

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ	7
<i>Исмаилов Т.А., Миспахов И.Ш., Евдулов О.В., Хазамова М.А.</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕВОЗКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.....	7
<i>Кишов Р.М.</i> АВТОМАТИЧЕСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ТОНОМЕТР С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	13
<i>Семиляк А.И., Мирзабеков М.М., Нуров Д.Р.</i> АНАЛИЗАТОР КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	20
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРИБОРЫ.....	26
<i>Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Хазамова М.А., Магомадов Р.А.-М.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗОНУ ПРЕДПЛЕЧЬЯ ЧЕЛОВЕКА.....	26
<i>Гаджиалиев М.М., Пирмагомедов З.Ш., Эфендиева Т.Н.</i> ТЕРМОЭДС УЗКОЗОННОГО ПОЛУПРОВОДНИКА n-InSb В ПОПЕРЕЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ.....	33
ТЕПЛОФИЗИКА	38
<i>Гусейнов Г.Г.</i> ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПОРИСТЫХ СТЕКОЛ, НАСЫЩЕННЫХ ФЛЮИДОМ.....	38
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.....	45
<i>Кадиев И.П., Кадиев П. А.</i> ОБ ОДНОМ КЛАССЕ КОМБИНАТОРНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ.....	45
<i>Баламирзоев А.Г., Зербалиев А.М., Иванов В.В.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ УПРУГОЙ ЖИДКОСТИ В НЕОДНОРОДНОМ ПЛАСТЕ	50
<i>Рамазанов Г.М.</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА САМООБУЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ НАЛИЧИИ В СРЕДЕ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ.....	54
СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА.....	61
<i>Курбанов Р.М., Хаджишалапов Г.Н., Хежеев Т.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЖАРОСТОЙКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ОБЕТОНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ	61

Магомедова Э. Н., Батдалов М. М. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ С РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ СТЫКОВ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЖАТИИ.....	66
Иноземцев В.И. ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ.....	71
Аллаев М. О. МЕТОДЫ ПРОГНОЗА БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ	78
НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	85
Хизриева И. Х., Алиев З.М., Аммаева Ш.Г. ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛОИДНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	85
ЭКОНОМИКА ОТРАСЛИ	91
Курбанов И.Ш. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УПРАВЛЕНИЕ ЕГО ПОВЕДЕНИЕМ.....	91
Черкасова С.А., Сулейманова М.Г. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИНСТИТУТА САМОАКТУАЛИЗАЦИИ ЛИЧНОСТИ	96
Ларина В.В. ИНДИКАТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РОСТА ЭКОНОМИКИ РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ.....	103
Гаджиев И.Ц. ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	110
РЕДАКЦИОННЫЙ ОТДЕЛ	115
НАШИ АВТОРЫ	115
ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»	118

CONTENTS

INSTRUMENT-MAKING	7
<i>Ismailov T.A., Mispahov I.Sh., Evdulov O.V., Hazamova M.A.</i> EXPERIMENTAL STUDIES THERMOELECTRIC SYSTEMS FOR SHORT-TERM STORAGE AND TRANSPORTATION OF BIOLOGICAL MATERIAL	7
<i>Kishov R.M.</i> THE AUTOMATIC BLOOD PRESSURE METER FOR RESEARCH PURPOSES USING DIGITAL FILTRATION	13
<i>Semilyak A.I., Mirzabekov M.M., Noorov D.R.</i> ANALYZER OF QUANTITY AND QUALITY OF THE ELECTRIC POWER	20
SEMICONDUCTORY MATERIALS AND INSTRUMENTS	26
<i>Ismailov T.A., Evdulov O.V., Hazamova M.A., Magomadov R.A.-M.</i> MODELING OF THERMOELECTRIC SYSTEM FOR LOCAL THERMAL EFFECTS ON HUMAN FOREARM ZONE	26
<i>Gadjialiev M.M., Pirmagomedov Z.Sh., Efendieva T.N.</i> TEMPERATURE AND MAGNETIC FIELD DEPENDENCES OF THERMOELECTRIC POWER IN ELECTRONIC ANTIMONIDE INDIUM	33
THERMOPHYSICS	38
<i>Guseinov G.G.</i> THE EFFECTIVE THERMAL CONDUCTIVITY OF POROUS GLASSES SATURATED WITH FLUIDS	38
PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODELING	45
<i>Kadiev I.P., Kadiev P.A.</i> ABOUT ONE CLASS OF COMBINATORY CONFIGURATIONS.....	45
<i>Balamirzoev A.G., Zerbaliyev A.M., Ivanov V.V.</i> MATHEMATICAL MODELING OF UNSTEADY FILTRATION OF ELASTIC LIQUID IN AN INHOMOGENEOUS RESERVOIR.....	50
<i>Ramazanov G.M.</i> DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF SELF-TRAINING THE INTELLECTUAL SYSTEMS AT PRESENCE IN AMBIENCE OF THE CAUSAL RELATIONSHIPS	54
BUILDING AND ARCHITECTURE	61
<i>Curbanov R.M., Hadgishalapov G.N., Hegev T.A.</i> RESEARCH OF HEAT-RESISTANT CONCRETE ON THE BