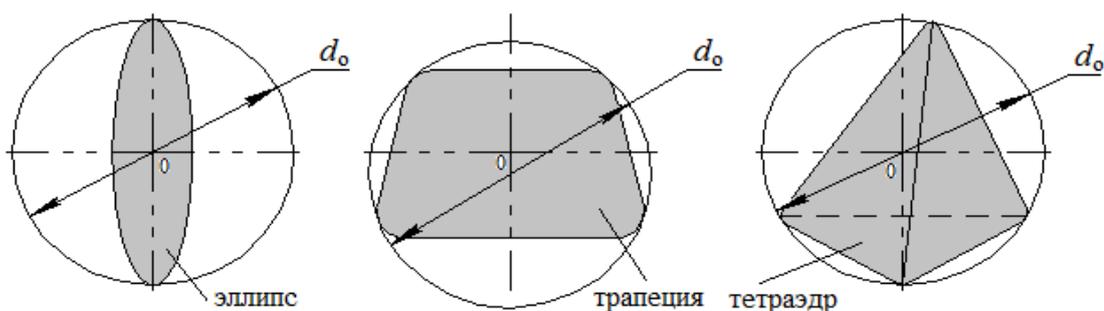


Рисунок 2 - Геометрические формы посевных культур

В известных математических моделях бункерных устройств указанных авторов не отражено влияние физических процессов на производительность бункера. Не учитываются насыпная плотность посевного материала как переменная величина, имеющая место при дозагрузке бункера, его геометрические параметры, влияющие на скорость высева. Не отражаются боковые вертикальные давления посевной культуры при высеве.

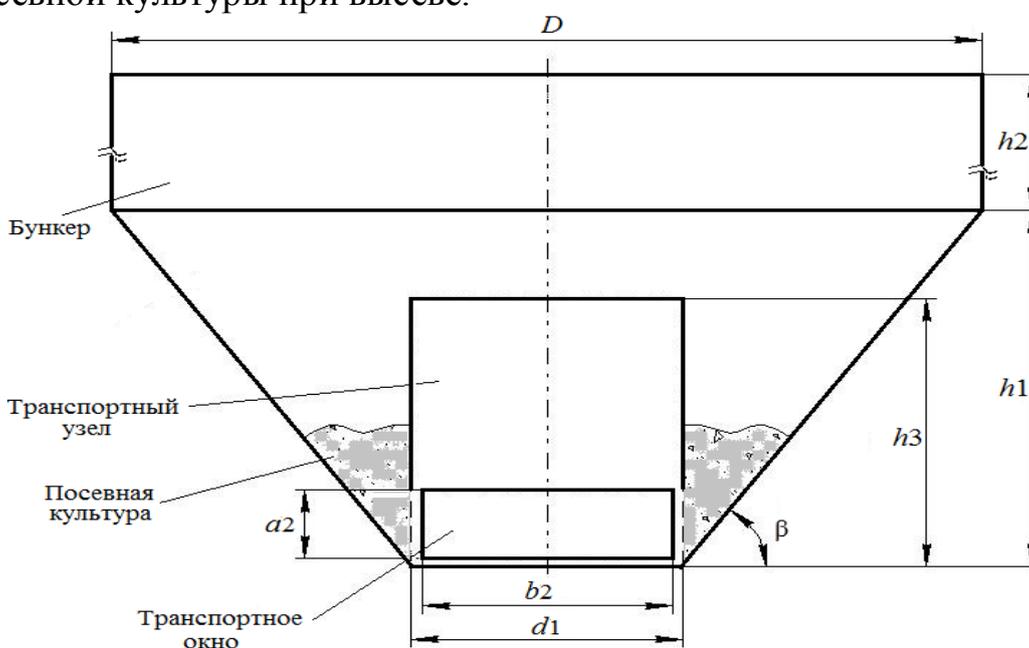


Рисунок 3 - Расчетная схема бункера высевающего агрегата: a_2, b_2 – высота и длина транспортных окон, d_1, h_3 – наружный диаметр и высота транспортного узла

Все это не позволяет провести анализ производительности бункера высевающего агрегата заданной формы с требуемой адекватностью.

Для этого требуется разработать математическую модель производительности конусно-цилиндрического бункера (рисунок 3) повышенной точности.

Примем следующие ограничения для математической модели бункера высевающего агрегата:

- для свободного схода посевной культуры с наклонных стенок бункера минимальный угол их наклона выбирается из условия $tg \beta \geq \mu$, здесь μ – коэффициент «внешнего» трения массы посевной культуры [1];

- движение посевных культур в бункере при высеве происходит поступательно, т.е. отсутствуют вращательные движения;
- скорость движения и насыпная плотность посевной культуры по объему бункера принимаются за постоянные величины на некотором интервале времени t ;
- температура и влажность посевной культуры не учитываются.

С учетом рассмотренных ограничений, математическая модель производительности конусно-цилиндрического бункера с заданным количеством n транспортных окон при площади $S_{\text{то}} = (a_2 - d_0)(b_2 - d_0)$ и объеме бункера (см. рис. 3)

$$V_{\text{б}} = \frac{\pi P_{\text{бд}} \cdot K_1}{3\gamma_{\text{н}} t g^2(90^\circ - \varphi)} + \frac{\pi D^2 P_{\text{в}}}{4\gamma_{\text{н}}}, \quad (1)$$

будет описываться следующим выражением:

$$Q_{\text{б}} = k_0 \lambda_1 \cdot \frac{h_1 K_1 + \frac{\pi D^2 h_2}{4} - V_{\text{шп}}}{n S_{\text{то}} \cos \beta t_1} n S_{\text{то}} \gamma_{\text{н}} k_4 - \Delta Q_{\text{б}}, \quad (2)$$

где $K_1 = [D^2/4 + (D/2)(d_1/2) + d_1^2/4]$, $P_{\text{бд}} = \frac{h_1}{\pi} 3\gamma_{\text{н}} \cdot t g^2(90^\circ - \varphi)$ – боковое

давление движущейся массы посевной культуры, $\gamma_{\text{н}}$ – насыпная плотность посевной культуры, φ угол транспортирования посевной культуры в бункере, $P_{\text{в}} = h_2 \gamma_{\text{н}}$ – вертикальное давление движущейся массы посевной культуры, k_0 – нормирующий коэффициент, λ_1 – коэффициент истечения посевной культуры, $V_{\text{шп}} = \pi d_1^2 h_3$ – наружный объем транспортного узла, t_1 – время истечения посевной культуры из бункера, k_4 – коэффициент целостности семян посевной культуры при проходе через транспортные окна в единицу времени t , $\Delta Q_{\text{б}}$ – потери посевной культуры в бункере при высеивании.

Потери $\Delta Q_{\text{б}}$ посевной культуры возможны по следующим основным причинам за счет повышенной влажности посевной культуры, ведущей к слипанию и прилипанию посевной культуры к стенкам бункера; наличия неровностей и повышенной шероховатости стенок бункера; выбора критических углов β наклона стенок бункера; различной степени связности посевной культуры; слёживаемости посевной культуры, и не превышают 0,1-0,3% [4, 8, 9].

Результаты математического исследования производительности конусно-цилиндрического бункера высеивающего агрегата (сеялки) по предложенной математической модели приведены на рисунках 4 и 5.

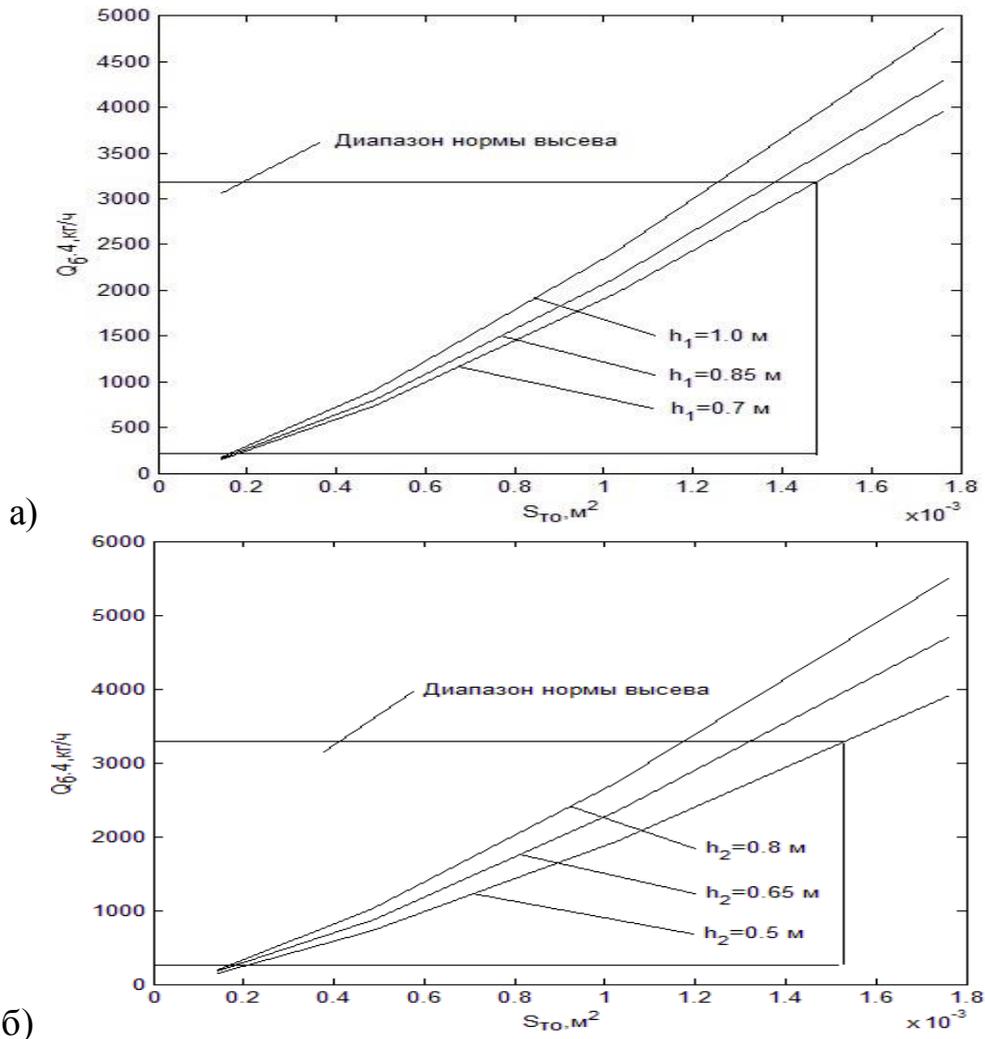
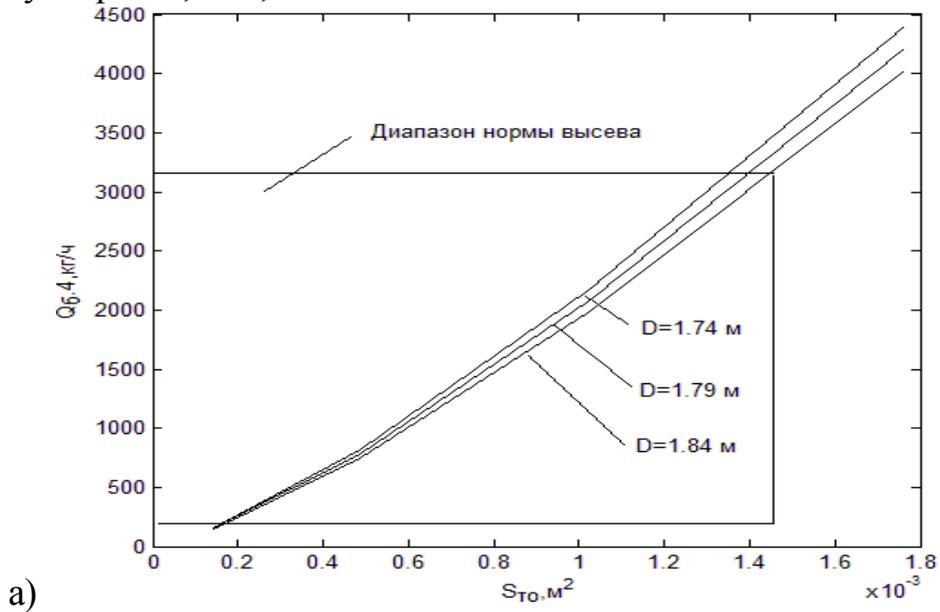


Рисунок 4 - Зависимости $Q_0 = f(S_{TO})$ а) для нижней части бункера высотой h_1 , б) для верхней части бункера высотой h_2

Используя данные [9], определены допустимые диапазоны норм высева посевной культуры высевающих агрегатов, равные 220-3168 кг/ч при производительности бункеров 1,0-14,4 га/ч.



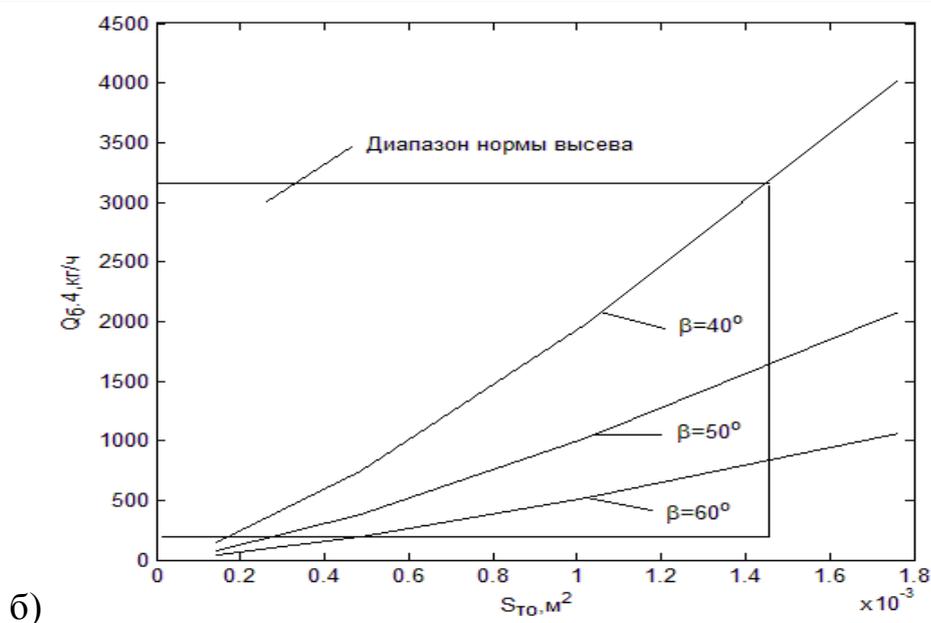


Рисунок 5 – Зависимости $Q_b = f(S_{то})$ а) от диаметра D верхней части бункера высотой h_1 , б) от угла β наклона стенок нижней части бункера высотой h_2

Вывод. Исследование математической модели производительности конусно-цилиндрического бункера высеивающего агрегата (сеялки) позволяет сделать следующие основные выводы.

1. Увеличение размеров h_1 и h_2 бункера в его нижней и верхней частях требует увеличения площади $S_{то}$ транспортных окон при заданной норме высева посевной культуры.

2. Увеличение диаметра D верхней части бункера и уменьшение угла β наклона стенок нижней его части снижает производительность и нуждается в увеличении площади $S_{то}$ транспортных окон при заданной норме высева посевной культуры.

3. Наиболее значимыми величинами, влияющими на производительность конусно-цилиндрических бункеров высеивающих агрегатов (сеялок), являются угол β наклона стенок его нижней части, высоты h_2 верхней загрузочной части бункера и размера $S_{то}$ площади транспортных окон.

Библиографический список:

1. Горюшинский, И.В. Емкости для сыпучих грузов в транспортно-грузовых системах/ И.В. Горюшинский, И.И. Кононов, В.В. Денисов, Е.В. Горюшинская, Н.В. Петрушкин// Под общей редакцией И.В. Горюшинского. Самара: САМ-ГАПС, 2003. – 232 с.
2. Богомягких, В.А. Статическая теория истечения сыпучих тел/ В.А. Богомягких, В.С.Кунаков, А.И. Пахайло. Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1997. -150 с.

3. Богомягих В.А. Статическое сводообразование зерновых материалов в бункерах и способы его устранения/ В.А. Богомягих, В.А. Зацаринный, В.К. Шевкун, Е.В. Рудик, А.Н. Каплунов. Ростов –на-Дону: «Терра», 2003. - 89 с.
4. Зенков, Р. Л. Бункерные устройства/ Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневич, В.С. Исаев. М.: Машиностроение, 1966.224 с.
5. Хайлис Г. А. Механико-технологические свойства сельскохозяйственных материалов. – Луцк: ЛГТУ, 1998. – 268 с.
6. Даманский И.В. Машины и аппараты химических производств/ И.В. Даманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский// Под общей ред. В.Н. Соколова. – Л.: Машиностроение, 1982. – 230 с.
7. Прошунин Ю.Е. О построении детерминированной математической модели истечения углеродсодержащих сыпучих материалов// Горный журнал. – 2004. №10. С.82-84.
8. Фиалков Б.С. Управление истечением сыпучих материалов/ Б.С. Фиалков, В.Т. Плицын, В.Е. Максимов. – Алма-Ата: Наука, 1981.148 с.
9. Нуйкин А.А. Посевные и посадочные машины/ А.А. Нуйкин, Н.П. Ларюшин. – Пенза: ПензАГРОТЕХсервис, 2005. – 164 с.

References:

1. Goryushinskogo I. V. Containers for bulk cargo transport-cargo systems/ I. V. Goryushinskogo I. I. Kononov, V. V. Denisov, E. V. Goryushinskogo, N. In. Petrushkin// Under the General editorship of I. V. Goryushinskogo. Samara: SMAPS, 2003.232p.
2. Bogomyagky V. A. Static theory of the expiration of granular materials. V. A. Bogomyagky B. C. Kunakov, A. I., Philo. Zernograd: FARM, 1997. 150 p.
3. Bogomyagky V. A., Static svoeobraznaya grain materials in bunkers, and ays to eliminate, Bogomyagky, V. A., V. A. Zatsarinnyi, K. V. Shevkun, E. V. Rudic, A. N. Kaplunov. Rostovn/D: «Terra», 2003. - 89p.
4. Zenkov R. L. Bunker device L. R. Zenkov, P. G. Grinevich, V. S. Isaev. M.: Mashinostroenie,S.1966. -224 p.
5. Chilis G. A., Mechanical and technolog cal properties of agricultural materials. – Lutsk:LGTU,1998.–268p.
6. Damanski I. V. Machines and apparatus of chemical production, I. V. Yes-Mansky, V. P. Isakov, G. M. Ostrovsky, Under the General editorship of V. N. Sokolov.–L.:Engineering,1982.–230p.
7. Proshunin J. E. On the construction of a deterministic mathematical model of the expiration of carbonaceous bulk material, Mining journal. – 2004. No. 10. pp. 82-84.
8. Orris B. S. Management of expiration of bulk materials, B. S. Fialkov, V. T. Plitin,V.E.Maksimov.–Alma-ATA:Nauka,1981.-148p.
9. Nuyken A. A. Sowing and planting machines, A. A. Nuykin, N. P. Larue-Shin. – Penza: Penzagrotekhservis, 2005. – 164 p.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 666.974.2

Акаев Н.К., Гасанов И.А., Мантуров З.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ПЕНО-СИЛИКАТ-НАТРИЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕГИДРАТИРОВАННЫХ СЛАНЦЕВЫХ ГЛИН

Akaev N.K., Gasanov I.A., Manturov Z.A.

RESEARCH OF PROCESSES OF FORMATION OF STRUCTURE AND THE PENO-SILIKAT-NATRIEVYH MAIN PROPERTIES OF COMPOSITIONS WITH USE OF THE DEHYDRATED SLATE CLAYS

Аннотация. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований для выявления возможности получения пеносиликат-натриевых композиций с использованием в качестве жаростойкого компонента местные дегидратированные глины. С этой целью изучено влияние модуля и дисперсности силикат-глыбы, а также температуры нагрева смеси на растворимость. Приведены результаты исследования влияния температуры тепловой обработки и содержания безводного силиката натрия на усадочные процессы пенокомпозиции с добавкой и без добавки мелкого пористого заполнителя.

Ключевые слова: безводный силикат натрия, силикат-глыба, шамот-силикат-натриевое композиционное вяжущее

Abstract. Results of theoretical and pilot studies for identification of a possibility of receiving penosilikat-sodium compositions with use as a heat-resistant component the local dehydrated clays are given. Influence of the module and dispersion silicate block, and also temperatures of heating of mix on solubility is for this purpose studied.

Results of research of influence of temperature of thermal treatment and content of waterless silicate of sodium on shrinkable processes of a penokompozition with an additive and without additive of small porous filler are given.

Key words: waterless silicate of sodium, silicate block, chamotte-silicate-sodium composite knitting

Введение. Основной задачей технологии получения обжиговых теплоизоляционных материалов высокопористого строения является изготовление изделий с возможно более высокой пористостью при требуемой механической прочности [1, 2]. В настоящее время это достигается путем введения выгорающих добавок и пористых заполнителей, газообразованием и пенообразованием.

При этом, окончательное закрепление высокопористой структуры и придание прочности изделиям в большинстве случаев производится в процессе высокотемпературного обжига. Целесообразность использования того или иного способа получения теплоизоляционных материалов определяется видом сырья, технологичностью, требованиями к готовым изделиям и т. п.

Большое практическое значение, как показывает анализ современного состояния производства теплоизоляционных материалов [1–4, 5, 8], имеет пеновый способ, который позволяет получать изделия с низкой средней плотностью и удовлетворительной прочностью. Он основан на введении в смесь пенообразователя или на смешении этой смеси с заранее приготовленной пеной. Вместе с тем, он имеет и ряд серьезных недостатков.

Так, применение способа пенообразования для обжиговых теплоизоляционных материалов, сопряжено с необходимостью тонкого измельчения исходных материалов с целью предотвращения разрушения пены. При этом, чем ниже плотность исходного материала, тем выше должна быть его дисперсность. Кроме того, для обеспечения устойчивой во времени пеномассы и получения из нее изделий требуется введение большого количества воды, что крайне отрицательно сказывается на сушильных свойствах сырца. Процесс сушки, при этом, характеризуется мягким режимом, большой продолжительностью (иногда более 5 суток), а также значительными неравномерными усадочными деформациями, приводящие к короблению сырца и требующие обрезки и шлифовки изделий после его обжига.

Указанные негативные факторы определяют высокую энергоемкость технологического процесса, образование большого количества отходов (иногда до 50%), большую продолжительность производственного цикла и его высокую трудоемкость. Поэтому обжиговые теплоизоляционные изделия, полученные способом пенообразования, характеризуются высокой себестоимостью.

Постановка задачи. Как показали наши исследования [3– 6], перечисленные недостатки пенового способа получения высокопористых теплоизоляционных материалов можно исключить при использовании для их изготовления силикат-натриевых композиционных вяжущих. Это связано с основными принципами, заложенными при синтезе этих вяжущих:

1. Основными компонентами силикат-натриевого композиционного вяжущего (СНКВ) являются жаростойкие минеральные наполнители, совместно молотые с безводным силикатом натрия (БСН), что способствует предотвращению разрушения пены;

2. Придание вяжущих свойств композиции из БСН и последующее ее упрочнение осуществляется в процессе низкотемпературной обработки при температуре 90-180°C в течение нескольких часов в зависимости от размера изделий. Следовательно, отпадает необходимость длительной сушки (в течение нескольких суток) и обжига при высоких температурах, характерного для обжиговых изделий, что, в свою очередь, снизит энергоемкость технологического процесса при получении теплоизоляционных материалов из СНКВ путем пенообразования.

Методы исследования. Формирование структуры жаростойких материалов на основе безводных СНКВ – сложный физико-химический процесс, определяемый в основном физическим взаимодействием и химическими реакциями между БСН и жаростойкими наполнителями [3–6]. Вяжущие свойства этих композиций проявляются, главным образом, вследствие приобретения БСН адгезионных свойств, определяющих клеящую способность этого компонента, и когезионной прочности клеевых контактов, прочность и долговечность которых, в свою очередь зависят от условий их образования. При этом, растворение БСН непосредственно в самой композиции – основной наиболее важный процесс от полноты завершения которого зависит дальнейшее структурообразование вяжущего и материалов на его основе.

Известно [3–6], что основными факторами, влияющими на растворение БСН, следовательно, клеящую способность являются его кремнеземистый модуль, дисперсность, количество воды, температура и продолжительность растворения, а также равномерное его распределение в композиционном вяжущем и получаемом из этого вяжущего теплоизоляционном материале.

Поэтому изучение влияния этих факторов на процесс растворения БСН непосредственно в самой композиции при наличии в его составе пенообразователя является одной из задач, решение которой будет способствовать получению высокопористой структуры теплоизоляционного материала с заданными свойствами.

Растворимостью БСН [3], следовательно, его клеящей способностью, можно управлять путем изменения дисперсности его частиц, соотношения компонентов, температурных условий и т.д.

Поэтому, предметом наших исследований является изучение растворимости БСН в условиях, идентичных технологии приготовления пеношамот-силикат-натриевых композиций вяжущего (ПШСНК), а также его температурной обработки, необходимой для растворения БСН и закрепления клеевых контактов между компонентами теплоизоляционного материала на основе этих композиций.

Следует отметить, что, для сравнения, растворимость БСН изучали не только в пенокомпозиции, а также в идентичных условиях вне композиции без пенообразователя.

В качестве основного связующего компонента нами использовалась молотая силикат-глыба (ГОСТ13079-81) с силикатным модулем 2,6-3,0.

Тонкомолотым жаростойким компонентом являлась дегидратированная (при температуре 900°C) сланцевая глина, химический состав, которого, % по массе: Al_2O_3 – 27,22; SiO_2 – 66,44; Fe_2O_3 – 2,52; TiO_2 – 0,89; примеси – 2,41.

В качестве пенообразователя в работе использовался ПО «Пеностром» (ТУ №2481-001-22299560-99), так как в результате предварительных исследований нами выявлено, что технические характеристики пенообразователя, в частности, рН = 7,5 – 10, хорошо подходят для решения поставленной задачи.

СНКВ готовили из указанной дегидратированной сланцевой глины и БСН (состав 80:20, в % по массе) путем совместного помола в шаровой мельнице до

удельной поверхности $2500 \text{ см}^2/\text{г}$, в дальнейшем – шамот-силикат-натриевое композиционное вяжущее (ШСНКВ). Затем из этого композиционного вяжущего готовили раствор сметанообразной консистенции, соответствующей распыль-ву по вискозиметру Суттарда – 90-100 мм. Далее, в приготовленный раствор вводили пену, полученную из указанного выше пенообразователя. Средняя плотность пены находилась в пределах $55\text{-}60 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Приготовленная таким образом смесь ШСНКВ подвергалась предварительному изучению влияния кремнеземистого модуля и дисперсности БСН, а также температуры на время растворения БСН.

Вначале было изучено влияние кремнеземистого модуля на растворимость БСН в пенокомпозиции, результаты которого, приведены на рис. 1.

Откуда следует, что с увеличением кремнеземистого модуля с 2,6 до 3,0 время растворения БСН как в композиции, так и вне ее увеличивается около трех раз. Причем, наиболее интенсивное растворение БСН происходит в пеношамот-силикат-натриевой композиции (ПШСНК), так как при равномерном распределении частиц БСН в ее объеме, последние находятся в растворе пенообразователя с повышенной концентрацией водородных ионов ($\text{pH} = 7,5 - 10$).

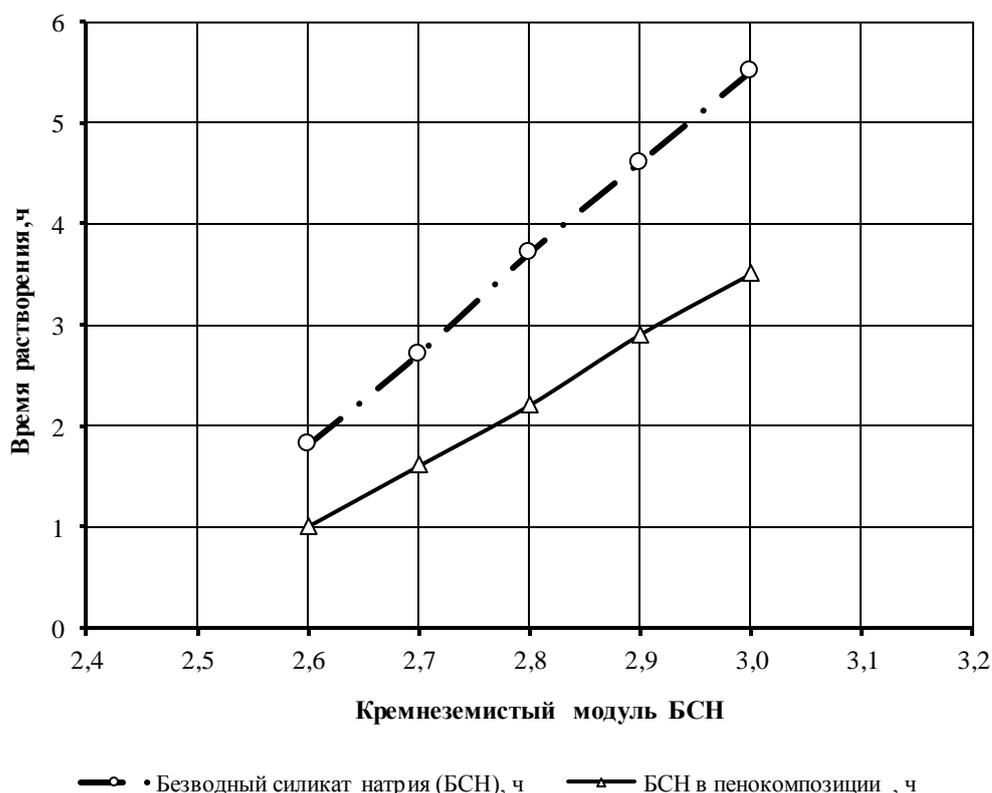


Рисунок 1 - Влияние кремнеземистого модуля на растворимость БСН

В дальнейших исследованиях при изучении растворимости БСН, была использована силикат-глыба с кремнеземистым модулем 2,8, как наиболее распространенный при изготовлении жаростойких бетонов. На рис. 2 приведены результаты определения растворимости БСН в зависимости от дисперсности его частиц. Сопоставление их с результатами исследований других авторов [7] показывает, что с увеличением удельной поверхности БСН, впрочем, как и

многих других веществ, ее растворимость повышается. Как и в предыдущем опыте, этот процесс наиболее интенсивно, в зависимости от дисперсности БСН, происходит в пеношамот-силикат-натриевой композиции. При этом время растворения БСН в композиции по сравнению с растворением его вне композиции сокращается почти в 1,5 раза.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Нами проводились также исследования по изучению влияния температуры на растворимость БСН непосредственно в ПШСНК в интервале температур 20-100°C. Для этого, нами были созданы идентичные условия экспериментов по времени растворения, количеству пенообразователя и консистенции смеси.

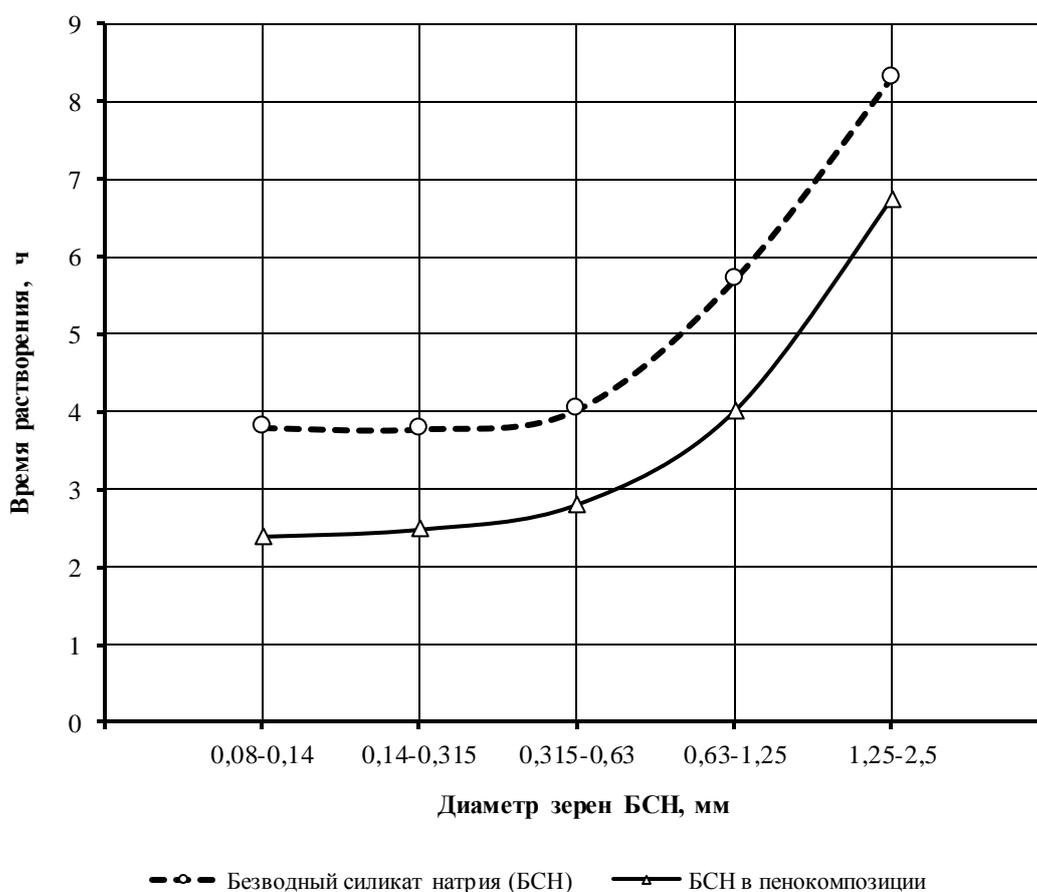


Рисунок 2 - Влияние дисперсности БСН с модулем 2.8 на его растворимость

Анализ результатов этих исследований, приведенные на рис. 3, показывают, что с повышением температуры от 20 до 80-90°C его растворимость увеличивается и достигает 97-99%, а при температуре 100°C уменьшается до 89%, что обусловлено нехваткой воды для растворения тонкоизмельченного БСН ($S_y = 2500 \text{ см}^2/\text{г}$), за счет интенсивного испарения ее при этой температуре. Поэтому при дальнейшем изучении растворимости БСН в максимально приближенных к реальным условиям получения сырца из смеси ПШСНК, за оптимальную температуру растворения было принято 80-90°C.

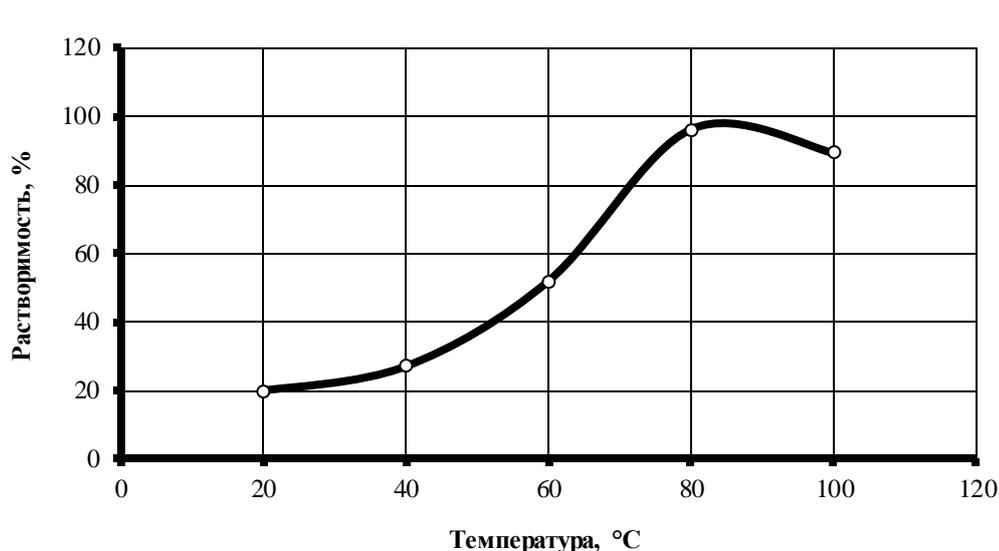


Рисунок 3 - Влияние температуры на растворимость БСН с модулем 2,8 в пенокомпозиции

В дальнейших исследованиях при изучении влияния температуры тепловой обработки и содержания БСН на усадку ПШСНК параллельно проводились две серии опытов: первая с добавлением в смесь 10% по массе пористого перлитового песка, а вторая без этой добавки (см. рис. 4–5).

Для проведения дальнейших опытов образцы, отформованные в металлических формах путем заливки ПШСНК без использования вибрации, помещали для тепловой обработки в лабораторный сушильный шкаф и сушили по режиму: подъем температуры от 20 до 90°C – 2 часа, с выдержкой при этой температуре – 3 часа; далее подъем температуры до 180°C – 2 часа и выдержка при этой температуре – 3 часа. Затем шкаф отключали и образцы охлаждались до комнатной температуры. При таком режиме тепловой обработки происходит наиболее интенсивное растворение БСН при температуре 90-95°C, а дальнейший подъем температуры до 180°C обеспечивает его обезвоживание.

В процессе тепловой обработки, через каждые 20°C определяли усадку ПШСНК, результаты которых приведены на рис. 4. С повышением температуры усадочные деформации значительно увеличиваются (8%) вплоть до 90°C, затем в интервале температур 90-100°C усадка стабилизируется, а при дальнейшем подъеме температуры до 180°C отмечается некоторый прирост объема образца из ПШСНК (1–3%).

Значительный рост усадки образцов до 90°C объясняется тем, что каркас из твердых компонентов (тонкомолотые шамот и БСН), обеспечивающий устойчивость ПШСНКВ путем покрытия поверхности пузырьков пены определенным слоем твердых компонентов, в процессе тепловой обработки претерпевает изменения, связанные с интенсивным растворением тонкомолотых частиц БСН, которая сопровождается существенным увеличением усадочных деформаций.

Рост объема образцов ПШСНК при 120-180°C объясняется его вспучиванием за счет обезвоживания (образованного при температуре 80-90°C водного раствора БСН), а вязкость ПШСНК оказывается достаточно высоким для прорыва паров воды, образованных при интенсивном обезвоживании.

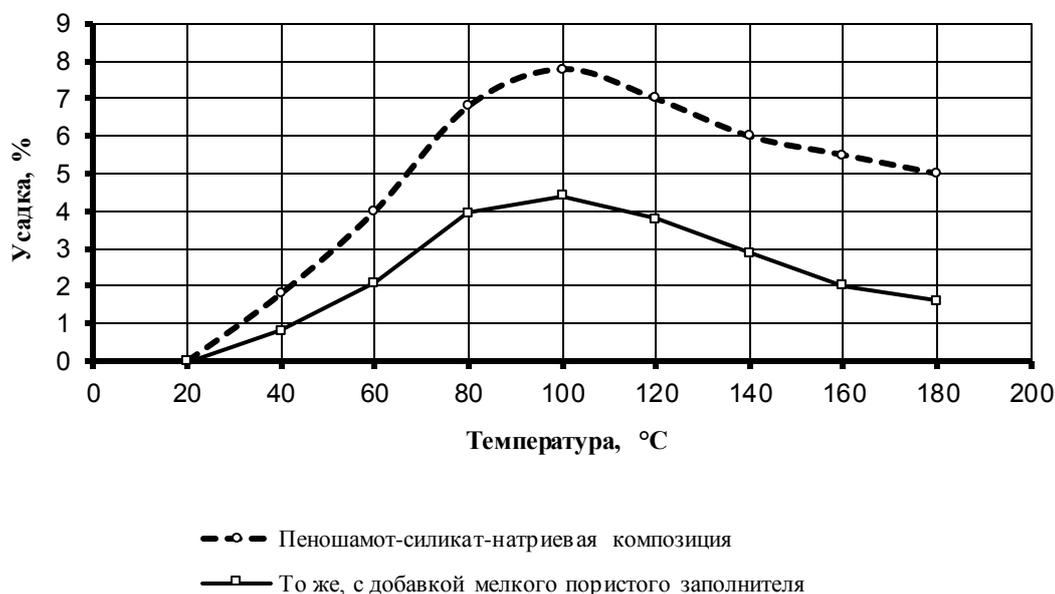


Рисунок 4 - Влияние тепловой обработки на усадочные деформации пеношамот-силикат-натриевой композиции

Одним из определяющих факторов создания высокопористой структуры жаростойкого теплоизоляционного материала разрабатываемого на основе ПШСНК является предельное содержание БСН в композиции. Повышение содержания БСН в композиции нежелательно из-за большого количества щелочи, которая при этом образуется, так как это существенно снижает рабочую температуру жаростойкого теплоизоляционного материала, полученного на основе ПШСНК.

Поэтому дальнейшие наши исследования были направлены на изучение влияния содержания БСН на усадочные процессы, определяющие высокопористую структуру теплоизоляционных материалов, разрабатываемых на основе ПШСНК, результаты которых приведены на рис. 5.

Результаты проведенного исследования показывают, что с повышением содержания БСН усадочные деформации растут за счет обводнения в процессе тепловой обработки тонко измельченных частиц БСН. При этом ПШСНК уплотняется, следовательно, повышается плотность и прочность материала.

Эти исследования подтверждают необходимость создания каркаса из твердых компонентов, менее подверженного усадочным деформациям при сушке. Усадочные деформации, в основном, возникают из-за растворения тонко измельченного силиката натрия, выполняющего роль каркаса совместно с тонкомолотым шамотом, которые на первом этапе обеспечивали устойчивость пеномассы.

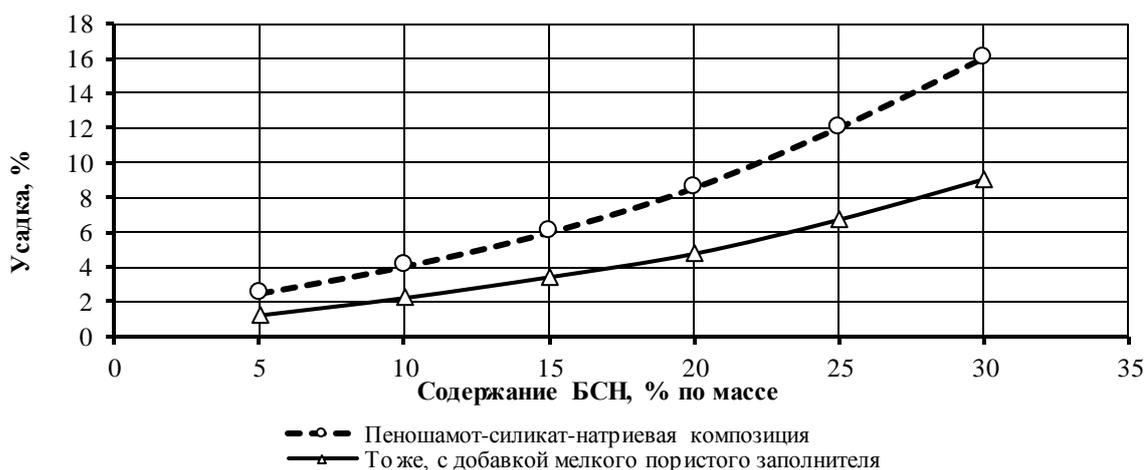


Рисунок 5 - Влияние содержания БСН на усадку пеношамот-силикат-натриевой композиции

Следует отметить, что клеящая способность силиката натрия в 3-5 раз выше, чем у традиционных вяжущих веществ, связка из БСН характеризуется высокой плотностью, что предопределяет повышенную прочность межпоровых перегородок в высокопористой структуре ПШСНК. Кроме того, использование в качестве связки сухого зернистого БСН позволяет добиться высокой степени его гомогенизации в смеси, открывает возможность значительного снижения БСН – легкоплавкого составляющего в массе.

Вывод. Резюмируя теоретические положения и проведенные экспериментальные исследования для изучения возможности получения безобжигового теплоизоляционного материала на основе ПШСНК можно отметить следующее. Основными факторами влияющими на растворение БСН, следовательно, на вяжущие свойства ПШСНК являются: кремнеземистый модуль, дисперсность и равномерное распределение БСН, температура нагрева и др. Добавка в ПШСНК до 10% пористого мелкого заполнителя (перлита) существенно снижает усадочные процессы и создает благоприятные условия для формирования структуры теплоизоляционного материала на основе этих композиций. Для снижения усадочных деформаций и связанных с ним деструктивных процессов необходимо произвести предварительный разогрев (при 90°C) силикат-натриевой смеси до введения пены для получения высоковязкой устойчивой структуры ПШСНК. Водный раствор БСН (жидкое стекло), образованный в силикат-натриевой смеси в процессе предварительного разогрева повысит в целом вязкость ПШСНК, следовательно, устойчивость поровой структуры смеси (после введения пены) до последующего упрочнения ее обезвоживанием при подъеме температуры до 180°C (сушка изделий).

Таким образом, проведенные исследования подтверждают возможность получения на основе ПШСНК безобжиговых жаростойких теплоизоляционных материалов.

Библиографический список:

1. Огнеупоры: материалы, изделия, свойства и применение: Каталог-справочник. В 2-х книгах. Книга 1 /под ред. И. Д. Кашеева. – М: Теплоэнергетик, 2003.– 336 с.

2. Огнеупоры: материалы, изделия, свойства и применение: Каталог-справочник: В 2-х книгах. Книга 2 / Под ред. И. Д. Кащеева. – М.: Теплоэнергетик, 2003. – 320 с.
3. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций. М.: Стройиздат, 1988. 208 с.
4. Тотурбиев Б.Д., Печеный Б.Г., Мантуров З.А., Тотурбиев А.Б. Теплоизоляционный пенобетон неавтоклавно твердения на бесцементном композиционном вяжущем.- Махачкала: ДНЦ РАН, 2006.- 154 с.
5. Тотурбиев Б.Д., Зайналов Ш.М., Мантуров З.А., Тотурбиев А.Б. Модифицированный безобжиговый пеношамотный жаростойкий теплоизоляционный материал.- Изв. высших учебных заведений. Северо-кавказский регион. Технические науки, 2006. Приложение 3.
6. Мантуров З.А. Карборунд-шамот-силикат-натриевое композиционное вяжущее как основа для получения безобжиговых жаростойких теплоизоляционных материалов//Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки, №23.-Махачкала, 2011. С.117-126.
7. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. СПб.: Стройиздат, 1996. 216с.
8. Тарасова А.П. Жаростойкие бетоны на жидком стекле и бетоны на их основе. М.: Стройиздат, 1982. 130 с.

References:

1. Refractories: materials, properties and applications: a reference Catalog. In 2 books. Book 1, edited by I. D. Kashcheev. – M: Power Engineering, 2003.– 336p.
2. Refractories: materials, properties and applications: Catalogue-reference book: In 2 books. Book 2 , edited by I. D. Kashcheev. – M.: Power Engineering, 2003. – 320 p.
3. Toturbiev B. D. Construction materials based on silicate-sodium compositions. M.: Stroyizdat, 1988.-208 p.
4. Toturbiev B. D., B. G. Pecheny, Manturov Z. A., Toturbiev A. B. thermal Insulation foam concrete of non-autoclave hardening on cementless composite binder.- Makhachkala: Dagestan scientific center RAS, 2006.-154p.
5. Toturbiev B. D., Zeynalov S. M., Manturov Z. A., Toturbiev A. B. chemically Modified peasantry heat-resistant insulating material.- Izv. institutions of higher education. The North Caucasus region. Engineering science, 2006. Appendix 3.
6. Manturov Z. A. Carborundum-grog-silicate-sodium composite knitting-binders as the basis for obtaining a non-fired heat resistant insulation materials, Herald of the Dagestan state technical University. Technical sciences, No.23.-Makhachkala, 2011. pp.117-126.
7. Korneev V.I., Danilov V.V. Soluble and liquid glass. SPb.: Stroyizdat, 1996. - 216p.
8. A.P. Tarasova, Heat-Resistant concretes on the liquid glass and concretes produced on their basis. M.: Stroyizdat, 1982 - 130p.

УДК 691.32

Аласханов А.Х., Алиев С.А., Муртазаев С.-А.Ю., Успанова А.С.

РЕЦЕПТУРА ВОДОСТОЙКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ С КОМПОНЕНТАМИ ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Alaskhanov A.H., Aliev S.A., Murtazaev S-A.Y., Uspanova A.S.

COMPOUNDING WATERPROOF COMPOSITE PLASTER KNITTING WITH COMPONENTS OF TECHNOGENIC ORIGINS

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследования, разработанных авторами рецептур водостойких композиционных гипсовых вяжущих с комплексным использованием золошлаковых отходов Грозненской ТЭЦ. Изучен характер влияния кремнеземсодержащих компонентов из техногенного сырья Чеченской Республики на процессы структурообразования системы «гипс – цемент – золошлаковая минеральная добавка – СП – вода» при твердении водостойкого композиционного гипсового вяжущего (КГВ). Изучено влияние химических добавок на свойства КГВ, позволяющих регулировать реологические свойства смесей и технические характеристики бетонов.*

***Ключевые слова:** композиционные гипсовые вяжущие, наполнитель, золошлаковые смеси, водостойкие вяжущие, техногенное сырье, мелкозернистые бетоны на композиционных гипсовых вяжущих, активность и сроки схватывания композиционного гипсового вяжущего, экономический эффект.*

***Abstract.** In article results of research, the compoundings of the waterproof composite plaster waste of the Grozny combined heat and power plant knitting with complex use the zoloshlakovykh developed by authors are provided. Nature of influence the kremnezemsoderzhashchikh of components from technogenic raw materials of the Chechen Republic on processes of structurization of system "plaster – cement – a zoloshlakovy mineral additive – the joint venture – water" is studied when curing waterproof composite C CC (CCC). Influence of the chemical additives on KGV properties allowing to regulate rheological properties of mixes and technical characteristics of concrete is studied.*

***Key words:** composite plaster knitting, the filler, zoloshlakovy mixes waterproof knitting, technogenic raw materials, fine-grained concrete on composite plaster knitting, activity and terms of the skhvatyvaniye composite plaster knitting economic effect.*

Введение. Решением проблемы повышения водостойкости гипса и увеличения механической прочности занимались и занимаются многие российские и зарубежные исследователи: А.А. Антипин, П.И. Боженков, П.П. Будников, Г.Г. Булычев, А.В. Волженский, Г.Д. Копелянский, А.В. Ферронская, В.И. Стамбулко, В.Ф. Коровяков, В.П. Балдин и др. Область применения гипсовых материалов и изделий ограничена относительной влажностью помещений до 60-75 %. В

связи с этим, многие исследователи ведут работы по повышению водостойкости гипсового вяжущего и гипсовых изделий [1-3]. По мнению П.П. Будникова и др., основной причиной низкой водостойкости гипсовых изделий является относительно высокая растворимость гипса, составляющая 2,04 г/л CaSO_4 при 20 °С. При увлажнении в порах изделий за счет растворения кристаллов дигидрата образуется насыщенный раствор сульфата кальция, вследствие чего, связь между кристаллами ослабевает, и прочность изделий снижается [2-4].

П.А.Ребиндер и некоторые другие ученые считают, что причиной снижения прочности затвердевшего гипсового вяжущего при увлажнении является адсорбция влаги внутренними поверхностями микрощелей и возникающее при этом расклинивающее действие водных пленок, в результате которого отдельные микроэлементы кристаллической структуры разъединяются. При этом адсорбционный эффект усугубляется пористостью гипсовых материалов. Низкая водостойкость ГВ обусловлена высокой растворимостью дигидрата сульфата кальция, его высокой проницаемостью и расклинивающим действием молекул воды при проникании в межкристаллические полости. Структура затвердевшего ГВ характеризуется высокой сообщающейся пористостью с размером пор в пределах 1,5-3 мкм, удлиненными кристаллами дигидрата сульфата кальция, которые имеют между собой точечные соединения, имеющие тенденции к разрыву при небольших напряжениях. Кроме того, дигидрат сульфата кальция характеризуется достаточно большим объемом межплоскостных (межкристаллических) пространств (полостей), в которые проникает вода, ослабляя связи и растворяя гипс [5,6].

Известны многочисленные способы повышения водостойкости гипса: повышение водостойкости гипса достигается уменьшением растворимости в воде сульфата кальция, уплотнением гипсовой массы, пропиткой веществами, препятствующими прониканию в них влаги. В последние годы некоторых исследователей привлекает гипотеза, по которой взаимодействие различных вяжущих с водой, особенно полиминеральных, в реальных условиях протекает одновременно по смешанной схеме: по А. Ле Шателье - с растворением части вещества в воде, последующей гидратацией его и переходом в осадок гидрата, а также топомимически по А.А. Байкову - с прямым присоединением воды к твердой фазе.

В настоящее время доказано, что один из основных путей повышения водостойкости гипсового вяжущего – введение в него веществ, вступающих с ним в химическое взаимодействие с образованием водостойких и твердеющих в воде продуктов как в результате химической реакции с гипсовым вяжущим, так и вследствие собственной гидратации. Такими веществами являются портландцемент и молотые гранулированные доменные шлаки, об использовании которых отмечено в работах [7,11]. Применение портландцемента в качестве добавки к гипсу часто приводило к противоречивым результатам. В одних случаях водостойкость повышалась и увеличивалась прочность в начальные сроки твердения, в других случаях при повышении водостойкости образцы, обладая в начале достаточной механической прочностью, разрушались через 30-40 суток.

Постановка задачи. Одним из направлений повышения водостойкости гипсовых вяжущих является создание гипсоцементно-пуццолановых вяжущих (ГЦПВ), а также разработка технологии ГЦПВ. Наиболее устойчивыми и эффективными являются композиции нового поколения - композиционные гипсовые вяжущие низкой водопотребности (КГВ), которые предложены и всесторонне исследованы в МИСИ им. В. В. Куйбышева (МГСУ) и других организациях А. В. Волженским, В. И. Стамбулко, А. В. Ферронской, В. Ф. Коровяковым и др. на основе применения достижений нанотехнологии и физико-химической механики в области строительных материалов, в том числе вяжущих веществ. Эти композиции состоят из гипсового вяжущего вещества, портландцемента и надлежащего количества пуццолановых гидравлических добавок, содержащих кремнезем в активной форме, и способны твердеть без разрушительных деформаций во влажной среде и водных средах при такой же скорости схватывания, как и у полуводного гипсового вяжущего. В отличие от портландцемента изделия из этих вяжущих во многих случаях не требуют тепловлажностной обработки, так как уже через 2-4 часа после изготовления набирают до 30-40% конечной прочности [8-15].

Другим достаточно известным водостойким гипсовым вяжущим является гипсоизвестково-шлаковое вяжущее (ГИШВ), разработанное в Уральском политехническом институте и внедренное на Красноуфимском заводе строительных материалов. Разработанные вяжущие, в отличие от неводостойких гипсовых вяжущих, обладают универсальностью свойств, проявляющейся в способности к гидравлическому твердению, меньшей склонностью к ползучести и достаточной долговечностью [10]. Но, несмотря на высокую технико-экономическую эффективность строительных материалов из таких вяжущих, их применение в строительстве в настоящее время недостаточно. Поэтому повышение эффективности ГВ и бетонов на их основе, направленное на совершенствование и улучшение технологических, функциональных, эксплуатационных свойств, расширение области применения гипсовых вяжущих является актуальной проблемой.

Кроме того, для Чеченской Республики широкое использование гипсовых вяжущих при возведении и отделке зданий и сооружений особенно актуально: имеются большие запасы разведанных месторождений гипса; использование материалов на основе гипсовых вяжущих создает более комфортные условия для пребывания человека в помещении в различных климатических зонах при большом диапазоне изменения температурно-влажностных параметров; сроки производства работ с использованием бетонов и растворов на основе гипсовых вяжущих в несколько раз ниже, чем при работе с аналогичными материалами на основе портландцемента и др.

Методы исследования. Поэтому важнейшим направлением научных исследований в строительном материаловедении является совершенствование технологии производства гипсосодержащих композитов, улучшение их функциональных и эксплуатационных свойств, что будет способствовать развитию «зеленого строительства и производству «зеленых» высокоэффективных строи-

тельных материалов.

Экспериментальные исследования по разработке рецептур водостойких композиционных гипсовых вяжущих с комплексным использованием золошлаковых смесей проводились в лабораториях и испытательных центрах Грозненского государственного нефтяного технического университета имени академика М.Д. Миллионщикова и Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова.

При проведении экспериментальной части работы использованы следующие материалы:

- портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н Чири-Юртовского цементного завода (таблица 1);

- шлаковый песок и зола из отвалов ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 Заводского района г. Грозный для получения тонкомолотых минеральных добавок (таблицы 2 и 3);

- гипсовое вяжущее β -модификации марки Г-5Б II Астраханского гипсового комбината (таблица 4);

- химические добавки: суперпластификатор Полипласт СП-1, лимонная кислота;

- вода водопроводная.

Таблица 1 – Физико-механические свойства Чири-Юртовского цемента

Номер партии цемента	Нормальная густота цементного теста, %	Сроки схватывания цементного теста нормальной густоты, ч-мин	
		начало	конец
1	25,50	2-30	3-50
2	25,50	1-40	5-30
3	27,12	1-45	4-45
4	24,20	1-50	3-30

Основные характеристики и показатели качества песка в соответствии с требованиями ГОСТ 8735-01: содержание пылевидных и глинистых частиц – 2,5%, средняя плотность зерен – 2,62 г/см³, средняя насыпная плотность – 1560 кг/м³, пустотность песка – 40,5%, водопотребность – 10,8%.

Таблица 2 – Показатели свойств тонкомолотых минеральных добавок из золошлаковой смеси

Показатель	Тонкомолотые минеральные добавки	
	зола-уноса	шлак
Удельная поверхность по ПСХ-2, м ² /кг	690	470
Объем пор с R<19,4 нм, см ³ /кг	18	3

Таблица 3 – Химический состав золы-уноса и шлака

Вид добавки	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
Шлак	67,46	15,05	2,65	0,36	0,54	5,45	5,16	2,59	0,24

Зола-уноса	32,44	5,57	31,37	0,28	2,35	19,80	2,02	0,86	1,28
------------	-------	------	-------	------	------	-------	------	------	------

Таблица 4 – Физико-механические свойства гипсового вяжущего

Наименование показателей	Единицы измерения	Значение
Тонкость помола, максимальный остаток на сите с размером ячеек 0,2 мм	%	10
Нормальная густота	–	0,48
Сроки схватывания:		
начало	мин, сек	6'30"
конец	мин, сек	10'30"
Предел прочности при изгибе	МПа	2,4
Предел прочности при сжатии	МПа	5,0
В высушенном до постоянной массы состоянии	МПа	12,6
В насыщенном водой состоянии	МПа	4,3
Коэффициент размягчения	–	0,34

Результаты эксперимента и их обсуждение. В данной работе было предложено использовать в качестве активных минеральных добавок в составе КГВ промышленные отходы (золу-уноса и шлак Грозненской ТЭЦ Чеченской Республики). Зола-уноса – сухой тонкодисперсный продукт пылеулавливания, образующийся на тепловых электростанциях при сжигании углей (антрацита, тощего каменного угля, каменного угля, бурого угля). Для золы-уноса нормируются: потеря массы при прокаливании (п.п.п.), содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$ (для основных зол, менее 5%), MgO (5%), а также SO_3 и щелочных оксидов в пересчете на Na_2O . Дисперсность зол характеризуется удельной поверхностью 150-300 м²/кг при остатке на сите № 008 -15-30 %.

Минералогический состав кислых зол представлен алюмосиликатным стеклом, содержат также силикаты и алюминаты кальция и несвязанную (свободную) CaO . В золах содержится также от 0,5 до 20 % несгоревших частиц угля, что является отрицательным фактором при их использовании в цементных композициях [13]. Характеристики материалов в соответствии с требованиями ГОСТ 25592-91, ГОСТ 25818-91, ГОСТ 26644-85. Плотный дробленый шлак фракции 1-4 мм с $M_{\text{кр}} = 2,77$ имеет насыпную плотность 1200-1400 кг/м³, плотность – 1,8 г/см³. Портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н Чири-Юртовского цементного завода. Плотность 3,09 г/см³, насыпная плотность 1300 кг/м³, водопотребность – 20,5%, начало схватывания – 1,25 ч, конец – 6,8 ч. Суперпластификатор Полипласт СП-1, применяемый в работе в качестве добавки, представляет собой смесь натриевых солей полиметилена нафталинсульфоокислот различной молекулярной массы. Добавка суперпластификатор Полипласт СП-1 выпускается в форме водорастворимого порошка коричневого цвета или водного раствора темно-коричневого цвета, показатели качества которых, должны соответствовать требованиям ТУ 5870-005-58042865-05. Принцип действия суперпластификаторов основывается на рассеянии статических зарядов и пространственной

стабилизации частиц вяжущего вещества, что приводит к их высокоэффективному диспергированию и дефлокуляции. Подвижность и перерабатываемость пластифицированного раствора значительно увеличивается, а водопотребность смеси существенно снижается.

В качестве добавки применялась и лимонная кислота (2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновая кислота) $C_6H_8O_7$ – кристаллическое вещество белого цвета, хорошо растворима в воде, растворима в этиловом спирте, малорастворима в диэтиловом эфире. Слабая трехосновная кислота. Соли и эфиры лимонной кислоты называются цитратами. Лимонная кислота – натуральный или синтетический антиоксидант. В производстве мелкозернистого бетона на композиционном гипсовом вяжущем, лимонную кислоту применяют как замедлитель схватывания.

Для создания долговечных КГВ в первую очередь необходимо выбрать состав смеси, для чего следует: правильно подобрать соотношение между вяжущим и активной минеральной добавкой; в зависимости от назначения и условий работы изделий и конструкций установить содержание компонентов в составе КГВ – гипсового вяжущего и портландцемента с активной минеральной добавкой.

Первое условие обеспечивает стабильность затвердевшего КГВ, предотвращая возможность образования во времени этtringита и развития разрушительной гидросульфатоалюминатной коррозии. Выполнением второго условия достигается повышение водостойкости КГВ и эксплуатационных свойств изделий.

В работе была рассмотрена возможность использования золошлаковых отходов ТЭЦ г. Грозного в качестве активной минеральной добавки в составе композиционного гипсового вяжущего. Введение минеральных добавок в гипсоцементные композиции позволяет влиять на этапы твердения и способствовать изменению конечных свойств материалов. Способностью к непосредственному взаимодействию с водой топливные золы и шлаки, как правило, не обладают. В то же время, аморфные компоненты зол и шлаков обладают пуццолановой активностью, т.е. способностью при обычных температурах связывать гидрат окиси кальция с образованием нерастворимых соединений. Более значительная роль в этом принадлежит минералогическим показателям.

Химический и минерально-фазовый состав зол и шлаков ТЭЦ, их строение и свойства зависят от состава минеральной части топлива, от режима его сжигания и теплотворной способности, от способа улавливания и удаления золы и шлака, от места их отбора. Реакционная способность по отношению к гидрату окиси кальция у них различна и связана с температурными превращениями каолиновых глин при сжигании топлива. Обладающий большой удельной поверхностью метакаолинит $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ активно реагирует с $Ca(OH)_2$ при обычных температурах с образованием гидросиликатов кальция и гидрогеленита по следующей реакции:



Активность образующихся при более высоких температурах аморфных SiO_2 и Al_2O_3 заметно меньше, что объясняется резким снижением удельной поверхности вследствие спекания и кристаллизации новообразований.

Высокотемпературное спекание и плавление глинистых минералов резко снижает их удельную поверхность и, соответственно, активность, поэтому стеклофаза зол и шлаков малоактивна при обычных температурах. В зависимости от скорости охлаждения стекловидные частицы получают плотное или пористое строение.

В работе установлено, что количество пор, сосредоточенных на поверхности частиц золы-уноса, по сравнению со шлаком, больше и, она обладает значительно большей полной удельной поверхностью (таблица 2).

Гидравлическая активность является наиболее важным свойством золошлаковых смесей ТЭЦ, обуславливающим возможность их применения в составе вяжущих веществ и растворов. Увеличение их удельной поверхности повышает реакционную способность минералов, способствуя устранению условий образования и накопления этtringита за счет связывания гидроксида кальция активированным кремнеземом и уменьшения количества алюминатных составляющих за счет ускоренной гидратации портландцемента, что обуславливает повышение прочности и долговечности сформировавшейся структуры затвердевших КГВ и бетонов на их основе. В составе зол и шлаков ею обладают продукты обжига глины: аморфизованное глинистое вещество типа метакаолинита, аморфные SiO_2 и Al_2O_3 , алюмосиликатное стекло. Из химического состава минеральных добавок (см. табл. 3) видно, что они содержат SiO_2 и Al_2O_3 (шлак в 2 раза больше, чем зола-уноса), которые в измельченном виде способны при обычных температурах связывать гидрат окиси кальция с образованием нерастворимых соединений, т.е. обладают пуццолановой активностью, следовательно, могут быть использованы при производстве КГВ в качестве активных минеральных добавок. Более кислые минеральные добавки обладают повышенной активностью, о чем можно судить по величине глиноземного модуля или модуля активности (таблица 5).

Таблица 5 – Сопоставление характеристик ЗШС ТЭЦ г. Грозный

Наименование модуля	Значение показателя, %	
	в шлаке	в золе-уноса
Глиноземный модуль, $p = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3$	5,68	0,50
Модуль основности, $M_o = \text{CaO} + \text{MgO} / \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$	0,07	0,38
Модуль активности, $M_a = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$	0,22	0,11

От гранулометрического, химического и фазового состава золы зависит ее насыпная плотность, которая для различных зол находится в пределах 600-1300 кг/м³. Истинная плотность золы различных углей может колебаться от 1750 до 3500 кг/м³ и в среднем составляет 2100 - 2400 кг/м³. Топливные гранулированные шлаки имеют крупность зерен 10 - 15 мм, истинную плотность 2830 - 3260 кг/м³, насыпную плотность 1100 – 1300 кг/м³.

В работе были проведены сравнительные исследования гранулометрического состава минеральных добавок (золы-уноса и шлака) методом лазерной гранулометрии, позволяющим определять размеры частиц (от 0,2 до 600 мкм) и

процентное содержание их в анализируемом материале. Кривые гранулометрического состава шлака и золы-уноса с удельной поверхностью 470 и 690 м²/кг соответственно, показали (рисунок 1), что основной диапазон размеров частиц золы-уноса, в который попадает более 90 % материала, ограничивается фракциями (18,15...201 мкм); а частиц шлака – фракциями (1,1...60,35 мкм).

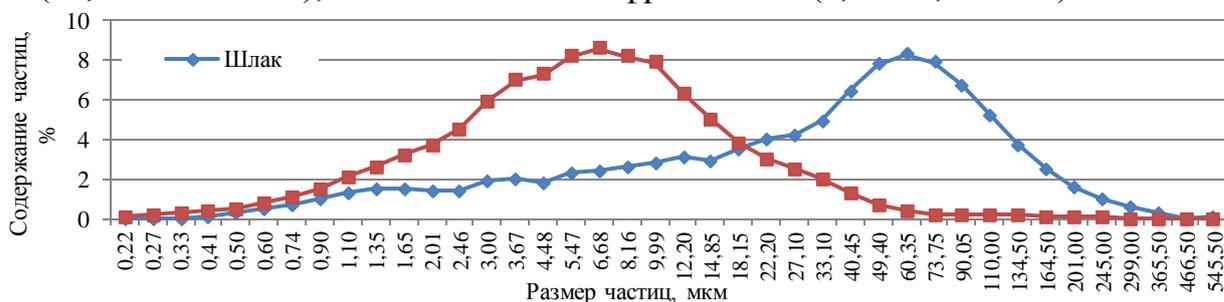


Рисунок 1– Сравнение распределения частиц по размерам золы-уноса и тонкомолотого шлака

Существует оптимальное значение тонкости помола вяжущего, при котором достигается максимальная прочность. Дальнейшее увеличение тонкости помола не только не способствует повышению прочности, но может привести к ее снижению. Это явление многими авторами объясняется увеличением водопотребности вяжущих вследствие значительного увеличения удельной поверхности зерен. Для устранения этого явления применяются добавки поверхностно-активных веществ, обладающих диспергирующими свойствами. Об эффективности действия исследуемых добавок свидетельствует снижение концентрации оксида кальция в растворе: для золы-уноса через 5 суток до 1,23...0,86 г/л, на 7-е сутки до 1,18...0,84 г/л, при обязательном соотношении Д/Ц=1:1,5; для шлака через 5 суток до 0,22...0,14 г/л, на 7-е сутки до 0,15...0,13 г/л, при обязательном соотношении Д/Ц=1:0,5. (таблица 6, рисунок 2).

Таблица 6 – Изменение концентрации СаО в водной суспензии КГВ

№ п/п	Материалы			Концентрации СаО в водной суспензии КГВ			
	Гипс	Цемент	Мин. добавка	С золой-уноса		Со шлаком	
				Через			
				5 суток	7 суток	5 суток	7 суток
1	4	2,5	1,25	1,23	1,18	0,22	0,14
2	4	2,5	2,5	1,00	0,95	0,17	0,14
3	4	2,5	3,75	0,83	0,8	0,14	0,138

Полученные отношения между Д/Ц положены в основу расчета составов КГВ, которые были приняты следующими (таблица 7).

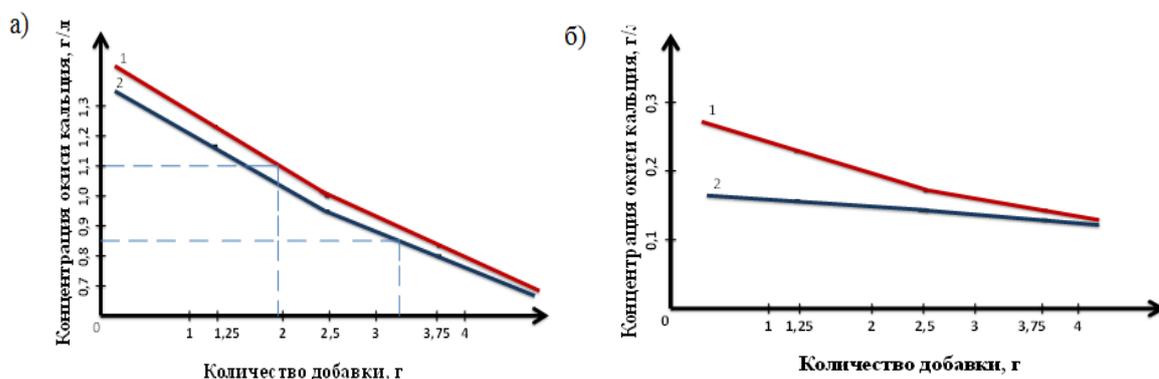


Рисунок 2 – Изменение концентрации СаО в водной суспензии КГВ при введении золы-уноса (а) и шлака (б)

Со снижением концентрации гидроксида кальция, постепенно исчезают условия образования высокоосновных гидроалюминатов кальция и этtringита. Учитывая полученные данные, рекомендуется применять следующие составы КГВ (% по массе): гипсовое вяжущее – 70, портландцемент – 12, зола-уноса – 18; гипсовое вяжущее – 70, портландцемент – 20, шлак – 10.

Таблица 7 – Составы КГВ, подобранные по ТУ 21-31-62-89

№ состава	Содержание компонентов, %			
	гипс	портландцемент	шлак	зола-уноса
1	70	20	10	-
2	70	12	-	18

Для регулирования сроков схватывания вяжущего использовали лимонную кислоту. Пластифицирующий эффект ПАВ устанавливали по консистенции паст при постоянном водовязущем отношении. Добавки вводились совместно с водой затворения. Анализ полученных результатов (таблица 8) показал эффективность применения исследуемых химических модификаторов.

Таблица 8 – Влияние химических добавок на свойства КГВ (с золой-уноса)*

№ П/П	Вид добавки	Содерж. добавки, мас.%	Расплав, м	Сроки схватывания, мин., с		Прочность при сжатии, МПа		
				начало	конец	2 ч.	7 сут.	28 сут.
1	Без добавки	—	0,120 0,180*	8-00	11-00	5,1	18,3	20,4
				8-30	11-30	3,4	13,4	14,1
2	Полипласт-СП-1	0,1	0,160	7-45	10-45	5,0	14,5	15,7
		0,3	0,180	7-30	10-30	4,4	13,9	14,7
		0,5	0,220	7-15	10-15	4,2	13,4	13,9
3	Лимонная кислота	0,03	0,160	18-45	25-15	4,8	9,2	10,4
		0,05	0,162	24-30	28-30	4,9	9,7	11,4
		0,07	0,162	29-30	34-30	5,0	10,2	11,9
4	Лимонная кислота Полипласт СП-1	0,05 + 0,3	0,265	30-00	35-15	4,3	13,2	13,8

*Примечание: В/Вяз = 0,46.

При дозировке суперпластификатора Полипласт-СП-1 – 0,1-0,5% от массы вяжущего, значительно увеличивается подвижность смеси (с 0,12 до 0,22 м). Выявлено, что эффективным замедлителем сроков схватывания является лимонная кислота. При дозировке лимонной кислоты 0,03–0,07 % замедляется начало схватывания от 8-00 до 34-30 мин. Установлено, что разработанная

комплексная химическая добавка (лимонная кислота – 0,05% + Полипласт-СП-1 – 0,3%) позволяет регулировать начало схватывания до 30 мин и скорость твердения КГВ.

Для оптимизации структуры и состава КГВ проводились комплексные исследования фазового состава, процессов гидратации и структурообразования камня на КГВ с кремнеземсодержащими добавками (с золой-уноса и шлаком) методами электронной микроскопии и РФА в различные сроки твердения: в 28 сут. и через 1 год. Для исследования микроструктуры был использован растровый электронный микроскоп Tescan MIRA 3, с проведением одновременно рентгеновского микроанализа образцов в возрасте 1 года, что позволяет существенно повысить информативность полученных результатов. Анализ такого рода осуществлялся с помощью энергодисперсионного анализатора путем измерения энергии (или длины волны) и интенсивности рентгеновского излучения, генерируемого при бомбардировке образца сфокусированным электронным пучком. Квант рентгеновского излучения, попадая на детектор, преобразуется в электрический импульс и величина этого импульса строго фиксирована (таблица 9).

Таблица 9 – Состав продуктов гидратации КГВ в точках микрозондирования

Элементный состав	Содержание элементов, масс.%, в точках микрозондирования				
	Изобр.1			Изобр.2	
	1	2	3	4	5
C	79,8	30,8	47,0	16,2	83,3
O	9,8	42,8	32,8	44,1	13,9
Si	1,4	3,8	3,2	5,5	0,7
Ca	6,7	20,2	12,0	22,2	2,2
Fe	0,6	0,2	2,3	5,2	-
Mg	0,1	0,1	-	1,7	-
S	0,7	0,8	0,7	2,1	-
Na	-	0,1	-	-	-
K	0,1	0,3	0,5	0,5	-
Al	0,7	0,7	1,5	4,0	-

Анализ микроструктуры показал: в возрасте 1 года в композициях КГВ с золой-уноса (рисунок 3) образуется рыхлая структура со значительным количеством пор, а также крупными и мелкими порами между кристаллами новообразований. В порах обнаружено скопление игольчатых кристаллов толщиной в несколько нм, которые вырастают, видимо, из матрицы С-S-H-геля, пронизывая поры, увеличивают число контактов и выполняют армирующую функцию.

В зависимости от времени образования они могут иметь длину от 5-10 нм (при толщине 0,1-0,2 нм) до 1-2 мкм (при толщине 0,1 мкм); обычно они образуют скопления частиц, растущих радиально от поверхности силикатных фаз. Волокнистые гидросиликаты выполняют армирующую функцию на раннем этапе гидратации. Несколько позднее, в условиях насыщенного известью раствора, гидросиликаты кальция приобретают морфологию дендритоподобных образований, создающих уплотненную оболочку вокруг частиц гипса.

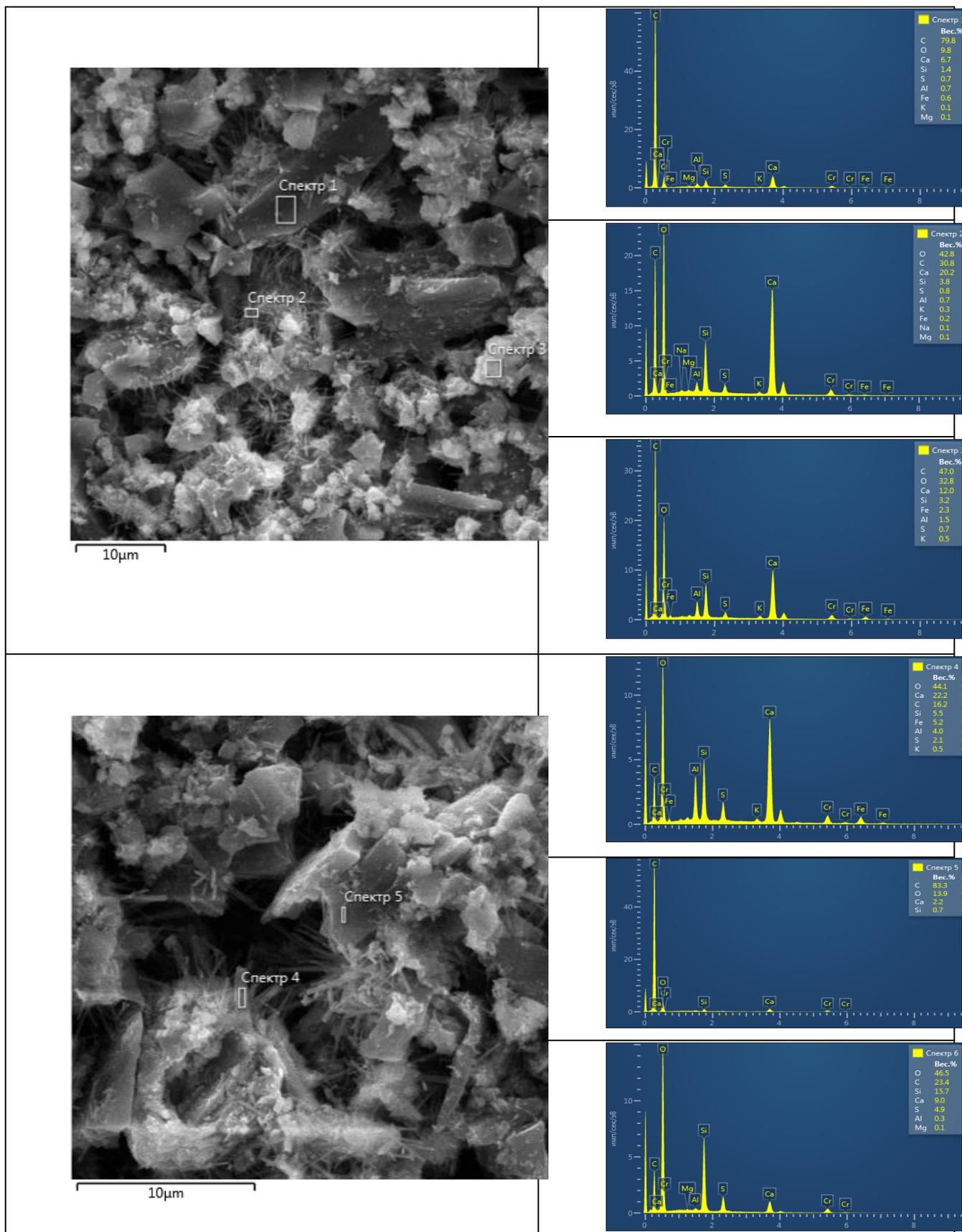


Рисунок 3 – Продукты гидратации КГВ с золой-уноса в точках микрозондирования

Полости между кристаллами дигидрата сульфата кальция заполняются мельчайшими частицами новообразований и ультрадисперсными частицами портландцемента и активной минеральной добавки, что способствует увеличению контактов между кристаллами. Когда оболочка становится достаточно толстой, частицы объединяются в непрерывную структуру. За счет гидросиликатов такой морфологии затвердевшее вяжущее приобретает прочность, повышается его плотность, водостойкость и долговечность.

Вывод. Разработаны рецептуры водостойких композиционных гипсовых вяжущих с комплексным использованием золошлаковых отходов Грозненской ТЭЦ.

Изучен характер влияния кремнеземсодержащих компонентов из техногенного сырья ЧР на процессы структурообразования системы «гипс – цемент – золошлаковая минеральная добавка – СП – вода» при твердении водостойкого КГВ.

Установлено, что на первой стадии быстрый набор прочности системы осуществляется за счет синтеза крупных кристаллов двуводного гипса, одновременно выполняющих функцию регулируемого раннего схватывания, а в дальнейшем гидратация клинкерных минералов обеспечивает за счет создания малорастворимых новообразований в ранее созданной структуре композита повышение его водостойкости.

Показана закономерность изменения гранулометрии составляющих разных видов предлагаемых вяжущих.

Интегральные кривые распределения частиц КГВ на основе шлака и ЦЕМ1 42,5Н Чири-Юртовского цементного завода близки между собой, а график распределения частиц КГВ на основе золы смещается в области тонких фракций (1,1...40,45 мкм), что приводит к увеличению водопотребности на 14%.

Изучено влияние химических добавок (суперпластификатора Полипласт СП-1, лимонной кислоты) на свойства КГВ, позволяющих регулировать реологические свойства смесей и технические характеристики бетонов.

Библиографический список:

1. Ферронская А.В. Роль гипсовой отрасли в развитии промышленности строительных материалов // Второй Всероссийский семинар по гипсу. Уфа, 2004. - С.11-17.
2. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках. Автореф. дисс. докт. техн. наук. – Белгород, 2009.–463с.
3. Муртазаев С-А.Ю. Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых бетонах / Муртазаев С-А.Ю, Исмаилова З.Х. // Строительные материалы-М., 2008.-№3.-С. 57-58.
4. Гончаров Ю.И. Состояние и перспективы развития строительного материаловедения в России / Ю.И. Гончаров, А.М. Гридчин, В.С. Лесовик // Проблемы строительного материаловедения. Седьмые академические чтения РААСН. - Белгород, 2001.

5. Муртазаев С-А.Ю. Разработка рецептуры композиционных гипсовых вяжущих с минеральными добавками из золы и шлака / С-А.Ю. Муртазаев, А.Х. Аласханов, М.С. Сайдумов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 100-летию академика М.Д. Миллионщикова (научное издание). – Грозный, 2013. - С.165–178.
6. Гончаров Ю.А. Российская гипсовая ассоциация: цели и задачи / Ю.А. Гончаров, А.Ф. Бурьянов // Строительные материалы. - 2008. - январь. - С. 54-56.
7. Лесовик В.С. Гипсовые вяжущие материалы и изделия / В.С. Лесовик, С.А. Погорелов, В.В. Строкова.– Белгород, 2000.– 224 с.
8. Муртазаев С-А.Ю. Использование золошлаковых смесей ТЭЦ для производства композиционных гипсовых вяжущих / С-А.Ю. Муртазаев, Н.В. Чернышева, А.Х. Аласханов // Экология и промышленность России. – 2013. – №2. – С.26-29.
9. Altum, L.A. Utilization of weathered phosphogypsum as set retarder in Portland cement. L.A. Altum, Y. Sert. Cement and Concrete Research.- 2004.- 34.- pp. 677-680.
10. Аласханов А.Х. Стеновые материалы на основе гипсовых вяжущих и сырьевых ресурсов Чеченской Республики / А.Х. Аласханов, С-А.Ю. Муртазаев, Н.В. Чернышева // Инновационные материалы и технологии (XX научные чтения): материалы Международной научно-практической конференции. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – С.148–150.
11. Соломатов В.И. Пути активации наполнителей композиционных строительных материалов./ В.И. Соломатов, Л.И. Дворкин, М.И. Чудновский //Известия вузов, Строительство и архитектура.-1987.-№1.-С.61-63.
12. Лесовик В.С. Строительные композиты на основе отсеков дробления бетонного лома и горных пород / Лесовик В.С., Муртазаев С-А.Ю, Сайдумов М.С.// Грозный: ФГУП «Издательско-полиграфический комплекс «Грозненский рабочий», 2012 – 192 с.
13. Чернышева Н.В. Минеральные добавки из техногенного сырья для производства гипсовых материалов и изделий / Н.В. Чернышева, Е.В. Козеева, А.Х. Аласханов // Экология: образование, наука, промышленность и здоровье: материалы Международной научно-практической конференции, 15– 18 ноября 2011 г. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2011.
14. Lesovik V.S. 2012. Geonics. Subject and objectives. Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shoukhov, 2012. -100 p.
15. Чернышева Н.В. Использование композиционных гипсовых вяжущих на техногенном сырье в производстве стеновых материалов/ Н.В. Чернышева, С.-А.Ю. Муртазаев М.С. Сайдумов [и др.]//Труды Грозненского государственного нефтяного технического университета им. акад. М.Д. Миллионщикова. – Грозный, 2011. – Вып. 11. – С.161-167.

References:

1. Ferronsky A.V. the Role of gypsum industry in the development of building materials industry, the Second national seminar on gypsum. Ufa, 2004. - pp. 11-17.
2. Lesovik R. V. fine-Grained concrete on composite binders and technogenic Sands. Avtoref. Diss. doctor. tekhn. Sciences. – Belgorod, 2009.–463p.

3. Murtazaev, A. Y. The Use of local industrial waste in fine-grained concrete, Murtazaev S-A. Yu, Ismailova Z. H. Building materials-M., 2008.-№3.- pp. 57-58.
4. Goncharov, Y. I. State and prospects of development of building materials in Russia, Goncharov, Y.I., A. M. Gridchin, V.S. Lesovik problems of material science. The seventh academic readings RAASN. - Belgorod, 2001.
5. Murtazaev, A. Y. Formulation and Development of composite gypsum binders with mineral additives of ash and slag, S-A. U. Murtazaev, A. H. Alikhanov, M. S. Materials of all-Russian scientific-practical conference of young scientists, dedicated to the 100th anniversary of academician M. D. Millionshtchikov (scientific publication).- Groznyj, 2013.- pp.165-178.
6. Goncharov, Yu. A. Russian gypsum Association: goals and objectives, Y. A. Goncharov, A. F. Buryanov, Building materials - 2008. - Jan - pp.54-56.
7. Lesovik V. S. Gypsum binders and materials, V.S. Lesovik, S.A. Pogorelov, V. V.Strokova.-Belgorod, 2000.-224p.
8. With Murtazaev, A. Y. the Use of ash-and-slag mixtures of thermal power stations for the production of composite gypsum binders With A. U. Murtazaev and N. In. Chernyshev, A.H. Alikhanov, Ecology and industry of Russia. - 2013. - No. 2. - pp. 26-29.
9. Altum, L. A. Utilization of weathered phosphogypsum as set retarder in Portland cement, L. A. Altum, Y. Sert, Cement and Concrete Research - 2004- 34.- pp. 677-680.
10. Alikhanov A. H. Wall materials based on gypsum binders and raw materials of the Chechen Republic, Alaskhanov A.H., A.U. Murtazaev and N. In. Chernysheva, Innovative materials and technologies (XX scientific readings): materials of International scientific-practical conference. Belgorod: Publishing house BGTU, 2011.- pp.148-150.
11. Solomatov V. I. pathway activation fillers composite building materials.V. I. Solomatov, L. Dvorkin, M. Chudnovsky, I. journal of applied physics, Construction and architecture.-1987.-No.1- pp.61-63.
12. Lesovik V. S. Building composites on the basis of screenings from the concrete crushing and rock,Lesovik V. S., Murtazaev S-A. Yu, S. M. (law), Ivan: FGUP "Izdatelsko-polygraphic complex "Grozny worker", 2012 - p.192.
13. Chernysheva N. In. Mineral additives of technogenic raw materials for the production of gypsum materials and products , N. In. Chernysheva, E. V. kozeeva, A. H. Alikhanov , Ecology: education, science, industry and health: proceedings of the International scientific-practical conference, 15- 18 November 2011 - Belgorod: Publishinghouse, BGTU, 2011.
14. Lesovik V.S. 2012. Geonics. Subject and objectives. Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shoukhov, 2012. -100 p.
15. Chernysheva N. In. The use of composite gypsum binders on technogenic raw materials in the production of wall materials/ N.In. Chernyshev, S.-Y. A. Murtazaev, M. S. [and others] proceedings of the Groznyj state oil technical University. Acad. M. D. Millionshtchikov. - Groznyj, 2011. - Vol.11- pp.161-167.

УДК 69.04.11/ББК 22.213

Алокова М.Х., Кальтербаев Х.П.

ИЗГИБНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТЕРЖНЯ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ С СОСРЕДОТОЧЕННОЙ МАССОЙ

Alokova M.Kh., Kulterbaev Kh.P.

FLEXURAL VIBRATIONS OF THE VERTICAL ROD VARIABLE SECTION WITH A CONCENTRATED MASS

***Аннотация.** Рассматриваются изгибные колебания вертикального стержня переменного сечения с сосредоточенной массой. Изучаются колебания, возбуждаемые векторным гармоническим и случайным процессами с компонентами в виде кинематических и динамических возмущений. Определены амплитуды и среднеквадратические отклонения. Доказано, что влияние коррелированности компонентов случайных возмущений на колебания аналогично влиянию сдвига фаз на гармонические колебания. Превосходство среднеквадратических отклонений над амплитуд объясняется наличием первой резонансной частоты в спектральной плотности сонаправленных возмущений.*

***Ключевые слова:** колебания вертикального стержня, векторный процесс возмущений, спектральная матрица.*

***Abstract.** Flexural oscillations of the vertical rod of variable section with the concentrated weight are considered. The oscillations excited vectorial harmonic and accidental by processes with components in the form of kinematic and dynamic perturbations are studied. Amplitudes and mean squared deviations are determined.*

It is proved that influence of correlation of components of accidental perturbations on oscillations is similar to influence of phase shift on harmonic oscillations. Superiority of mean squared deviations over amplitudes is explained by existence of the first resonance frequency in spectral density the sonappravlennykh of perturbations.

***Key words:** oscillations of the vertical rod, vectorial process of perturbations, spectral matrix.*

Введение. Высокие вертикальные гибкие стержни (рис.1) широко используются в строительстве в качестве опор линий передач, мачт, прожекторов, антенных устройств и т.д. Постановка краевой задачи о свободных поперечных колебаниях вертикальных стержней постоянного сечения с учётом собственного веса, но без учёта сил сопротивления была рассмотрена в [1]. При этом было отмечено, что найти собственные значения дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами в замкнутой форме не удаётся.

В работах [2, 3] приближённым методом Релея-Ритца изучались родственные задачи для стержней постоянного сечения. Спектральная задача и вынуж-

денные поперечные колебания стержней постоянного и переменного сечений при отсутствии дискретных масс рассмотрена в [4, 5].

Постановка задачи. Вертикальный стержень (рис. 1а) длины l с погонной массой $m(x)$, с осевым моментом инерции поперечного сечения $J(x)$, с дискретной массой M_0 и осевым моментом инерции J_0 , из материала с модулем упругости E совершает плоские изгибные поперечные колебания, описываемые функцией $u(x, t)$.

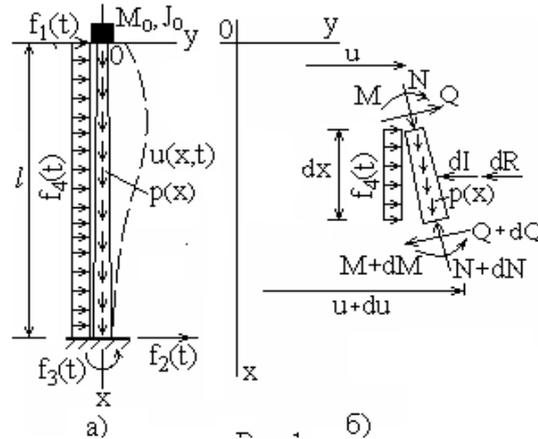


Рисунок 1 - Расчётная схема: а) общая схема, б) элемент стержня

Источником колебаний является векторный процесс возмущений

$$\mathbf{f}(t) = \{f_1(t), f_2(t), f_3(t), f_4(t)\}.$$

Выделим элемент стержня (рис. 1б) с действующими силами: M – изгибающий момент, Q – поперечная сила, N – продольная сила, $f_4(t)$ – поперечная равномерно распределённая нагрузка, $p(x) = m(x)g$ – продольная неравномерно распределённая нагрузка, dI – дифференциал даламберовой силы инерции распределённой массы, dR – дифференциал силы вязкого трения.

Следующие силовые факторы находятся в известных соотношениях с параметрами

$$N(x) = M_0 g + \int_0^x p(\xi) d\xi, \quad dI = m \ddot{u} dx, \quad dR = \eta m \dot{u} dx. \quad (1)$$

Здесь и далее точкой над переменными обозначены производные по времени, η – удельный коэффициент линейно-вязкого трения.

Пользуясь технической теорией изгибных колебаний балок и принципом Даламбера, получим дифференциальное уравнение частных производных гиперболического типа

$$b u''' + 2b' u'' + F u' + p u' + m \ddot{u} + \eta m \dot{u} = f_4, \quad x \in (0, l), \quad t > -\infty, \quad b = EJ, \quad F = b'' + N \quad (2)$$

Штрихи в верхних индексах означают дифференцирование по координате x . В математическую модель колебаний в дополнение к основному уравнению (2) должны включаться граничные и начальные условия. Для свободных и вынужденных установившихся колебаний, рассматриваемых ниже, начальные условия не требуются.

Свободные колебания. В этом случае внешние воздействия отсутствуют, в силу чего основное уравнение (2) становится однородным

$$bu'''' + 2b'u'''' + Fu'' + pu' + m\ddot{u} + \eta m\dot{u} = 0, \quad x \in (0, l), \quad t > -\infty \quad (3)$$

Следует заметить, что условиям закрепления концов стойки, изображённым на рис. 1а, соответствуют следующие однородные граничные условия:

$$b(0)u''(0,t) - J_0\ddot{u}'(0,t) = 0, \quad [b(0)u''(0,t)]' - M_0\ddot{u}(0,t) = 0, \quad (4)$$

$$u(l,t) = 0, \quad u'(l,t) = 0 \quad (5)$$

Далее необходимо определить спектры собственных значений и функций задачи (3) - (5).

Пользуясь методом разделения переменных, представим $u(x, t)$ как произведение

$$u(x, t) = X(x)e^{\lambda t}, \quad (6)$$

где

$$\lambda = -\mu + j\omega \quad (7)$$

- характеристический показатель, (μ, ω) - собственная пара, состоящая из коэффициента затухания и частоты свободных колебаний, j - мнимая единица.

Подстановка (6) в (4), (5) даёт

$$bX'''' + 2b'X'''' + FX'' + pX' + m\lambda(\lambda + \eta)X = 0, \quad x \in (0, l) \quad (8)$$

$$b'(0)X''(0) + b(0)X''''(0) - M_0\lambda^2 X(0) = 0, \quad b(0)X''(0) - J_0\lambda^2 X'(0) = 0, \quad (9)$$

$$X'(l) = 0, \quad X(l) = 0. \quad (10)$$

Определить λ аналитическими методами не удаётся.

Выход состоит в применении метода конечных разностей [6] и переходе от аналитической модели (8) - (10) к численной.

Введём сетку с шагом $h = l/(n-1)$ и вместо функции непрерывного аргумента $X(x)$ сеточную функцию дискретного аргумента $y(x_i) = y_i$, i - номер узла сетки. Таким образом, далее $X(x)$ будет представляться вектором $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$. Замена производных с точностью $O(h^2)$ в (8) по обычным правилам метода приведёт к алгебраическим уравнениям

$$r_i y_{i-2} + c_i y_{i-1} + d_i y_i + e_i y_{i+1} + s_i y_{i+2} = 0, \quad i = 3, 4, \dots, n-2, \quad (11)$$

где обозначено

$$r_i = b_i - hb'_i, \quad c_i = -4b_i + 2hb'_i + h^2 F_i - 0,5h^3 p_i,$$

$$d_i = 6b_i - 2h^2 F_i + h^4 m_i \lambda(\lambda + \eta), \quad e_i = -4b_i - 2hb'_i + h^2 F_i + 0,5h^3 p_i, \quad s_i = b_i + hb'_i.$$

Аналогичные замены произведём в граничных условиях (9), (10) и получим

$$\alpha y_1 + \beta y_2 + \gamma y_3 + \delta y_4 + \varepsilon y_5 = 0, \quad \nu y_1 + \theta y_2 + \kappa y_3 + \xi y_4 = 0, \quad y_{n-2} - 4y_{n-1} + 3y_n = 0, \quad y_n = 0$$

Здесь

$$\alpha = 4b'_1 h - 5b_1 - 2M_0 \lambda^2 h^3, \quad \beta = -10b'_1 h + 18b_1, \quad \gamma = 8b'_1 h - 24b_1, \quad \delta = -2b'_1 h + 14b_1,$$

$$\varepsilon = -3b_1, \quad \nu = 4b_1 + 3J_0 \lambda^2 h, \quad \theta = -10b_1 - 4J_0 \lambda^2 h, \quad \kappa = 8b_1 + J_0 \lambda^2 h, \quad \xi = -2b_1.$$

Запишем (11), (12) как линейную однородную алгебраическую систему уравнений

$$G(\lambda)Y = 0. \quad (13)$$

$G(\lambda)$ - квадратная разреженная матрица порядка n .

Элементы матрицы G являются функциями λ , т. е. собственного значения задачи (7) - (9).

Условие существования нетривиального решения системы уравнений (13) даёт характеристическое уравнение

$$\det G(\lambda) = 0, \quad (14)$$

из которого определяются собственные значения, т. е. спектр $\{\lambda_1, \lambda_2, \dots\}$.

Уравнение (14) с учётом того, что его левая часть представляет комплексную функцию, можно переписать в виде

$$v_1(\mu, \omega) + jv_2(\mu, \omega) = 0.$$

Отсюда следует, что коэффициент затухания μ и частота свободных колебаний ω должны определяться из системы двух нелинейных алгебраических уравнений

$$v_1(\mu, \omega) = 0, \quad v_2(\mu, \omega) = 0. \quad (15)$$

Её решение будем находить с помощью метода координатного спуска [6].

Пример 1. Определим собственные значения и функции свободных колебаний стального стержня круглого поперечного сечения с параметрами:

$$\begin{aligned} l = 18 \text{ м}, \quad n = 601, \quad \eta = 0,02 \text{ с}^{-1}, \quad E = 210 \text{ ГПа}, \\ M_0 = 1000 \text{ кг}, \quad J_0 = 200 \text{ кгм}^2, \quad m(x) = 16 + 0,7x \text{ кг/м}, \\ J = ax + c \text{ м}^4, \quad a = 0,0000002 \text{ м}^3, \quad c = 0,0000007 \text{ м}^4. \end{aligned}$$

Метод координатного спуска дал следующие значения собственных значений

$$\omega = \{8,90, \quad 26,30 \quad 52,96\} \text{ с}^{-1}, \quad \mu = 0,01 \text{ с}^{-1}.$$

Спектр собственных векторов, может быть найден с помощью системы уравнений (13). Первые три показаны на рис. 2.

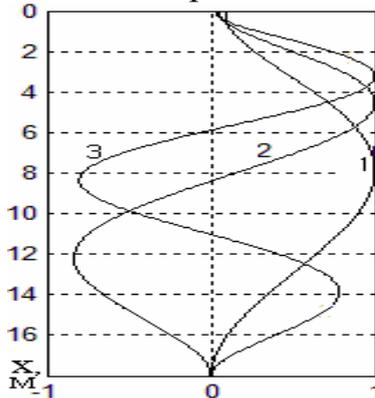


Рисунок 2 - Первые собственные функции колебаний

Данные графики не похожи на приводимые в литературе для консольных балок и вертикальных стержней постоянного сечения, не несущих сосредоточенные массы. Причина в том, что инертная дискретная масса на верхнем конце создаёт эффект закрепления и собственные функции становятся подобными аналогичным кривым для стержня с неподвижными концами.

Вынужденные колебания при гармонических возмущениях. Теперь основное уравнение и граничные условия в совокупности образуют задачу

$$bu'''' + 2b'u'''' + Fu'' + pu' + m\ddot{u} + \eta m\dot{u} = f_4, \quad x \in (0, l), \quad t > -\infty. \quad (16)$$

$$b(0)u''(0,t) - J_0\ddot{u}'(0,t) = 0, \quad [b(0)u''(0,t)]' - M_0\ddot{u}(0,t) = f_1(t), \quad u(l,t) = f_2(t), \quad u'(l,t) = f_3(t). \quad (17)$$

Четыре возмущения являются компонентами векторного гармонического процесса

$$\mathbf{f}(t) = \{f_1(t), f_2(t), f_3(t), f_4(t)\},$$

которые имеют частоты Ω_k и начальные фазы ψ_k

$$f_k(t) = a_k e^{j(\Omega_k t + \psi_k)}, \quad k = 1, 2, 3, 4. \quad (18)$$

Здесь a_k – вещественная амплитуда гармонических возмущений. Введём обозначение для комплексной амплитуды

$$A_k = a_k e^{j\psi_k}$$

и упростим описание возмущений

$$f_k(t) = A_k e^{j\Omega_k t}, \quad k = 1, 2, 3, 4. \quad (19)$$

Выходной процесс $u(x, t)$ в общем случае не будет гармоническим и, даже, периодическим. В то же время он будет суммой трёх гармоник с разными частотами Ω_k .

Периодическими такие колебания будут в том случае, если отношения Ω_j/Ω_k ($j \neq k$) окажутся рациональными числами. Если $\Omega_1 = \Omega_2 = \Omega_3 = \Omega_4 = \Omega$, то выходной процесс будет гармоническим. Для этой задачи можно определять, кроме решения $u(x, t)$, и амплитуду колебаний. Рассмотрим данный случай подробно.

Решение задачи (16), (17) ищется с помощью метода разделения переменных как произведение

$$u(x, t) = X(x) e^{\lambda t}, \quad (20)$$

где

$$\lambda = j\Omega \quad (21)$$

- характеристический показатель, $X(x)$ – функция амплитуды вынужденных колебаний, подлежащая определению.

Подставим (20) в (16), (17) и получим

$$bX'''' + 2b'X'''' + F_1X'' + pX' + m\Lambda X = A_4, \quad \Lambda = \lambda(\lambda + \eta), \quad x \in (0, l). \quad (22)$$

$$b'(0)X''(0) + b(0)X''''(0) - M_0\lambda^2 X(0) = 0, \quad b(0)X''(0) - J_0\lambda^2 X'(0) = A_1, \quad (23)$$

$$X(l) = A_2, \quad X'(l) = A_3.$$

От дифференциального уравнения (22) перейдём к конечноразностной схеме. Можно показать, что будет получено конечноразностное уравнение

$$f_i y_{i-2} + c_i y_{i-1} + d_i y_i + e_i y_{i+1} + s_i y_{i+2} = q_i, \quad q_i = A_4 h^4, \quad i = 3, 4, \dots, n-2, \quad (24)$$

где коэффициенты имеют прежние значения, но с учётом (21).

Граничные условия (23) приведём в соответствие с методом конечных разностей и запишем:

– на верхнем конце:

$$\nu y_1 + \theta y_2 + \kappa y_3 + \xi y_4 = 0, \quad \alpha y_1 + \beta y_2 + \gamma y_3 + \delta y_4 + \epsilon y_5 = q_2, \quad q_2 = 2A_1 h^3. \quad (25)$$

– на нижнем конце:

$$y_{n-2} - 4y_{n-1} + 3y_n = q_{n-1}, \quad q_{n-1} = 2hA_3, \quad y_n = q_n, \quad q_n = A_2 \quad (26)$$

Уравнения (24) - (26) образуют неоднородную алгебраическую систему, которую можно переписать в матрично-векторной форме

$$\mathbf{G}(\lambda)\mathbf{y} = \mathbf{q}, \tag{27}$$

где $\mathbf{G}(\lambda)$ - квадратная матрица порядка n ,

$$\mathbf{q} = \{0, q_2, q_3, \dots, q_{n-2}, q_{n-1}, q_n\}.$$

Система уравнений даёт вектор \mathbf{Y} и амплитуду

$$a_u(x_i) = |\mathbf{Y}|.$$

Пример 2. Рассмотрим действие гармонических возмущений $f_1(t)$, $f_2(t)$, $f_3(t)$, $f_4(t)$ на вертикальный стержень с параметрами примера 1.

В качестве вещественных амплитуд возмущений возьмём

$$a_1 = 50 \text{ Н}, \quad a_2 = 0,05 \text{ м}, \quad a_3 = 0,001 \text{ рад}, \quad a_4 = 15 \text{ Н/м}.$$

Изучим влияние возрастающих значений частоты возмущений

$$\Omega = \{0, 0,6, 1, 4,9, 19, 25\} \text{ с}^{-1}$$

на амплитуду колебаний при отсутствии сдвига фаз, т. е. при

$$\psi_1 = \psi_2 = \psi_3 = \psi_4 = 0.$$

Результаты счёта показаны кривыми на рис. 3. Кривая 1 соответствует статическому нагружению, кривые 2, 3 - возмущениям с весьма малыми частотами. Эти колебания происходят по форме статических прогибов.

Далее рост частот возмущений (кривая 4) приближает колебания к резонансным, амплитуды возрастают, мода колебаний становится подобной первой собственной форме на рис. 2. Далее колебания происходят уже по второй и третьей собственным функциям (кривые 5, 6).

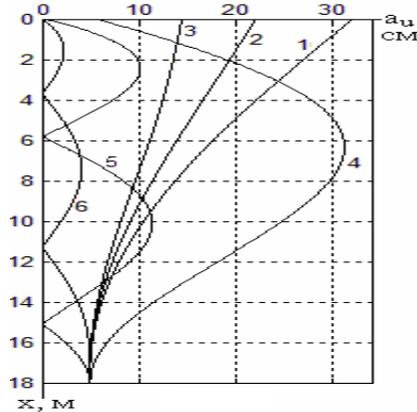


Рисунок 3 - Амплитуды колебаний при возрастании частот возмущений

Пример 3. Рассмотрим колебания вертикального стержня при различных сдвигах фаз возмущений, но одинаковых частотах

$$\omega = 4 \text{ с}^{-1}.$$

Сходная задача рассматривалась в работе [7].

Изучим влияние начальных фаз ψ на амплитуду колебаний. Существенное значение будут иметь не величины начальных фаз, а разницы между ними (сдвиги фаз). Наиболее характерными будут три случая:

$$\Psi = [(0, 0, 0, 0); \quad (0, -\pi, -\pi, 0); \quad (0, -\pi/2, -\pi/2, 0)].$$

Результаты счёта по компьютерной программе представлены на рис. 4.

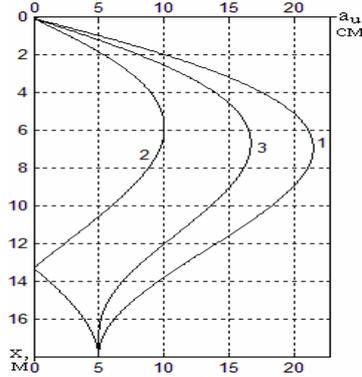


Рисунок 4 - Амплитуды колебаний при сдвигах фаз возмущений

Первая из кривых соответствует синфазным возмущениям. Поэтому амплитуды имеют наибольшие значения. Во втором случае (кривая 2), кинематические возмущения нижнего конца направлены против динамических нагрузок, т. е. отстают от них на π . Поэтому амплитуды существенно уменьшились. При этом по очевидной причине нижний и средний участки стержня колеблются в противофазе. В третьем варианте (кривая 3), амплитуда принимает промежуточные значения.

Вынужденные колебания при случайных возмущениях. Зачастую источники колебаний являются случайными (сейсмика, атмосферная турбулентность и т.д.). Поэтому перейдём теперь от детерминистического варианта краевой задачи (16), (17) к стохастической. В таком случае векторный процесс возмущений $f(t)$ будет стационарным, стационарно связанным центрированным случайным процессом с заданной спектральной матрицей, обладающей свойством эрмитовости

$$S_f(\omega) = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} \end{pmatrix}, \quad s_{jk}(\omega) = s_{kj}^*(\omega) \quad (28)$$

Здесь и далее звёздочка означает переход к комплексно-сопряжённым величинам. Теперь $u(x, t)$ будет пространственно-временным случайным полем.

Далее будем изучать стационарный случайный процесс колебаний, поэтому начальные условия не потребуются. Определим по заданной спектральной матрице (28) спектральную плотность $S_u(x, \omega)$ случайного поля отклонений стержня и дисперсию. Для определения спектральной плотности $S_u(x, \omega)$ воспользуемся вектором передаточных функций $\mathbf{H}(x, i\omega)$, элементы которого суть реакции стержня на гармонические возмущения с единичной амплитудой. Например, $H_1(x, i\omega)$ является комплексной амплитудой колебаний стойки при единичном возмущении $z_1(t) = e^{j\omega_1 t}$. Спектральная плотность перемещений, а далее и дисперсия определяются по известным соотношениям

$$S_u(x, \omega) = \mathbf{H}^T(x, i\omega) S_f(\omega) \mathbf{H}^*, \quad D_u(x) = \int_{-\infty}^{\infty} S_u(x, \omega) d\omega. \quad (29)$$

Возьмём компоненты вектора в виде процессов со скрытой периодичностью (характерными частотами). В таком случае элементы спектральной матрицы S_f можно представить в виде

$$s_{kl}(\omega) = \frac{2\alpha_{kl}\theta_{kl}^2\rho_{kl}\sigma_k\sigma_l}{\pi[(\omega^2 - \theta_{kl}^2)^2 + 4\alpha_{kl}^2\omega^2]}, \quad \theta_{kl}^2 = \alpha_{kl}^2 + \beta_{kl}^2, \quad k, l = 1, 2, 3, 4,$$

где α_{kl} , β_{kl} – параметры широкополосности и характерной частоты, ρ_{kl} – элементы неотрицательно определённой корреляционной матрицы, $|\rho_{kl}| \leq 1$, $\rho_{kk}=1$; σ_k , σ_l – среднеквадратические отклонения возмущений.

Интегрирование в правой части (29) выполняется численными методами.

Пример 4. Рассмотрим случайные колебания стержня из предыдущих примеров при следующих значениях параметров случайных возмущений в системе единиц СИ:

$$\alpha_{kl} = 0,01, \quad \beta_{kl} = \{0 \ 0,6 \ 14,9 \ 19 \ 25\}, \quad \sigma_k = \{50 \ 0,05 \ 0,001, \ 15\}, \quad \rho_{kl} = 1, \quad k, l = 1, 2, 3, 4.$$

Заметим, что такие входные данные делают данную задачу стохастическим аналогом детерминистической задачи примера 2.

Результаты вычислений представлены на рис. 5. Сравнение кривых рис. 3 и рис. 5 обнаруживает аналогию между случайными и гармоническими колебаниями. Трансформации кривых при росте частот возмущений примерно одинаковые. Как и в гармонических колебаниях, рост характерной частоты возмущений приводит к понижению среднеквадратических отклонений (кривые 1, 2, 3). При малых значениях β_{kl} колебания происходят по форме статических прогибов. Далее при повышении частоты они сменяются колебаниями, по форме подобными второй и третьей собственным формам (кривые 4, 5, 6).

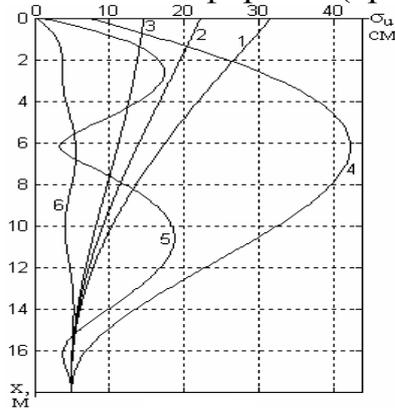


Рисунок 5 - Среднеквадратические отклонения при возрастании характерных частот случайных возмущений

Сравнение двух рисунков обнаруживает характер влияния параметра широкополосности α_{kl} на случайные процессы возмущений. Из-за наличия шумовых составляющих, определяемых ими, в случайном процессе содержатся частоты, совпадающие с собственными частотами. Поэтому среднеквадратические отклонения получаются несколько большими, чем соответствующие амплитуды. По аналогии с изучением роли сдвига фаз возмущений в детерминистической задаче теперь рассмотрим влияние коррелированности компонентов вектора случайных возмущений на колебания. С этой целью зафиксируем параметры характерных частот и широкополосности на значениях

$$\beta_{jk} = 4 \text{ с}^{-1}, \quad \alpha_{jk} = 0,01 \text{ с}^{-1}, \quad j, k = 1, 2, 3, 4.$$

Три случая сдвига фаз возмущений, имевшие место в детерминистической задаче примера 3 промоделируем с помощью трёх соответствующих нормированных корреляционных матриц

$$P_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad P_2 = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}, \quad P_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Результаты вычислений представлены на рис. 6. Номера кривых соответствуют номерам корреляционных матриц. Сравнение кривых рис. 4 и рис. 6 показывает их сходство.

Влияние коррелированности компонентов случайных возмущений на колебания аналогично влиянию сдвига фаз на гармонические колебания.

Некоторое превосходство среднеквадратических отклонений над амплитудами (кривые 1, 3) объясняется наличием первой резонансной частоты в спектральной плотности сонаправленных возмущений.

Обратное имеет место при противодействии возмущений (кривые 2). Здесь также причина создаёт усиление взаимопомех.

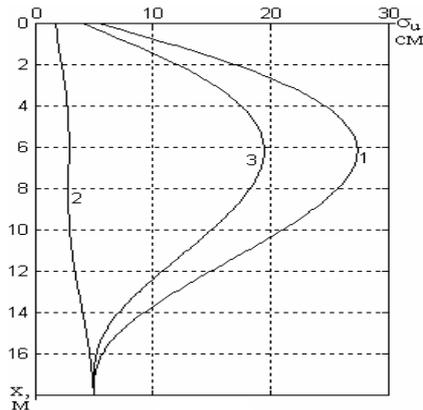


Рисунок 6 - Влияние коррелированности случайных возмущений на среднеквадратические отклонения

Вывод:

1. Наличие дискретной массы на верхнем конце вертикального стержня создаёт эффект его «закреплённости» при колебаниях.
2. При низкочастотных колебаниях вертикальных стержней формы колебаний совпадают с формами статических прогибов.
3. При гармонических колебаниях формы и амплитуды колебаний стержня существенно зависят не только от частоты возмущений, но и от сдвига их фаз.
4. При случайных колебаниях формы и среднеквадратические отклонения прогибов колебаний стержня существенно зависят не только от доминирующей частоты возмущений, но и от степени коррелированности компонентов векторного процесса возмущений.

Библиографический список:

1. Коллатц Л. Задачи на собственные значения (с техническими приложениями). М.: Наука. 1968. 504с.
2. Kim C.S., Dickinson S.M. On the analysis of laterally vibrating slender beams subject to various complicating effects. J. Sound and Vibr.. 1988. 122, N 3, pp. 441-455.
3. Auciello N. M. A study of the numerical convergence of Rayleigh-Ritz method for the free vibrations of cantilever beam of variable cross-section with tip mass. Eng. Trans.. 1996. 44, N 3-4, pp. 375-388.
4. Алокова М.Х. Свободные колебания вертикальной стойки переменного сечения. XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сборник докладов. (Казань, 20-24 августа 2015 г.). Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2015. С. 135-137.
5. Культербаев Х.П. Колебания вертикальной стойки переменного сечения при гармонических и случайных векторных возмущениях. XI Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сборник докладов. (Казань, 20-24 августа 2015 г.). Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2015. С. 2181-2184.
6. Вержбицкий В.М. Основы численных методов. М.: Высшая школа, 2002. 840 с.
7. Культербаев Х.П. Колебания дискретно-континуальной балки, кинематически возбуждаемые гармоническими и случайными векторными процессами // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2012. № 3. С. 54-59.

References:

1. L. Collatz is the Task on eigenvalues (with technical Annex-mi). Moscow: Nauka. 1968.504p.
2. Kim C. S., Dickinson S. M. On the analysis of laterally vibrating slender beams subject to various complicating effects. J. Sound and Vibr. 1988. 122, N. 3, pp. 441-455.
3. Auciello N. M. A study of the numerical convergence of Rayleigh-Ritz method for the free vibrations of cantilever beam of variable cross-section with tip mass. Eng. Trans.1996.44, No.3-4, pp.375-388.
4. Alakova M. H. Free vibrations of a vertical rack of variable cross section. XI all-Russian Congress on fundamental problems of theoretical and applied mechanics: collection of papers. (Kazan, August 20-24, 2015). Kazan: Publishing house of Kazan.Universitypress, 2015. pp. 135-137.
5. Kulterbaev H. P. Upright Vibrations of variable cross section under harmonic and random vector perturbations. XI All-Russian Congress on fundamental problems of theoretical and applied mechanics: collection of papers. (Kazan, August 20-24, 2015). Kazan: Publishing house of Kazan. University press, 2015 - pp. 2181-2184.
6. Verzhbitsky V. M. Fundamentals of numerical methods. M.: Higher school, 2002. 840p.
7. Kulterbaev H. P. Oscillations of discrete-continuous beam is kinematically excited by harmonic and stochastic vector processes, Izv. universities. North.-Caucasus region. Tekhn. sciences.- 2012. No.3. pp. 54-59.

УДК 691.32

Виснап А.В., Моргун В.Н., Моргун Л.В.

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРЫ В ФИБРОПЕНОБЕТОНЕ

Visnap A.V., Morgun V.N., Morgun L.V.

THE RELEVANCE OF COMPOSITE BAR REINFORCEMENT IN THE FIBER FOAM CONCRETE

Аннотация. Из анализа номенклатуры энергосберегающих материалов, применяемых в строительстве, определено, что свойства фибропенобетонов позволяют расширять номенклатуру изделий из ячеистых бетонов. Обоснована актуальность применимости стержневой композиционной арматуры с целью обеспечения эксплуатационной надежности строительных изделий, работающих на растяжение и изгиб при условии снижения их материалоемкости. Выявлены преимущества и недостатки полимерно-волокнутой стержневой арматуры. Доказано, что такие свойства композиционной стержневой арматуры, как коррозионная стойкость и достаточная для газонаполненных бетонов механическая прочность, позволяют прогнозировать возможность достижения технико-экономического эффекта в результате её применения.

Ключевые слова: фибропенобетон, арматура, сцепление.

Abstract. From the analysis of the nomenclature of the energy saving materials applied in construction it is determined that properties of fibropenobeton allow to expand listed products from cellular concrete. Relevance of applicability of rod composite armature for the purpose of ensuring operational reliability of the construction products working for stretching and a bend on condition of decrease in their material capacity is proved. Benefits and shortcomings of polymeric and fibrous rod armature are revealed. It is proved that such properties of composite rod armature as corrosion resistance and mechanical durability, sufficient for gas-filled concrete, allow to predict a possibility of achievement of technical and economic effect as a result of its application.

Key words: fiberfoamconcrete, fittings, coupling.

Введение. В ходе реализации федеральных программ повышения доступности жилья в строительном комплексе обострилась потребность в эффективных материалах, обеспечивающих требуемый уровень теплоизоляционных и конструктивных свойств наружных ограждающих конструкций зданий. Учитывая уровень теплоизоляционных свойств [1] и высокую пожаробезопасность представляется целесообразным поиск приемов, с помощью которых возможно

расширение использования пенобетонов в строительстве.

Постановка задачи. На современном этапе высотного строительства применение ячеистых бетонов экономически обосновано и не имеет разумной альтернативы по сравнению с другими вариантами ограждений [1]. Жилье, построенное с применением пенобетона, обладает повышенной комфортностью при минимальных затратах на строительство домов. Производство изделий из пенобетона также характеризуется высокой экономической эффективностью [2]. Однако, несмотря на перечисленные положительные качества, пенобетон требует улучшения физико-механических свойств и новых подходов к его производству [2,4]. Дисперсное армирование, в настоящее время, считается одним из эффективных направлений качественного улучшения свойств пенобетонов [3]. Введение в пенобетонные смеси дисперсной арматуры отличает фибропенобетонные смеси от тех, которые не содержат фибры, повышенной агрегативной и седиментационной устойчивостью [3].

Именно в период существования в виде смесей, при переходе из вязко-пластичного состояния в упругое, закладываются основы их прочности и дефектности. Отсюда следует, что фибропенобетоны являются эффективными современными материалами, способствующими энерго- и ресурсосбережению в строительстве. Их применение на практике предопределяет снижение материалоемкости строительных конструкций и комплексное улучшение качества зданий.

Методы исследования. Анализ номенклатуры изделий, изготавливаемых из пено- и фибропенобетонов, показывает, что она в настоящее время ограничена следующими разновидностями [4]: стеновые, перегородочные и теплоизоляционные блоки и плиты из пено- и фибропенобетона; галтели из фибропенобетона; перемычки из фибропенобетона. Из изложенного следует, что дисперсное армирование пенобетона волокнами позволит расширить номенклатуру строительных изделий заводского изготовления и, таким образом, способствовать индустриализации строительного комплекса.

Ячеистобетонные изделия, работающие под действием изгибающих нагрузок, армируют металлическими каркасами [5]. Учитывая высокую паропроницаемость [6] ячеистых бетонов не содержащих фибры, ГОСТ 12852.5 – 77 [7] требует защиты металлических каркасов от коррозии.

В то же время, современная промышленность освоила производство обширной номенклатуры органоминеральной (стекло-, базальто- и углепластиковой) арматуры периодического профиля [8]. Коррозионная стойкость такой арматуры под действием атмосферных факторов при условии её защиты от воздействия солнечного света, практически бесконечна.

Органоминеральная арматура в несколько раз легче металлической, поэтому экспериментальная оценка эффективности её применения в изгибаемых элементах строительных конструкций из ячеистого бетона является актуальной.

Стержневая арматура необходима при производстве тех изделий на основе цементного бетона, которые при транспортировании, монтаже и эксплуатации могут быть подвержены изгибающим воздействиям. Причиной потребности в

стержневой арматуре является фундаментальная зависимость между прочностью бетонов на сжатие и растяжение, заключающаяся в том, что у бетонов слитной структуры низких классов по прочности (В 7,5 - В20) показатель трещиностойкости ($R_p/R_{сж}$) составляет 0,1- 0,12. По мере повышения класса бетона это соотношение снижается. В ячеистых бетонах показатель трещиностойкости всегда меньше 0,1 [9,10].

Развитие современного рынка жилья и объектов другого назначения требует создания энергоэффективных, отвечающих современным условиям, строительных конструкций. Увеличение этажности сооружений приводит к росту требований, которые предъявляются к строительным конструкциям по показателям прочности и безопасности. Учитывая вышеизложенное, прочность и надежность строительных конструкций повышают путем их армирования каркасами и сетками различной вещественной природы.

Металлическая арматура периодического профиля – это один из самых распространенных видов стержневой арматуры, предназначена для повышения прочности строительных конструкций на растяжение и изгиб. Самой распространенной её разновидностью является горячекатаная термомеханически упрочненная по ГОСТ 10884 – 94 [13].

Проволочная холоднодеформированная арматура изготавливается из холодноотянутой проволоки по ГОСТ 6727-80 [14] и бывает рядового качества или высокопрочной. Канатная арматура изготавливается из высокопрочной холодноотянутой проволоки по ГОСТ 13840-68 [15]. Чаще всего канатную арматуру применяют для изготовления предварительно напряженных железобетонных изделий. Неметаллическая стержневая арматура (полимерно-волоконистая) может быть стеклопластиковой (ГОСТ 31938-2012), базальтопластиковой (ГОСТ 31938-2012) или углепластиковой (ГОСТ 31938-2012) [16]. В такой арматуре эффективно используется высокая прочность на растяжение неметаллических волокон. С точки зрения применения её в составе бетонных строительных конструкций важно ещё одно преимущество.

Полимерно-волоконистая стержневая арматура обладает высокой химической стойкостью как по отношению к щелочной среде цементного камня, так и по отношению к широкому спектру кислот и щелочей, с которыми возможен её контакт в условиях эксплуатации строительных конструкций.

Опираясь на информацию [11, 17, 18] о её прочности на поперечный срез, прочности при сжатии, сцепления с бетоном, коррозионной стойкости в бетоне в течение длительных сроков эксплуатации и т.д., полагаем, что область применения полимерно-волоконистой арматуры может быть расширена. К таким областям можно отнести: сборные и монолитные фундаменты; в дорожных плитах, предназначенных для покрытия внутрипостроечных, объездных, временных и прочих дорог с полной заменой металлической арматуры; в полотнах автомобильных дорог и асфальтобетонных покрытиях; при обустройстве прибрежных зон (берегоукрепление, морские и припортовые сооружения, армирование бассейнов, емкостей и т.п.); в изделиях из пористых и крупнопористых бетонов (дренажные трубы); в случаях, когда отсутствует возможность

обеспечения нормативных требований к толщине защитного слоя (тонкостенные конструкции различного назначения, например: акустические панели защитных сооружений, ограды, конструкции архитектурного назначения и т.п.).

Основанием для вышеперечисленного перечня областей возможного применения полимерно-волокнутой стержневой арматуры являются её следующие свойства: коррозионно устойчивая по отношению к щелочам и кислотам, поэтому бетоны, подвергающиеся воздействию агрессивной среды обладают большей долговечностью; нагрузка на растяжение и временное сопротивление (на изгиб арматура практически не работает, так как она лежит на упругом основании - земле, песке и т.д.), а у композитной арматуры эти показатели на порядок выше, по сравнению с металлической арматурой; химически стойкая к агрессивным средам (газовая среда повышенных концентраций, хлористые соли, противогололедные реагенты и т.д.); теплопроводность (препятствует передаче низких температур вглубь бетонной конструкции), близкие значения коэффициентов теплового расширения (исключает образование трещин при сезонных изменениях температуры).

Из данных положений следует, что исследования, направленные на анализ эффективности применения стержневой неметаллической арматуры в бетонных изделиях актуальны.

Стержневую полимерно-волокнутую арматуру используют таким же образом для армирования армобетонных конструкций, как и традиционную металлическую, только со специфическими особенностями [8,12], а именно:

- сопротивление на разрыв у различных видов полимерно-волокнутой арматуры выше, по сравнению с металлической арматурой периодического профиля класса А III (А400С);
- модуль упругости колеблется в зависимости от вида волокон. Модуль упругости у стекловолокнутой и базальтоволокнутой около 50 ГПа, а у углеволокнутой – 70-140 ГПа;
- обладает высокой коррозионной устойчивостью, по отношению к концентрированным щелочам и кислотам;
- коэффициенты теплового расширения бетона и арматуры практически совпадают, что чрезвычайно важно для совместной работы стержневой арматуры и бетонной матрицы;
- полимерно-волокнутая арматура не электропроводна.

Отсутствие электропроводности является дополнительным фактором безопасности для строительных сооружений с электрическим энергоснабжением; плотность полимерно-волокнутой арматуры в 3-4 меньше, чем у металлической. Это позволяет облегчать изготавливаемые конструкции и способствует сокращению расходов на транспортировку.

В настоящее время такая стержневая арматура применяется при изготовлении следующих разновидностей строительных изделий и конструкций:

- при армировании гидротехнических сооружений;
- в конструкциях, эксплуатируемых в агрессивных средах при температурах не выше +40°C;

- в зданиях и сооружениях, где необходимо обеспечивать радио- и магнитоэнергетность конструкций;
- для армирования постоянных или временных ограждений;
- в плитах перекрытия до 5м, при толщине плиты до 200мм с шагом ячейки 200х200мм;
- в фундаментах сборного и монолитного типа;
- для смешанного армирования железобетонных конструкций;
- в тонкостенных конструкциях навесов и подобных сооружениях, при отсутствии возможности обеспечения нормативных требований к толщине защитного слоя;
- при армировании деревянных и клееных балок, с целью повышения жесткости изгибаемых элементов.

Помимо достоинств у полимерно-волокнутой стержневой арматуры есть и свои недостатки, такие как:

- Низкий модуль упругости, так как у металлической стержневой арматуры класса А -III (А400С) составляет 210 ГПа, а у полимерно-волокнутой – 55 ГПа, то есть более чем в 3,5 раза меньше;
- Низкая огнестойкость. Полимерно-волокнутой арматуры нельзя применять в конструкциях, к которым предъявляются требования по уровню огнестойкости, без специальных конструктивных мероприятий или дополнительной огнезащиты.

Вывод. В настоящее время интенсивно развивается технология ячеистых бетонов, поскольку строительному комплексу нужны энергосберегающие строительные конструкции. Известно, что металлическая стержневая арматура в таких конструкциях коррозионно неустойчива, поэтому нормативные документы регламентируют специальную защиту стержневой металлической арматуры от коррозии в паропроницаемых материалах, коими и являются ячеистые бетоны.

Отсюда следует, что исследования, направленные на анализ эффективности применения стержневой неметаллической арматуры являются актуальными. Такие положительные свойства композиционной стержневой арматуры, как коррозионная стойкость и достаточная для газонаполненных бетонов механическая прочность, позволяют прогнозировать возможность достижения технико-экономического эффекта в результате её применения.

Библиографический список:

1. Фискинд Е.С., Ухова Т.А. Автоклавный ячеистый бетон – экономичный и эффективный материал для строительства любой этажности // Строительные материалы. – 2007. - № 7. – С.8-9.
2. Опекунов В.В. Эффективное применение пористых бетонов // Строительные материалы. – 2005. – № 12. – С. 13-16.
3. Моргун В.Н. Влияние дисперсного армирования на прочностные и демпфирующие свойства пенобетонов // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. – 2009. – 16 (35). – С.113-116.

4. Моргун Л.В. Строительная наука – национальной программе «Доступное жилье» // Вестник Владикавказского научного центра. – 2010. – Том 10 - №2. – С. 45 – 50.
5. Сажнев Н.П., Шелег Н.К., Сажнев Н.Н. Производство, свойства и применение ячеистого бетона автоклавного твердения//Строительные материалы, - №3, 2004. – С. 2 - 6.
6. Моргун Л.В., Тищенко А.А. Паропроницаемость фибропенобетона с химическими добавками // Строительство-2003. М-лы МНПК. РГСУ (ИСТМ). – Ростов-на-Дону. – 2003. – С. 125–126.
7. ГОСТ 12852.5-77 Бетон ячеистый. Метод определения коэффициента паропроницаемости. - Москва: Изд-во стандартов, 1977. – 2 с.
8. Уманский А.М., Беккер А.Т. Перспективы применения композитной арматуры // Вестник инженерной школы ДВФУ. – 2012. - № 2 (11) – С. 7 – 13.
9. Мороз Л.С. Механика и физика деформаций и разрушений материалов. – Л.: Машиностроение. 1984г. – 224 с.
10. Берлин А.А. Современные полимерные композиционные материалы (ПКМ) // Московский государственный строительный университет им. М.В. Ломоносова. Соросовский образовательный журнал. - 1995. - №1, С. 57-65.
11. Моргун Л. В., Виснап А. В. О конструкционных возможностях фибропенобетона при армировании его стеклопластиковой арматурой // Научное обозрение. – 2014. - № 11. – С. 396 – 399.
12. Технические рекомендации по применению неметаллической композитной арматуры периодического профиля в бетонных конструкциях. – НИИЖБ. – Москва. – 2012. – 7 с.
13. ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия. – Минск. – 1995. – 16 с.
14. ГОСТ 6727-80 Проволока из низкоуглеродистой стали холодноотянутая для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. - Москва: Изд-во стандартов. – 1980. – 7 с.
15. ГОСТ 13840-68 Канаты стальные арматурные 1х7. Технические условия. - Государственный комитет СССР по стандартам. – Москва. – 1968. – 11 с.
16. ГОСТ 31938-2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. – Стандартинформ. – Москва. – 2012. – 38 с.
17. Моргун Л.В., Костыленко К.И., Виснап А.В., Черноусов А.С. Влияние вещественной природы арматурных стержней на прочность сцепления с ячеистым бетоном/ Современные техника и технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 т. Т. 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – С. 73-75.
18. Моргун Л.В., Виснап А.В. Эффективность применения стеклопластиковой арматуры в фибропенобетоне//Строительство — формирование среды жизнедеятельности: сборник трудов Семнадцатой Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и моло-

дых ученых. – М-во образования и науки Росс. Федерации, Московский гос. строит. ун-т. Москва : МГСУ, 2014. – С. 909-912.

References:

1. Fiskind E. S., T.A. Ukhova Autoclaved cellular concrete is an economical and effective material for building of any height *Building materials*. – 2007. - No. 7. pp. 8-9.
2. Guardians V.V. Effective use of porous concrete *Building materials*. – 2005. – No.12.– pp. 13-16.
3. Morgun V.N. The effect of particulate reinforcement on the strength and damping properties of foam concrete *Vestnik VolgGASU. Ser.: Construction and architectural.*–2009.–16 –Vol.35.– pp.113-116.
4. Morgun L.V. Construction science – the national program "Affordable housing" *Vestnik of the Vladikavkaz scientific center*. – 2010. – Vol. 10 - No. 2. – pp.45 – 50.
5. Sazhnev N.P. Sheleg N. To., Sazhnev N. N. Production, properties and application of aerated autoclaved concrete *Construction and building materials*, No. 3, 2004. – pp.2-6.
6. Morgun L.V., Tishchenko, A. A., Permeability of fiber foam concrete with chemical admixtures *Construction-2003. M-ly PBMCs. Russian state social university (the Eastman)*. – Rostov-on-Don. – 2003. – pp. 125-126.
7. GOST 12852.5-77 Concrete wire mesh. Method of determining the coefficient of permeability. - Moscow: Publishing house of standards, 1977. – 2p.
8. Uman, M. A., Becker T. A. prospects of application of composite valves *Bulletin of the school of engineering, FEFU*. – 2012. - № 2 – Vol. 11 – pp.7-13.
9. L. S. Moroz, *Mechanics and physics of deformation and destruction of materials*. – L.:MechanicalEngineering.1984.–224p.
10. Berlin A. A. the Modern polymer composite materials (PCM) *Moscow state construction University. M. V. Lomonosov. Soros educational journal*. - 1995. - No. 1, pp. 57-65.
11. Morgun L. V., A. V. Visnap About the structural possibilities of reinforced foam concrete in the reinforcement of its fiberglass reinforcement *Scientific review*. – 2014.-No.11– pp.396–399.
12. Technical recommendations for use of non-metal composite reinforcement with periodic profile in concrete structures. – NII ZHB. – Moscow. – 2012. – 7 p.
13. GOST 10884-94 thermomechanically hardened Steel bars for reinforced concrete structures. Specifications. – Minsk. – 1995. – 16p.
14. GOST 6727-80 Wire, cold-drawn mild steel for reinforcement of concrete structures. Specifications. - Moscow: publishing house of standards. – 1980. – 7 p.
15. GOST 13840-68 Ropes of steel wire 1x7. Specifications. - State Committee of USSR, on standards. – Moscow. – 1968. – 11p.
16. GOST 31938-2012 composite polymer Reinforcement for reinforcement concrete structures. General technical conditions. – STANDARTINFORM. – Moscow. – 2012. – 38 p.

17. Morgun L. V., K. I. Kostylenko, Visnap A. V., Chernousov, A. S. Effect of physical nature of reinforcing bars on bond strength with cellular concrete, Modern technics and technology: proceedings of the XIX International scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists. In 3 t. Volume 2, Tomsk Polytechnic University. – Tomsk: Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2013.– pp. 73-75.
18. Morgun L. V., A. V. Visnap the effectiveness of the application of fiberglass reinforcement in the fiber-foam concrete, Construction — forming environments: proceedings of the Seventeenth International interuniversity scientific - practical conference of students, postgraduates and young scientists. – M-vo education and science Ross. Federation, Moscow GOS. stroit. UN-T. Moscow: MGSU, 2014. – pp. 909-912.

УДК 691.34

Газиев М.А., Мажиева А.Х., Мажиев К.Х.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЗУЧЕСТИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА С УЧЕТОМ КАРБОНИЗАЦИИ

Gaziev M.A., Mazhieva A.Kh, Mazhiev K.Kh.

FINE-GRAINED CELLULAR CONCRETE CREEP ANALYSIS TECHNIQUE WITH CONSIDERATION FOR CARBONATION

Аннотация. Приведена методика определения ползучести и деформации ползучести мелкозернистого ячеистого бетона с учетом карбонизации и требований обеспечения ремонтных свойств и сейсмостойкости. Предложен порядок определения ползучести мелкозернистого ячеистого бетона с учетом его карбонизации атмосферной углекислотой. Теоретически и экспериментально установлено, что предлагаемая методика позволяет получить воспроизводимые результаты и может быть рекомендована для определения ползучести мелкозернистых ячеистых бетонов, в том числе ремонтных, с учетом их карбонизации.

Ключевые слова: ячеистый бетон, ремонтный бетон, карбонизация, деформация, ползучесть, окись кальция.

Abstract. The article considers the creep and creep deformation analysis technique in fine-grained cellular concrete with consideration for carbonation and assurance requirements for the repairing properties and seismic stability. The procedure for determining the creep of fine-grained cellular concrete is proposed with account of its carbonation by atmospheric carbon dioxide. It has been found theoretically and experimentally that the proposed technique allows obtaining reproducible results and

can be recommended for creep determination of fine-grained cellular concretes, including repairing ones, taking into account their carbonation.

Key words: *cellular concrete, repairing concrete, carbonation, deformation, creep, calcium oxide.*

Введение. По мнению ученых и специалистов в области строительства ячеистый бетон, по совокупности технико-экономических показателей, является самым эффективным и перспективным конструкционным строительным материалом. Для того, чтобы разобраться в причинах такой популярности ячеистого бетона необходимо выяснить, благодаря каким технико-экономическим качествам и характеристикам он так выгодно отличается от других строительных материалов схожего функционального предназначения. Для начала определим, что из себя представляет ячеистый бетон.

Ячеистый бетон - это искусственно созданный строительный материал, характеризующийся высокой пористостью, который изготавливается из смеси вяжущих, в основном кремнесодержащего заполнителя и различных добавок, формирующих или усиливающих те или иные качественные характеристики [15].

В качестве вяжущих веществ используют следующие природные минералы - цемент, известь или гипс. В качестве заполнителя в основном используют мелкозернистый кварцевый песок, угольную золу и доменный шлак. Пористую структуру ячеистого бетона, обуславливающую его высокие теплоизоляционные качества, получают за счет добавления в приготавливаемую бетонную смесь алюминиевой стружки (пудры), превращающуюся на определенном этапе в тысячи маленьких пузырьков (пор) с содержанием водорода.

Мелкозернистые ячеистые бетоны - это затвердевшая смесь вяжущего и кремнеземистого компонента, в которой равномерно распределены поры в виде мелких и средних ячеек размером до 1-2 мм, образованных газо- и пенообразователями. Объем данных пор приближается к 80 % от всего объема бетона. Ячеистые бетоны относят к классу легких бетонов. Физическо-механические свойства легких бетонов определяются их пористостью. Увеличение пористости приводит к улучшению теплотехнических и акустических характеристик, но при этом возрастают гигроскопичность и водопоглощение. Данные обстоятельства приводят к снижению морозостойкости. В связи с этим нельзя применять ячеистые бетоны в увлажненной среде.

Прочность ячеистого бетона зависит от плотности: чем выше плотность, тем прочнее бетон. Мелкозернистые бетоны в отличие от бетонов на крупных заполнителях обладают более однородной структурой, повышенным содержанием цементного камня (с уменьшением расхода цемента прочность резко падает), большой пористостью, но относительно меньшей прочностью, высокой проницаемостью, а также более низкой морозостойкостью. Изготовление бетонной смеси для ячеистого бетона требует большего расхода воды.

Мелкозернистый ячеистый бетон используется по следующим направлениям:

1. В качестве теплоизоляционного материала (входит в состав различных многослойных конструкций и систем, выполняя в них роль теплоизоляционного слоя. Удельный вес (плотность) теплоизоляционного ячеистого бетона – 150–200 кг/м³);
2. В качестве конструкционного материала (выпускается в виде изделий для возведения несущих конструкций зданий и сооружений. Удельный вес конструкционного ячеистого бетона 900 – 1400 кг/м³).

Как мы видим, мелкозернистый ячеистый бетон имеет очень широкую область применения. Однако, наибольшим спросом пользуются изделия для возведения несущих стен, выпускаемые в виде штучных блоков. Именно, как материал для возведения стен, ячеистый бетон заслужил всеобщее признание. Связано это с тем, что ячеисто-бетонные блоки имеют ряд бесспорных преимуществ перед остальными стеновыми материалами, представленными на современном строительном рынке: отличные прочностные свойства; существенно короче сроки строительства с использованием блоков из мелкозернистого ячеистого бетона; легкий процесс монтажа; непревзойденная теплоизоляционная способность; отличные звукоизоляционные качества.

В связи с широким использованием этого материала в строительном производстве, важное значение приобретает определение его деформативных свойств, в том числе его ползучести.

Под ползучестью бетона понимают его способность деформироваться во времени при длительном действии постоянной нагрузки. Физическая природа ползучести еще недостаточно выяснена, но большинство исследователей считают, что пластические деформации ползучести обуславливаются пластическими свойствами цементного камня и изменением состояния основной составляющей бетона. Деформации ползучести наиболее заметно развиваются в первые сроки после приложения нагрузки и постепенно затухают, но они наблюдаются иногда у бетона в возрасте одного года и больше. Полная деформация ползучести может значительно превосходить деформации, получаемые бетоном в момент загрузки [3]. Традиционно ползучесть мелкозернистого ячеистого бетона определяется на предварительно карбонизированных образцах-призмах размерами 10x10x40 см, изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ [2] (ГОСТ 10180-78), а также с учетом требований обеспечения ремонтных свойств и сейсмостойкости (СНиП 2.03.01-84, 1985) [7].

Методика испытаний. Для определения ползучести мелкозернистого ячеистого бетона необходимо, прежде всего, выяснить какие факторы влияют на ползучесть бетона. Ползучесть бетона зависит от большого числа факторов, чем его усадка, причем большинство факторов действует на деформации ползучести подобно их влиянию на деформации усадки.

На ползучесть бетона влияют: расход и вид цемента; водоцементное отношение; вид и крупность заполнителя; степень уплотнения бетона; степень гидратации цемента к моменту приложения нагрузки; температура и влажность окружающей среды и самого бетона; размеры образца и относительные значения напряжений в бетоне. Ползучесть бетона резко возрастает при повышении

содержания цемента, увеличении водоцементного отношения, уменьшении крупности заполнителей и повышении их деформативности, например, при применении пористых заполнителей.

При определении ползучести мелкозернистого ячеистого бетона необходимо соблюдать требования ГОСТ 24544-81 - Методы определения деформаций усадки и ползучести [1]. Данный ГОСТ устанавливает способы испытаний образцов бетона для определения деформации усадки и деформации ползучести. Для определения усадки испытывается ненагруженный образец, а для изменения ползучести – нагруженный.

Образцы испытываются путем измерения их вдоль продольной оси. Стандарт предписывает испытания производить только на специально изготовленных образцах. Образцы, выпиленные или выбуренные из конструкций, к испытаниям не допускаются. В соответствии с требованиями ГОСТа определение деформаций ползучести должно проводиться на призматических образцах не гидроизолированных от влагообмена с окружающей средой. Размеры образцов для определения деформаций ползучести выбирают в зависимости от наибольшей крупности заполнителя в пробе бетонной смеси в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-78. Образцы изготовляют отдельными сериями.

Каждая серия должна состоять из 9 образцов призм, из которых 3 образца предназначают для определения призмной прочности, 3 образца - для определения деформации усадки и 3 образца - для определения деформаций ползучести, а также 3 образцов-кубов с ребрами размерами, соответствующими размеру рабочего сечения призмы.

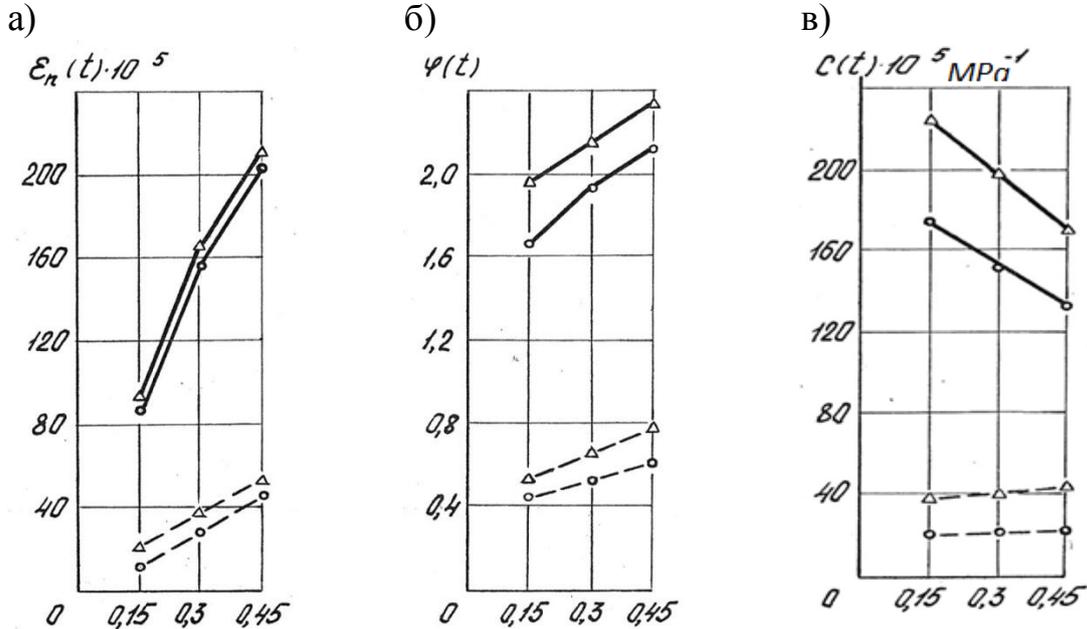
Образцы из ячеистого бетона, изготовленные в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-78, перед испытанием на ползучесть должны быть погружены в воду и храниться в ней в течение 3 суток в горизонтальном положении (ГОСТ 24544-81, 1981). В нашем случае перед карбонизацией влажность бетона доводится до 15% путем высушивания образцов в герметичной камере над хлористым кальцием в присутствии извести [8, 10].

Образцы для более равномерного распределения влаги выдерживаются завернутыми в газонепроницаемую пленку в течение 2-3 суток [8, 10]. Затем торцы и две боковые поверхности образцов изолируются липкой пленкой с последующим нанесением расплавленного с канифолью парафина слоем толщиной 2-3 мм. Свободными оставляются поверхности, перпендикулярные направлению вспучивания газомассы [8, 10]. Образцы карбонизируются в герметичной камере при 10%-ной концентрации в ней углекислого газа. Количество газа, необходимое для создания заданной концентрации при первом наполнении камеры, подсчитывается по ее объему.

В последующем, концентрация газа в камере контролируется газоанализатором ВТИ-2 с точностью 0,01%. В камере находятся вентилятор для перемешивания газовой смеси и ванна с насыщенным раствором NaCl для обеспечения относительной влажности воздуха $\varphi = 75 \pm 3\%$ при $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ (рис.1). Стабильность температурно-влажностного режима проверяется при помощи термографа и гигрографа. Испытуемые образцы выдерживаются в ка-

словливает повышение удельной несущей способности гелевидной части и включение в работу кристаллического сростка. Вследствие этого у карбонизированного ячеистого бетона с ростом нагрузки мера ползучести уменьшается.

Как видно из рис.3, ползучесть газобетона с учетом и без учета его карбонизации увеличивается с уменьшением плотности бетона.



Относительный уровень напряжений σ/R_b

Рисунок 3 - Относительные деформации ползучести (а), характеристика (б) и мера ползучести (в) ячеистого бетона с различной плотностью при длительности испытаний 360 суток

- — карбонизированный бетон;
- - - - - — некарбонизированный бетон;
- 1, 2, 3 — уровни напряжений 0,15; 0,3; 0,45R_b соответственно
- △ — газобетон плотностью 600 кг/м³;
- — газобетон плотностью 700 кг/м³

На протяжении опытов при уровне напряжений 0,3 от призмочной прочности относительные деформации ползучести, характеристика и мера ползучести некарбонизированного газобетона плотностью 600 кг/м³ превышают эти же значения бетона плотностью 700 кг/м³ соответственно в 1,36; 1,12 и 1,44 раза.

Для карбонизированных бетонов эти величины равны соответственно 1,15; 1,06 и 1,22. Полученные результаты показывают, что процесс карбонизации снижает разницу в показателях ползучести исследуемых бетонов, которая была обусловлена их различной плотностью. Результаты экспериментальных данных исследований относительных деформаций ползучести мелкозернистых ячеистых бетонов с учетом их карбонизации и обычных мелкозернистых бетонов без учета их карбонизации [16], при уровне напряжения 0,3 призмочной прочности, проанализированы с применением методов математической статистики. Расчет выполнялся на ЭВМ с использованием специального программного продукта [18].

Согласно методическим рекомендациям НИИЖБ по исследованию усадки и ползучести бетона, достаточная надёжность эксперимента достигается в том случае, если показатель точности P не превышает 5% [19]. Значения показателя точности, полученные в наших опытах для относительных деформаций ползучести карбонизированного и некарбонизированного ячеистых бетонов, свидетельствуют о том, что результаты эксперимента являются надёжными. Так, значения показателя точности P для карбонизированных бетонов изменяются в пределах $0,44 \div 1,97\%$, а для некарбонизированных бетонов – в пределах $0,93 \div 2,98\%$ [12].

Методика определения ползучести мелкозернистого ячеистого бетона с учетом карбонизации

Исследование ползучести производится в кассетных пружинных установках, рассчитанных на 6 образцов-призм. Общий вид испытательной установки для исследования деформаций ползучести показан на рисунках 4 и 5.

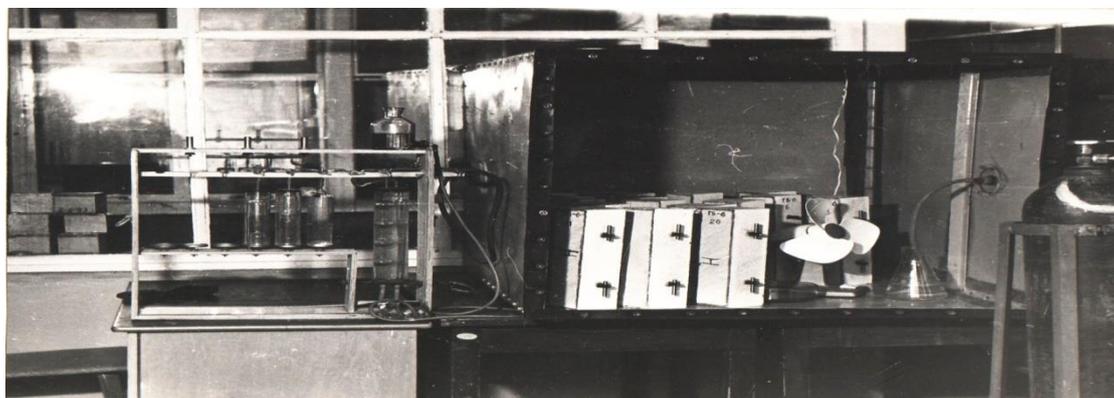


Рисунок 4 - Карбонизационная установка

Загрузка образцов осуществляется ступенями, равными $1/4$ контролируемой нагрузки с 5 мин. выдержкой. Деформации, натекающие за время выдержки, относятся к деформациям ползучести. Величина нагрузки, передаваемой на образец, контролируется динамометром, устанавливаемым под каждый винтовой домкрат. Продольные деформации призм измеряются с двух противоположных сторон на базе 200 мм, стационарно установленными индикаторными приборами с ценой деления 0,001 мм. [5]. Ползучесть бетона определяется по результатам испытания шести образцов одной серии.

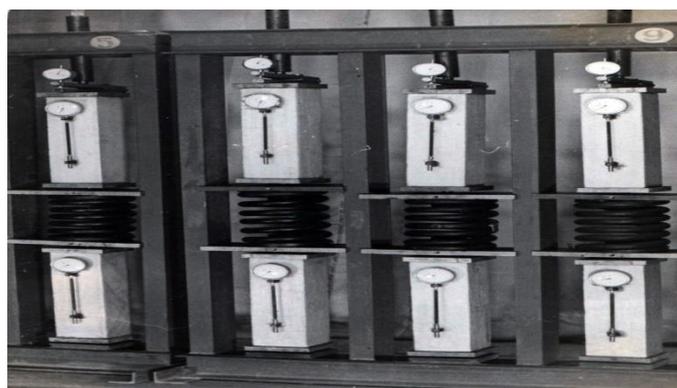


Рисунок 5 - Общий вид пружинной установки во время длительных испытаний

Параллельно с нагруженными призмами ведутся наблюдения за тремя ненагруженными образцами-близнецами для исключения деформаций, вызванных колебанием температуры окружающей среды (рис.6).

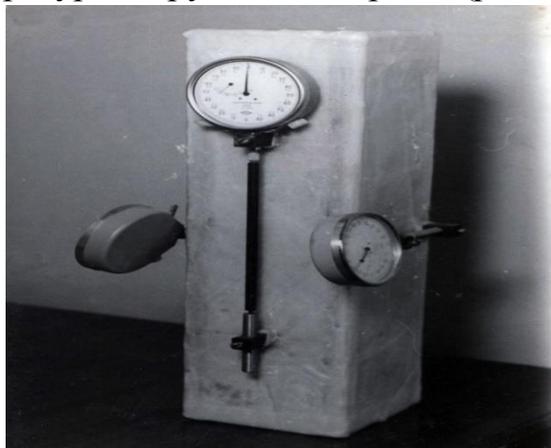


Рисунок 6 - Вид контрольного образца для учета температурных деформаций бетона

Температура и влажность в помещении замеряются аспирационным психрометром, а также термографами и гигрографами [5]. Замеры по индикаторным приборам при исследовании ползучести производятся через 0,5; 1; 3; 6 и 12 часов после передачи нагрузки, затем в течение 5-7 суток – ежедневно; в период от 7 до 14 суток – 2 раза в неделю и в последующем – через 10-15 суток [4, 20].

Относительные деформации ползучести определяются по формуле:

$$[\epsilon]_n(t) = [\epsilon]_д(t) - [\epsilon]_т(t), \quad (1)$$

где $[\epsilon]_д(t)$ – длительные деформации (с учетом быстроснатекающих деформаций ползучести) отсчитываются от момента окончания загрузки образца; $[\epsilon]_т(t)$ – температурные деформации ненагруженных изолированных призм-близнецов.

Показатели ползучести исследуемых бетонов определяются следующим образом:

мера ползучести

$$C(t) = \frac{[\epsilon]_n(t)}{[\sigma]}, \text{ МПа}^{-1} \quad (2)$$

где $[\sigma]$ – величина напряжения в образце, МПа; характеристика ползучести

$$[\phi](t) = \frac{[\epsilon]_n(t)}{[\epsilon]_0}, \quad (3)$$

где $[\epsilon]_0$ – мгновенная упругая деформация в момент нагружения образца.

Для оценки воспроизводимости результатов, полученных при использовании вышеизложенной методики, были испытаны три серии образцов-близнецов из газобетона на смешанном вяжущем плотностью 600 кг/м³ класса В 2,5. Каж-

дая серия состояла из 6 образцов, которые карбонизировались в разных камерах при одинаковой концентрации углекислого газа.

Достоверность разницы между средними арифметическими значениями деформаций ползучести разных серий образцов оценивали с помощью выражения [11]:

$$\frac{M_i - M_{i+1}}{\sqrt{m_i^2 + m_{i+1}^2}} \leq 3 + \frac{6}{n-4}, \quad (4)$$

где M_i и M_{i+1} – сравниваемые средние арифметические;

m_i и m_{i+1} – их средние ошибки;

n – число наблюдений;

$\frac{6}{n-4}$ – поправка на малое число наблюдений.

Анализ расхождения между средними значениями деформаций ползучести разных серий образцов-близнецов после выдерживания под нагрузкой в течение 360 суток приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Статистические данные деформации ползучести газобетона с учетом его карбонизации

Номер серий образцов	$M = \frac{\sum N}{n}$	$[\sigma] = \pm \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1}}$	$v = \pm \frac{100[\sigma]}{M} \%$	$m = \pm \frac{[\sigma]}{\sqrt{n}}$	$M_i - M_{i+1}$	$\frac{M_i - M_{i+1}}{\sqrt{m_i^2 + m_{i+1}^2}}$
1	165,34	1,44	0,90	0,59	3,29	3,91
2	168,63	1,46	0,87	0,60	1,89	1,16
3	170,52	3,72	2,18	1,52	5,18	3,18

Как следует из таблицы 1, разница между средними арифметическими значениями ползучести сравниваемых серий образцов является недостоверной, так как левая часть неравенства (4) меньше ее правой части. Следовательно, предлагаемая методика позволяет получить воспроизводимые результаты и может быть рекомендована для определения ползучести ячеистых бетонов с учетом их карбонизации.

Влияние карбонизации на обратимость деформаций ползучести мелкозернистого ячеистого бетона

Достоверная оценка обратимости деформаций ползучести бетона имеет важное значение, так как это явление во многих случаях существенно влияет на изменение напряженного состояния конструкции во времени. Это связано с тем, что в значительном количестве реальных задач по разным причинам напряжения в бетоне во времени уменьшаются, т.е. имеют место условия, в которых проявляется свойство бетона восстанавливать свои первоначальные (до загрузки) размеры при частичном или полном разгрузении.

Исследования проводились на полностью карбонизированных и некарбонизированных образцах-призмах размерами 10x10x40см из газобетона плотностью 600 и 700 кг/м³. Для исключения погрешностей, связанных с неаддитивностью усадки и ползучести, образцы испытывали в изолированном виде при влажности бетона, равной 10%.

Напряжение загрузки в призмах составляло 0,3 от призмочной прочности некарбонизированного бетона. Всего было загружено 48 образцов-близнецов (по 24 шт. для бетона каждой плотности). После 30, 90 и 180 сут. воздействия нагрузки по шесть образцов разгружались для определения обратимости деформаций ползучести. При этом по шесть образцов оставляли под нагрузкой для определения ползучести.



Рисунок 7 - Обратимость деформаций ползучести газобетона при различной длительности действия нагрузки

- а — газобетон плотностью 600кг/м³;
- б — газобетон плотностью 700кг/м³;
- — карбонизированный бетон;
- - - - - — некарбонизированный бетон.

Длительность действия нагрузки:
1 — 300 сут., 2 — 90 сут., 3 — 180 сут.

Как показывают опытные кривые (рис.7), для полностью карбонизированных бетонов характерна меньшая степень обратимости деформаций ползучести. Обратные деформации ползучести карбонизированных образцов из газобетона плотностью 700 кг/м³, разгруженных через 30, 90 и 180 суток, составили соответственно 43, 35 и 22% при длительности наблюдения, равной 540 суткам после разгрузки. Для этих же сроков степень обратимости деформаций ползучести серии образцов из некарбонизированного бетона составила 93, 78 и 56%.

Меньшая степень обратимости деформаций ползучести карбонизированного бетона по сравнению с некарбонизированным объясняется тем, что твердая фаза карбонизированного бетона состоит из геля кремнекислоты и кристаллической части, а твердая фаза некарбонизированного бетона является полностью кристаллической с той или иной степенью закристаллизованности.

С увеличением возраста разгрузки газобетонных образцов деформация упругого последствия и степень восстановления их первоначальных размеров как с учетом, так и без учета карбонизации имеют тенденцию уменьшаться (рис.8).

Аналогичные данные были получены в работах С.В. Александровского и В.И. Скатынского [16,18] при исследовании деформаций упругого последействия некарбонизированного цементно-зольного ячеистого бетона и газосиликата.

Уменьшение обратимости деформаций ползучести цементно-зольного ячеистого бетона при длительном выдерживании его под нагрузкой связывают с некоторым проявлением “старения” бетона, а также с возникновением необратимых деформаций ползучести, вызванных микронарушениями структуры бетона [13].

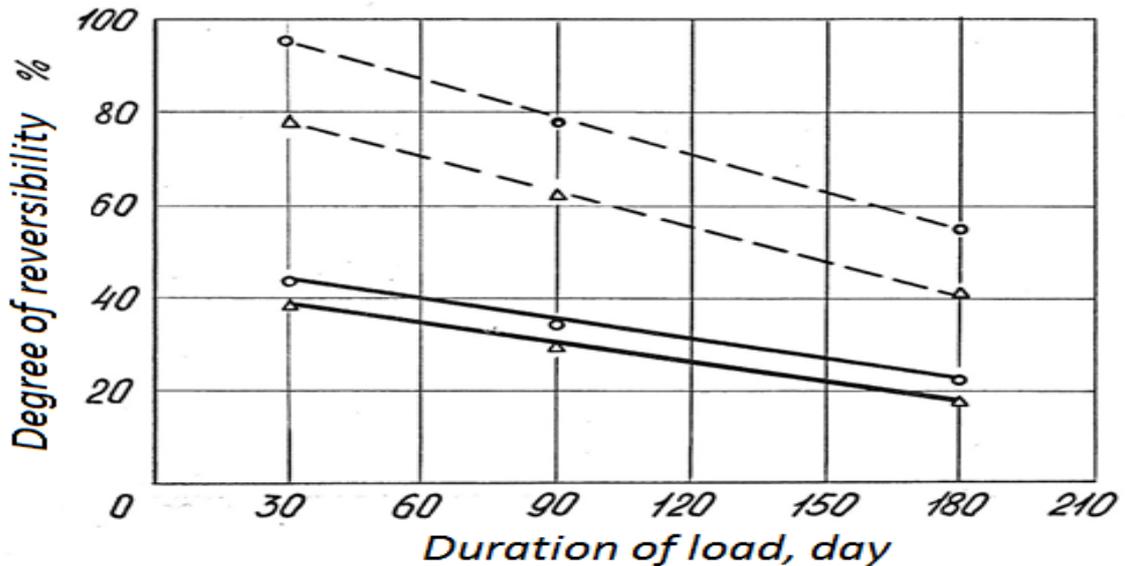


Рисунок 8 - Влияние длительности действия нагрузки на обратимость деформаций ползучести ячеистого бетона с различной плотностью

- — — — — карбонизированный бетон;
- - - - - некарбонизированный бетон;
- △ — газобетон плотностью 600 кг/м³;
- — то же, плотностью 700 кг/м³.

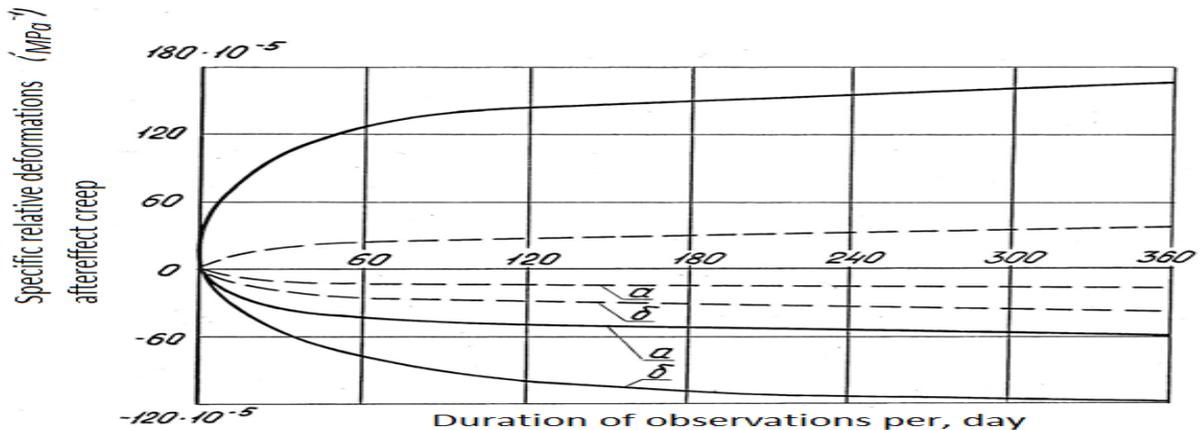


Рисунок 9 - Удельные деформации ползучести и упругого последействия

- — — — — карбонизированный бетон;
- - - - - некарбонизированный бетон;
- а — деформации последействия, отсчитанные от соответствующей

щей горизонтальной прямой;

б –тоже, по принципу наложения воздействий.

Как видно из рисунков 8 и 9, обратимость деформаций ползучести карбонизированного и некарбонизированного бетонов снижается с уменьшением их плотности. Так, степень обратимости ползучести карбонизированных газобетонных образцов плотностью 600 кг/м^3 , разгруженных через 30, 90 и 180 суток, оказалась на 6,5; 7,3 и 5,2% ниже, чем у образцов плотностью 700 кг/м^3 . Для некарбонизированного бетона эта разница составила соответственно 15,0; 16,0 и 14,6%. Одновременно в момент разгрузки образцов из газобетона плотностью 600 кг/м^3 , которые находились под нагрузкой в течение 30 суток, для оценки применимости принципа наложения воздействий к описанию длительного деформирования ячеистого бетона с учетом и без учета его карбонизации, загружали той же нагрузкой по 6 образцов-близнецов из полностью карбонизированного и некарбонизированного бетонов.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Проведенные нами опыты по исследованию обратимости деформаций ползучести газозолобетона подтвердили сделанный ранее С.В. Александровским вывод о том, что применение принципа наложения воздействий для описания деформирования ячеистых бетонов при простейших ступенчатых режимах изменения напряжений дает вполне приемлемые результаты.

По данным НИИЖБ, применение стеновых панелей из ячеистого бетона плотностью 700 кг/м^3 на 21,1% уменьшает приведенные затраты на устройство наружных стен жилых и общественных зданий по сравнению с панелями из керамзитобетона плотностью 1100 кг/м^3 . Масса наружных стен из ячеистобетонных панелей и блоков меньше стен из легкобетонных панелей и глиняного кирпича в 1,7-4,8 раза, а энергоемкость – в два с лишним раза [17]. Увеличение объема производства изделий из ячеистых бетонов требует более глубокого и широкого изучения их свойств. Это позволит уточнить рациональные области использования эффективных ячеистобетонных конструкций, повысить их качество и долговечность.

Одним из неисследованных вопросов в строительной науке о ячеистобетонных конструкциях является деформативность конструкций из этих бетонов при длительном действии нагрузки и карбонизации.

В условиях эксплуатации ячеистобетонные ограждающие конструкции испытывают воздействие углекислоты воздуха, концентрация которой в обычной атмосфере составляет около 0,05%, а в воздухе промышленных районов и внутри жилых помещений может достигнуть 0,1%. В атмосфере сельскохозяйственных производственных зданий концентрация углекислого газа составляет 0,25-0,3%. Следствием воздействия углекислого газа является карбонизация автоклавного ячеистого бетона. При карбонизации в бетоне меняется содержание твердой фазы и кристаллической части твердой фазы, появляется значительный объем геля кремнекислоты, изменяется удельная поверхность цементирующего материала, развивается карбонизационная усадка, снижаются прочность и мо-

дуть упругости бетона [14]. Все это не может не отражаться на величине деформации ползучести бетона.

Вывод. Проектирование ячеистобетонных конструкций без учета ползучести бетона при карбонизации может привести к снижению надежности, в ряде случаев, к недостаточной долговечности конструкций. В связи с этим целью исследования явилось определение нормативности элементов конструкций из автоклавного ячеистого бетона при действии длительной нагрузки и карбонизации, разработка предложений по совершенствованию методов расчета ячеистобетонных конструкций, повышающих их долговечность.

Проведенные исследования позволяют предложить следующий порядок определения ползучести ячеистого бетона с учетом его карбонизации атмосферной углекислотой. Необходимо отметить, что вязкое течение геля кремнекислоты необратимо, в то время как деформации даже слабо закристаллизованного сростка имеют высокий уровень обратимости деформаций ползучести.

Мера ползучести ячеистого бетона с учетом его карбонизации при действии углекислого газа 10%-ной концентрации $C(t)_{10}$ определяется по формуле (2). Величину меры ползучести ячеистого бетона при карбонизации атмосферным углекислым газом $C(t)_a$ определяют по формуле:

$$C(t)_a = k_1 C(t)_{10}, \quad (5)$$

где k_1 – переходный коэффициент от меры ползучести, полученный при испытаниях образцов размером 10x10x40 см, карбонизированных углекислотой концентрации 10%, к мере ползучести бетона, карбонизированного атмосферной углекислотой.

Влияние размера образца на значение переходного коэффициента k_1 предлагается учесть следующим выражением:

$$k_1 = 0,617 - 0,034 r \text{ при } 2 \leq r \leq 10, \quad (6)$$

где, $r = \frac{A}{0,5 \Pi}$ – отношение площади поперечного сечения образца к его полупериметру (приведенный радиус сечения).

Значение коэффициента k_1 , определенное по формуле (6), равно 0,45.

Библиографический список:

1. ГОСТ 24544-81 - Методы определения деформаций усадки и ползучести. - М.: Изд-во стандартов, 1981. - 24 с.
2. ГОСТ 10180-78. Бетоны. Методы определения прочности на сжатие и растяжение. - М.: Изд-во стандартов, 1979. - 24 с.
3. Баженов Ю. М. Технология бетона. М.: Высшая школа, 1987.
4. Мелкозернистые бетоны из техногенного сырья для ремонта поврежденных зданий и сооружений / Баженов Ю.М., Батаев Д.К.-С., Муртазаев С.-А.Ю., Мажиев Х.Н., Грозный: 2011. 342 с.
5. Приборы и оборудование строительных лабораторий / Мажиев Х.Н., Батаев Д.К.-С., Соловьев Э.П., Тимошук В.Г., М.: Комтех-Принт, 2007. 375 с.
6. Леонтьев Л.Н. Техника статистических вычислений. М.: Лесная промышленность, 1966. 250 с.
7. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. - 79 с.

8. Jirásek, M. and P. Havlásek, 2014. Microprestress–solidification theory of concrete creep: Reformulation and improvement. *Cement and Concrete Research*, 60: pp.51-62.
9. Jiang, W., G. De Schutter and Y. Yuan, 2014. Degree of hydration based prediction of early age basic creep and creep recovery of blended concrete. *Cement and Concrete Composites*, 48: pp.83-90.
10. Jirásek, M. and P. Havlásek, 2014. Accurate approximations of concrete creep compliance functions based on continuous retardation spectra. *Computers & Structures*, 135: pp.155-168.
11. Rossi, P., J. Tailhan and F. Le Maou, 2013. Comparison of concrete creep in tension and in compression: Influence of concrete age at loading and drying conditions. *Cement and Concrete Research*, 51: pp.78-84.
12. Assmann, A. and H.W. Reinhardt, 2014. Tensile creep and shrinkage of SAP modified concrete. *Cement and Concrete Research*, 58: pp.179-185.
13. Bazant, Z.P. and M.H. Hubler, 2014. Theory of cyclic creep of concrete based on Paris law for fatigue growth of subcritical microcracks. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 63: pp.187-200.
14. Balevičius, R. and G. Marčiukaitis, 2013. Linear and Non-linear Creep models for a multi-layered concrete composite. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 13(4): pp.472-490.
15. Hamed, E. and M.A. Bradford, 2010. Creep in concrete beams strengthened with composite materials. *European Journal of Mechanics - A/Solids*, 29(6): pp.951-965.
16. Александровский С.В., Данилов Б.П., Багрий Э.Я. Исследование ползучести ячеистого бетона//Ползучесть и усадка бетона: тезисы докладов / НТО стройиндустрии УССР и НИИСК Госстроя СССР. - Киев.- 1969. - С.5-12.
17. Баженов Ю.М. Материалы и технологии для ремонтно-восстановительных работ в строительстве. - М.: КомТех, 2000. – 233 с.
18. Скатынский В.И., Крумелис Ю.В. К выбору теории ползучести для описания длительного деформирования ячеистых силикатных бетонов // Ползучесть и усадка бетона: Тезисы докладов, подготовленные Украинским республиканским правлением НТО стройиндустрии и НИИСК Госстроя СССР. - Киев. - 1969. - С.155-164.
19. Айзенберг Я.М., Батдалов М.М., Муртазаев С-А.Ю. Материалы и конструкции для повышения сейсмостойкости зданий и сооружений. -М: Комтех-Принт, 2009г. – 447 с.
20. Баженов Ю.М. Материалы и технологии для ремонта и восстановления зданий и сооружений. - М.: КомТех, 2011. – 233 с.

References:

1. GOST 24544-81 - Methods for determination of shrinkage deformations and creep. -М.:publishing,house,ofstandards,1981.-24p.
2. GOST 10180-78. The concretes. Methods for determination of compressive strength and tensile strength. - М.: publishing house of standards, 1979. - 24 p.
3. Bazhenov, Y. M. Technology of concrete. М.: Higher school, 1987.

4. Fine concretes from man-made materials to repair damaged buildings and constructions , Yu. M. Bazhenov, Bataev, D. K-S., Murtazaev S-A. Yu, Maiev H. N., Grozny :2011-342p.
5. Devices and equipment for construction laboratories Maiev H. N., Batayev D. K-S., E. P. Soloviev, V. G., Tymoshuk, M.: Comtech-Print, 2007. 375 p.
6. Leont'ev L. N. Technique of statistical calculations. M.: Forest industry, 1966 - 250 p.
7. SNiP 2.03.01-84. Concrete and reinforced concrete structures. - M: TSITP of USSR Gosstroi, 1985. - 79 p.
8. Jirásek, M. and P. Havlásek, 2014. Microprestress–solidification theory of concrete creep: a Reformulation and improvement. *Cement and Concrete Research*, 60: pp. 51-62.
9. Jiang, W., G. De Schutter and Y. Yuan, 2014. Degree of hydration based prediction of early age basic creep and creep recovery of concrete blended. *Cement and Concrete Composites*, 48: pp.83-90.
10. Jirásek, M. and P. Havlásek, 2014. Accurate approximations of concrete creep compliance functions based on continuous retardation spectra. *Computers & Structures*, 135: pp.155-168.
11. Rossi, P., Tailhan J. and F. Le Maou, 2013. Comparison of concrete creep in tension and in compression: Influence of concrete age at loading and the drying conditions. *Cement and Concrete Research*, 51: pp.78-84.
12. Assmann, A. and H. W. Reinhardt, 2014. Tensile creep and shrinkage of SAP modified concrete. *Cement and Concrete Research*, 58: pp.179-185.
13. Bazant, Z. P. and M. H. Hubler, 2014. Theory of cyclic creep of concrete based on Paris law for fatigue growth of subcritical microcracks. *Journal of the Mechanics and, Physics of Solids*, 63: pp.187-200.
14. Balevičius, R. and G. Marčiukaitis, 2013. Linear and Non-linear Creep models for a multi-layered concrete composite. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 13 (4):pp.472-490.
15. Hamed, E. and M. A. Bradford, 2010. Creep in concrete beams strengthened with composite materials. *European Journal of Mechanics – A Solids*, 29(6):pp.951-965.
16. Aleksandrovsky S. V., Danilov B. P., bagrii, E. I. study of the cellular concrete creep, Creep and shrinkage of concrete: proceedings NTO the building industry of the USSR and the scientific-investigational center of Gosstroy of the USSR. - Kyiv.- 1969.-pp.5-12.
17. Bazhenov Yu. M. Materials and technologies for repair and rehabilitation works in construction. -M.:TheComtech,2000.–233p.
18. Katynski V. I., Brumelis Y. V. the choice of the creep theory for describing the long-lasting deformation of the cellular silicate concrete, Creep and shrinkage of concrete: Proceedings of the reports of the Ukrainian Republican rule NTO construction and scientific-investigational center of Gosstroy of the USSR. - Kiev. - 1969.-pp.155-164.

19. Eisenberg J. M., Batalov M. M., Murtazaev S-A. Y. Materials and construction for improving earthquake resistance of buildings and structures. -M: Comtech-Print, 2009–447p.
20. Bazhenov Yu. M. Materials and technologies for repair and reconstruction of buildings and structures. - M.: Komtekh, 2011. – 233 p.

УДК 621.861

Кокоев М.Н., Федоров В.Т.

МОДУЛЬНАЯ ПЛОЩАДКА ДЛЯ МОНТАЖА ТЯЖЕЛОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Kokoev M.N., Fedorov V.T.

MODULAR STAGE FOR HEAVY MACHINERY ASSEMBLING AT THE INDUSTRIAL PLANTS

Аннотация. В статье рассмотрена модульная площадка для перемещения грузовой платформы на воздушной подушке. С помощью модульной площадки и грузовых платформ можно перемещать тяжелое оборудование с открытой территории предприятия внутрь цехов и монтировать его на подготовленные фундаменты. Рассмотрены две конструкции автоматических клапанов, используемых в модульной площадке. Приводятся сведения об испытании прототипа модульной площадки.

Ключевые слова: модульная площадка, грузовая платформа на воздушной подушке, промышленное оборудование, монтаж.

Abstract. This article proposes a design of the modular stage for the air-cushion service platforms. With the help of the modular stage and service platforms it is possible to carry heavy machinery from the outdoor territory of the plant into the workshops and mount it on the prepared basement. Two possible designs of automatic valves are suggested. Results of some tests of the prototype of the modular stage are included.

Key words: modular stage, air-cushion service platform, industrial equipment, assembly.

Введение. В предстоящие годы в Российской Федерации необходимо будет реконструировать и модернизировать сотни промышленных предприятий. Это связано с тем, что за четверть века на бывших предприятиях оборудование давно морально, а во многих отраслях и физически, устарело, разукomплектовано и пришло в негодность. В то же время капитальные здания и сооружения промышленных предприятий, в которых материализован труд предшествую-

щих поколений строителей, во многих случаях после ремонта можно использовать под новые технологии и оборудование.

При строительстве и реконструкции старых предприятий частая проблема – это извлечение оборудования из цехов на открытое пространство на территории завода, где можно использовать тяжелую подъемно-транспортную технику. Следом стоит обратная задача – перемещение новых станков, прессов и др. машин внутрь цехов на подготовленные фундаменты.

Использование для этих работ подручных средств и механизмов связано с о значительными затратами времени и небезопасно для работников.

За рубежом в последние 10-15 лет для перемещения тяжелого оборудования на предприятиях получило распространение использование плоских грузовых платформ на воздушной подушке с воздухоподачей от компрессора, стоящего отдельно от платформы.

Например, швейцарская фирма «LKS AG» (Luftkissensysteme AG) производит для этого плоские платформы [1]. Платформа выполнена в виде прочной панели, на нижней поверхности которой по периметру имеется уплотнение из пневматических трубчатых камер. Материал уплотнений – высокопрочный эластичный материал на основе армированной резины.

Тяжелое оборудование приподнимают над полом домкратами, заводят под него платформы – одну или несколько, что зависит от массы станка и его размеров. Опускают станок на платформы и по шлангам подают воздух от компрессора под платформу. Под платформой образуется воздушная подушка, которая приподнимает станок. Далее оборудование перемещают по горизонтали на другое место или к выходу из цеха. Одно из преимуществ платформ на воздушной подушке – возможность перемещения тяжелого оборудования и поворота его в любую сторону на месте в стесненных условиях цеха, сохранение оборудования и полов от повреждения. К сожалению, платформы типа «LKS AG» и подобные им могут работать только на ровных и гладких полах.

Расчеты показывают, что для работы такой платформы даже на гладком полу необходима подача воздуха достаточно большой мощности.

Например, для образования воздушного зазора высотой всего 2 мм между полом и платформой для перемещения оборудования массой, например, 5 тонн при давлении воздуха 10 кПа необходима воздухоподача мощностью около 45 кВт (это произведение расхода воздуха на давление с учетом общего КПД).

В данном случае принято условие, что площадь платформы должна быть примерно в 1,5 раза больше, чем это следует из простого расчета по закону Паскаля. Это связано с тем, что давление в воздушной подушке малой высоты под платформой распределяется неравномерно и сильно убывает от центра платформы к ее краям по мере увеличения скорости течения воздушного потока на периферии.

Указанный выше коэффициент может иметь интервал 1,2-1,8, что зависит от конструктивных факторов и условий эксплуатации платформы.

Однако на промышленных предприятиях часто есть необходимость перемещать оборудование массой до 30 тонн и более. Особенно это относится к

предприятиям машиностроения и промышленности строительных материалов. Кроме того, полы на предприятиях, которые построены 30-40 лет назад, имеют отклонения поверхности от плоскости и уступы до 10 и более сантиметров.

В случае, когда воздух для образования воздушной подушки под грузовой платформой подается снизу вверх из самой пустотелой модульной площадки, можно говорить о так называемой, инвертированной воздушной подушке. В свою очередь, воздух внутрь пустотелой площадки подается каким-либо внешним источником (вентилятором или компрессором).

Такой принцип, например, применяется в более простом виде в полиграфии для перемещения тяжелых пачек бумаги большого формата и картона на машинах для резки материала. Для этого используют стальной стол с полкой столешницей.

В поверхность стола в большом количестве вмонтированы шариковые клапаны. Клапаны установлены так, что шарики частично выступают над поверхностью стола. Внутри полкой столешницы подают сжатый воздух.

При прямом воздействии перемещаемого груза на шарик, он преодолевает действие пружины и сжатого воздуха и открывает выход воздуху в пространство между столом и грузом. Воздух вытекает из клапанов и создает тонкую воздушную подушку между грузом и столом. Благодаря этому рабочий может перемещать по столу груз массой до 300 кг. Аналогично устроены полы в некоторых зарубежных автофургонах и железнодорожных вагонах [2, 3]. Но для транспортировки тяжелого оборудования при монтажно-строительных работах на предприятиях эта техника не пригодна.

Постановка задачи. В 2004 г. в России разработана модульная площадка нового типа для перемещения грузовых платформ на инвертированной воздушной подушке [4, 5]. Модульная площадка позволяет использовать ее в паре с платформой для грузов различной массы, в том числе и весьма тяжелых. Площадка выполнена в виде однотипных прочных плоских модулей, внутри которых вмонтированы автоматические клапаны. Это позволяет собирать из модулей опорные поверхности в виде площадок необходимой ширины и протяженности для перемещения на платформах тяжелого оборудования.

Если на пути платформы поверхность неровная, с выбоинами и перепадами, то поверхность перед укладкой модулей выравнивают мелким щебнем фракцией 10-15 мм по всему маршруту движения платформы. Например, с открытой территории завода внутрь цеха на подготовленное для установки оборудования место.

Воздух для образования воздушной подушки под платформой, который подают внутрь модульной площадки с помощью вентилятора высокого давления, выходит из внутреннего пространства модулей через клапаны. Воздух попадает в клапаны через боковые окна в корпусе клапана (рис. 1).

Клапан состоит из корпуса и подвижного поршня, который в верхнем положении своим телом перекрывает боковые окна в корпусе клапана. Под поршнем находится пружина, которая в закрытом состоянии клапана прижимает поршень вверх. Для того чтобы давление воздушной подушки могло открыть

клапан, полость под поршнем сообщается с атмосферой через отверстие в днище коробки модуля. Модуль лежит на слое щебня, который пропускает достаточное количество атмосферного воздуха в подпоршневое пространство клапана.

При монтаже площадки модули соединяют вместе так, что площадка образует общее внутреннее пространство. Внутри площадки центробежный вентилятор подает воздух под давлением от 5 до 15 кПа. Давление и расход воздуха зависят от массы груза и размеров грузовой платформы.

В каком бы месте площадки грузовая платформа не находилась, автоматические клапаны открываются под платформой под действием давления воздушной подушки на поршни клапанов. Как только грузовая платформа вместе с воздушной подушкой под ней переместится в сторону, клапаны тут же закрываются.

При уходе платформы давление над клапаном падает до атмосферного. Пружина в клапане поднимает поршень вверх до упора и клапан закрывается. Поэтому, при движении платформы в пределах площадки, под ней всегда существует воздушная подушка.

Методика испытаний. Как видно на рис. 1 каждый модуль состоит из небольшого количества однотипных деталей.

Изготовленные и испытанные прототипы модулей имеют форму квадрата в плане. Каждый модуль содержит 4 клапана. Для монтажных работ, в зависимости от поставленных задач, из модулей можно собрать временную площадку любой конфигурации и размеров. По завершении монтажных работ площадка разбирается на модули для перевозки к новому месту работ.

Испытания изготовленного прототипа площадки для платформ показали, что после ухода платформы клапан закрывается недостаточно быстро.

Замедленное закрытие клапана, иногда до 2-3 с, приводит к повышенному расходу воздуха и увеличивает затраты энергии на работу вентиляторов.

Причина работы клапана с задержкой в следующем.

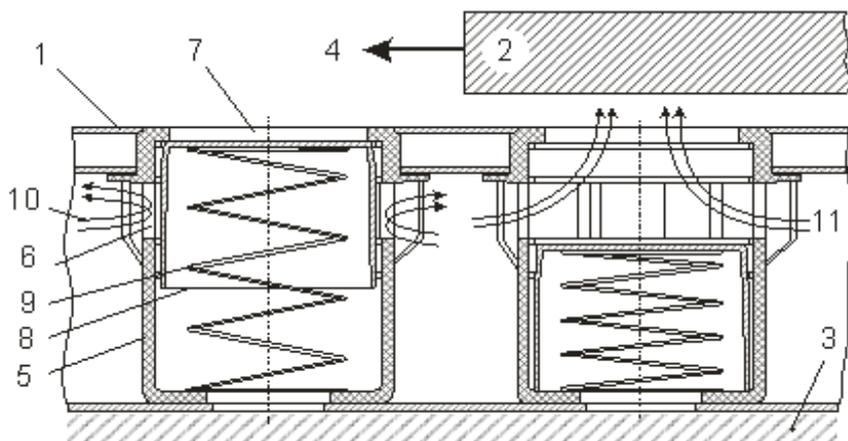


Рисунок 1 – Принцип работы автоматического клапана модульной площадки для перемещения и монтажа тяжелого оборудования.

1 – поверхность модуля, над которой перемещается грузовая платформа 2.

3 – выравнивающий слой мелкого щебня под модулями площадки, 4 - направление перемещения грузовой платформы, 5 – корпус клапана, 6 – окна для входа воздуха внутрь клапана, 7 – окно для выхода воздуха из клапана, 8 - поршень, 9 – пружина, 10 – вход для воздуха в клапан закрыт, 11 – клапан открыт, воздух выходит через клапан под грузовую платформу 2.

При открытом клапане потоки воздуха с большой скоростью симметрично входят через окна внутрь клапана (см. рис. 2 слева).

Эти потоки сталкиваются в центре корпуса над поршнем. Далее воздушный поток поворачивает вверх и уходит из клапана в атмосферу над площадкой. В соответствии с законом Д. Бернулли, при падении скорости воздушного потока с постоянным расходом давление в нём увеличивается. В результате в открытом клапане непосредственно над поршнем, где тормозится воздушный поток, создается область повышенного давления. Это давление противодействует быстрому закрытию клапана. Вследствие этого непроизводительный расход воздуха увеличивается.

С другой стороны, повысить жесткость пружины для преодоления поршнем противодействия воздуха при закрытии клапана, нельзя. Увеличение жесткости пружины приведет к уменьшению хода поршня при открытии клапана и недостаточной подачи воздуха под платформу.

Для модульных площадок с целью перемещения платформ на воздушной подушке был разработан быстродействующий клапан. В новом клапане окна в боковой стенке корпуса выполнены с направляющими воздух лопатками, расположенными под углом 30 градусов к диаметральной секущим плоскостям корпуса клапана, проходящим через места крепления лопаток к корпусу (см. рис. 2 справа). Благодаря тому, что направляющие воздух лопатки у окон выполнены под углом, воздушные потоки входят в клапан тангенциально и закручиваются относительно продольной оси корпуса клапана. Вообще, угол между лопаткой и диаметральной секущей плоскостью может быть в интервале $\pm (15-45)$ градусов и задается в зависимости от других параметров клапана и рабочего давления воздуха.

Хотя технологически корпус клапана с наклонными лопатками требует использования несколько более сложной технологической оснастки, это, как показали испытания, было оправдано.

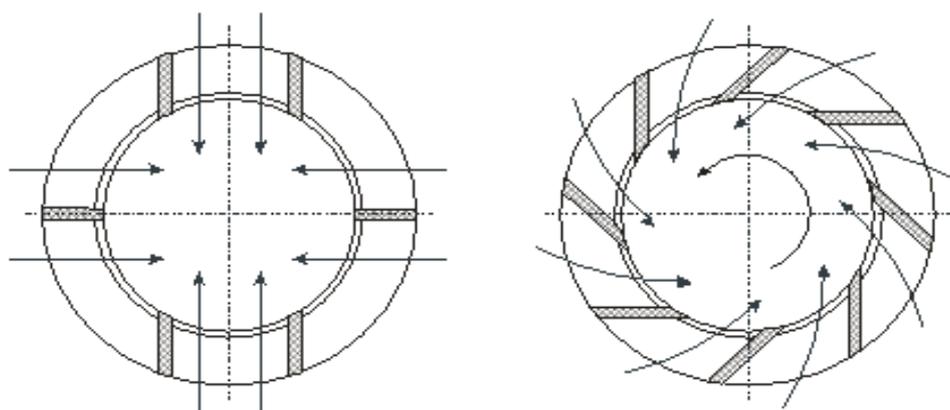


Рисунок 2 – Схема, поясняющая работу обычного и быстродействующего

клапана для подачи воздуха с целью образования воздушной подушки под платформой

На левом рисунке лопатки на окнах в корпусе обычного клапана расположены так, что направляют воздух к центру клапана. В центре клапана потоки сталкиваются, их скорость падает над поршнем, создается область высокого давления. Это давление противодействует быстрому закрытию клапана.

На правом рисунке лопатки расположены под углом к соответствующим радиусам. Поэтому воздушный поток входит в клапан тангенциально и образует циклон. Над поршнем образуется зона отрицательного давления. Это разрежение вместе с пружиной поднимают поршень вверх. Благодаря этому клапан закрывается много быстрее, чем обычный клапан, показанный на левом рисунке.

Результаты эксперимента и их обсуждение.

Проведенные испытания макетного образца на опытной модульной площадке для платформ на воздушной подушке и расчеты показали следующее.

Частота вращения воздушного потока в корпусе клапана в открытом состоянии при оптимальных размерах очень велика и превышает 50 1/с.

Вследствие быстрого вращения воздушного потока над поршнем образуется зона низкого давления, в которой давление воздуха существенно ниже атмосферного.

В результате быстрое закрытие клапана происходит под действием двух сил: силы сжатой пружины и разрежения над поршнем за счет вращения воздушного потока. Большое разрежение над поршнем возникает в случае, когда расход воздуха через клапан максимален. Это соответствует тому моменту, когда платформа уходит в сторону от клапана, и воздух может свободно истекать в атмосферу через отверстия в крышке клапана (рис. 1).

Когда платформа находится непосредственно над клапаном, то его закрытие под действием разрежения не происходит, поскольку скорость истечения воздуха через клапан под платформу много меньше, чем при отсутствии над клапаном платформы. При уходе платформы в сторону, давление над клапаном падает до атмосферного. Вследствие этого скорость потока через клапан резко возрастает, соответственно увеличивается разрежение над клапаном и он быстро закрывается.

Испытания опытного образца клапана показали, что разработанный клапан при одинаковом рабочем давлении воздуха закрывается за время около 0,2 с, что на порядок быстрее прототипа.

Вывод. При эксплуатации модульных площадок, нужно иметь в виду, что трение между грузовой платформой на воздушной подушке и площадкой, практически отсутствует. Это большое преимущество перед любыми другими средствами механизации монтажных работ, особенно в стесненных внутрицеховых условиях. С другой стороны, применение грузовых платформ на воздушной подушке требует учета того, что при отсутствии горизонтальных креплений и страховок платформа легко сползает к краю площадки даже при очень малых

уклонах. Поэтому монтажникам нужно применять соответствующие страховочные меры для исключения самопроизвольного перемещения платформы с оборудованием.

Библиографический список:

1. Проспект монтажного оборудования швейцарской фирмы «LKS AG» Luftkissensysteme AG. URL: <http://www.lks.ch> (дата обращения 21.08.2013).
2. Патент US 3108698 А (США); опубл. 29.10.1963.
3. Патент GB N 1021040 А (Великобритания); опубл. 23.02.1966.
4. Патент RU 2271290 С2, МПК В60V 1/100; В60V 3/04. Опора с несущей поверхностью для перемещения платформы на воздушной подушке / Федоров В.Т.; приоритет 20.04.2004.
5. European patent N 1747157 C2, МПК В60V 1/100; Auflager mit Tragflaeche zum Bewegen einer Plattform auf einem Luftkissen / Fedorov V.T.; Airglide Technologies AG (CH); 03.09.2008.

References:

1. The prospect of mounting equipment of the Swiss company "LKS AG Luftkissensysteme AG. URL: <http://www.lks.ch> (accessed 21.08.2013).
2. Patent, US3108698(USA); publ. 29.10.1963.
3. The patent GB N 1021040 A (UK); publ. 23.02.1966.
4. Patent RU 2271290 C2, IPC B60V 1/100; B60V 3/04. Bearing with carrier in the surface to move the air cushion platform, Fedorov V. T.; priority 20.04.2004.
5. European patent N 1747157 C2, IPC B60V 1/100; Tragflaeche mit Auflager zum Bewegen einer Plattform auf einem Luftkissen, Fedorov V. T.; Airglide Technologies AG (CH); 03.09.2008.

УДК 621.22

Курбанова З.А.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАСЧЕТОВ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ВОДОСЛИВНОГО ФРОНТА ПЛОТИНЫ НА НЕСКАЛЬНОМ ОСНОВАНИИ

Kurbanova Z.A.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR THE CALCULATION OF THE OPTIMUM PROFILE OF THE WATER DRAIN FRONT OF THE DAM ON OF NON-ROCK FOUNDATION

Аннотация. Одной из основных задач, решаемых при проектировании низконапорных водосливных плотин на не скальных основаниях, является проектирование оптимального профиля водосливного фронта, имеющего мини-

мальную стоимость. Трудоемкость ручного расчета водосливного профиля плотины, требует создания инструментальных средств расчета. Это позволит сократить время проектирования, и облегчить труд проектировщика. Разработанный программный комплекс имеет практическую ценность и может широко использоваться в практике проектирования водосливных плотин на скальном основании.

Ключевые слова: плотина, водосливной фронт, удельный расход, алгоритм, программный комплекс.

Abstract. One of the main tasks solved when designing low-pressure spillway dams on non-rock foundations, is the design of an optimal profile of the front spillway with the lowest price. The complexity of manual calculation of a spillway profile of the dam. Require's work the establishment of calculation tools. It will reduce design time and facilitate are designer's. The developed program complex has practical value and can be widely used in the design practice of weirs on non-rock foundation.

Key words: the dam, spillway front, specific expenses algorithm, software complex.

Введение. Одной из основных задач, решаемых при проектировании низконапорных водосливных плотин на скальных основаниях, является обеспечение наиболее экономичного водосливного фронта плотины, включающего саму плотину и сооружения нижнего бьефа.

Постановка задачи. Решение этой задачи основывается на учете зависимости между удельными расходами воды q и стоимостью сооружений водосливного фронта CT . Удельные расходы, соответствующие минимуму функции

$$CT = f(q), \quad (1)$$

называют удельными экономичными расходами $q_{эк}$.

Использование их при проектировании водосливных плотин позволяет проектировать водосливной фронт плотины, имеющий минимальную стоимость.

При ручном счете строится график зависимости между удельными расходами и стоимостью сооружения, по которому определяют такое значение q , которому соответствует минимальная стоимость (минимум кривой на рис.1).

При выборе экономически целесообразного значения q рассматривают несколько вариантов плотины, проектируемой на различные удельные расходы.

При проектировании различных вариантов плотины задаются минимальным значением удельного расхода q_{min} .

В качестве такого минимального удельного расхода обычно принимают удельный расход на стрежне реки ($q_{естmax}$) в естественном ее состоянии при расходе Q_{max} [1,2]:

$$q_{min} = q_{естmax}, \quad (2)$$

$$q_{естmax} = \beta v h_{max}, \quad (3)$$

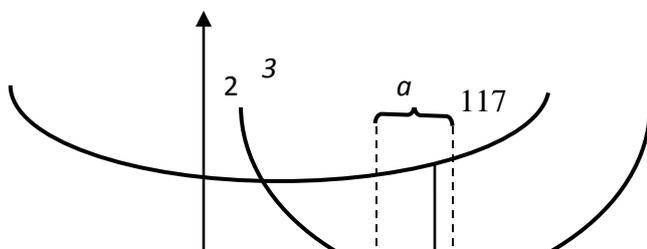


Рисунок 1 - Зависимость стоимости СТ устройств нижнего бьефа (1), водосбросного сооружения (2) и их общей стоимости (3) от удельного расхода: *a* – зона оптимальных удельных расходов

где h_{\max} – глубина воды на стрежне реки в естественном состоянии;
 v – средняя скорость для всего живого сечения:

$$v = Q_{\max} / \omega, \tag{4}$$

где ω – площадь живого сечения реки в естественном ее состоянии (при Q_{\max}); β – коэффициент перехода от скорости v к средней скорости по вертикали, где измеряется глубина h_{\max} ($\beta \approx 1,2 \dots 1,5$) [1].

Установив q_{\min} , задаются рядом значений:

$$q' = q_{\min}, \quad q'' = 2q_{\min}, \quad q''' = 3q_{\min} \text{ и т. д.}$$

При этом выполняют гидравлический расчет гасителей энергии и рисбермы, устанавливают геометрические размеры этих сооружений, определяют объемы бетонных работ по плотине, водобою, рисберме, а затем по этим параметрам вычерчивают поперечные сечения бетонной плотины вместе с креплением нижнего бьефа, отвечающие различным ее вариантам [1].

Поперечный профиль тела бетонной плотины вместе с креплением нижнего бьефа для каждого варианта, рассчитанного на определенное значение q , можно представить эскизным чертежом (рис.2). Если $q' < q'' < q''' \dots$, то имеем обратное соотношение: $B' > B'' > B''' \dots$

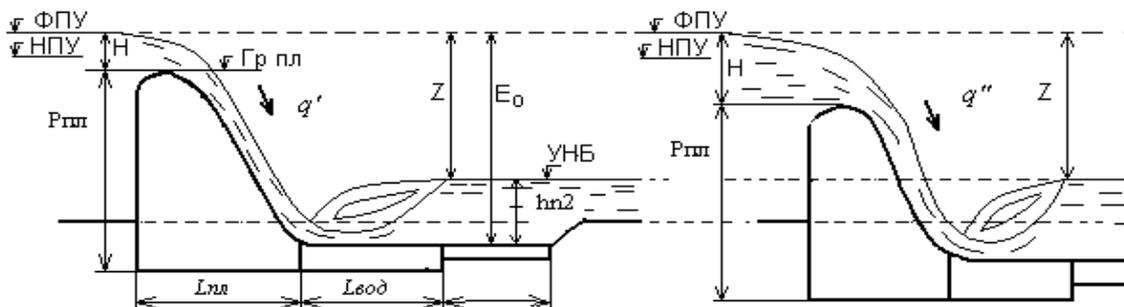


Рисунок 2 - Схемы вариантов плотины для различных значений q ($q'' > q'$)

Для каждого намеченного варианта по чертежу можно подсчитать объем бетона $W_{бет}$ и объем выемки грунта $W_{гр}$, приходящиеся на 1 м длины водосливной части плотины. Процесс расчета $q_{эк}$ достаточно трудоемкий, включает в себя большое количество итерационных расчетов и при «ручном» счете не обеспечивается достаточная точность полученных результатов. Трудоемкость ручного расчета оптимального профиля водосливного фронта при проектировании плотин, требует создания инструментальных средств расчета, что позволит сократить время проектирования, и облегчит труд проектировщика.

Методы исследования. В связи с этим нами разработан алгоритм расчета оптимального профиля водосливной плотины и программный комплекс, реализующий данный алгоритм на ЭВМ [2,4]. В основу алгоритма положены современные методы гидравлического расчета водосливов, сопряжения бьефов, гасителей энергии; методы расчета объемов работ и стоимости сооружений водосливного фронта; математические методы итерационных расчетов и поиска минимума функции.

Алгоритм расчета водосливного фронта плотины включает [1,2]:

1. Гидравлический расчет однопролетной и многопролетной водосливной плотины, который заключается в определении количества и ширины водосливных отверстий, геометрических размеров плотины (высота плотины и ширина водосливного фронта плотины).

Расчетная модель водосливной плотины принята практического профиля с параметрами, наиболее часто встречающимися в практике проектирования и строительства.

Минимальное значение удельных расходов на водосливе регулируемой части плотины принимается равной удельному расходу воды в реке в естественном состоянии при прохождении паводка, соответствующего особому случаю, т.е.

$$q = \mathcal{G}h_n, \quad (3)$$

где h_n - глубина воды в нижнем бьефе плотины.

Боковые стены–устои в продольном направлении повторяют профиль земляной плотины до сопряжения со стеной водобойного колодца, верх которой на 1,5 м выше уровня нижнего бьефа (принято без расчета возможной высоты волн).

2. Гидравлический расчет гасителей энергии. В программе отдельными блоками дается расчет водобойной плиты, водобойного колодца, водобойной стенки и комбинированного водобойного колодца. Выбор типа гасителя энергии производится в зависимости от типа сопряжения струи потока, по конструктивным и строительным соображениям, а также из условия экономической целесообразности применения того или иного типа гасителя. Ширина водобойного колодца равна ширине водосливной плотины. Толщина плотины водобоя определяется на основе гидравлического расчета, с учетом устойчивости ее на всплывание.

3. Расчет сопряжения бьефов за водосливной плотиной, который заключается в определении сопряженных глубин в нижнем бьефе и типа сопряжения бьефов. Как правило, низконапорные плотины возводятся на нескальных грунтах и поэтому при донном режиме сопряжения бьефов обычно имеют в нижнем бьефе водосбросов бетонный водобой с гасителями энергии и рисберму, а также переходное крепление. Конструкции и типы устройств нижнего бьефа и их компоновка определяются рядом факторов: гидрологических, топографических, геологических, технико-экономических и т. д. В гидротехнической практике применяются разнообразные конструкции и типы устройств, которые рассматриваются на предварительной стадии проектирования гидроузлов. Условия работы и конструкции крепления нижнего бьефа зависят в значительной мере от режима сопряжения с нижнего бьефа сбрасываемого потока. Если глубина нижнего бьефа недостаточна для затопления прыжка, ее увеличивают устройством водобойного колодца, водобойной стенки, устанавливая на водобое гасители энергии или используют комбинацию указанных средств.

4. Расчет рисбермы. Рисберма рассчитывается двух типов: сборная рисберма, выполненная из бетонных плит и рисберма, выполненная из каменной наброски. Расчет рисбермы, выполненной из каменной наброски, заключается в определении диаметра камня наброски из условия устойчивости его на размыв. Ширина рисбермы в ее начале принимается равной ширине водобоя, в конце она расширяется в обе стороны на угол $\beta = 12^\circ$.

Под рисбермой по всей длине предусмотрен обратный фильтр.

5. Расчет концевое крепление. Для защиты рисбермы от размыва за рисбермой предусматривается концевое крепление в виде ковша, отсыпанного камнем, и вертикального бетонного зуба. Расчет заключается в определении глубины ямы размыва, диаметра камня ковша и высоты стенки зуба.

6. Расчет стен-устоев различных конструкций: полумассивных бетонных Г-образного типа, железобетонных и ячеистых. Поперечный профиль стен-устоев принят таких размеров, при котором стены устойчивы при любом сочетании действующих на них нагрузок.

Расчет включает в себя определение геометрических размеров устоев заданной конструкции, их объемов и стоимости.

7. Определение объемов работ по плотине и сооружениям водосливного фронта.

8. Расчет стоимости плотины и сооружений водосливного фронта.

9. Расчет общего размыва русла и понижения отметки уровня воды в нижнем бьефе водосливной плотины. Нижний бьеф надлежит рассчитывать как систему, включающую вышеперечисленные устройства и учитывающий местный и общий размывы ее русла. В данных исследованиях расчет глубины местного размыва производится с учетом гранулометрического состава грунтов, слагающих русло. В программе отдельным блоком дается подпрограмма расчета гранулометрического состава грунтов.

После стабилизации местного размыва за сооружениями начинается общий размыв русла нижнего бьефа. Вследствие интенсивного размыва за соору-

жением и перемещением наносов по течению происходит значительное понижение отметок дна русла в начале зоны общего размыва.

Наиболее интенсивно эрозионные процессы протекают в начальный период эксплуатации гидроузла, что приводит к значительному понижению уровня воды в нижнем бьефе гидроузла. Это может привести не только к увеличению стоимости, но и снижению надежности, как сооружений нижнего бьефа, так и всего гидроузла. Учитывая это обстоятельство, в программу гидравлического расчета оптимальных параметров сооружений водосливного фронта плотины включена методика и подпрограмма расчета общего размыва дна русла нижнего бьефа гидроузла.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Существующие методики прогноза размыва нижнего бьефа подпорных сооружений базируются на одномерных моделях общего размыва.

Разработанная методика расчета общего размыва учитывает сложную конфигурацию поперечных сечений естественных русел, их геологическое строение и, связанную с этим неравномерность распределения гидравлических характеристик течения, а так же гранулометрический состав и физико-механические свойства грунтов по ширине русла.

Программный комплекс разработан на алгоритмическом языке Фортран PowerStation 4.0 (стандарт языка Фортран 90), снабженном средой Microsoft Developerstudio (мастерская разработчика), которая работает под управлением Windows и имеет удобный пользовательский интерфейс для создания, компиляции, связывания, отладки, выполнения программ и просмотра результатов расчета [3].

Алгоритмический язык Фортран – первый и наиболее распространенный язык, ориентированный на программирование расчетных задач. Массовость применения стандартизированной версии языка Фортран объяснялась наличием в нем средств, позволяющих более полно использовать аппаратные возможности ЭВМ, независимой компиляцией процедур и поддерживалась колоссальным объемом созданного на Фортране математического обеспечения [3].

Фортран содержит не только систему программирования (язык с «фирменными» расширениями; транслятор; загрузчик; отладчик; библиотеки подпрограмм; справочные средства), но и объединенный в Microsoft DeveloperStudio набор инструментов поддержки больших программных проектов.

Характерными особенностями FPS являются: свободный формат записи операторов; динамическое выделение памяти; новый тип программной компоненты - *модуль*, применяемый для глобального описания данных и библиотек *процедур* (подпрограмм и функций); управляющая конструкция *SELECTCASE* и новые формы оператора цикла; улучшенные средства для численных расчетов, в том числе ряд числовых справочных функций; множество новых встроенных процедур.

FPS снабжен математической библиотекой процедур IMSL, что позволяет наряду с консольными приложениями, создавать диалоговые окна, меню, обрабатывать события, выполнять средствами QuickWin многооконный графиче-

ский вывод, писать разноязычные, например на Фортране и СИ, приложения и т.д.

Программа в FPS рассматривается как *проект*, который кроме *головной* программы может содержать подпрограммы, функции, модули, библиотеки. Файлы программы, подпрограмм, модулей имеют расширение *.f90*. Программа имеет заголовок *PROGRAM имя_программы* и завершается оператором *END-PROGRAM имя_программы*. Программа строится по схеме: объявление типов используемых переменных, затем операторы, выполняющие над объявленными переменными некоторые действия.

Разработанный программный комплекс имеет модульную структуру, позволяющую включать и исключать из расчетов отдельные сооружения, входящие в водосливной фронт, а также выбирать различные типы и конструкции сооружений. При машинной реализации вычислительного алгоритма к разрабатываемому программному комплексу, были предъявлены следующие требования: высокая скорость работы; возможность ввода данных в программу; удобство в управлении программой.

Программный комплекс разработан в двух вариантах – для научных исследований и реального проектирования и состоит из головной программы с тем же названием и 30 процедур (подпрограмм, модулей и функций) с расширением FPS. *f90*. Блок-схема алгоритма расчета показана на рисунке 3.

Основные подпрограммы комплекса:

- головная программа: программа расчета удельных экономичных расходов водосливных плотин (*Fixed_weir*);
- подпрограмма расчета характеристик грунта основания плотины (*Ground*);
- подпрограмма расчета нормальной глубины воды в нижнем бьефе (*Depth*);
- подпрограмма расчета многопролетного водослива практического профиля (*Weir*);
- подпрограмма расчета многопролетного водослива практического профиля при заданном удельном расходе воды (*Wei_1*);
- подпрограмма расчета сопряжения бьефов за водосливной плотинной (*Reach_Connection*);
- подпрограмма расчета глубины потока за плотиной в сжатом сечении (*Depth_c*);
- подпрограмма расчета водобойной плиты без специальных гасителей (*Vdp_1*);
- подпрограмма расчета водобойной плиты с реактивными гасителями (*Vdp_2*);
- подпрограмма-функция расчета толщины плиты при наличии на водобое гасите лей энергии (*Fvd*);
- подпрограмма-функция определения коэффициента размывающей способности потока (*Fkr*);
- подпрограмма расчета водобойных стенок (*Wall*);

- подпрограмма расчета водобойного колодца (*Well*);
- подпрограмма гидравлического расчета комбинированного водобойного колодца (*Combine_well*);
- подпрограмма расчета бетонной рисбермы (*Downstream_apron*);
- подпрограмма расчета рисбермы, выполненной из камня (*Apron_from_stone*);
- подпрограмма расчета глубины ямы размыва за рисбермой (*Scour_pit*);
- подпрограммы расчета допускаемой неразмывающей скорости потока для несвязных и связных грунтов (*Velocity_1* и *Velocity_2*);
- подпрограмма расчета концевого крепления (*End_strength*);
- подпрограмма-функция расчета диаметра камня наброски (*Fds*);
- подпрограммы расчета стен-устоев различных конструкций (*Abutment_1*, *Abutment_2*, *Abutment_3*);
- подпрограмма расчета объемов работ по сооружениям водосливного фронта (*Volume_of_work*);
- подпрограмма расчета стоимости плотины и сооружений водосливного фронта (*Cost*);
- подпрограмма расчета параметров сооружений водосливного фронта и удельных экономичных расходов при заданном массиве удельных расходов плотины (*Dam*);
- подпрограмма расчета общего размыва русла и понижения уровня воды в нижнем бьефе гидроузла (*NB_Scour*);
- подпрограмма расчета транспорта руслоформирующих наносов (*Sediment*).

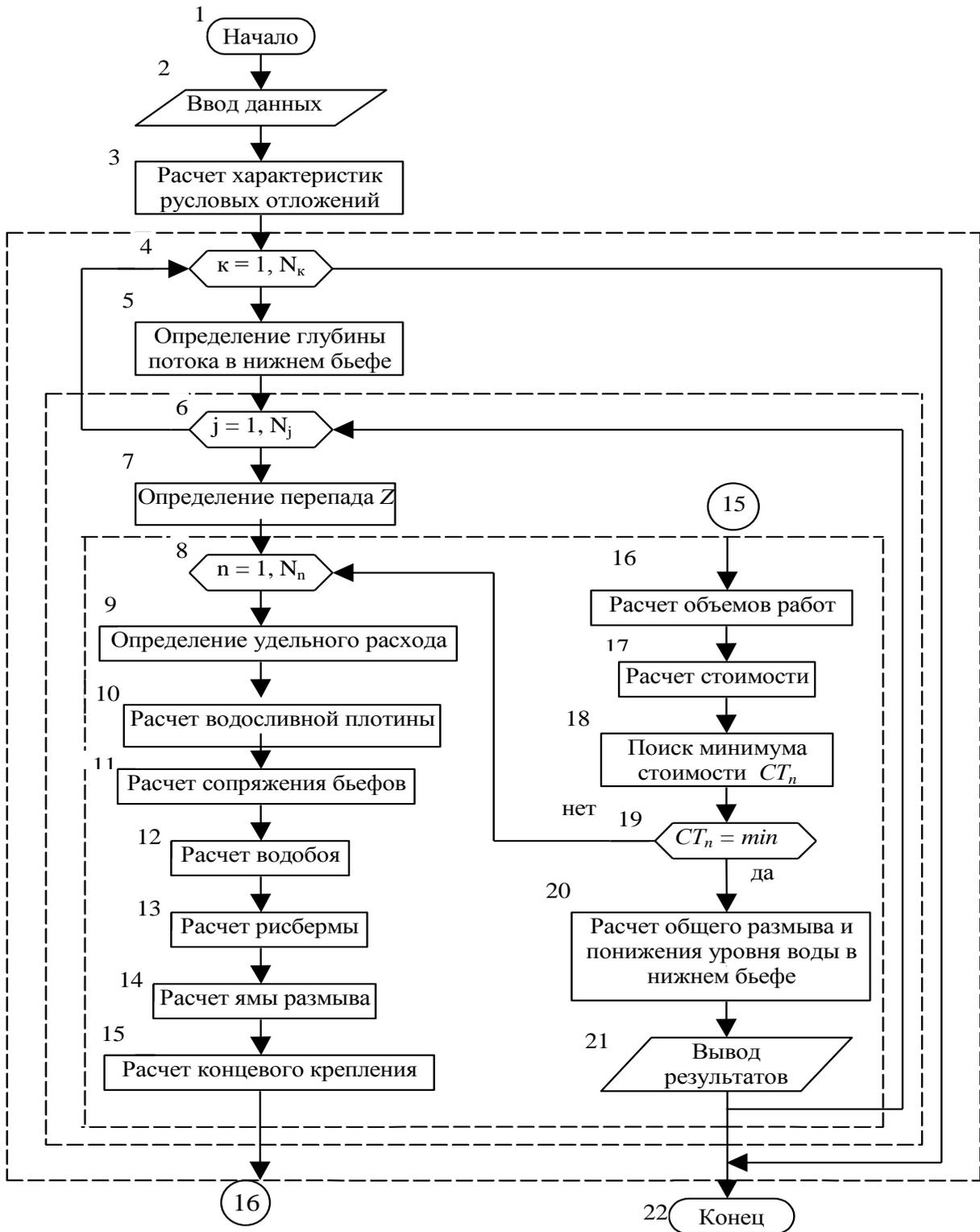


Рисунок 3 - Укрупненная блок-схема алгоритма расчета параметров сооружений водосливного фронта плотины на нескальном основании

Ввод данных и вывод результатов осуществляется подпрограммами *Fixed_weir_inp* – подпрограмма ввода исходных данных и *Fixed_weir_out* – подпрограмма вывода в текстовые файлы результатов расчетов.

Вспомогательными подпрограммами являются:

- *Fall_velocity* – модуль данных о гидравлической крупности наносов;

- *Lint* – подпрограмма линейной интерполяции;
- *Direct_func_iter* – подпрограмма использования метода итерации для нахождения аргумента прямой функции по заданному ее значению;
- *Revers_func_iter* – подпрограмма использования метода итераций для нахождения аргумента обратной функции по заданному ее значению;
- *Cost_min* – подпрограмма поиска минимума функции - зависимости стоимости сооружений водосливного фронта от удельного расхода;
- *Weir_data_arrays* – модуль объявления данных и динамически размещаемых массивов.

Подпрограммы *Dam* и *NB_Scour* имеют автономное положение в программном комплексе и включаются при задании соответствующих значений признаков счета *Lcount* и *Lscour*: 0 – выключено, 1 – включено.

Программа *Dam* предназначена для научных исследований: расчета ординат графика зависимости $CT = f(q)$ и изучения влияния на удельный экономичный расход $q_{эк}$ различных сооружений водосливного фронта, параметров плотины и гидравлических параметров верхнего и нижнего бьефа.

Для этого в ней формируется и используется массив удельных расходов воды $q_u(n)$ и обеспечивается синхронный вывод в текстовые файлы для каждого удельного расхода основных расчетных параметров всех сооружений водосливного фронта: геометрических, гидравлических и экономических, что позволяет строить и исследовать различные графики зависимости между указанными параметрами.

Исходными параметрами для расчета $q_{эк}$ являются: расчетный сбросной расход Q_p ; отметка форсированного подпорного уровня $\PhiПУ$; отметка уровня воды в нижнем бьефе $УНБ$; отметка дна реки $ДНА$; коэффициент основания плотины K , зависящий от вида грунта основания сооружения; коэффициенты заложения верхового – m_1 и низового – m_2 откосов земляной плотины, примыкающей к водосливной; физико-механические характеристики русловых отложений; стоимости $1м^3$ бетонных, железобетонных и грунтовых работ по сооружениям.

Выходными данными являются: гидравлические параметры водослива и нижнего бьефа; геометрические размеры сооружений водосливного фронта; геометрические параметры стен-устоев; объемы бетонных и земляных работ; стоимость сооружений водосливного фронта; характеристики потока и русла в нижнем бьефе до и после размыва.

Результаты расчета выводятся в режиме реального времени в виде графиков на экран монитора и в несколько файлов в виде таблиц для удобства их обработки и анализа. Выходными данными являются гидравлично-экономические и геометрические характеристики сооружений водосливного фронта.

Программный комплекс тестировался на реально построенных объектах, в частности, водосливных плотинах Волгоградского и Цимлянского гидроузлов. Обе эти плотины находятся на нескальном основании, имеют безвакуумный

практический профиль и имеют близкие по значению гидравлические параметры.

Вывод. В результате численного эксперимента были получены расчетные параметры плотин и сопутствующих сооружений, которые оказались близки к реальным параметрам данных плотин [2,4,5]. Разработанный программный комплекс имеет научно-практическую ценность и может широко использоваться в проектировании водосливных плотин на нескальном основании.

Библиографический список:

1. Чугаев Р.Р. Гидротехнические сооружения. В 2-х частях. Ч.2. Водосливные плотины. - М.: Агропромиздат, 1985. - 302 с.
2. Курбанова З.А. Разработка методики и программного комплекса для расчетов оптимальных параметров сооружений водосливного фронта низконапорных плотин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Махачкала: ДГТУ, 2005. - 24 с.
3. Бартенев О.В. VisualFortran: новые возможности. - М.: Диалог-МИФИ, 1999. - 400 с.
4. Курбанова З.А. Методика и программный комплекс для расчетов оптимальных параметров сооружений водосливного фронта низконапорных водосливных плотин /З.А. Курбанова, И.А-Г. Сулейманов, А.В. Магомедова // Вестник ДГТУ. – 2010. – №17. – С. 52-60.
5. Курбанова З.А. Исследование влияния на удельные экономические расходы низконапорных водосливных плотин различных факторов//Международный научно-исследовательский журнал. – 2013. - №4(11). - Ч1. – С. 101-105.

References:

- 1.Chugaev R. R. Waterworks. In 2 parts. Part 2. The overflow dam. - M.: Agropromizdat, 1985. - 302 p.
2. Kurbanova Z. A. Development of methods and software complex for calculation of optimal parameters of the structures front low-pressure spillway dams: author. dis. ... candidate. tekhn. Sciences. – Makhachkala: DGTU, 2005. - 24 p
3. Bartenyev ov VisualFortran: new opportunities. - Moscow: Dialog-MIFI, 1999. - 400 p.
4. Kurbanova Z. A. Methods and software complex for calculation of optimal parameters of the spillway structures of the front low-pressure spillway dams /Z. A. Kurbanov, I. And G. Suleymanov, V. A. Magomedov , Herald DGTU. – 2010. – No. 17. – pp. 52-60.
5. Kurbanova Z. A. study of the effect on the specific economical costs of low-head spillway dams of different factors, international research journal. – 2013. - №4(11). - P1. – pp.101-105.

УДК 550.34

Магомедов Р.А., Мамаев С.А.

СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДАГЕСТАНСКОГО СЕКТОРА ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

Magomedov R.A., Mamaev S.A.

SEISMO-TECTONIC AND GEODYNAMIC FEATURES DAGESTAN SECTOR OF THE EASTERN CAUCASUS

Аннотация. В результате анализа фондового и опубликованного геолого-геофизического материала составлена новая обобщенная схема разломно-блоковой тектоники региона, которая служит необходимым основанием для изучения процессов взаимодействия блоков, локализации источников напряжений, исследования движений по границам блоков и имеет первостепенное значение для выявления потенциальных сейсмических очагов, долгосрочный прогноз их очередной активизации и адекватной оценки сейсмической опасности и сейсмического риска в этом густонаселенном и промышленно развитом регионе страны.

Ключевые слова: разломно-блоковая тектоника, геодинамика, сейсмичность.

Abstract. In the analysis of stock and published geological and geophysical material made a new generalized fault-block tectonics of the region, which the service provides the necessary basis for studying the processes of interaction blocks, localization of sources of stress, the study of the movements along block boundaries and has periorstallation is to identify potential seismic foci, long-term forecast of their next activation and adequate assessment of seismic hazard and seismic risk in this densely populated and industrialized region of the country.

Key words: fault-block tectonics, geodynamics, seismicity.

Введение. Разломообразование в литосфере - геологический процесс, продолжающийся с архея (образования твердой коры) до настоящего времени. Длительное напряженное состояние верхней хрупкой части литосферы приводит к ее деформации и разломообразованию. Сочетание разноранговых разрывов образует разломно-блоковые структуры литосферы и ее деструктивные зоны, развитие которых происходит эволюционно от мелких к крупным.

Постановка задачи. Целью исследования было составление обобщенной схемы разломно-блоковой тектоники на основе анализа фондового и опубликованного геолого-геофизического материала, которая является необходимым основанием для изучения особенностей сейсмотектонических и геодинамических условий региона. Анализ разномасштабных геологических, тектонических и структурно-тектонических карт дает представление о широком развитии разноранговых разрывов и разломов практически в любом участке земной поверхности. Тектоническая активизация, как геологический процесс, существенно вли-

яет на густоту сетки разломов. А сейсмические события, контролируемые разломами, несут самую достоверную информацию об их активизации.

Активизация разломов на современном этапе геодинамического развития литосферы определяется движениями ограничивающих их блоков, зависящими от трех главных из многих не менее важных энергетических источников и прочностных характеристик:

а) подлитосферных движений в верхней мантии и астеносфере;
б) реологических свойств межблоковой геологической среды;
в) энергии триггерных механизмов, способствующих возбуждению метастабильного состояния разломно-блоковой среды литосферы в конкретных случаях (гравитационные возмущения, деформационные волны, лунно-солнечные влияния и прочие космические факторы).

Блоковая делимость литосферы согласно [2, 19-20] происходит на двух масштабно-временных уровнях. Первоначально в литосфере формируются крупные блоки первого и, возможно, второго рангов, определяющие первый масштабно-временной уровень крупных блоковых структур литосферы (рис. 1).

Разломы первого масштабно-временного уровня играют главную роль в контроле крупнейших наиболее сильных землетрясений мира. Разломы второго уровня образуют ориентированную и организованную в литосфере разломно-блоковую структуру.

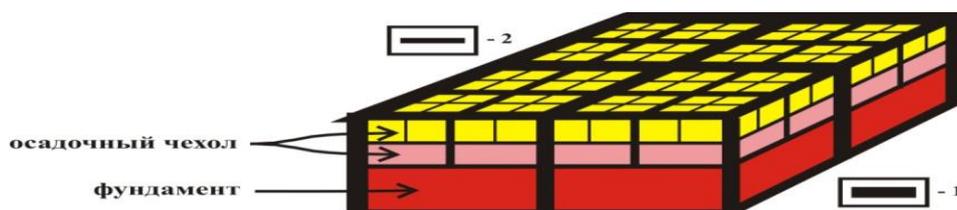


Рисунок 1 - Блоковая делимость литосферы на двух масштабно-временных уровнях [по 20, с дополнениями]

1 - границы разломно-блоковых структур и деструктивные зоны первого масштабно-временного уровня; 2 - границы разломно-блоковых структур и деструктивные зоны второго масштабно-временного уровня.

Методы исследования. Восточный Кавказ характеризуется самой высокой сейсмической активностью в европейской части России. В сейсмогеодинамическом отношении он принадлежит Иран-Кавказ-Анатолийскому региону Средиземноморско-Гималайского пояса, которому свойственны очень крупные землетрясения. Выявление потенциальных сейсмических очагов и долгосрочный прогноз их очередной активизации имеют первостепенное значение для адекватной оценки сейсмической опасности и сейсмического риска в этом густонаселенном и промышленно развитом регионе страны.

Информация по региональной геотектонике, которая исследует современное распределение в земной коре и верхней мантии тектонических нарушений разных типов, имеют решающее значение для выполнения этой задачи.

Разрывные нарушения в фундаменте и осадочном чехле региона, по данным сейсморазведки, настолько многочисленны, а изучены за редким исключе-

нием так слабо, что задача приведения в систему представлений о разломно-блоковой тектонике приобретает принципиальное значение.

В исследовании использовался метод структурного анализа, основанный на изучении геологических карт и геологических разрезов.

Структурная схема разломно-блокового строения земной коры служит необходимым основанием для изучения процессов взаимодействия блоков, локализации источников напряжений, исследования движений по границам блоков.

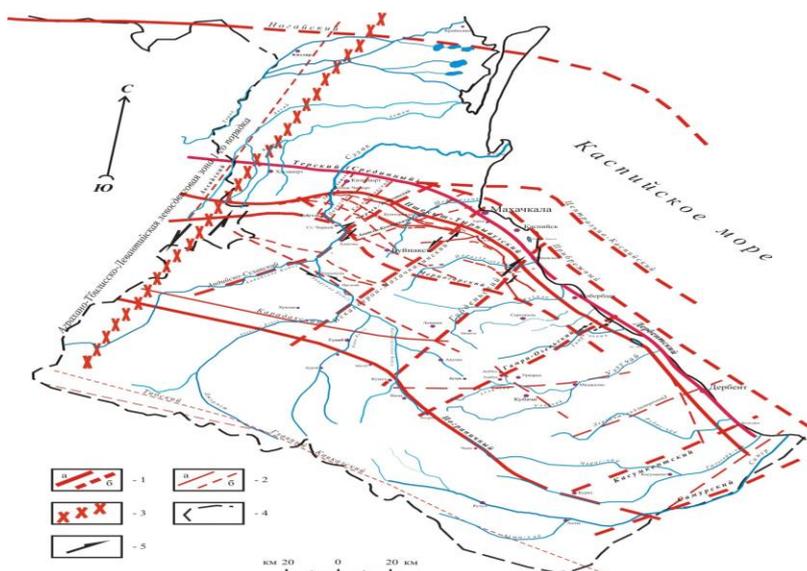
В разное время авторами были составлены структурно-тектонические схемы региона, его отдельных частей, отражающие отдельные вопросы региональной геотектоники или узкоспециальные вопросы промысловой геологии [3-4, 6-7, 11, 14-18 и др.]. Но единой картины разломно-блокового строения Дагестанского сектора Восточного Кавказа на современном этапе его изученности до сих пор нет. Видимо, отсутствие или недостаток геофизической информации о глубинном строении и строении осадочного чехла не позволили авторам различных схем региона предложить законченную его модель. Многие узловые вопросы геотектоники региона до сих пор являются дискуссионными. С учетом вышеизложенного в настоящей работе сделана попытка собрать разрозненную геолого-геофизическую информацию в единую схему разломно-блоковой тектоники региона.

В основу составленной схемы разломно-блокового строения (рис. 2), положены крупномасштабные геологические, тектонические, геолого-структурные карты восточной части северного склона Кавказа И.О. Брода, Л.А. Варданянца, В.П. Ренгартена, Н.Н. Ростовцева, Ю.Г. Леонова и других, а также мелкомасштабные карты А.И. Летавина, В.Л. Галина, Д.Г. Шарафутдинова, Г.Д. Буторина, Г.Г. Гасангусейнова, Д.А. Мирзоева, В.М. Пирбудагова и многих других, детальный анализ накопленных геолого-геофизических материалов производственных предприятий «Дагнефть», Дагнефтегаз, «Дагестангеология», ИГ ДНЦ РАН и др.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Новая обобщенная схема разломно-блокового строения масштаба 1:500 000 отражает почти все известные крупные дизъюнктивные нарушения, блоки фундамента и осадочного чехла Дагестанского сектора Восточного Кавказа на современном этапе его изученности.

Основные принципы построения схемы заключались в объединении разломно-блоковых структур литосферы и ее деструктивных зон (разрывных нарушений) на двух масштабно-временных уровнях с учетом их возраста и структурно-исторических особенностей.

Восточный Кавказ расположен в зоне сочленения крупных блоков земной коры с разнотипными мощностями его консолидированного комплекса с тремя системами разломов различного простирания: продольного (общекавказского), поперечного (северо-восточного), диагонального (северо-западного). Среди разломов продольного направления прослежены такие крупнейшие разломы как Срединный и Пшекыш-Тырныаузский, выделенные Г.Д. Ажгиреем и Е.Е. Милановским [10].



- 1 - границы разломно-блоковых структур и деструктивные зоны первого масштабного уровня – доюрского фундамента (а – достоверные, б – предполагаемые).
 2 - границы разломно-блоковых структур и деструктивные зоны второго масштабного уровня – осадочного чехла (а – достоверные, б – предполагаемые).
 3 - Аграхано-Тбилиско-Левантская левосдвиговая зона первого порядка.
 4 – граница республики.
 5 – направление движения блоков.

Рисунок 2 - Схема разломно-блокового строения Дагестанского сектора Восточного Кавказа

В восточном направлении Срединный разлом прослеживается от города Хасавюрта к устью реки Прорвы и далее следует параллельно береговой линии Каспийского моря. По гравиметрическим данным он выражается резкой гравитационной ступенью с амплитудой 40 мГал при горизонтальном градиенте 40-60 Этв. К зоне разлома приурочена Темиргоевская магнитная аномалия интенсивностью ± 2 мЭ. Пшекыш-Тырныаузский разлом выражен миндалевидным пучком разрывов, средняя его ветвь представлена Нараттюбинской зоной разрывов, переходящих на западе в Гилянский надвиг, а южная - в Кизил-Булакскую зону разрывов. Этот разлом является самым сейсмоактивным, с ним связаны крупнейшие срывы коренных пород и интенсивное осыпание склонов.

При оценке сейсмической опасности Чиркейского гидроузла особое внимание уделяется Экибулакскому и Кумторкалинскому поперечным разломам. Экибулакский разлом проходит через Чиркейское водохранилище и расположен между Старым и Новым Чиркеем в непосредственной близости от плотины Чиркейской ГЭС. Указанные глубинные разломы являются основными элементами, формирующими субкавказский облик структурно-тектонического плана осадочного чехла рассматриваемой территории и обуславливает высокую сейсмичность этих зон.

Неотектонические данные по Восточному Кавказу наиболее полно укладываются в неомобилистские представления, объясняющие формирование складчатых деформаций горизонтальными сжатиями, являющимися результатом либо пододвигания Закавказской микроплиты под горное сооружение Во-

сточного Кавказа [1], либо резким увеличением скорости сближения Аравийской и Евроазиатской плит [5], что приводит в свою очередь к горизонтальному сжатию и развитию структур скалывания в пределах сооружения Восточного Кавказа.

Усиление темпа неотектонических поднятий предгорий в среднем - позднем плейстоцене фиксируется изменением высотных отметок морских верхнехазарских террас [12], испытавших активное воздымание, резкие наклоны ниже-среднеплейстоценовых террас в левобережье р. Сулак на Бавтугайской возвышенности. Для этого этапа характерен активный рост структур в пределах южного края Терско-Каспийского краевого прогиба (Хадумский купол, Эльдамо-Кукуртгауская складка, Карабудахкент-Селлинское поднятие, западная и восточная антиклинальные зоны). Рост структур и сопутствующие смещения по радиально расположенным к Дагестанскому выступу разрывам, совпадающим с долинами рек Сулак, Шура-озень, Черкес-озень, известны и в пределах Дагестанского побережья к югу от Махачкалы по деформациям хвалынских береговых линий [13].

Тектоническими движениями поздних стадий орогенного развития альпийского тектогенеза был вызван подъём Дагестанского выступа с развалом и сползанием осадочного чехла в сторону северо-западного и северо-восточного бортовых его обрамлений [8-9].

Северо-западное бортовое обрамление Дагестанского выступа представлено ступенчато-надвиговым строением складчатости, сложно стыкующимся с Сулакским выступом. Вершиной последнего является куполовидная Хадумская структура, раскрытая почти до юры в глубоком каньоне с отвесными крутыми склонами русла р. Сулак.

Северо-восточное бортовое обрамление Дагестанского выступа представлено Губденским структурным выступом, плотно смыкающимся со складчатостью Горного Дагестана.

Помимо перечисленных структур в пределах Дагестанского сектора Восточного Кавказа выделяются следующие разломно-блоковые структуры и деструктивные зоны (разрывные нарушения):

- *Самурская поперечная флексура*, рассматриваемая как Касумкентский глубинный разлом.

Он выделен на основании гравимагнитных данных М.Н. Смирновой и трассируется от зоны Главного Кавказского надвига на западе до Срединного разлома на востоке в центральной части Каспия, проходя по линии селений Курах - Белиджи. Касумкентский разлом, находящийся в 40 км севернее Самурского, является северным ограничением рифта, а Самурский – южным. Разлом подтвержден сейсмическими исследованиями в модификации КМПВ на профиле Ахсу-Арабляр (Попов Е.А., Ратушная Г.А., 1964 г.) как зона разрыва поверхности палеозоя с амплитудой 0,5 км. Глубина его проникновения более 19 км. К этой же категории относится Гамри-Озеньский разлом.

- Северо-западнее Касумкентского разлома прослеживается *Гамри-Озеньский сейсмогенерирующий разлом*.

Он пересекает Черногорский, Пшекиш-Тырныаузский и Срединный разломы. Наибольшая сейсмическая активность наблюдается в узлах пересечения этого разлома с выше указанными тремя разломами Кавказского простиранья. На продолжении Гамри-Озеньского поперечного разлома в Большом Кавказе находятся очаги исторических сильных землетрясений (Мишлешского 1667 г. с $M = 6.5$, $I_0 = 8$, Рутульского 1250 г. с $M = 5.7$, $I_0 = 7-8$, Тляратинского 1668 г. с $M = 6.5$, $I_0 = 10$).

- *Аграхано-Тбилисско-Левантийская левосдвиговая зона первого порядка*, которая является новейшим структурным элементом Кавказа и западной границей Дагестанского выступа связанная с левосдвиговыми деформациями вдоль долины р.Акташ.

Наибольшая геодинамическая активность наблюдается в зоне пересечения этого разлома с Черногорским, Пшекиш-Тырныаузским и Срединным во фронтальной части Дагестанского выступа, подтвержденная долговременной сейсмической активностью. К зоне влияния этого разлома можно отнести семерьбалльные Бежтинское землетрясение 4.08.1974 г., $M=5.2$ и Тлохское землетрясение 15.02.1992 г., $K=12.5$.

- *Флексуорообразный уступ отделяющий друг от друга Известняковый и Сланцевый Дагестан*.

Вероятно, эта зона соответствует глубинному разлому, по которому Сланцевый Дагестан приподнят над Известняковым Дагестаном. Вдоль этого уступа наблюдаются разрывы, пересекающие Мугринскую антиклиналь, которая имеет коробчатое строение, сложена средне- и нижнеюрскими отложениями.

В северной части восточного крыла антиклинали среднеюрские отложения отсутствуют, из-за чего нижний мел залегает на отложениях нижнего аалена.

С этой зоной многие кавказские геологи связывают наличие глубинного тектонического шва, секущего поперёк тектонические зоны.

Дейбукско-Кубачинская антиклинальная зона является продолжением Центральной антиклинальной зоны Известнякового Дагестана.

Уллучаринская антиклинальная зона занимает относительно пониженные области рельефа с отметками плюс 2000-2200 м и осложнена региональным продольным разрывом протяжённостью около 150 км.

По этому разлому северо-восточная часть антиклинали надвинута на юго-западную. Все разломы расплываются на борту Мегантиклинория Большого Кавказа.

- *Зона Дербентского разлома*, рассматриваемая как гравитационная ступень, осложненная системой разрывных нарушений, которая, как и другие, более мелкие структуры Восточной антиклинали, трассирует в осадочном чехле зону регионального глубинного разлома.

По кинематической природе этот разлом отделяет Восточную антиклиналь от третьей – существующей параллельно ей в пределах акватории Каспия морской антиклинальной зоны Южного Дагестана, трассирующей еще один региональный глубинный разлом, который в некоторых источниках именуется Прибрежным.

Дербентский разлом прослеживается между Махачкалой и Дербентом, определяя береговую линию Каспийского моря.

- *Черногорский (Владикавказский) глубинный разлом*, названный Дагестанскими геологами Восточно-Мугринским, трассируется на западном погружении Дагестанского выступа, огибая Талгинский купол, пересекает Карабудахкентскую структуру, Салтабакскую структурную террасу по восточному борту Западной антиклинальной зоны, уходит до границ с Азербайджаном.

В южной части Дагестана основанием к выделению разлома явились высокоточные гравиметрические исследования, установившие в полосе развития спокойного, моноклиального залегания майкопских отложений резкую гравитационную ступень с амплитудой 30-35 мГл, при горизонтальном градиенте до 50 Этв. Наличие такой ступени было подтверждено результатами региональных магнитных исследований, которые указали на наличие четкой магнитной аномалии, по своей форме, соответствующей вертикальному уступу и почти полностью совпадающей с гравитационной ступенью.

- *Ахатлы–Гилянский разлом*, геоморфологическим признаком которого является резкое изменение направления р.Сулак в районе селений Старый Чиркей и Зубутль. Доказательством его существования является ряд трещин скола, параллельных течению р.Сулак, которые были обнаружены на левом берегу Сулака еще при строительстве Чиркейской ГЭС.

- *Прочие разрывные нарушения низшего ранга в осадочном чехле* (рис. 2).

Вывод. Выделенные на схеме тектонические элементы с трассирующими главными субкавказскими глубинными разломами, секущимися вкрест их простирания, поперечными разломами являются основными элементами, формирующими современный субкавказский облик структурно-тектонического плана осадочного чехла рассматриваемой территории и обуславливает ее высокую современную сейсмичность.

Библиографический список:

1. Баранов Г.И., Греков И.И. Геодинамическая модель Бол. Кавказа. М., 1982.
2. Белоусов Т.П., Куртасов С.В., Мухамедиев Ш.А. Делимость земной коры и палеонапряжения в сейсмоактивных и нефтегазоносных регионах Земли. М.: ОИФЗ РАН, 1997. 324 с.
3. Бунин Г.Г. Результаты геолого-структурного дешифрирования космоснимков Предгорного Дагестана в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности // Нефтегазоносность мезозойских отложений Кавказа. Махачкала. 1986. С. 117-123.
4. Буторин Г.Д., Галин В.Л. Тектоника передовой складчатой зоны Дагестанского выступа в связи с поисками залежей нефти и газа // Сов. геол., 1972, № 9. - С. 127-133.
5. Вардапетян А.Н. Позднекайнозойская тектоника плит Черноморско-Каспийского региона // Океанология. 1979. Т. 19, вып. 6.
6. Карта тектонического районирования Дагестана // Объединение «Дагнефть». Мин. нефт. пром. 1983 г.

7. Криволицкий Н.В. Тектонические характеристики области Известнякового Дагестана //Тр. ВНИГРИ, 1954, № 4.- С. 148-193.
8. Магомедов Р.А. Геодинамический режим области Дагестанского клина в альпийском цикле развития Восточного Кавказа. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф //Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. Вып.56. -Махачкала, 2010 г.- С. 66-80.
9. Магомедов Р.А. Дизъюнктивная тектоника и современная сейсмичность территории Восточного Кавказа //Отечественная геология, № 3.- 2014.- С.69-77.
10. Милановекий Е.Е, Новейшая тектоника Кавказа. - М.: Недра. 1968.- 482 с.
11. Несмеянов Д. В. Структурное развитие и нефтегазоносность передовых антиклинальных зон Дагестана //Тр. КЮГЭ, в.4. Л.: 1959.- С. 35-148.
12. Рычагов Г.И. Верхнехазарские террасы Дагестана //Комплексные исследования Каспийского моря. М., 1970. Вып. 1.
13. Рычагов Г.И. Влияние неотектонических движений на положение береговых линий Хвалынских морей в пределах Дагестана //Комплексные исследования Каспийского моря. М., 1972. Вып. 3.
14. Соборнов К.О. Формирование складчато-надвиговой структуры Дагестанского клина //Геотектоника. 1991. № 3.- С. 34-46.
15. Схема тектонического районирования Дагестана. Составители: Сабанаев К.А., Шалбузова Л.В. по материалам ОАО «НК «Роснефть-Дагнефть»», ООО «Каспийгазпром». Масштаб 1: 500 000. Махачкала, 2005.
16. Схема тектонического районирования Северного Кавказа. Масштаб 1: 2 500 000. Составители: Лунев А.Л., Сереженко В.А., Гуков Н.С. 1966.
17. Тектоническая карта Дагестана. Масштаб 1:500000. Составил Пирбудагов В.М. с использованием материалов Института геологии, «Дагнефть, ДКГРЭ, ВНИГНИ, В.Д. Голубятникова, И.О. Брода, Д.В. Несмеянова, В.А. Галина, В.Е. Хаина и др. Махачкала, 1966 г.
18. Тектоническая схема Северного, Среднего Каспия и Западного побережья. Тектоника Дагестана и акватории Среднего и Северного Каспия. Объяснительная записка //Труды института геологии. Вып.57/Леонов Ю.Г. Черкашин В.И., Сабанаев К.А., Волож Ю.А., Гаврилов Ю.О. Отв.ред. Леонов Ю.Г. – Махачкала, 2011 – 77 с.
19. Шерман С.И, Череремных А.В., Адамович А.Н, Разломно-блоковая делимость литосферы: закономерности структурной организации и тектонической активности //Геодинамика и эволюция Земли. Новосибирск.: ОИГГиМ, 1996. С. 74-77.
20. Шерман С.И. Деструкция литосферы: разломно-блоковая делимость и ее тектонофизические закономерности //Геодинамика и тектонофизика. Том. 3, вып. 4. Иркутск, 2012.- С. 315-144.

References:

1. Baranov G. I., Grekov I. I. Geodynamic model Vol. Caucasus. M., 1982.
2. Belousov T. P., Peggy o'malley, S. V., Mukhamediev sh. a. Divisibility of the earth crust and paleoparadoxia in seismically active and oil and gas regions of the Earth. Moscow:oifzran;1997.-324p.
3. Bunin, G. G. Results of geological-structural interpretation of satellite images of

- foothill Dagestan in connection with the assessment of petroleum potential Neftegazonosnoj Mesozoic deposits of Caucasus. Makhachkala. 1986. - pp. 117 to 123.
4. Butorin G. D., Galin, V. L. advanced folded Tectonics zone of the Dagestan projection in connection with the search of oil and gas deposits Sov. GEOL., 1972, №9.- pp.127-133.
 5. Vardapetyan A. N. Late Cenozoic plate tectonics of the black sea-Caspian region Oceanography.1979.Vol.19,issue.6.
 6. Map of tectonic zoning of Dagestan the Association "Dagneft". Min. oil. prom. 1983
 7. Krivolutsky N. In. Tectonic characteristics of the Limestone area of Dagestan, " in: proc.VNIGRI,1954,№4.-pp.148-193.
 8. Magomedov R. A. Geodynamic regime of the region of the Dagestan wedge in the Alpine cycle of the Eastern Caucasus. Monitoring and forecasting of natural disasters Proceedings of the Institute of Geology of the Dagestan scientific center of RAS. Vol.56.-Makhachkala, 2010-pp.66-80.
 9. Magomedov R. A. Disjunctive tectonics and modern seismicity of the territory of the Eastern Caucasus Domestic Geology, No. 3.- 2014.- pp. 69-77.
 10. Milanovski E. E, neotectonics of the Caucasus. - M.: Nedra. 1968.- 482 p.
 11. Nesmeyanov, D. V., Structural development and petroleum potential of advanced anticlinal zones of the Dagestan Republic //Proc. KUGA, V. 4. L.: 1959.- S. 35-148.
 12. Rychagov G. I. Verhnechusovskie terraces of Dagestan //Complex studies of the Caspiansea.M.,1970.Vol.1.
 13. Rychagov G. I. the Influence of neotectonic movements on the position of Burago-out lines Khvalynskiy seas within Dagestan //Complex studies of the Caspian sea.M.,1972.Vol.3.
 14. Sobornov K. O. the Formation of fold-thrust structures of the Dagestan wedge geotectonics.1991.No.3.-pp.34-46.
 15. The scheme of tectonic zoning of Dagestan. Compilers: Sabaneev K. A., L. V. Shalbusov according to the materials of JSC "NK "Rosneft-Dagneft"", "Kaspiygazprom". Scale 1: 500 000. Makhachkala, 2005.
 16. The scheme of tectonic zoning of the North Caucasus. Scale 1: 2 500 000. Compilers: Lunev A. L., Seredenko V. A., Gukov, N. With. 1966.
 17. Tectonic map of Dagestan. Scale 1:500000. Were Pirbudagov V. M. using materials of the Institute of Geology, "Dagneft, DCHRA, VNIGNI, D. V. Golubyatnikov, I. O. Brod, D. V. Nesmeyanov, V. A. G., V. E. Khain, etc., Makhachkala,1966
 18. Tectonic scheme of Northern, Middle Caspian sea and the West coast. Tectonics of Dagestan and the waters of the Middle and Northern Caspian. Explanatory Memorandum Proceedings of the Institute of Geology. Vol.57 /Yu. G. Leonov, V. I. Cherkashin, Sabaneev K. A., Volozh Yu. A., Gavrilov Yu. O. Resp.ed. Leonov Yu. G.– Makhachkala, 2011–77p.
 19. Sherman, S. And Ceremeny A. V., Adamovich, A. N., Fault-block Delhi-dence of the lithosphere: patterns of structural organization, and tectonic activity Geodynamics and evolution of the Earth. Novosibirsk.: Jiggin, 1996. pp.74-77.
 20. S. I. Sherman of the lithosphere: fault-block divisibility and its tectonophysical

regularities Geodynamics and Tectonophysics. Tom. 3, Vol. 4. Irkutsk, 2012.- pp. 315-144.

УДК 666.974.2.

Мацапулин В.У., Тотурбиев А.Б., Тотурбиев Б.Д., Тотурбиева У.Д., Черкашин В.И.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНОГО ПРИРОДНОГО КРЕМНИСТОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОБЕТОНА

Matsapuln V.U., Toturbiev A.B., Cherkashin V.I., Toturbiev B.D., Toturbieva U.D.

USE OF LOCAL NATURAL SILICEOUS RAW MATERIAL AND WASTES FOR PRODUCTION OF HEAT-INSULATING FOAM CONCRETE

Аннотация. В статье приведены результаты анализа сырьевой базы, запасов и применения кремнистых пород; оценка экономической целесообразности их использования для получения строительных материалов нового поколения с низкими энергетическими и другими материальными затратами. Приведены результаты лабораторных исследований и испытаний технологии получения теплоизоляционного пенобетона из композиции, на основе водного раствора силиката натрия, полученного из местных кремнистых пород (диатомита), и жидкого щелочного компонента – соапстока, отвердителя – феррохромового шлака и отходов карбонатной породы, твердеющего при низкотемпературной обработке (100-110°C).

Ключевые слова: кремнистые породы, диатомит, силикаты натрия, теплоизоляционные материалы, пенобетон, композиции, вяжущие.

Abstract. The article analyzes the resource base, reserves and the use of siliceous rocks, their economic feasibility of the use for production of building materials of new generation with low-energy and other costs. Presented are the results of laboratory research and testing technology of production of insulating foam from a composition based on an aqueous solution of sodium silicate obtained from the local siliceous rocks (diatomite) and the liquid alkali component – soapstock, hardener from ferrochrome slag and waste carbonate rock able to harden at a low temperature processing (100-110 ° C).

Key words: siliceous rocks; diatomite; sodium silicate insulation materials; foam compositions; binders.

Введение. Среди довольно широкой номенклатуры теплоизоляционных материалов традиционно устойчивое место по объему производства и примене-

нию, как в России, так и за рубежом, занимают теплоизоляционные материалы и изделия на основе кремнистых пород (опока, трепел, диатомит) [1].

Экономическая целесообразность использования кремнистых пород - это их многофункциональность. Кремнистые породы широко используют в качестве строительных тепло- и звукоизоляционных материалов, при изготовлении кирпича, добавок к некоторым типам цемента, а также для полировального материала (в составе паст) для металлов, мраморов и т.д., для производства товарного бетона, строительных растворов и сухих строительных смесей различного назначения, пенодиатомитовой крошки.

Россия располагает крупнейшей сырьевой базой кремнистых пород. По данным геологов запасы составляют более 2,5 млрд тонн, большую часть из которых составляют трепела и диатомиты [2]. Прогнозные же запасы кремнистых пород оцениваются в 50 млрд тонн. Наибольшее распространение кремнистые породы имеют в районах Поволжья, Дона, Западной Сибири, а также и на Северном Кавказе. По данным ученых Института Геологии ДНЦ РАН в Дагестане тоже имеются определенные возможности добычи диатомита и опоки. Обследование месторождений кремнистых пород Дагестана, рассмотрение технико-экономических аспектов их добычи и переработки показали, что наиболее перспективными для использования в производстве являются кремнистые породы, отмеченные в бассейне реки Халагорк, Левашинского района. Это месторождение представлено диатомито-спонголитом среднепалеогенового возраста. По минералогическому составу порода относится к опалкальцитовым.

Химический состав диатомитов обладает существенным постоянством и имеет следующие пределы колебаний: SiO_2 —78-85%; $\text{CaO}+\text{MgO}$ —1-2%; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ —1,5-2% и прочие 7,5-12%. Средняя плотность их обычно составляет 600-1000 кг/м³, пористость достигает 70-75%. Окраска диатомитов белая, желтая, иногда темно-серая и буровато-серая, прочность не более 3,0 МПа. Учитывая высокую пористость, низкую среднюю плотность (380 до 1000 кг/м³) и их многофункциональность, мы предположили возможность получения строительных материалов нового поколения с низкими энергетическими и другими материальными затратами. В этой связи в Институте Геологии ДНЦ РАН проводятся научные исследования комплексного использования ресурсов нерудного сырья для строительной индустрии на базе современных энерго-ресурсосберегающих и высоких технологий, разработанных в области материаловедения.

Постановка задачи. Особую актуальность приобретает создание новых технологий, прежде всего безобжиговых, при которых материал будет доступным по цене (отвечал потребностям рынка) и соответствовал своим физико-техническим характеристикам. К настоящему времени исследованы и получены модифицированные композиционные вяжущие из силикатных систем, обладающие уникальными связующими свойствами, обеспечивающие комплексное использование нерудного сырья в композициях с различным целевым назначением [3-5]. Вяжущие свойства этих композиций проявляются, главным образом, вследствие приобретения безводным силикатом натрия адгезионных свойств, определяющих клеящую способность этого компонента, и когезион-

ной прочности клеевых контактов, прочность и долговечность которых, в свою очередь, зависит от условий их образования.

Методы исследования. Учитывая сложность процесса, нами была предпринята попытка получения растворимого стекла и вяжущих композиций на его основе путем упрощения технологических переделов и применения более доступного местного минерального сырья и технологических отходов, что позволяет расширить область их применения. Для получения водного раствора силиката натрия использовались местные кремнистые породы (диатомит) Дагестанского месторождения, соапсток – отход щелочной рафинации рыбьих жиров Махачкалинского рыбоконсервного завода, а в качестве отвердителя использовался феррохромовый шлак – отход электрометаллургического производства. При получении пеномассы тонкомолотым наполнителем являлась карбонатная порода – отходы камнепиления известняка, пенообразователем – ПО ПБ-1 (ТУ 2481-001-31820565-97). Вода для затворения смеси удовлетворяла ГОСТ 23732-80.

Приготовление щелочно-кремнеземистого раствора путем одновременного разогрева и перемешивания осуществлялось в следующей последовательности. Заранее дозированный жидкий щелочной раствор соапстока соответствующей концентрации загружали в мешалку и нагревали до заданной температуры. Затем в нагретый (80-90°C) раствор с одновременным перемешиванием вводили тонкодисперсный диатомит. Нагревание и перемешивание продолжали до получения щелочно-кремнеземистого раствора (водного раствора силиката натрия) соответствующего силикатного модуля. Проведенные исследования по получению щелочно-кремнеземистого раствора (водные растворы силиката натрия) с использованием кремнистых пород (диатомита) и жидкого щелочного компонента – соапстока показали, что важнейшими факторами, влияющими на растворимость аморфного SiO_2 (диатомита) являются, концентрация щелочи в соапстоке (рис. 1), температура, продолжительность растворения, минералогический состав породы и ее дисперсность.

Установлены следующие рациональные параметры получения высокомодульного щелочно-кремнеземистого раствора: температура – 90 ± 3 °C; продолжительность растворения – 4 часа; рН раствора – 12-13; дисперсность диатомита – 2500 см²/г. Анализ результатов проведенных экспериментальных исследований позволяет сделать вывод о том, что щелочной обработкой (щелочным раствором соапстока) природного сырья (диатомита) можно получить водный раствор силиката натрия с необходимой концентрацией SiO_2 , т.е. с заранее известным кремнеземистым модулем.

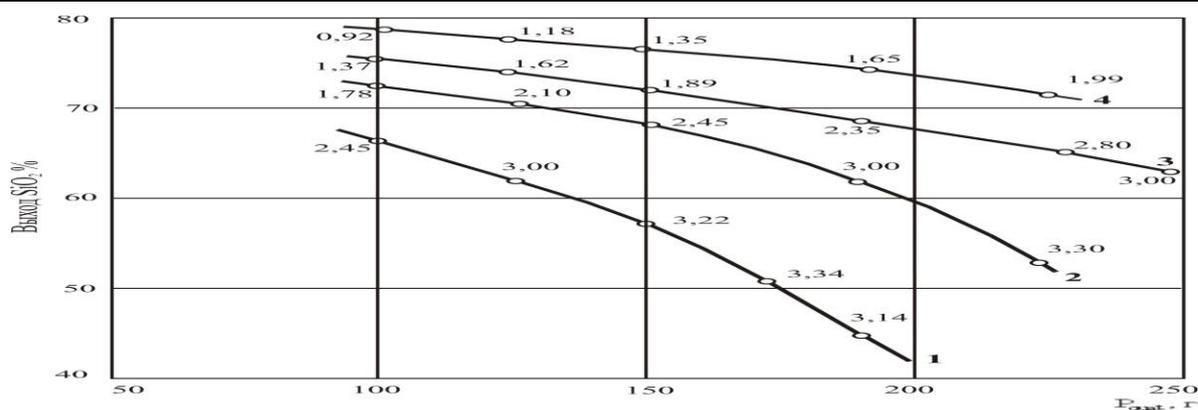


Рисунок 1 - Зависимость выхода SiO_2 от исходного количества диатомита при разных концентрациях щелочи (рядом с экспериментальными точками даны значения соответствующих силикатных модулей)

При разработке оптимальных составов вяжущей композиции из растворимого стекла, полученного путем растворения кремнистой породы (диатомита) в щелочном растворе (жидкие отходы щелочной рафинации рыбьего жира - соап-сток), тонкомолотого наполнителя (отходы карбонатных пород) и отвердителя (феррохромового шлака), регулирующего сроки схватывания, исследовались следующие технологические и физико-механические свойства теста и камня из композиционного вяжущего:

- сроки схватывания и твердения композиционного теста;
- пластическая прочность и подвижность;
- прочность при сжатии, изгибе и усадка композиционного вяжущего в процессе твердения.

По результатам этих исследований был принят следующий состав композиции в % по массе: водный раствор силиката натрия – 32,6, феррохромовый шлак – 9,8 и тонкомолотая карбонатная порода – 57,6.

В дальнейшем были проведены исследования по выявлению влияния основных факторов на пенообразование и устойчивость пеномассы.

Одной из важнейших физических характеристик, влияющей на пеноустойчивость массы смеси, является вязкость водного раствора силиката натрия.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В результате проведенного эксперимента было показано, что вязкость раствора при разной концентрации кремнеземистого модуля с повышением температуры зависит не только от концентрации жидкости и содержания кремнезема в нем, но и от температуры. С повышением температуры вязкость раствора силиката натрия значительно понижается. Следовательно, в нашем случае до применения низкотемпературной сушки для твердения разработанной пенокомпозиции, необходимо ввести отвердитель и дать выдержку для повышения устойчивости пеномассы.

Выбор режима тепловой обработки теплоизоляционного пенобетона проводился исходя из условий рационального расхода топливно-энергетических ресурсов и удельного объема готовой продукции сушильного агрегата.

В связи с этим был принят режим сушки с ускоренным нагревом изделий который заключается в следующем. Образцы после формования загружают в печь предварительно нагретую до 100-110°C и выдерживают в течение 5-6 часов.

Результаты исследований по выбору рациональной температуры ускоренного нагрева в зависимости от прочности образцов теплоизоляционного пенобетона приведены в таблице 1. Из данных таблицы 1 следует, что самые высокие прочности при сжатии пенобетона при использовании режима – 5ч., 6ч. и 7ч.

Таблица 1 - Режим тепловой обработки теплоизоляционного пенобетона

№	Температура ускоренного разогрева, °С	Прочность при сжатии (МПа)			
		4 ч.	5 ч.	6 ч.	7 ч.
1	70	1,1	1,30	1,45	1,63
2	80	1,25	1,57	1,62	1,78
3	90	1,3	1,7	1,8	1,82
4	100	1,44	1,86	1,89	1,9
5	110	1,46	1,88	1,9	1,91
6	120	1,47	1,89	1,9	1,92

Поэтому за оптимальный ускоренный режим тепловой обработки изделий приняты режимы № 5, 6 и $T=100-110^{\circ}\text{C}$ в течение 5-6 часов.

Однако этот режим тепловой обработки в дальнейшем при изготовлении пенобетонных теплоизоляционных изделий различной плотности подлежит корректировке, так как упрочнение их структуры за счет обезвоживания системы будет зависеть от их плотности и толщины изделий.

Результаты исследований влияния содержания пены на плотность теплоизоляционного пенобетона показывают, что с увеличением количества пены в составе композиции его средняя плотность уменьшается пропорционально содержанию пены и, наоборот, с увеличением твердого составляющего (пеномассы) средняя плотность теплоизоляционного пенобетона растет.

Таким образом, средняя плотность теплоизоляционного материала полностью регулируется количеством пены, введенной в состав композиционной массы. При этом показатели пористости и прочности на сжатие при равных условиях получения теплоизоляционного пенобетона зависят от плотности материала. Это хорошо иллюстрируется характером изменения кривых 3,1 рис. 2. Показатели пористости и прочности на сжатие увеличиваются по сравнению с аналогичными показателями теплоизоляционного пенобетона после твердения в естественных условиях.

Это свидетельствует о том, что при сушке в рассматриваемом материале происходит наиболее полное удаление воды из структуры материала, т.е. происходит полное обезвоживание всей композиции.

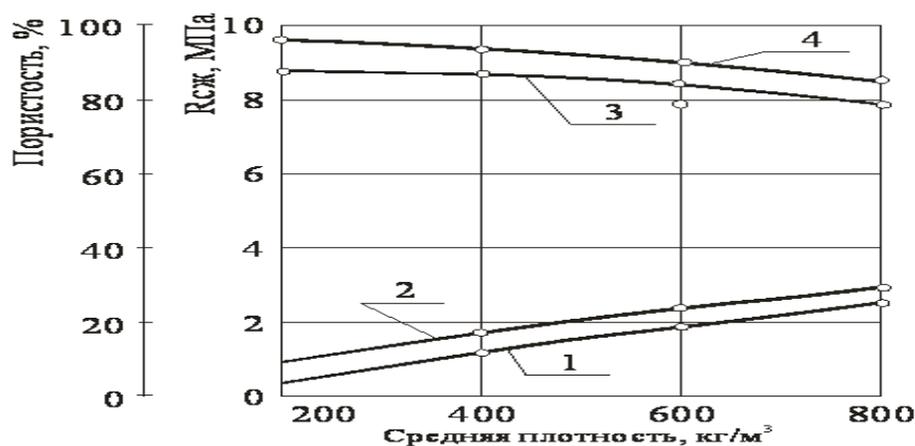


Рисунок 2 - Зависимость плотности при сжатии, пористости от средней плотности теплоизоляционного пенобетона

1,2 – прочность на сжатие соответственно после естественного твердения и сушки при 100-110°C;

3,4 – пористость соответственно после естественного твердения и сушки при 100-110°C.

Здесь необходимо отметить низкие показатели усадки (0,37-0,13 %) (рис. 3.) теплоизоляционного пенобетона средней плотностью 400-600 кг/м³.

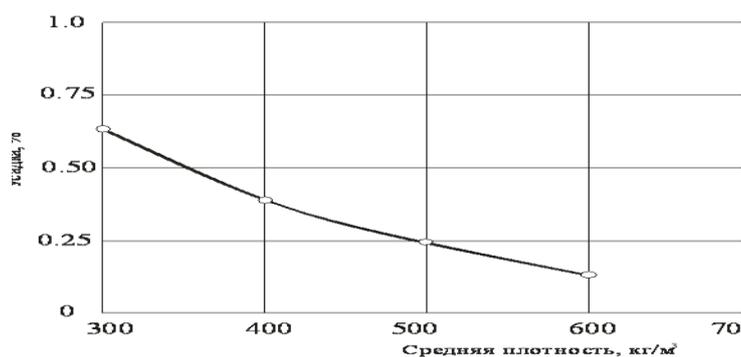


Рисунок 3 - Зависимость усадки от средней плотности теплоизоляционного пенобетона

Это объясняется тем, что клеящая способность разработанного композиционного вяжущего в 2-3 раза выше, чем у цементов.

Связка из этой композиции характеризуется высокой плотностью и клеящей способностью, что может обеспечить повышенную прочность межпоровых перегородок (пленок) в высокопористой структуре теплоизоляционного пенобетона. Формирование структуры при этом происходит за счет взаимодействия водного раствора силиката натрия с отвердителем, т.е. с минералами тонкомолотого феррохромового шлака. Продуктами взаимодействия являются силикаты, которые частично разлагают щелочные силикаты и адсорбируют воду у геля. Склеивание при этом обеспечивает коагулирующий гель кремневой кислоты и гидросиликаты кальция.

Оптимальные составы теплоизоляционного пенобетона в зависимости от средней плотности приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Оптимальные составы теплоизоляционного пенобетона в зависимости от плотности

Плотность (в сухом состоянии), кг/м ³	Композиционное вяжущее состава масс (%) растворимое стекло - 32,6 феррохромовый шлак - 9,8 карбонатная порода - 57,6	Концентрация пенообразователя (кг)	Вода (л) распылив смеси 13-14 см по прибору Сутгарда	Пена (л)	Прочность на сжатие после сушки при 100-110 °С, МПа
1	2	3	4	5	6
300	275	1,35	135	850	1,3
400	375	1,30	170	800	1,9
500	475	1,25	200	725	2,3
600	575	1,20	220	640	3,1

По результатам исследований разработана технология производства теплоизоляционного пенобетона на композиционном вяжущем и определены ее рациональные технологические параметры (табл. 3).

Таблица 3 - Параметры технологии изготовления теплоизоляционного пенобетона

Наименование параметров	Оптимальная величина параметра при плотности пенобетона, кг/м ³			
	300	400	500	600
В/Г	0,50	0,53	0,5	0,45
ПО-ПБ1	1,35	1,30	1,25	1,20
Кратность пены к моменту минерализации	4,5	4 – 4,5	4	3
Кратность пеномассы	4	3,2	3	2,7
Температура воды, °С	20	20	20	20
Время смешивания, мин	6	5	5	4
Вибрация формы с частотой 200 сек ⁻¹ , сек	10	10	10	10
Вызревание массива, мин	100	35	30	80
Выдержка до тепловой обработки, час	2	2	2	1,5
Время тепловой обработки при T = 100-110 °С	5	6	7	8

По разработанной технологии были изготовлены теплоизоляционные пенобетоны различной плотности со свойствами, представленными в таблице 4. Данные таблицы 4 отражают хорошее качество полученных теплоизоляционных пенобетонов, по прочности они удовлетворяют требованиям ГОСТ 25485-82.

Таблица 4 - Основные свойства теплоизоляционного пенобетона

Наименование показателей свойств	Норма марок		
	300	400	500
Плотность (кг/м ³)	300 ± 25	400 ± 25-50	500 ± 25-50
Теплопроводность, Вт/(м · К), не более при температуре (25±3) °С	0,084	0,100	0,105
Предел прочности при сжатии не менее (МПа)	1,3	1,9	2,3
Усадка после сушки, (%) не более	0.62	0.37	0.25

Вывод. Экспериментальными исследованиями установлена возможность получения теплоизоляционного пенобетона, твердеющего при низкотемпературной обработке (100-110°C) из композиции на основе водного раствора силиката натрия, полученного из местных кремнистых пород (диатомита) и жидкого щелочного компонента – соапстока, отвердителя – феррохромового шлака и отходов карбонатной породы.

Библиографический список:

1. Гончаров Ю.И., Лесовик В.С. Минералогия и петрография сырья для производства строительных материалов и технической керамики. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2001. – 181с.
2. Лопатников М.И. Минерально-сырьевая база керамической промышленности России. // «Строительные материалы», 2004, № 2, С.26-28.
3. Тотурбиев А.Б. Жаростойкое композиционное вяжущее на полисиликатах натрия // Бетон и железобетон. № 3. 2012.С.5-8
4. Тотурбиев А.Б. Исследования клеящей способности композиционного связующего на полисиликатах натрия / Промышленное и гражданское строительство, №3. 2012.С.59-61
5. Черкашин В.И., Тотурбиев Б.Д Глинистые сланцы - эффективное местное минеральное сырье для производства вяжущих. Труды Института геологии ДагНЦ РАН «Региональная геология и нефтегазоносность Кавказа», Научно-практическая конференция. Махачкала. 2012, С 47-51.

References:

1. Goncharov, Y. I., Lesovik V. S. the Mineralogy and petrography of raw materials for production of construction materials and technical ceramics. – Belgorod: Publishing,houseBelgram,2001.–181p.
2. Lopatnikov M. I. Mineral resources base in the Russian ceramics industry. "Building,materials",2004,№2,Рр.26-28.
3. Toturbiev A. B. heat-Resistant composite binder on the polysilicates of sodium Concrete and reinforced concrete. No. 3. 2012.With.5-8
4. Toturbiev A. B. a study of bonding strength of composite binder on the polysilicates of sodium Industrial and civil engineering, No. 3. 2012.With.59-61
5. Cherkashin V. I., Toturbiev B. D shales - effective local mineral raw materials for the production of binders. Proceedings of Institute of Geology of RAS Danz "Regional Geology and petroleum potential of the Caucasus", Scientific-practical conference. Makhachkala. 2012, 47-51.

УДК 624.072:624.011

Муселемов Х.М., Устарханов О.М., Юсупов А.К., Ярахмедов И.Т.

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КОЛОНН, УСИЛЕННЫХ ЗАТЯЖКАМИ

Muselemov Kh.M., Ustarkhanov O.M., Yusupov A.K., Yarakhmedov I.T.

INCREASE OF THE BEARING ABILITY OF THE COLUMNS STRENGTHENED BY INHALINGS

Аннотация. Поставлена задача совершенствования вариантного проектирования путем рассмотрения большого числа вариантов, что создает предпосылку перехода к оптимальному проектированию конструкций.

В статье рассматриваются особенности работы колонн, усиленных горизонтальными распорками на одном и двух уровнях. При этом стволы колонн принимаются из обычной стали и из древесины.

Произведен подробный расчет характеристик колонн, приведены графики расхода металла. Сгруппированы данные для определения размеров и площади поперечного сечения колонн. Доказано сравнительное преимущество обычных и шпренгельных колонн с одной и двумя распорками.

Ключевые слова: колонна, раскос, перекладина, изгибающий момент, расход стали.

Abstract. The task of improving trial design by examining a large number of variants, which creates the preconditions for the transition to the optimal design of structures. The article discusses the features of the columns, enhanced go-izontally struts on one and two levels. The column shafts are steel and wood. Produced detailed calculations of columns, diagrams of flow of the metal.

Grouped data to determine the size and the cross sectional area of the columns. Proven comparative advantage and the usual truss columns one and two struts.

Key words: column, strut, beam, bending moment, steel cost.

Введение. Стойки и другие продольно сжатые конструкции с точки зрения их расчета имеют общие черты. При всем многообразии такие конструкции имеют общие формальные признаки - все они работают на сжатие с изгибом. Конструкция состоит из стержня и опорных устройств, технические решения которых зависят от назначения конструкции.

Обычно рассматриваемые здесь конструкции проектируют из круглых или прямоугольных труб. При этом вариантное проектирование является [1,2] одним из важных инженерных приемов, которое обеспечивает экономию стали и древесины. В рамках вариантного проектирования исторически развивались вопросы оптимизации, например, выбор оптимальных по массе конструкций.

Постановка задачи. Использование вычислительной техники открывает новые возможности в совершенствовании вариантного проектирования путем рассмотрения большого числа вариантов, что создает предпосылку перехода к оптимальному проектированию конструкций.

Расчет и проектирование металлодеревянной шпренгельной колонны с распорками

1. Подбор сечения ствола колонны

1. Расчетная длина и определение усилия в колонне.

Примем высоту колонны $H_k=6\text{м}$

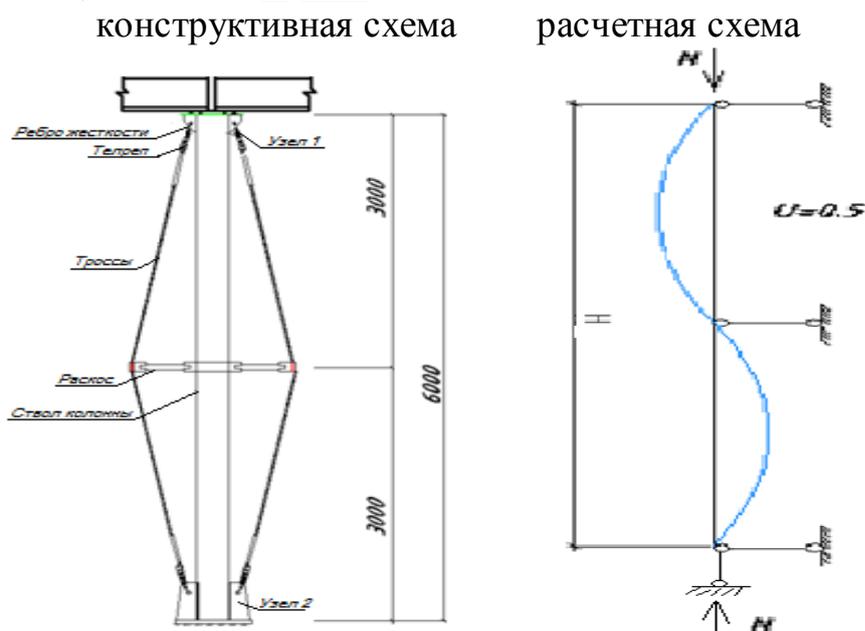


Рисунок 1 - Конструктивная и расчетная схемы колонны

Здесь и далее горизонтальные распорки представляют собой обруч-колесо, выполненный из древесины с кольцом из полосовой стали.

Примем крепление оголовка и базы колонны - шарнирными.

Расчетная длина ствола колонны при $\mu=0,5$ составляет:

$$l_0 = \mu * H = 0,3 * 6 = 1,8 \text{ м.}$$

Вертикальную нагрузку на колонну примем равным сумме двух опорных реакций главной балки с коэффициентом 1,03, учитывающим вес колонны.

$$N = 2 * Q * 1,03 * k + N_{рас} = 2 * 901,8 * 1,03 * 1 + 8,3 = 1866 \text{ Кн} \quad (1)$$

$N_{рас}$ – усилие от натяжения раскосов (2% от их несущей способности);

$$N_{рас} = 2 * 8 * 24 * 0,95 * 0,02 = 8,3 \text{ Кн}$$

Зададимся гибкостью $\lambda=60$ и найдем соответствующий коэффициент продольного изгиба [1] $\varphi=0,805$ при $R=24\text{Кн/см}^2$.

Определим требуемую площадь сечения ствола колонны по следующей формуле

$$A_{mp} = N / (\varphi * R) = 1866 \text{ Кн} / (0,805 * 24 \text{ Кн/см}^2) = 192,8 \text{ см}^2, \quad (2)$$

где, N - продольное усилие в колонне, φ - коэффициент продольного изгиба, R -расчетное сопротивление стали.

Далее вычислим радиус инерции сечения ствола колонны

$$i_{mp} = l_0 / \lambda = 180 \text{ см} / 60 = 3 \text{ см.} \quad (3)$$

После чего, подбираем площадь сечения по сортаменту из ГОСТ 8732-78* «Трубы стальные бесшовные горячедеформированные» [3].

При диаметре $D=273$ мм и толщине стенки $t=12$ мм. площадь сечения $A=98,4$ см².

Вычислим значение момента инерции сечения относительно оси у-у

$$J_y = (\pi * (D^4 - d^4))/64 = (3,14 * (27,3^4 - 24,9^4))/64 = 8391 \text{ см}^4, \quad (4)$$

где,

D -наружный диаметр, см, d -внутренний диаметр, см, радиус инерции сечения

$$i_y = \sqrt{J_y/A} = \sqrt{8391/98,4} = 14,56 \text{ см}. \quad (5)$$

Проверим устойчивость ствола относительно оси у-у.

С этой целью уточним гибкость принятого стержня

$$\lambda_y = l_0/i_y = 300\text{см}/14,58 = 20,6. \quad (6)$$

Соответствующий коэффициент продольного изгиба найдем с помощью интерполяции: $\varphi = 0,960$ [1].

Определим напряжение σ в принятом сечении

$$\sigma = N/(\varphi * A) = 1866/(0,813 * 104) = 21,97, \quad (7)$$

$$\sigma = 21,97 < R * \gamma = 24\text{Кн/см}^2 * 0,95 = 22,8\text{Кн/см}^2,$$

$\gamma=0,95$ - коэффициент условий работы [1].

Недонапряжение составляет

$$\delta = ((22,8 - 21,97)/22,8) * 100\% = 3,7\%, \text{ что меньше допустимого } 5\%.$$

Подобранное сечение удовлетворяет требованиям общей устойчивости.

Далее необходимо проверить устойчивость стержня колонны с учетом условной гибкости.

Вычислим условную гибкость стержня $\bar{\lambda}$:

$$\bar{\lambda} = \lambda * \sqrt{R/E} = 20,6 * \sqrt{(24\text{Кн/см}^2)/(2,06 * 10^4\text{Кн/см}^2)} = 0,703 \quad (8)$$

По СНиП II-23-81* «Стальные конструкции»: если $\bar{\lambda} \geq 0,4$, то φ определяем по формуле $\varphi = 0,5 * (\delta - \sqrt{\delta^2 - 39,5 * \lambda^2})/\lambda^2$.

$$\text{Коэффициент } \delta \text{ найдем из выражения } \delta = 9,87 * (1 - \alpha + \beta * \bar{\lambda}) + \bar{\lambda}^2 \dots (9)$$

α - β -коэффициент определяем по таблице 7 СНиП II-23-81* «Стальные конструкции» $\alpha=0,03$, $\beta=0,06$ тогда

$$\delta = 9,87 * (1 - 0,03 + 0,06 * 0,7) + 0,7^2 = 10,48.$$

$$\text{Далее вычислим: } \varphi = 0,5 * (10,48 - \sqrt{10,48^2 - 39,5 * 0,7^2})/0,7^2 = 0,968.$$

Как видно коэффициент φ , найденный с помощью приведенной гибкости $\bar{\lambda}$, не отличается от ранее определенного. Другими словами, устойчивость стержня колонны обеспечена. Расчеты, выполненные нами, показали, что колонна отвечает требованиям прочности и устойчивости.

2. Расчет и конструирование оголовка колонны

Зададимся толщиной плиты оголовка $t_{пл}=25$ мм и размером 430x430мм. (см. рис. 2 а, б).

Нагрузка от главных балок передается на колонну через ребра (см. рис. 2 а, б)

Принимаем ширину ребер 160мм, что обеспечивает необходимую длину участка смятия

$$b_{см} = b_{онр} + 2 * t_{нл} = 250 + 2 * 25 = 300 \text{ мм.} \quad (10)$$

Толщину ребер найдем из условия:

$$t_p \geq N / (b_{см} * R_{см}) = 2,5см \geq 1866 \text{ Кн} / (30 * 35 \text{ Кн/см}^2) \quad (11)$$

$R_{см}$ – расчетное сопротивление стали смятию [1].

Назначим $t_p=20\text{мм}$

Длину ребра l_p найдем из условия работы швов на срез. (см. рис.2 а, б).

Примем $K_{ш}=9\text{мм}$, затем вычислим длину шва $l_{ш}$ по формуле (12)

$$l_{ш} = N / (4 * \beta_{ш} * K_{ш} * R_{ш}^{св}) = 1857,7 / (4 * 0,9 * 0,7 * 21,5 \text{ Кн/см}^2) = 34,67 \text{ Кн}$$

$\beta_{ш} = 0,9$ – принята по [1], при ручной полуавтоматической сварке, проволокой Св-0,8Г2с [1].

$R_{ш}^{св} = 21,5 \text{ Кн/см}^2$ – расчетное сопротивление на срез металла углового шва [1].

При $l_p = 35$ см. выполняется условие

$$l_{ш} < 85 * \beta_{ш} * K_{ш} = 85 * 0,7 * 0,9 = 53,55 \text{ см.}$$

Далее проверим прочность стенки на срез (вдоль ребра): (13)

$$\tau = N / (2 * l_p * t_{см}) \geq R_{ср} = 1857,7 / (2 * 35 * 1,2) = 23,55 \geq R_{ср} = 14 \text{ Кн/см}^2$$

$R_{ср}$ – расчетное сопротивление стали на срез [1].

Условие не выполняется. Необходимо устроить вставки.

Толщину вставки назначим $t_{вст}=20\text{мм}$, а длину определим так: (14)

$$l_{вст} = l_p + 140 \text{ мм} = 350 + 140 = 490 \text{ мм,}$$

$$\tau = N / (l_p * t_{вст}) = 1866 \text{ Кн/см}^2 / (40 \text{ см} * 4 \text{ см}) = 130,3 \text{ см}^2 < R_{ср} = 14 \text{ Кн/см}^2$$

Торец колонны фрезеруем после ее сварки. Поэтому швы можно не рассчитывать. Конструктивно назначим минимально допустимый катет шва $K_{ш}=7$ мм. [1]. По окружности устанавливаем трапециевидные ребра жесткости, с размерами оснований 160 мм и 80 мм и длиной 300 мм (рис.2 а, б).

а) оголовки колонны

б) сечение оголовка колонны

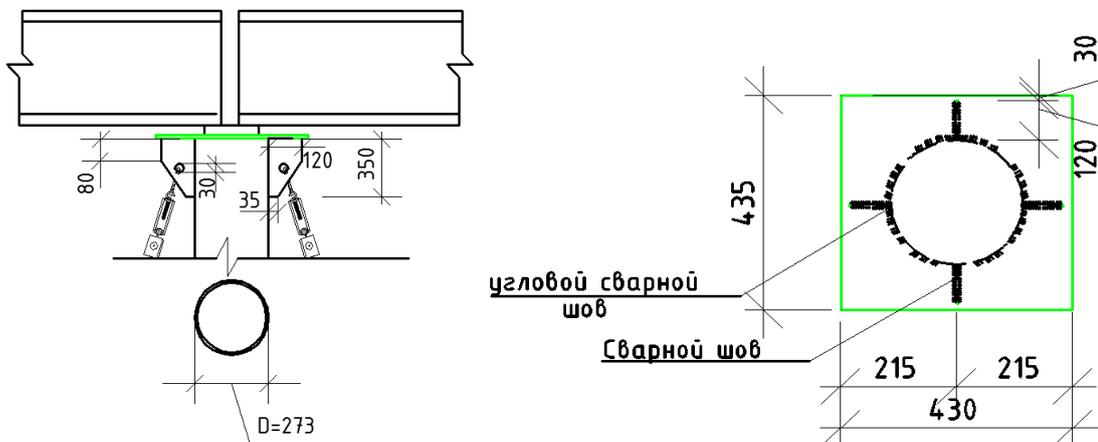


Рисунок 2 - Оголовка колонны

Расчетное сопротивление фундамента R_{ϕ} с учетом эффекта окаймления вычислим [2]:

$$R_{\phi} = R_{\sigma} * \sqrt[3]{A_{\phi}/A_{пл}},$$

где R_{σ} – расчетное сопротивление бетона сжатию (кубиковая прочность бетона)

$$\sqrt[3]{A_{\phi}/A_{пл}} = \gamma = (1,2; 1,3; 1,4).$$

Принимая коэффициент $\gamma=1,2$ и расчетное сопротивление бетона сжатию $R_{\sigma} = 0,7 \text{ Кн/см}^2$ для класса бетона В15, находим

$$R_{\phi} = R_{\sigma} * \gamma = 0,7 \text{ Кн/см}^2 * 1,2 = 0,847 \text{ Кн/см}^2.$$

Назначим плиту размерами 48x48 тогда $A_{пл}=48*48=2304 \text{ (см}^2\text{)}$.

Среднее напряжение σ_{ϕ} под плитой базы,

$$\sigma_{\phi} = \frac{N}{A_{пл}} = \frac{1866}{2304} = \frac{0,81 \text{ Кн}}{\text{см}^2}, \quad (15)$$

$$\sigma_{\phi} \leq R_{np} * \gamma = 0,81 \leq 0,7 \text{ Кн/см}^2 * 1,2 = 0,84 \text{ Кн/см}^2.$$

Далее вычислим изгибающие моменты на единицу длины.

Участок 1.

Отношение сторон $a/a=210\text{мм}/210\text{мм}=1$ (рис. 2 а, б).

Поскольку стороны равны, коэффициент $\alpha=0,112$ [1].

При этом изгибающий момент вычисляется по формуле:

$$M_{пл1} = \sigma_{\phi} * \alpha * a^2 = 0,81 * 0,112 * 18^2 = 29,602 \text{ Кн * см}, \quad (16)$$

$$W_{пл} = (l_{см} * t_{пл}^2)/6. \quad (17)$$

Из предыдущих 2х условий находим выражения для вычисления толщины опорной плиты:

$$t_{пл} = \sqrt{(6 * M_{max})/(l_{см} * R)} = \sqrt{(6 * 26 \text{ Кн * см})/(24 \text{ Кн/см}^2)} = 2,5 \text{ см} \quad (18)$$

Окончательно принимаем $t_{пл} = 2,8 \text{ см}$ [1].

Крепление траверсы к колонне выполним полуавтоматической сваркой в углекислом газе сварочной проволокой Св-08Г2, с соответствующими коэффициентами ($\beta_{ш} = 0,7$ $R_{yc}^{ce} = 21,5 \text{ Кн/см}^2$ [1]).

Найдем величину катета шва

$$K_{ш} = 1/\beta_{ш} * \sqrt{N/(4 * 85 * R_{yc}^{ce})} = 1/0,7 * \sqrt{1866/(4 * 85 * 21,5)} = 0,72 \text{ см} \quad (19)$$

Назначим $K_{ш} = 9 \text{ мм}$ [1]

При этом требуемая длина шва равна

$$l_{ш} = 85 * \beta_{ш} * K_{ш} = 85 * 0,7 * 9 \text{ мм} = 428 \text{ мм}. \quad (20)$$

Примем высоту траверсы равным $h_{тр} = 450 \text{ мм}$ (см. рис. 3 а, б).

Прочность траверсы на изгиб и срез не проверяем, поскольку вылет ее консольной части мал.

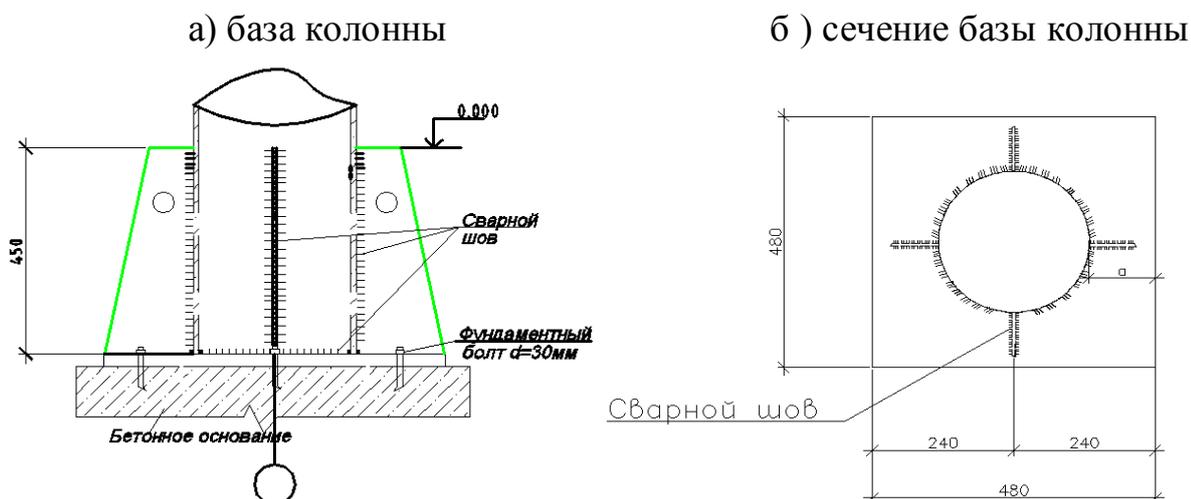


Рисунок 3 - База колонны

3 Составление таблиц по результатам расчета шпренгельных колонн с металлическим стволом, с 1-ой распоркой

Составим таблицы для определения размеров и площади поперечного сечения колонн.

Таблица 1 - Геометрические характеристики колонн при $N=N*k(k=0,2;0,5;1,0;1,5;2,0)$ $H_k=6м$ $\lambda=60$

Нагрузки	N (Кн)	Aгр (см ²)	A (см ²)	Iх (см ⁴)	ix (см)	λх	σх	D (мм)	tст (мм)	G кг*с
при K=0,2	373,4	19,32	21,2	483,5	4,74	41,16	20,48	140	5	100
при K=0,5	930,68	48,2	48,24	996,4	4,55	43,6	21,97	140	12	233
при K=1,0	1857,7	96,25	90,36	4756	7,26	27,3	21,89	219	14	463
при K=1,5	2788,5	144,3	136,2	6684	7,01	28,27	21,84	219	22	679
при K=2,0	3717,2	192,4	173,0	13700	8,9	22,2	22,5	273	22	853

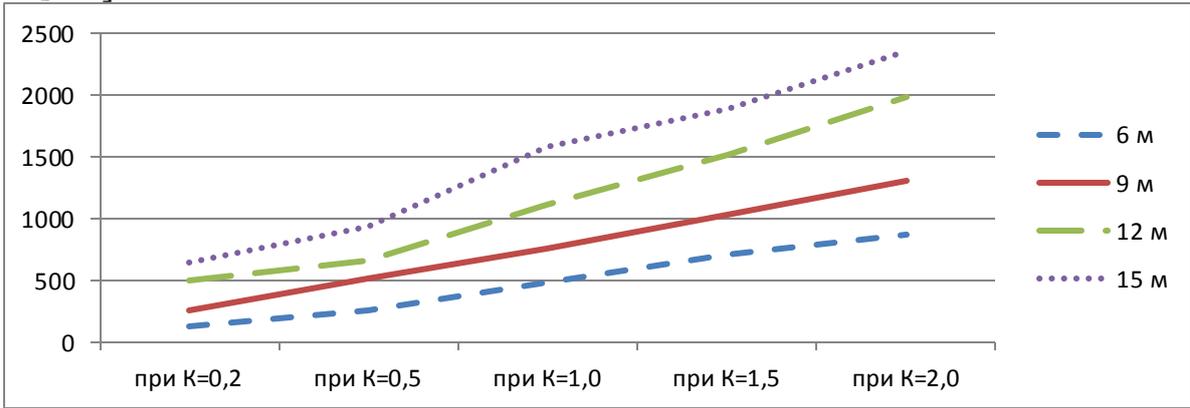
Таблица 2 - Расход металла на элементы колонны

Нагрузки	G _{ст} кг*с	G _{канаты}		G _{ст} кг*с	G _{полн} кг*с	G _д
		L(D15.5)	кг*с			
при K=0,2	100	24,4	24,4	1	125,4	0,12
при K=0,5	233,52	24,4	24,4	1	258,92	0,12
при K=1,0	463,4	24,4	24,4	1	488,8	0,12
при K=1,5	679,2	24,4	24,4	1	704,6	0,12
при K=2,0	853,5	24,4	24,4	1	878,9	0,12

Аналогичные расчеты и составление таблиц расхода металла были выполнены и для других вариантов шпренгельных колонн с металлическим и деревян-

ным стволами с одной и двумя распорками. Далее приводим соответствующие графики расхода металла, рис.4, 5, 6, 7.

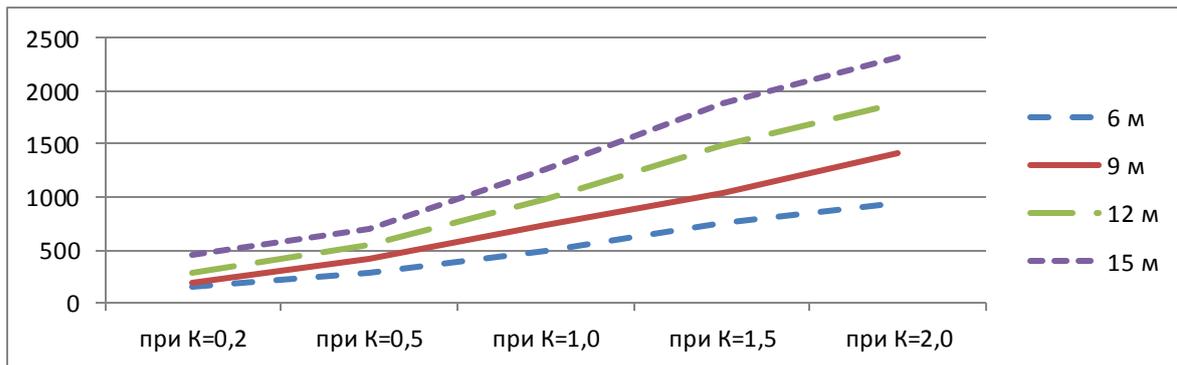
G[кгс]-вес



N[кН]- нагрузка

Рисунок 4 - Графики расхода металла для шпренгельных колонн с металлическим стволом, с распоркой в одном уровне

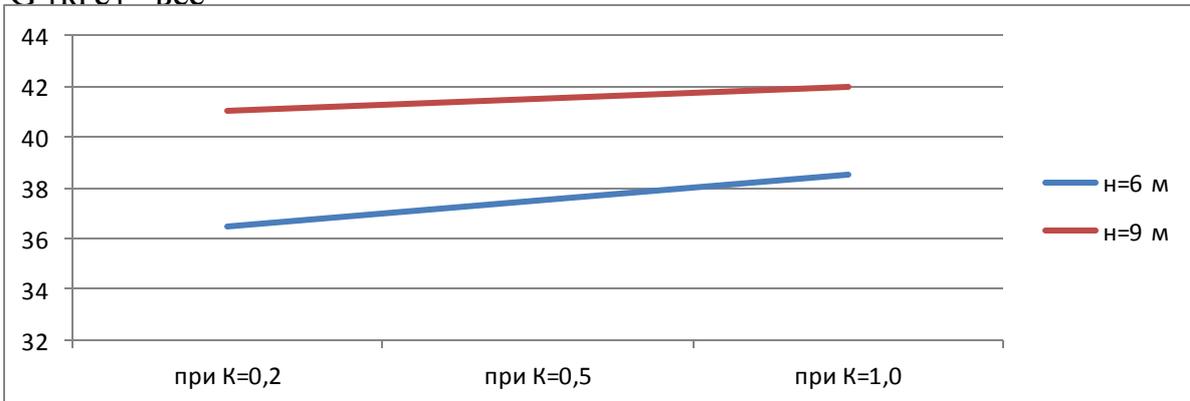
G [кгс] –вес



N[кН]- нагрузка

Рисунок 5 - Расход металла для шпренгельных колонн с металлическим стволом, с распорками в 2-х уровнях

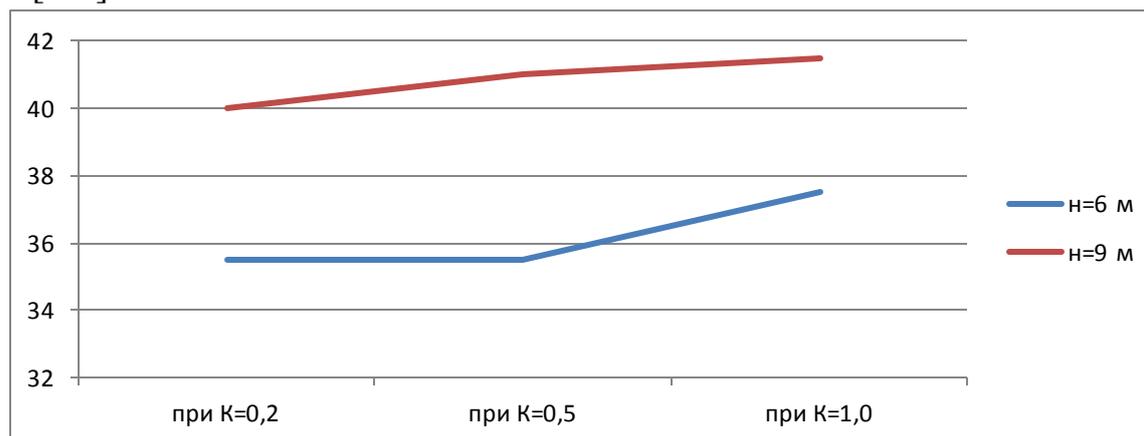
G [кгс] –вес



N[кН]- нагрузка

Рисунок 6 - Расход металла для шпренгельной колонны с деревянным стволом, с распоркой в одном уровне

G [кгс] –вес



N[Kn]-нагрузка

Рисунок 7 - Расход металла для шпренгельной колонны с деревянным стволом, с распорками в 2-х уровнях

Вывод. По результатам выполненных расчетов и проведенного исследования особенностей работы обычных и шпренгельных колонн с одной и двумя распорками можно сформулировать следующие выводы:

1. Шпренгельные колонны наиболее рациональны по расходу металла при больших высотах $H=(6-15)$ м и нагрузках, соответствующих коэффициенту $K \leq 0,5$.
2. Шпренгельные колонны с деревянным стволом наиболее рациональны по расходу металла при высотах $H=(6-9)$ м и нагрузках, соответствующих коэффициенту $K \leq 1,0$.

Библиографический список:

1. Металлические конструкции в вопросах, в ответах и в проектировании. А.К. Юсупов, Махачкала, ГУП «Типография ДНЦ РАН», 2010 г. с.241.
2. Металлические конструкции. Е.И. Беленя, Москва, Стройиздат, 1985 г. с.188.
3. Справочник проектировщика «Металлические конструкции» под редакцией Н.П. Мельникова, Москва, Стройиздат, 1980 г. с.44.

References:

1. Metal structures in the questions, answers and design. A. K. Yusupov, Makhachkala, sue "Typography dnts ran, 2010, p.241.
2. The metal structure. E. I. Belina, Moscow, stroiizdat, 1985, p.188.
3. Designer's manual "Metal structures" edited by N. P. Melnikov, Moscow, stroiizdat, 1980, p.44.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 69.003.13

Алиярова Ф.М.

ЦЕЛЕВЫЕ ПРОГРАММЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Aliyarova F.M.

TARGET PROGRAM AS AN EFFECTIVE TOOL INVESTMENT IN CONSTRUCTION PRODUCTION

Аннотация. Обосновано преимущество программно-целевого подхода как одного из возможных способов разработки и реализации комплекса мероприятий по достижению стратегических целей развития строительного производства на долгосрочную перспективу. Доказана роль целевых программ как эффективного инструмента реализации инвестиционных проектов в строительстве. Раскрыт механизм формирования федеральных целевых программ. Приведены результаты анализа инвестиционного потенциала строительных предприятий. Предложены формы инвестиционного кредитования строительных предприятий. Разработана программа повышения инвестиционного потенциала строительных предприятий.

Ключевые слова: программно-целевой подход, инвестиции, инвестиционное и конверсионное кредитование, строительная отрасль.

Abstract. The advantage of program-target approach as one of the possible ways of development and implementation of a set of measures to achieve strategic goals of the long-term building production development is substantiated. The role of target programs as an effective tool for the investment projects implementation in construction is proved. The mechanism of formation of Federal target programs is disclosed. The results of the analysis of the construction companies investment potential are given. The ways of investment lending to construction enterprises are proposed. A program for increasing the investment potential of construction companies is worked out.

Key words: program and target approach, investment, investment and conversion credits, construction industry.

Введение. Программно-целевое финансирование широко используется во многих экономически развитых странах мира, как наиболее эффективный инструмент регулирования социально-экономических процессов.

Федеральные целевые программы - это важнейший инструмент реализации поставленных целей, а также действенный метод решения приоритетных социально-экономических задач развития страны. Федеральные целевые программы представляют собой комплекс мер, реализующих программно-целевой подход к

решению проблем социально-экономического развития отраслей народного хозяйства [1].

Постановка задачи. В настоящее время программно-целевой подход становится одним из возможных способов разработки и реализации комплекса мероприятий по достижению стратегических целей развития строительного производства на долгосрочную перспективу. Программно-целевой подход предусматривает необходимость оценки имеющихся ресурсных возможностей строительных предприятий для реализации намеченных целей [1].

Отечественная и зарубежная практика доказала высокую эффективность программно-целевого планирования и управления инвестиционными проектами [2].

Особенностями программно-целевого управления инвестиционными проектами являются:

- ориентация на достижение конечной цели;
- системный подход и реализация программ на основе горизонтальной интеграции всех ее участников;
- полная увязка целей с ресурсами через систему подцелей, задач и мероприятий;
- охват этапов исследования, проектирование и реализация программы.

Кроме того, применение программно-целевого планирования и управления в строительстве позволяет расширять связи научно-исследовательских институтов и вузов со строительными компаниями и предприятиями посредством реализации совместных федерально-целевых программ [8].

Целевая программа является директивным и адресным документом, который представляет собой увязанную по ресурсам, исполнителям и установленным срокам систему социально-экономических, производственных, научно-исследовательских, организационно-хозяйственных и других заданий и мероприятий, осуществление которых направлено на решение определенной проблемы наиболее эффективными методами [4].

Как правило, целевая программа направлена на всеобщее развитие и улучшение организационных, производственно-технических и социальных форм и методов управления в строительстве, поскольку охватывает все уровни организационных структур управления от рабочих бригад до центрального аппарата министерства. В течение всего периода внедрения целевой программы, разработчики оказывают производителям помощь, содействуют скорому осуществлению идей, создают условия для более эффективного финансирования проектов [7].

Согласованные целевые программы реализуются за счет средств из федерального бюджета, привлекаемых для выполнения программ внебюджетных источников, бюджетных средств субъектов Российской Федерации. Решение задач, находящихся в совместном ведении РФ и субъектов РФ, осуществляется в основном за счет бюджетных средств субъектов РФ [14].

К внешним внебюджетным источникам, привлекаемым для финансирования целевых программ, относятся средства участников реализации программ, в

том числе, предприятий и организаций государственных и негосударственных секторов экономики; целевые отчисления от прибыли предприятий; банковские кредиты, фондовые средства и средства общественных организаций, инвесторов, заинтересованных в осуществлении программ и другие поступления.

Источниками средств, направляемых в эти фонды, являются: прибыль, которая остается в распоряжении предприятий и организаций, бюджетные средства субъектов РФ, средства внебюджетных федеральных фондов исполнительной власти и другие. По вопросам создания специальных фондов, требующих решения Правительства Российской Федерации или Федерального Собрания, государственные заказчики целевой программы вносят соответствующие предложения [12].

Также иностранные инвесторы могут финансировать целевые программы и стать участниками на основе некоторой доли. Привлечение иностранного капитала к созданию программных мероприятий осуществляется в соответствии с законодательством РФ об иностранных инвестициях [9].

К особенностям программно-целевого финансирования относятся:

1. Целенаправленное воздействие на проблему, не нашедшую решения в условиях инерционного развития социально-экономической системы;
2. Воздействие на проблему социально-экономического развития путем реализации комплекса мер взаимосвязанных по срокам, направлениям, исполнителям;
3. Межотраслевой и межтерриториальный характер программно-целевого финансирования.

Источниками финансирования целевых программ могут быть инвестиционные и конверсионные кредиты, целевые кредиты банков под государственные гарантии. Предоставление государственных гарантий на выдачу кредита коммерческими банками осуществляет Министерство финансов РФ, а государственные гарантии выдаются коммерческим банкам под конкретные объекты программных мероприятий [10].

Инвестиционные отношения регламентируется Федеральным законом «Об инвестиционной деятельности в Российской Федерации, осуществляемой в форме капитальных вложений», в соответствии с которым под инвестициями понимаются «денежные средства, иное имущество, ценные бумаги, в том числе имущественные и другие права, имеющие денежную оценку, вкладываемые в объекты предпринимательской и иной деятельности в целях получения прибыли и достижения иного полезного эффекта» [13].

Методы исследования. По данным Росстат в 2014 году вложено в экономику России 13527,7 млрд. рублей инвестиций в основной капитал. Если сравнивать с соответствующим периодом 2013 года объем инвестиций сократился на 2,7% [3].

Из всего объема инвестиций в основной капитал (не включая субъектов малого предпринимательства, не наблюдаемых прямыми статистическими методами) 49,8% составили инвестиции в возведения и сооружения, транспортные

средства, 6,5% - в жилища, 34,1% - в машины, оборудование, прочие инвестиции в основной капитал составили 9,6% [3], рис. 1.

Видовой состав инвестиций в строительство приведен в таблице 1[11].

Основной источник финансирования инвестиций в основной капитал — это привлеченные средства организаций, которые составили 51,9% от их общего объема, а на собственные средства осуществлялись 48,1% инвестиций, на долю средств бюджетов всех уровней приходилось 16,2% и против 19,0% в 2013 году. Затраты, которые осуществлялись за счет денежных средств граждан и юридических лиц, привлеченных организациями-застройщиками для долевого строительства, составили всего 3,3% от общего объема инвестиций.

Таблица 1- Виды инвестиций и инвестиционных затрат строительных предприятий

№	Виды инвестиций	Осуществляемые расходы
1	Инвестиции в основной капитал	Включены затраты, осуществленные за счет денежных средств граждан и юридических лиц, привлеченных застройщиками для долевого строительства.
2	Инвестиции в здания и сооружения	Расходы на строительство зданий и сооружений.
3	Инвестиции в жилища	Затраты на строительство жилых зданий, на коммуникации внутри здания, необходимые для его эксплуатации.
4	Инвестиции в машины, оборудование, транспортные средства	Затраты на приобретение машин, транспортных средств, оборудования, производственного и хозяйственного инвентаря, а также затраты на монтаж оборудования, проверку и испытание качества монтажа.
5	Инвестиции в непроизводственные и финансовые активы	Затраты на приобретение юридическими лицами в собственность земельных участков, объектов природопользования, контрактов, договоров аренды, лицензий (включая права пользования природными объектами), деловой репутации («гудвилла») и деловых связей (маркетинговых активов).

Около 80% инвестиций в основной капитал (без субъектов малого предпринимательства и объема инвестиций, не наблюдаемых прямыми статистическими методами) направлено на развитие различных видов экономической деятельности: добыча полезных ископаемых (20,4%), транспорт и связь (21,0%), обрабатывающие производства (17,7%), операции с недвижимостью, аренда и предоставление производственных услуг и распределение электроэнергии, воды и газа (по 10,9%).

Источниками финансирования инвестиций в основной капитал для большинства организаций в 2014г. являлись, как и в предыдущем году, собственные средства организаций, их использовали 85% респондентов, на использование кредитных и заемных средств указали 37% руководителей организаций (в 2013г. - 38%).

В 2015 году, основной целью инвестирования в основной капитал, как и в предыдущие годы, являлась замена изношенной техники и оборудования.

Инвестиции с целью повышения эффективности производства (механизация существующих производственных процессов, внедрение новых технологий, снижение себестоимости, экономия энергоресурсов) осуществляли 37-50%

организаций. Цели, связанные с увеличением производственных мощностей с неизменной номенклатурой продукции, преследовали 27% организаций, с расширением номенклатуры выпускаемой продукции - 33%.

Основной фактор, который сдерживает инвестиционную активность - это недостаток собственных финансовых средств. Увеличились респонденты, указывающие на неопределенность экономической ситуации в стране (с 26% в 2013г. до 34% в 2014г.), инвестиционные риски (с 27% в 2013г. до 30% в 2014г.), низкий спрос на продукцию (с 21% в 2013г. до 23% в 2014г.), высокий процент коммерческого кредита (с 27% в 2013г. до 29% в 2014г.), сложный механизм получения кредита для реализации инвестиционных проектов (с 14% в 2013г. до 16% в 2014г.), а также несовершенство нормативно-правовой базы, регулирующей инвестиционные процессы (с 9% в 2013г. до 11% в 2014г.). Сократились и респонденты, указавших среди факторов, ограничивающих инвестиционную деятельность и неудовлетворительное состояние технической базы (с 8% в 2013г. до 7% в 2014г.).

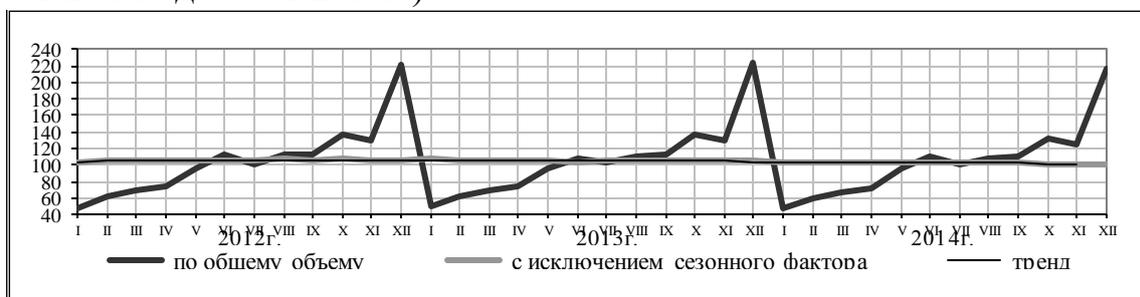


Рисунок 1- Динамика инвестиций в основной капитал

Как показало исследование, для экономики Республики Дагестан характерна высокая степень износа основных фондов, что вызывает необходимость существенного прироста инвестиционных вложений в реальный сектор экономики, создание благоприятных условий для привлечения средств внутренних и внешних инвесторов с целью обновления и расширения производственных мощностей и обеспечения основы для ускорения роста экономики.

Однако росту инвестиций активно препятствует продолжающийся рост издержек производства, в котором относительно высок уровень инфляции [5].

В настоящее время в целях повышения инвестиционного потенциала Республики Дагестан необходимо совершенствовать согласованную систему мер в законодательной, налоговой, финансовых сферах для полномасштабного привлечения инвестиций, которая включает в себя следующие элементы: гарантии инвесторов и защиту их инвестиций; государственную поддержку высокоэффективных инвестиционно-строительных проектов за счет внебюджетных фондов; создание информационной базы данных рынков инвестиций и инвестиционных товаров.

Следует отметить, что в процесс инвестирования в строительство слабо вовлечены сбережения населения. Изменение данной структуры прироста сбережений отражает установившуюся тенденцию к повышению удельного веса их наиболее ликвидных форм (наличной иностранной и национальной валюты).

Из-за того, что фондовый рынок в Дагестане развит очень слабо, не реализуются трансформации в инвестиции сбережений через фондовый рынок. Имея в наличии современные технические средства, программные продукты и интеллектуальные ресурсы, большинство коммерческих банков используют этот потенциал преимущественно для посреднических операций или операций с валютой. У большинства банков, вопреки основным функциям кредитного учреждения, как правило, отсутствуют кредитные стратегии, необходимая методическая база для оценки эффективности, рисков кредитования реального сектора, включая участие в инвестиционных проектах.

Главным источником финансирования в этом году является федеральный бюджет. В 2014 г. фактически использовано 4463,3 млн. рублей, это 82,8% государственного лимита капитальных вложений.

Федеральной инвестиционной программой на 2014 год было запланировано выделение государственных инвестиций на строительство 21 стройки. Из 9 объектов, намеченных к вводу в текущем году было введено 2 [6] (табл.2).

Таблица 2 - Перечень объектов, финансируемых для федеральных нужд и введенных в 2014 году

Наименование	Мощность		Города и районы застройки
	предусмотренная	введенная	
Полностью введенные стройки и объекты			
Реконструкция автодороги М-29 «Кавказ» из Краснодара через Грозный, Махачкалу до границы с Азербайджанской Республикой, км.	10,3	10,3	Участок 817-ый - 827-ой километр
Частично введенные стройки и объекты			
Реконструкция объединенного канала с ПКО по ПК 148+65, пог.м	14865	3150	Магарамкентский

Исходя из источников финансирования инвестиций в основной капитал, уменьшились привлеченные средства с 87,3% в 2013г. до 97,6% в истекшем году. При этом 46,6% инвестиций составляют бюджетные средства, а 9,7% - остальные инвестиции (2013г. соответственно 50,9% и 18,4%). На инвестиционные цели из собственных средств направлено в 2014г. 20,4% против 11,5% в 2013г.

Необходимость поиска эффективных инструментов финансирования инвестиционных проектов в строительстве в рамках реализации федерально-

целевых программ предполагает осуществление их за счет инвестиционных и конверсионных кредитов.

Инвестиционный кредит отражает экономические отношения между кредитором и заемщиком по поводу финансирования инвестиционных мероприятий на условиях возврата и с выплатой процента [13]. Необходимость инвестиционного кредитования связана с объективным расхождением во времени движения материальных и денежных потоков, которые возникают в процессе создания продукта. Развитие кредитных отношений связано с созданием соответствующей инвестиционной среды, это сети специальных кредитных институтов, специализирующихся на кредитных и различных инвестиционных проектах. Кредитование как инвестиционный процесс включает в себя совокупность механизмов для реализации кредитно-денежных отношений в сфере инвестиций.

Такому кредитованию присущи самостоятельные значения только при кредитовании инвестиционных проектов, в других случаях если инвестиционный проект не разрабатывается, имеет место обычное банковское кредитование. Исходя из всего этого, инвестиционное кредитование характеризуется признаками:

1. Инвестиционный проект разрабатывают субъекты инвестиционной деятельности.
2. Для получения кредита инвесторы предоставляют в банк бизнес-план по реализации проекта
3. Вложения банковских средств могут осуществляться по разным схемам и разных этапах проектной реализации
4. Период основания производства и сроки его окупаемости могут быть длительными, это имеет решающее значение для получения кредита заемщиком.

Еще одной особенностью инвестиционного кредита является то, что он имеет досрочный инвестиционный характер и требует нижеуказанного подхода при его реализации:

1. Оценки не самого заемщика, а его инвестиционного проекта, то есть анализа технико-экономического обоснования инвестиционного мероприятия, предусмотренного проектом.
2. Установления оплаты за кредит не выше уровня доходности по инвестициям

Одной из форм государственной кредитной политики является конверсионное кредитование. Ранее выпущенные, так называемые конверсионные кредиты, представляют собой кредиты, срок действия которых продлен, или которые в процессе кредитования заменены на новые кредитные обязательства с другими процентными ставками и сроками.

Часто конверсионные кредиты образуются путем объединения нескольких действующих кредитов в один, который выпускается на новых условиях займа. Такая процедура является консолидацией кредита [13]. В случае, возникновения избыточного (ссудного) капитала, часто осуществляется такая

конверсионная кредитная политика, что позволяет уменьшить расходы из государственного бюджета. Обычно, конверсионное кредитование за счет льгот и компенсаций не влияет на интересы крупных держателей государственных ценных бумаг. Также, целью конверсионного кредитования, было укрепление и повышение покупательной способности рубля. Подобные конверсионные займы проводились при соблюдении гарантий сохранения сбережений граждан, посредством приобретения государственных облигаций, предоставленных государству в займы.

Конверсионные операции – это важнейший элемент при заключении сделок, которые проводятся в иностранной валюте. Непосредственно конверсионные операции - это сделки по обмену определенных сумм валюты одной страны на валюту другой, с дальнейшим проведением расчётов по сделке при помощи полученной валюты на определенную дату. Как правило, конверсионные операции выполняются банками, которые становятся посредниками между компаниями и их зарубежными партнерами. Надо понимать, что конверсионная операция – это вовсе не обмен валюты, а особый вид финансовых операций, суть которых не то, чтобы в самом обмене, а в дальнейшем использовании той валюты, появившейся в результате обмена на счету клиента. К наиболее распространенным операциям, которые осуществляют банки России, относятся: покупка иностранной валюты за средства клиента, размещенные на рублевом счету, с последующим зачислением валюты на указанный валютный счет; покупка национальной валюты за средства клиента, размещенные на валютном счету, с последующим зачислением рублей на указанный валютный счет; проведение сделки купли-продажи за счет средств в одной валюте с дальнейшим зачислением суммы на счет в другой валюте.

Стоит заметить, что спектр предлагаемых валют для конверсионных операций, гораздо шире. Так, если наличными можно получить самые популярные в мире валюты (доллар, евро, фунт), то для конверсий могут использоваться практически все свободно-торгуемые на мировом внебиржевом валютном рынке (те, что торгуются как инструменты на рынке «Форекс»), а также некоторые условно-свободные (не запрещаемые правительствами этих стран к купле-продаже).

Вывод. Обоснована эффективность применения программно-целевого подхода к финансированию инвестиционных проектов в строительстве.

На основе анализа реализации Федеральной инвестиционной программы в строительстве предложена программа повышения инвестиционного потенциала строительных предприятий, включающая в себя следующие элементы: гарантии инвесторов и защиту их инвестиций; государственную поддержку высокоэффективных проектов за счет внебюджетных фондов; создание информационной базы данных рынков инвестиций и инвестиционных товаров; использование эффективных форм кредитования инвестиционных проектов.

Библиографический список:

1. Асаул А.Н. Антикризисное управление корпоративными структурами в инвестиционно-строительном комплексе. — СПб: СПбГАСУ, 2001. — С. 110.

2. Бардасова Э.В. Принципы управления жилищным строительством // Прикладные проблемы управления в базовых отраслях национальной экономики: межвуз. сб. науч. тр. — М.: ИНИОН РАН. 2005.
3. Бюллетень « Основные показатели инвестиционной и строительной деятельности в Российской Федерации в 2014 году», Росстат, 2015 г.
4. Жилнин С.В., Анисимов А.Г., Горностаев Н.И. Система управления производственными затратами, как способ повышения эффективности использования инвестиционных ресурсов. // Экономика строительства, 2008г, №3.
5. Идрисова С.Ф. Реализация инвестиционных проектов в рамках программы развития жилищного строительства//Региональные проблемы преобразования экономики – 2011, № 47 – с. 258-265.
6. Итоги результатов работы инвестиционной и строительной деятельности РД (Дагестанстат) –Бюллетень, 2014г.
7. Кудрявцев А.А. Проблемы программно-целевого планирования и финансирования бюджетных инвестиций // Финансы и кредит-2009. №9 – с.29-35.
8. Обоснование необходимости решения проблемы программными методами и целесообразности ее финансирования за счет средств бюджета / целевая программа «Жилище» на 2011-2015 годы / [Электронный ресурс] Режим доступа – URL: <http://ivo.garant.ru / SESSION / PILOT/main.htm>.
9. Орешкин В. Иностранные инвестиции в России как фактор экономического развития: реалии, проблемы, перспективы // Инвестиции в России. — 2002. — № 10. - С. 11-16.
10. Порядок разработки и реализации федеральных целевых программ и межгосударственных целевых программ, в осуществлении которых участвует Российская Федерация.
11. Сидорина И.Э. Характеристика программно-целевого планирования и финансирования расходов бюджета // Вестник ИГЭУ -2011, № 3 – с. 53-57.
12. Соколов П.Л. Инвестиционно-строительная деятельность: правовые основы, налогообложение, учет. М.: АИН. 2004г.
13. Фролова Н.К. Инвестиции в регионы – важнейший фактор финансово-экономического роста и стабильности, Финансы, № 1, 2008.
14. <http://fcr.economy.gov.ru> – федеральные целевые программы России.

References:

1. Asaul A. N. Crisis management and corporate structures in the investment and construction complex. — St. Petersburg: Spbgasu, 2001. — p. 110.
2. Burdasov E. V. Principles of management of housing construction Under-kladny problems of management in the basic industries of the national economy: interuniversity collection. SB. nach. Tr. — M.: INION Russian Academy of Sciences. 2005.
3. Bulletin "Main indicators of investment and construction activities in the Russian Federation in 2014", Rosstat, 2015.
4. Gilson C. B., Anisimov A. G., Gornostaev N. And. Management system Production costs, as a way of increasing the efficiency of use of investment resources. Construction Economics, 2008, No. 3.

5. Idrisova S. F. Implementation of investment projects in the framework of the program of development of housing construction. Regional problems of transforming the economy – 2011, number 47 – p. 258-265.
6. The results of the work of investment and construction activities RD (Dagestanskom) Dagstat. Byulleten 2014.
7. Kudryavtsev A. A. the Problems of program-oriented planning and financing of budget investment Finance and credit 2009. -No. 9- pp. 29-35.
8. The rationale of solving the problem programmatically and expediency of its financing at the expense of the budget target program "Housing" for 2011-2015 [Electronic resource] access Mode: URL: <http://ivo.garant.ru> SESSION PILOT/main.htm.
9. Oreshkin. Foreign investment in Russia as a factor of economic development: realities, problems, prospects Investment in Russia. - 2002. - No. 10.- pp. 11-16.
10. The procedure for the development and implementation of Federal target programs and interstate target programs, the implementation of which participates the Russian Federation.
11. Sidorin, I. E. Characteristics of program-oriented planning and financing of budget expenses Vestnik IGEU, -2011, № 3 – pp. 53-57.
12. Sokolov L. P. Investment and construction activities: legal framework, taxation, accounting. M: AIN. 2004.
13. Frolova N. To. Investment in the regions – the most important factor of financial-economic growth and stability, Finance, №1 - 2008.
14. <http://fcp.economy.gov.ru> – the Federal target program of Russia.

УДК 338.242.2

Гамидуллаев Р.Б.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РЕИНЖИНИРИНГЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Gamidullaev R.B.

THE EFFICIENCY ASSESSMENT METHODS OF MANAGEMENT SYSTEM UNDER MANAGEMENT PROCESSES REENGINEERING AT AN ENTERPRISE

Аннотация. В статье обосновывается необходимость совершенствования методов оценки эффективности функционирования системы управления при реинжиниринге процессов управления на предприятии. Выявлены проблемы совершенствования методики оценки эффективности функционирования системы управления при реинжиниринге процессов управления на предприятии.

Систематизирован комплекс требований, которым должна отвечать методика определения эффективности системы управления предприятием. Предложены показатели оценки эффективности функционирования системы управления предприятием.

Ключевые слова: эффективность, методика, реинжиниринг, процесс управления, критерии, показатели, оценка.

Abstract. *The efficiency assessment methods necessity of management system under management processes reengineering at an enterprise are substantiated in the paper. The problems of the management system efficiency assessment methods under management processes reengineering are revealed. A list of challenges and requirements is given to which the methods of management system efficiency of an enterprise should meet. The assessment of the enterprise management system operating efficiency criteria is proposed.*

Key words: efficiency, reengineering, management process, criteria, indices, assessment

Введение. Реинжиниринг является важным фактором успешного и стабильного развития предприятия, мощным управленческим инструментом, главным потенциалом менеджмента. Это делает его чрезвычайно важным элементом повседневной жизни для многих компаний, а также в антикризисном менеджменте. основополагающей целью реинжиниринга является создание в структуре производства естественных мотиваций, нацеленных на конечный результат, т.е. получение наибольшей прибыли посредством максимального удовлетворения потребительского спроса, развития бизнеса и автоматизации производства.

В отечественных публикациях по реинжинирингу можно встретить точку зрения, что реинжиниринг применим лишь в крупных хозяйственных структурах, банковских и финансовых институтах [1, 2, 3]. Практика показывает, что реинжиниринг успешно проводится в весьма малых компаниях или небольших подразделениях крупных корпораций (центрах прибылей и убытков, центрах ответственности) и вполне приемлем для любой сферы экономики. Проведенные ранее исследования показали, что затраты на управление нуждаются в жестком регулировании, так как на ряде предприятий условно-постоянные затраты весьма велики [2].

Интеграция всех процессов, происходящих на предприятии, особенно при реинжиниринге процессов управления, позволяет представить их в виде преобразования потока входных ресурсов (материальных, энергетических и информационных) в поток выходных.

Постановка задачи. В каждом конкретном случае критерий экономической эффективности (\mathcal{E}) работы предприятия, оценивающий рентабельность, можно определить [2]:

$$\mathcal{E} = \frac{V_{\text{вых.}}}{V_{\text{вх.}} + U_3.} \quad (1)$$

где: \mathcal{E} - критерий экономической эффективности работы предприятия, оценивающий рентабельность;

$V_{вх.}$ - входные затраты всех управленческих процессов;

$V_{вых.}$ - выходные затраты всех управленческих процессов;

$U_3.$ - совокупность управленческих затрат на все процессы функционирования предприятия (с учетом окупаемости капитальных затрат).

Исходя из этого можно сделать вывод: чем меньше затраты на управление, тем выше эффективность производства. Такой вывод часто и делается на практике. Подтверждением этому служат периодические сокращения управленческого персонала, проводимые иногда без учета требований системы управления развивающимся производством.

Если проанализировать перераспределение входящего потока по структурным элементам аппарата управления, то нетрудно прийти к выводу, что в аппарате управления сосредотачиваются все внешние информационные потоки, составляющие его входы. На выходе же аппарата управления мы видим результаты переработки информации, которые находят выражение в принятых решениях в системе их реализации.

Таким образом, аппарат управления - это информационный преобразователь, который следует рассматривать в качестве не только организатора процессов, но и своеобразного «генератора» идей, направленных на повышение эффективности производства. Рассматривая все факторы повышения эффективности общественного производства комплексно, замечаем, что они действуют в определенной взаимозависимости [1]. Поэтому особо важно обеспечить гармоничность их развития и действия. На практике же наибольшее значение имеет то звено, которое сдерживает рост эффективности производства.

В современных условиях одним из таких звеньев, по нашему мнению, является разработка системы объективной оценки эффективности управления производством: анализ уровня организационной системы управления и его влияния на эффективность производства, эффективность функционирования системы управления, оценка результатов индивидуального и коллективного труда работников управления и др. [3].

Постановка задачи. В связи с этим в данной статье мы сделали попытку определить основные пути методического решения этой проблемы, разумеется, не претендуя на ее окончательное решение. Однако актуальность поставленной задачи не вызывает никакого сомнения, тем более, что предлагаемые нами методические подходы к ее решению могут найти свое применение на практике.

В настоящее время существуют методические подходы к решению рассматриваемой проблемы, однако, обладая несомненными достоинствами, они не решают ее полностью. Сразу же заметим, что на пути создания методики оценки эффективности управления производством есть ряд трудностей.

Во-первых, это трудности, связанные со спецификой управленческого труда, а именно:

- управленческий труд непосредственно не создает потребительскую стоимость, он регламентирует действия людей, занятых созданием материальных благ или оказанием услуг;
- как правило, этот труд имеет специфически выраженный, творческий характер, при котором опыт и интуиция играют существенную роль;
- сложность управленческого труда определяется, прежде всего, частотой повторяемости и степенью сложности выполнения управленческих процессов и отдельных функций управления.

Во-вторых, при создании подобной методики необходимо четко различать понятия «эффективность» и «производительность» управленческого труда.

В наиболее общем виде эффективность управленческого труда можно рассматривать как социально-экономическую категорию, раскрывающую взаимосвязь между результатами управленческой деятельности (техно-экономическим и социальным эффектом) и затратами на их достижение.

Под производительностью управленческого труда следует понимать взаимосвязь между результатами управленческой деятельности, выраженными объемом выполненным работ, и затратами управленческого труда.

Таким образом, эффективность труда является понятием более широким по сравнению с понятием его производительности. Понятие «производительность труда» применимо не ко всем работникам управления, а только к тем, труд которых явно поддается количественному измерению (труд технических исполнителей). По отношению же к другим управленческим работникам, например, руководителям, должны быть приняты показатели, характеризующие эффективность их деятельности.

В-третьих, даже после преодоления «методологических сложностей», названных выше, возникают препятствия, носящие практическую трудность количественного определения эффективности управленческого труда:

- определить результативность управленческой деятельности в чистом виде сложно, поскольку конечный продукт труда является итогом деятельности совокупного работника;
- сложность определения эффективности заключается также в том, что она не всегда находится под непосредственным контролем того подразделения или лица, эффективность работы которых подлежит оценке;
- результат управленческой деятельности складывается из разнокачественных технико-экономических, социально-политических и прочих результатов, которые не всегда поддаются количественной оценке;
- результаты управленческой деятельности воплощаются не только в материальном продукте, но и в виде информации, которая может быть многократно использована, что также затрудняет его оценку.

Если принять во внимание все сказанное выше, то легко понять, почему большинство существующих методик носит чисто описательный характер и получает лишь разовое применение на практике, не входя в качестве неотъемлемого элемента в общую систему управления предприятием.

Рассматривая вопросы, связанные с эффективностью управления, следует также иметь в виду, что оценка эффективности управленческого труда в некоторых случаях требует отхода от общепринятых понятий, критериев, показателей и методов расчета, которыми обычно пользуются на практике при определении эффективности. В первую очередь следует отметить, что, говоря об оценке эффективности управления, обычно имеют в виду эффективность работы аппарата управления, его функционирования, что характеризует динамику системы. Это, конечно, один из важнейших, но не единственный аспект проблемы эффективности управления производством. Дело в том, что прежде чем система управления сможет функционировать, ее нужно спроектировать и создать. И уже на проектной стадии - реинжиниринга процессов управления необходимо иметь инструмент для анализа преимуществ и недостатков конкретной системы по сравнению с другими (базовыми). Таким инструментом может быть оценка системы управления в статике, т. е. управляемость системы – как способность обеспечить максимальный результат при минимальных затратах при использовании всех имеющихся возможностей. Ставя вопрос, таким образом, необходимо, естественно, четко определить параметры, по которым будет даваться подобная характеристика.

Основными требованиями, которым должна отвечать методика определения эффективности функционирования системы управления, мы считаем следующие.

1. Так как система управления не является самоцелью, а создается для обеспечения бесперебойной работы производственной системы, то в конечном итоге эффективность ее функционирования отражается на результатах работы предприятия в целом. Следовательно, в основу целей системы управления могут и должны быть положены технико-экономические показатели деятельности организации.

2. Методика определения эффективности управления должна быть простой и комплексной, не содержать огромного числа показателей, зачастую даже не связанных между собой.

3. Все показатели, необходимые для расчетов, должны по возможности браться из документов существующей отчетности. Создание новых, дополнительных форм отчетности — крайняя мера, так как увеличивает и без того огромный документопоток предприятий и объединений.

4. Система оценки должна быть единой для всех уровней иерархии управления. Это вызвано не только требованиями удобства, но в первую очередь необходимостью сопоставимости результатов оценки. Различными могут быть показатели, но не методы их обработки.

5. Показатели эффективности функционирования системы управления должны наиболее точно отражать цели и задачи каждого структурного подразделения системы и определяться на основе построения целей системы управления. Количество сопоставимых показателей для каждой структурной единицы должно быть ограничено.

6. Должна быть обеспечена сводимость всех показателей эффективности

любого уровня иерархии управления в показатель следующего высшего уровня.

Исходя из сформулированных требований можно предложить следующий метод оценки эффективности функционирования системы управления и ее отдельных звеньев с определением доли последних в совокупной деятельности предприятия или объединения.

Общий эффект функционирования системы управления (Δ) представляет собой разность:

$$\Delta = E_{п}(t) - E_{ф}(t), \quad (2)$$

где: $E_{п}(t)$ - планируемый показатель цели управления, соответствующий оптимальному алгоритму;

$E_{ф}(t)$ - фактический показатель целей управления, обеспечиваемый реальной системой.

При этом принимается, что эффективность функционирования системы управления тем выше, чем меньше разность $E_{п}(t) - E_{ф}(t)$. Поэтому эффективность функционирования системы (Θ) можно характеризовать некоторыми функциями от Δ т. е.

$$\Theta \triangleq f = (E_{п} - E_{ф}), \quad (3)$$

Целью управления при этом заключается в доведении функционала Δ до минимума. Однако стремление обеспечить наивысший эффект управления обычно вступает в противоречие со стремлением обеспечить надежность системы и снизить до минимума затраты. Поэтому основная задача функционирования системы состоит в том, чтобы достигнуть наивысших условий компромисса между противоречивыми требованиями максимума результатов при минимуме затрат на управление.

Вывод. Эффективность системы управления можно и нужно рассматривать, прежде всего, как обеспечение целей, действующих в течение определенного времени. Система будет эффективной, если она способствует достижению максимального результата, определяющего цель управления, при минимально необходимом и достаточном расходе всех ресурсов, используемых для реализации этой цели.

Экономическую оценку, сделанную по приведенным выше формулам, следует рассматривать как метод, определяющий целесообразность реинжиниринга процессов управления или другой конкретно внедряемой системы управления. Даже одно то, что система управления предназначена для оптимизации функционирования производственной системы, говорит о правомерности поиска эффекта не только и не столько в экономии затрат на систему управления, сколько в экономии на производстве. Подобный ход рассуждений приводит к выводу, что существует оптимальный уровень затрат на управление, который для каждой системы управления является как бы нижней границей, где процесс снижения затрат на управление должен быть прекращен, так как дальнейшее снижение повлечет за собой потери в производственной системе гораздо большие, чем экономия управленческих расходов.

Библиографический список:

1. Пруденский Г.А. Время и труд. – М.: Мысль, 1965. – 343с.

2. Гамидуллаев Р.Б. Реинжиниринг организационных циклов управления на промышленных предприятиях. Диссер. на соискание ученой степени кандидата экономических наук. ПГУ. Пенза -2011г.

3. Организация труда руководителей производственных подразделений промышленных предприятий. Методические рекомендации. – М.: НИИ труда, 1981. – 132с.

References:

1. Prudinsky G. A. Time and labor. – М.: Thought, 1965. – 343p.

2. Gamidullaev R. B. Reengineering organizational control cycles in industrial enterprises. Dissertations. on competition of a scientific degree of candidate of economic, Sciences. PSU. Penza-2011.

3. Organization of work of heads of the production departments of industrial enterprises. Methodical recommendations. – М.: Institute of labour, 1981. – 132p.

УДК 69.003

Зейналов М.З., Павлюченко Е.И.

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ НА СЕБЕСТОИМОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Zeynalov M.Z., Pavlyuchenko E.I.

THE IMPACT OF THE BASIC ASSETS EFFICIENCY ON THE OF CONSTRUCTION PRODUCTS COST PRICE

Аннотация. Поставлена задача решения проблемы повышения эффективности строительного предприятия за счет снижения удельного веса расходов, связанных с использованием в производственном процессе средств труда. В статье рассматриваются проблемы анализа влияния режимов эксплуатации и состояния строительной техники и средств механизации на себестоимость производимой строительной продукции. Предложена оригинальная схема взаимосвязи показателей, связанных с влиянием эксплуатационных расходов средств труда на себестоимость строительной продукции. Предложена методика оценки уровня физического износа строительной техники и конкурентоспособности активной части производственных фондов строительного предприятия.

Ключевые слова: строительное предприятие, активная часть основных фондов, эксплуатационные расходы, физический и моральный износ, себестоимость продукции.

Abstract. The task solving the problem of improving the construction enterprises efficiency by reducing the costs share associated with the use of a manufacturing

process tools is assigned. The paper considers the analysis problems of operation modes influence and building equipment condition as well as the mechanization means on the price costs of construction products manufactured. An original scheme of indicators interrelation related to the impact of operating costs of the labor means on the construction products price cost is proposed. The assessment methods of the physical wear level of construction machinery and competitiveness of the active part of production assets of construction enterprises are proposed.

Key words: *building enterprise, active part of the main fund, working expenses, physical depreciation and obsolescence, product price cost.*

Введение. Одним из основных факторов повышения эффективности строительного производства (СП) является сокращение доли ручного труда в общем объеме выполняемых работ, т.е. широкое применение средств механизации для выполнения различного вида строительного-монтажных работ. Решение данной проблемы в значительной степени зависит от применения новой строительной техники и средств механизации, позволяющих снизить высокий удельный вес тяжелого, вредного и малопривлекательного, ручного труда в строительстве.

Постановка задачи. К одной из основных проблем повышения эффективности СП следует отнести снижение удельного веса расходов, связанных с использованием в производственном процессе средств труда. Для этого необходимо оценить величину расходов на содержание и эксплуатацию средств труда, и исследовать их влияние на себестоимость строительной продукции с целью сокращения издержек производства. Решая данную проблему необходимо учитывать, что определенная доля расходов является устойчиво повторяющейся и имеет значительный удельный вес в общем объеме расходов на развитие активной части основных фондов, а определенная величина расходов является разовой, т.е. встречается только в отдельных случаях и в относительно небольших объемах. Естественно, что регулярные расходы необходимо исследовать в первую очередь, с целью принятия эффективных мер, направленных на их сокращение и оптимизацию. Разовые же расходы обычно рассматриваются самостоятельно с привязкой к вызывающим их факторам. В общем случае, все расходы, связанные с эксплуатацией средств труда удобно разделить на следующие четыре вида [1]: расходы на техническое обслуживание и ремонт строительной техники и средств механизации; расходы на оплату различных энергетических ресурсов, необходимых для использования средств труда в производственном процессе; расходы на смазочные материалы, обтирочные и другие вспомогательные материалы; прочие расходы.

Методы исследования. При проведении исследований с применением методов оценки расходы, связанные с содержанием и эксплуатацией строительной техники и средств механизации, определяются прямым подсчетом и сравнением фактических и нормативных их значений по каждому виду активной части основных фондов в отдельности. Кроме того, по каждому сравниваемому периоду выделяются основные расходы, по которым рассчитывается их абсолютная величина. Если же при оценке эффективности СП увеличивается объем вы-

полняемых строительно-монтажных работ, то необходимо также учитывать относительную экономию условно-постоянной части накладных расходов.

В процессе анализа проводимых строительным предприятием подрядных работ целесообразно описать характер взаимодействия исследуемых факторов производства как количественно, так и качественно. Это позволяет охарактеризовать хозяйственную ситуацию, отражающую взаимосвязь расходов, связанных с использованием средств труда с себестоимостью продукции, а также проанализировать переход количества в качество в производственном процессе. Для наглядности такого взаимодействия и оценки его влияния на эффективность СП целесообразно воспользоваться схемой, отражающей взаимосвязь расходов, связанных с использованием средств труда и их влиянием на себестоимость строительной продукции (рис.1).

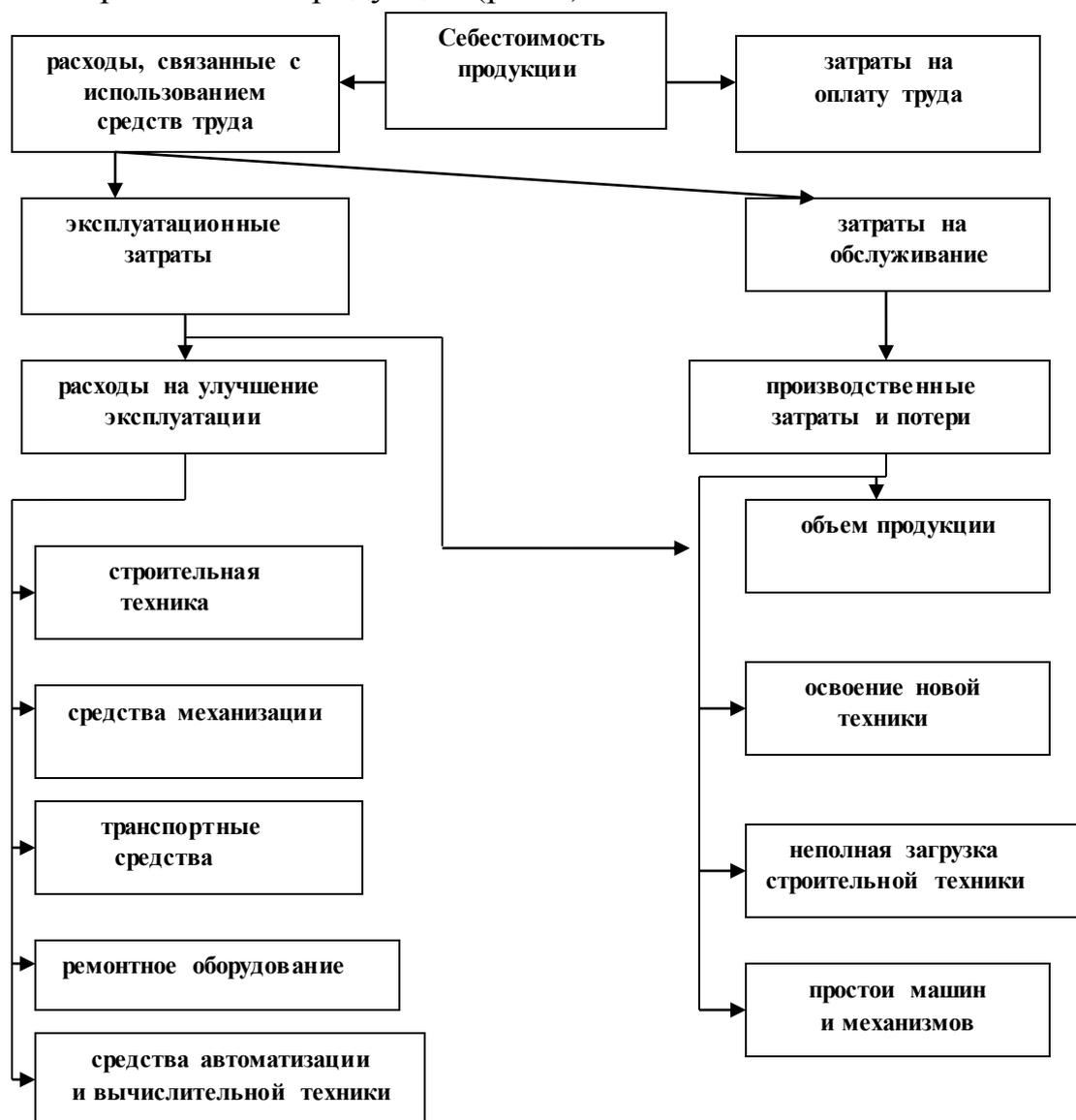


Рисунок 1 - Взаимосвязь показателей, связанных с влиянием эксплуатационных расходов средств труда на себестоимость строительной продукции

При этом необходимо учитывать следующие основные обстоятельства.

Во-первых, рост затрат на содержание и эксплуатацию строительной техники и средств механизации зависит от роста объемов производимой строительной продукции. Влияние это проявляется в том, что в себестоимости про-

дукции, доля условно-постоянных затрат с увеличением объема выполненных подрядных работ падает, а с сокращением - повышается. Сущность данной закономерности объясняется тем, что условно-постоянные затраты не зависят от изменения объемов производства, а, следовательно, при их росте они в меньшем размере дополнительным бременем ложатся на каждую единицу освоенного объема производства, поскольку таких единиц стало больше. Противоположное явление наблюдается в случае, когда объемы производства падают и на одну единицу объема приходится большая сумма условно-постоянных затрат, чем было запланировано.

Следовательно, эффективное управление интенсивным развитием СП становится важнейшей задачей повышения его эффективности и является источником дополнительных доходов.

Во-вторых, экономия расходов, связанных с оптимальной эксплуатацией и перемещением по объектам строительной техники, имеет существенное различие по степени влияния на себестоимость строительной продукции по отдельным видам активной части основных фондов. Такая ситуация возникает из-за различной сложности и трудоемкости обслуживания строительной техники и средств механизации, различной степени их загруженности, специфики технологий производства и т.д. Отмеченные выше обстоятельства показывают необходимость формирования планов эффективного (по возможности оптимального) использования строительной техники таким образом, чтобы для автоматизации и механизации различного вида строительного-монтажных работ применялись наименее затратные по техническим характеристикам строительные машины и механизмы, но обеспечивающие своевременное выполнение заданного объема строительных работ.

В-третьих, затраты на содержание и обслуживание строительной техники и средств механизации, при неполной их загрузке и простоях, ведут к непроизводительным потерям и к соответствующему росту себестоимости строительной продукции.

Таким образом, необходимо планировать как можно более интенсивную загрузку строительной техники, переводя ее, например, на двухсменную работу, а свободную технику сдавать в аренду или лизинг.

Все рассмотренные выше факторы, связанные с влиянием эксплуатационных затрат активной части основных фондов на себестоимость строительной продукции, показывают необходимость внедрения в производство экономических производственных технологий и методов оптимального использования строительной техники в производственном процессе.

Мировой опыт показывает, что применение эффективных производственных технологий является наиболее эффективным способом снижения себестоимости продукции, характеризующимся высокими показателями отношения единицы объемов производства на рубль расходов. При этом сопоставление показателей расходов на применение эффективных производственных технологий и новой строительной техники свидетельствует о том, что снижение себестоимости строительной продукции в большей степени проявляется в процессе ее

эксплуатации при использовании эффективных производственных технологий [2].

Качественное изменение активной части основных фондов также находится в многофакторной связи с себестоимостью производимой продукции. Экономия расходов, связанных с лучшей эксплуатацией строительной техники, находится в зависимости от снижения расходов на ее содержание и обслуживание. При проведении анализа необходимо учитывать степень достоверности и точности отражения затрат производства по отчетным периодам, особенно, полноту описания расходов на подготовку и освоение новых видов производства. Гарантией адекватности формируемой зависимости является полнота и своевременность включения в себестоимость продукции затрат на текущий ремонт, отчислений в резервы предстоящих расходов и платежей, образованных за счет обслуживания техники, а также амортизационных отчислений [3].

Основой достоверного анализа является также правильность распределения расходов на содержание и эксплуатацию строительной техники и средств механизации между различными видами производимой товарной продукции, отдельными работами, а также между себестоимостью незавершенного производства. Определенные финансовые выгоды можно получить за счет повышения эффективности управления процессом эксплуатации строительной техники и средств механизации, путем внедрения рационализаторских предложений, направленных на снижение стоимости содержания, обслуживания и эксплуатации активной части основных фондов.

Как уже отмечалось выше, важнейшим резервом снижения себестоимости продукции за счет эффективного использования основных средств является повышение сменности работы строительной техники и средств механизации. Рост коэффициента сменности во многом зависит от профессиональности машинистов, а также структуры строительного производства и соответствия применяемой строительной техники, имеющейся у предприятия. Важное место в повышении эффективности эксплуатации строительной техники является и сбалансированность различных ее видов в соответствии с объемами и видом выполняемых подрядных работ.

Таким образом, структура основных фондов, задействованных в СП, постоянно находится в динамике и зависит от характера выполняемых в текущий момент времени подрядных работ. При этом, следует иметь в виду, что интенсивному развитию производственно-технической базы строительного предприятия должны предшествовать глубокие маркетинговые исследования, позволяющие определить тенденции изменения потребительского спроса на строительную продукцию, которую строительное предприятие способно выпускать как в ближайшем будущем, так и в долгосрочной перспективе. Существенным образом на себестоимость строительной продукции влияет физический износ строительной техники и средств механизации. Чем выше физический износ строительной техники и средств механизации, тем больше затраты связанные с ее эксплуатацией, которые в конечном итоге ложатся на себестоимость произво-

димой продукции. Определение уровня физического износа строительной техники и средств механизации можно осуществлять по следующей методике.

Известно, что весь период эксплуатации строительной техники и машин можно разбить на три основных этапа (рис.2): внедрения ($0-t_1$), активной эксплуатации (t_1-t_2) и физического износа (t_2-t_3).

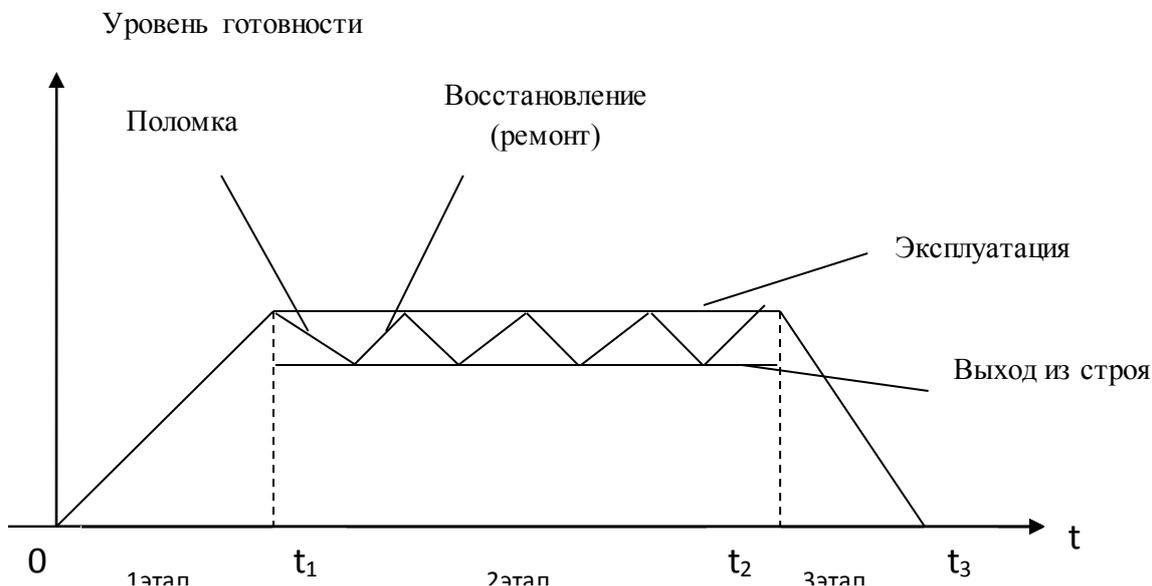


Рисунок 2 - Этапы эксплуатации строительной техники и механизмов

Период активной эксплуатации определяется ее условиями и нагрузкой строительной техники, которые обычно отражаются в паспортных данных в виде их средних значений. При изменении данных условий в ту или иную сторону второй период - активной эксплуатации может корректироваться с помощью, учитывающих эти условия, поправочных коэффициентов K_n . Очевидно, что физический износ различных видов основных фондов, в том числе и их активной части, происходит неравномерно. Различные детали машин изнашиваются и выходят из строя в разное время.

Следовательно, продление активного периода эксплуатации строительной техники можно достичь за счет ее технического обслуживания, текущих и капитальных ремонтов. Своевременное техническое обслуживание также необходимо и для их нормального функционирования строительной техники в течение установленного срока эксплуатации.

Следовательно, техническое обслуживание активной части основных фондов должно осуществляться в плановом порядке, в соответствии с паспортными правилами их эксплуатации и носить предупредительный характер с тем, чтобы они все время находились в состоянии эксплуатационной готовности. Однако следует иметь в виду, что физический износ строительной техники полностью не может быть устранен с помощью ремонтов и профилактического обслуживания, поэтому строительная техника в период активной эксплуатации постепенно теряет свою производительность за счет износа.

Анализ второго этапа, связанного с активной эксплуатации строительной техники, показывает, что при средней ее равномерной нагрузке интенсивность износа λ_i или средний износ каждого i -го вида строительной техники в единицу

времени можно считать величиной постоянной. Тогда средний износ $I_i(t)$ строительной техники i -го вида за период эксплуатации T можно определить следующим образом:

$$I_i(t) = \lambda_i T \quad (1)$$

Следовательно, среднюю производительность P_i i -го вида строительной техники по истечению времени эксплуатации T можно рассчитать следующим образом:

$$P_i(t) = P_{i0} - \lambda_i T, \quad (2)$$

где P_{i0} - производительность новой строительной техники i -го наименования (определяемая по паспортным данным).

Отсюда, можно говорить о качественной структуре активной части основных доходов, фактически определяющих конкурентоспособность производственного потенциала строительного предприятия.

Для оценки конкурентоспособности активной части основных фондов строительного предприятия можно воспользоваться характеристикой, отражающей состояние активной части производственных фондов, определяемой как отношение фактической производительности к их производительности до ввода в эксплуатацию в денежном выражении. При этом конкурентоспособная часть основных фондов определяется стоимостью строительной техники и машин, одновременно не достигших уровня физического и морального износа.

Таким образом, коэффициент конкурентоспособности K_k активной части основных фондов строительного предприятия можно определить следующим образом:

$$K_k = \frac{\sum_{i=1}^N P_{i0} - \lambda_i T_i}{P_{i0}}, \quad (3)$$

где λ_i , T_i , P_{i0} - соответственно, интенсивность, срок эксплуатации и начальная производительность i -й единицы строительной техники, не достигшей морального и физического износа.

Критические значения коэффициентов конкурентоспособности активной части производственных фондов K_k^* можно установить на основе данных, полученных экспертным путем, в соответствии со специализацией и условиями функционирования строительного предприятия. Отсюда, основная задача управления формированием активной части основных фондов строительных предприятий сводится к выполнению условия: « $K_k > K_k^*$ », при нарушении которого строительному предприятию для повышения конкурентоспособности необходимо приобретать капитальные товары, если это является экономически целесообразным согласно сложившемуся на рынке спросу и предложению на экономические ресурсы. Морально же устаревшая строительная техника может быть подвергнута модернизации, т.е. усовершенствованию отдельных конструктивных узлов и деталей для повышения их мощности и производительности.

Обычно модернизация строительной техники проводится в период ее капитального ремонта. Однако по истечению определенного срока эксплуатации

активная часть основных фондов достигает значительного невосстановимого износа. Техника, которая практически вырабатывает свой ресурс и не может обеспечить необходимой отдачи, должна заменяться новой. Попытка удлинить срок ее службы за счет дальнейших ремонтов и модернизации оборачивается, как правило, убытками, т.к. затраты на ремонт и модернизацию в этом случае значительно увеличиваются и не позволяют в полной мере устранить необратимый процесс физического износа, кроме того, тяжелым бременем ложатся на себестоимость строительной продукции. Все мероприятия по ремонту и модернизации активных основных производственных фондов требуют определенных средств. В целях накопления средств для возмещения стоимости основных фондов, постепенно утрачиваемой по мере износа, на строительных предприятиях создается амортизационный фонд. Этот фонд образуется путем отчисления определенных сумм, которые входят в себестоимость строительно-монтажных работ, в размере, равном средней величине износа $\lambda_i T$ основных фондов i -го вида за отчетный период T . Мощность активной части основных производственных фондов на сегодняшний день не имеет общепринятого определения, но представляет собой одну из важнейших характеристик производственного потенциала строительного предприятия. Она играет стратегическую роль в широком диапазоне экономических решений, связанных, как с диагностикой текущего экономического положения, так и с глобальными направлениями будущего экономического развития строительного предприятия.

Вывод. Учитывая специфику строительного производства и требования рынка к постоянному обновлению производимой строительной продукции, то можно утверждать, что гибкость (многофункциональность) активной части производственных фондов строительного предприятия приобретает также особое значение, как механизм его высокой адаптивности к изменениям рыночного спроса. Однако гибкость производственного потенциала строительных предприятий относится к самым малоизученным экономической наукой характеристикам производственных систем.

Библиографический список:

1. Бернес В., Хавранек П.М. Руководство по подготовке промышленных технико-экономических исследований. – М.: Интерженерт, 1995.
2. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория экономического анализа. – М.: Финансы и статистика. 2000.
3. Немган А.М., Никешин С. Н. Комплексный подход и стратегия развития потенциала производственных систем в строительстве. – СПб.: СПбУЭФ, 2007.

References:

1. Bernes V., Havranek P. M. guidance for the preparation of industrial feasibility studies. – M.: Intergenit, 1995.
2. Bakanov M. I., Sheremet A. D. Theory of economic analysis. – M.: Finance and statistics. 2000.
3. Namhan A. M., Nikishin S. N. An integrated approach and strategy for the development potential of production systems in construction. – SPb.: Spbuf, 2007.

НАШИ АВТОРЫ

Акаев Насрутдин Калимуллаевич – инженер кафедры строительных конструкций и гидротехнических сооружений, архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** dgstu.pgs@mail.ru

Аласханов Арби Хамидович – преподаватель, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный. **E-mail:** s.murtazaev@mail.ru

Алиев Саламбек Алимбекович – преподаватель, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный. **E-mail:** asa-fenix@mail.ru

Алиомаров Лимат Мирзаханович – кандидат педагогических наук, кафедра технологии и методики обучения, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный педагогический университет», г. Махачкала. **E-mail:** limat05@mail.ru

Алиярова Фаиза Мехтиевна – аспирант, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** faiza.aliyarova@gmail.com

Алокова Мадина Хасановна – аспирант, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик. **E-mail:** kafedratpmkbsu@mail.ru

Вагабов Нурулла Магомедович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры основ конструирования машин и материаловедения, филиал ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Каспийск. **E-mail:** vagamov01@inbox.ru

Виснап Антон Валерьевич – магистр по направлению «Строительство», аспирант, ФГБОУ ВО «Ростовский государственный строительный университет», г. Ростов - на -Дону. **E-mail:** visnapfntn@rambler.ru

Гаджиев Хаджимурат Магомедович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций, факультета радиоэлектроники, телекоммуникаций и мультимедийных технологий, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** gadjiev.xad@mail.ru

Газиев Минкаил Ахметович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный. **E-mail:** seismofund@mail.ru

Гамидуллаев Рамин Букарлович – кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры менеджмента, инженерно-экономического факультета, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** fgimu-management@mail.ru

Гасанов Ислам Ахмедович – магистрант, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** zagir9@mail.ru

Герасимова Вера Анатольевна – аспирант ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», г. Астрахань. **E-mail:** vera-gerasimova@mail.ru

Демин Станислав Борисович – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Пензенский политехнический институт», г. Пенза. **E-mail:** werth.81@mail.ru

Зейналов Мургуз Зейналович – соискатель, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** pashka1602@rambler.ru

Евдулов Денис Викторович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры теоретической и общей электротехники, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** ole-ole-ole@rambler.ru

Исмаилов Тагир Абдурашидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и общей электротехники, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики. Ректор ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет». Заслуженный деятель науки РФ, г. Махачкала. **E-mail:** dstu@dstu.ru

Кокоев Мухаммед Нургалиевич – доктор технических наук, профессор, генеральный директор ОАО «Кабал-Багропметстрой», г. Нальчик. **E-mail:** kbagrostroy@yandex.ru

Культербаев Хусен Пшимурзович – доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», г. Нальчик. **E-mail:** kulthp@mail.ru

Курбанов Али Зульпукарович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и методики обучения, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный педагогический университет». Заслуженный учитель РД, почетный работник высшего профессионального образования, г. Махачкала. **E-mail:** limat05@mail.ru

Курбанова Зухра Адамовна – кандидат технических наук, доцент кафедры мелиорации, землеустройства и кадастров, факультета нефти, газа и природообустройства, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** adamovna05@mail.ru

Магомедов Рабадан Абдулкагирович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук», г. Махачкала. **E-mail:** ra-mag@yandex.ru

Магомедова Патимат Арсланалиевна – аспирант, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** gadjiev.xad@mail.ru

Мажиева Амина Хасановна – аспирант кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный. **E-mail:** seismofund@mail.ru

Мажиев Казбек Хасанович – аспирант кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный. **E-mail:** seismofund@mail.ru

Мамаев Сурхай Ахмедович – кандидат технических наук, с.н.с. Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук», руководитель ГИС-Центра ИГ ДНЦ РАН, г. Махачкала. **E-mail:** dangeogis@mail.ru

Мантуров Загир Абдулнасирович – кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии конструктивных материалов, заместитель декана по научной работе архитектурно-строительного факультета ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** zagir9@mail.ru

Мацапулин Владимир Устимович – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией «Региональная геология минерального сырья» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук», г. Махачкала. **E-mail:** dangeo@mail.ru

Моргун Любовь Васильевна – доктор технических наук, профессор. ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов -на -Дону. **E-mail:** konstlvm@yandex.ru

Моргун Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов -на -Дону. **E-mail:** morgun_vlad@bk.ru

Мургазаев Сайд-Альви Юсупович – доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительного производства, ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный. **E-mail:** s.murtazaev@mail.ru

Муселемов Хайрулла Магомедмуратович – ассистент кафедры строительных конструкций и гидротехнических сооружений, архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** hairulla213@mail.ru

Павлюченко Елена Ивановна – доктор экономических наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** uni2014@mail.ru

Синенков Дмитрий Валерьевич – аспирант, ФГБОУ ВО «Пензенская государственная технологическая академия», г. Пенза. **E-mail:** werth.81@mail.ru

Сулин Александр Борисович – доктор технических наук, профессор, НИИ промышленной и морской медицины, г. Санкт-Петербург. **E-mail:** ole-ole-ole@rambler.ru

Тотурбиев Адильбий Батырбиевич – кандидат технических наук, докторант ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет», г. Белгород. **E-mail:** totbat@mail.ru

Тотурбиев Батырбий Джакаевич – доктор технических наук, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук», г. Махачкала. **E-mail:** totbat@mail.ru

Тотурбиева Умуй Джакаевна – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** totbat@mail.ru

Успанова Асет Сутьяновна – ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», г. Грозный. **E-mail:** aset0584@mail.ru

Устарханов Осман Магомедович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций и гидротехнических сооружений, архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** dgtu.pgs@mail.ru

Федоров Виктор Тихонович – доктор технических наук, заместитель генерального директора по научной работе в ООО «Техносистема», г. Нальчик. **E-mail:** fedorovsteer@gmail.com

Хазамова Мадина Абдуллаевна – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** ole-ole-ole@rambler.ru

Челушкина Татьяна Алексеевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры теоретической и общей электротехники, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** tatyana.cheluschkina@yandex.ru

Черкашин Василий Иванович – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт геологии Дагестанского научного центра Российской академии наук», заведующий кафедрой геологии, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», г. Махачкала. **E-mail:** dangeo@mail.ru

Шиккульский Михаил Игоревич – к.т.н., и.о. заведующего кафедрой прикладной информатики в экономике, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», г. Астрахань. **E-mail:** shikul_m@mail.ru

Шикунская Ольга Михайлова – д.т.н. профессор, главный научный сотрудник, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», г. Астрахань. **E-mail:** shikul@mail.ru

Юсупов Абусупьян Курашевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций и гидротехнических сооружений, архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. E-mail: dgtu.pgs@mail.ru

Ярахмедов Игнат Тельманович – студент 4 курса архитектурно-строительного факультета, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет», г. Махачкала. **E-mail:** dgtu.pgs@mail.ru

OUR AUTHORS

Akayev Kalimullovich Nasruddin – engineer of the Department of structures and hydraulic structures, faculty of architecture and construction, doctor of the FSBE HE "Dagestan State Technical University", Makhachkala. **E-mail:** dgtu.pgs@mail.ru

Arbi Khamidovich Alaskhanov – lecturer, doctor of FSBE HE "Grozny state oil technical University" named academician M. D. Millionshtchikov, Grozny. **E-mail:** s.murtazaev@mail.ru

Salambek Alimbekovich Aliyev – lecturer, doctor FSBE HE "Grozny state oil technical University" named academician M. D. millionshtchikov, Grozny. **E-mail:** asa-fenix@mail.ru

Limat Myrzahanovich Aliomarov – candidate of pedagogical Sciences, Department of technology and teaching methodology, doctor FSBE HE "Dagestan state pedagogical University", Makhachkala. **E-mail:** limat05@mail.ru

Faiza Mehtieva Aliyarova – graduate student, FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** faiza.aliyarova@gmail.com

Madina Hasanovna Alakova – graduate student, FSBE HE "Kabardino-Balkar state University". After H. M. berbekov, Nalchik. **E-mail:** kafedratpnkbsu@mail.ru

Nurulla Magomedovich Vagabov – candidate of technical Sciences, senior lecturer of the Department of bases of constructing of machines and materials, the branch FSBE HE "Dagestan state technical University", Kaspiysk. **E-mail:** vagamov01@inbox.ru

Anton Valerevich Visnap – master of science in "Construction", post-graduate student, doctor FSBE HE "Rostov state construction University", Rostov - on-don. **E-mail:** visnapfntn@rambler.ru

Khadzhimurat Magomedovich Gajiyev – candidate of technical Sciences, Professor, head of Department of radio engineering and telecommunications, faculty of electronics, telecommunications and multimedia technologies, FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** gadjiev.xad@mail.ru

Minkail Akhmetovich Gaziev – candidate of technical Sciences, associate Professor of building structures, doctor FSBE HE "Grozny state oil technical University" named academician M. D. millionshtchikov, Grozny. **E-mail:** seis-mofund@mail.ru

Ramin Bocharovich Gamidullaev – candidate of economic Sciences, senior lecturer of management, engineering-economic faculty FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** fgimu-management@mail.ru

Islam Akhmedovich Gasanov – graduate student, FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** zagir9@mail.ru

Vera Anatolyevna Gerasimova – postgraduate student, FSBE HE "Astrakhan state University", Astrakhan. **E-mail:** vera-gerasimova@mail.ru

Demin Stanislav Borisovich – doctor of technical Sciences, Professor FSBE HE "Penza Polytechnic Institute", Penza. **E-mail:** werth.81@mail.ru

Murtuz Zejnilovic Zeynalov – applicant, FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** pashka1602@rambler.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 "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** ole-ole-ole@rambler.ru

Tagir Abdurashidovich Ismailov - Doctor of Technical Science, Professor, Honored Scientist of Russia Head of the Department of Theoretical and General Electrical, FSBE HE "Dagestan State Technical University", 70 I.Shamil Ave 367015, Makhachkala. **E-mail:** dstu@dstu.ru

Mukhammed Nurgalievich Kokoev – doctor of technical Sciences, Professor, General Director of JSC "Casalborsetti", Nalchik. **E-mail:** kbagrostroy@yandex.ru

Khusen Pshimurzovich Kulterbaev – doctor of technical Sciences, Professor, doctor FSBE HE "Kabardino-Balkar state University". After H. M. berbekov, Nalchik. **E-mail:** kulthp@mail.ru

Ali Zulpukarov Kurbanov – candidate of technical Sciences, Professor, head of Department of technology and teaching methodology, doctor FSBE HE "Dagestan state pedagogical University". Honored teacher of Dagestan, honorary worker of higher professional education, Moscow. **E-mail:** limat05@mail.ru

Zukhra Kurbanova Adamovna – PhD, associate Professor of the Department of melioration, land management and cadastre, faculty of oil, gas and environmental engineering, doctor FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** adamovna05@mail.ru

Rabadan Abdulkadyrovich Magomedov – candidate of geological-mineralogical Sciences, senior researcher, Federal state budget institution of science "Institute of Geology FSBE HE Dagestan scientific center, Russian Academy of Sciences, Makhachkala. **E-mail:** ra-mag@yandex.ru

Patimat Arslanalievna Magomedova – graduate student, FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** gadjiev.xad@mail.ru

Amina Khasanovna Majjeva – postgraduate student, Department of building structures, doctor FSBE HE "Grozny state oil technical University named academician M. D. millionshtchikov", Grozny. **E-mail:** seis-mofund@mail.ru

Kazbek Khasanovic Majjev – Department of building structures, doctor FSBE HE "Grozny state oil technical University named academician M. D. millionshtchikov", Grozny. **E-mail:** seis-mofund@mail.ru

Surkhai Akhmedovich Mamaev– candidate of technical Sciences, senior researcher, Federal state budget institution of science "Institute of Geology, Dagestan scientific center, Russian Academy of Sciences", head of GIS Centre IG Dagestan scientific center of RAS, Makhachkala. **E-mail:** dangeogis@mail.ru

Zagir Abdulkadyrovich Manturov– candidate of technical Sciences, associate Professor of materials science and technology of structural materials, Deputy Dean on scientific work of faculty of architecture and construction FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** zagir9@mail.ru

Vladimir Ustimovich Matsapulin–candidate of geological-mineralogical Sciences, head of laboratory of Regional Geology of mineral resources" Federal state budget institution of science "Institute of Geology FSBE HE Dagestan scientific center, Russian Academy of Sciences, Makhachkala. **E-mail:** dangeo@mail.ru.

Lyubov Vasyilvna Morgun– doctor of technical Sciences, Professor FSBE HE "Southern Federal University", Rostov-on-don. **E-mail:** konstlvnm@yandex.ru

Vladimir Nikolaevich Morgun– candidate of technical Sciences, associate Professor, doctor FSBE HE "Southern Federal University", Rostov-on-don. **E-mail:** morgun_vlad@bk.ru

Said-Alvi Yusupovich Murtazaev - Doctor of technical science, professor, department of construction technologies, FSBE HE "Millionshtchikov Grozny state oil technical university" 100 Ordzhonikidze St., Grozny, 364051, Chechen Republic. **E-mail:** s.murtazaev@mail.ru.

Hayrulla Magomedalievich Musalimov– assistant of the Department of structures and hydraulic structures, faculty of architecture and construction, doctor FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** hairulla213@mail.ru

Elena Ivanovna Pavlyuchenko– doctor of economic Sciences, Professor, Vice-rector for scientific and innovation activity, doctor FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** uni2014@mail.ru

Dmitriy Valerevich Sinenkov– postgraduate student, doctor FSBE HE "Penza state technological Academy", Penza. **E-mail:** werth.81@mail.ru

Alexander Borisovich Sulin– doctor of technical Sciences, Professor, "Institute of industrial and marine medicine", St. Petersburg. **E-mail:** ole-ole-ole@rambler.ru

Adilbey Batyrbekovich Toturbiev– candidate of technical Sciences, doctoral student, doctor FSBE HE "Belgorod state technological University", Belgorod. **E-mail:** totbat@mail.ru

Batyrbiy Dzhakaevich Toturbiev– doctor of technical Sciences, researcher of the Federal state budget institution of science "Institute of Geology FSBE HE Dagestan scientific center, Russian Academy of Sciences, Makhachkala.

E-mail: totbat@mail.ru

Umui Dzhakaevna Toturbieva– candidate of technical, associated Professor, doctor FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** totbat@mail.ru

Aset Supanovna Uspanova– doctor of Grozny state oil technical University named academician M. D. millionshchikov, Grozny. **E-mail:** aset0584@mail.ru

Osman Magomedovich Ustarhanov, doctor of technical Sciences, Professor, head of Department of structures and hydraulic structures, faculty of architecture and construction, doctor FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** dgtu.pgs@mail.ru

Viktor Tikhonovich Fedorov– doctor of technical Sciences, Deputy General Director on scientific work in OOO "utility", Nalchik. **E-mail:** fedorovsteer@gmail.com

Madina Abdullaevna Hasanova– candidate of technical Sciences, docent of Department of theoretical and General electrical engineering, school of computing, computing and energy, FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** ole-ole-ole@rambler.ru

Tatiana Alekseevna Chelushkina– candidate of technical Sciences, senior lecturer of the Department of theoretical and General electrical engineering, school of computing, computing and energy FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** tatyana.cheluschkina@yandex.ru

Vasily Ivanovich Cherkashin– doctor of geological-mineralogical Sciences, principal researcher, Director of the Federal state budget institution of science "Institute of Geology of the Dagestan scientific center, Russian Academy of Sciences, head of the Department of Geology FSBE HE "Dagestan state University", Makhachkala. **E-mail:** dangeo@mail.ru.

Mikhail Igorevich Shikulskiy– candidate of technical Sciences, acting head of the Department of applied Informatics in Economics, FSBE HE "Astrakhan state University", Astrakhan. **E-mail:** shikul_m@mail.ru

Olga Mikhailovna Shikulskiy – doctor of Sciences, Professor, chief researcher, FSBE HE "Astrakhan state University of architecture and construction", Astrakhan. **E-mail:** shikul_m@mail.ru

Abusupya Karasevich Yusupov– doctor of technical Sciences, Professor, Department of structures and hydraulic structures, faculty of architecture and construction, doctor FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** dgtu.pgs@mail.ru

Ignat Yerzhanovich Yarahmedov– 4th year student of architecture and construction faculty FSBE HE "Dagestan state technical University", Makhachkala. **E-mail:** dgtu.pgs@mail.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 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 испытаний», «Результаты эксперимента и их обсуждение», «Выводы» 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).
- Название статьи.
- Аннотация - 3-7 строк, характеризующих содержание статьи.
- Ключевые слова - 3-10 слов и словосочетаний, отражающих содержание статьи, разделенных запятыми.

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.

Список 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.

Не должен превышать 10 наименований; приводятся только источники, на которые есть ссылки в тексте (ссылки на неопубликованные работы не допускаются).

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.

Элементы заглавия на английском языке

- Перечень авторов (разделяется запятыми, инициалы после фамилий).
- Название статьи.
- Аннотация.
- Ключевые слова.

Элементы заглавия на английском языке должны представлять собой перевод соответствующих элементов заглавия, приведенных на русском языке перед основным текстом.

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, представле-

ние 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. 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 редакционного совета: 367030, 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** **ТОМ 39**
4 - 2015

Вестник Дагестанского государственного технического университета.
Технические науки. Махачкала, 2015. – Том 39 (4). – 184 с.

Верстка: Бутаева А.Т.

Адрес редакции:

367015, РД, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, ФГБОУ ВО «ДГТУ»

Тел./факс (8722)623715

(8722)623964

E-mail: vestnik.dgtu@mail.ru

Website: <http://vestnik.dstu.ru/>

Подписано в печать 30.12.2015г. Сдано в печать 30.12.2015г.

Формат 60*84 1/8. Гарнитура «Times». Бумага офсетная

Тираж 500. Усл. п.л. 23,0 Уч. изд.л. 23,0

Заказ № 0135

Отпечатано в ИПЦ ФГБОУ ВО «ДГТУ»

367015, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70.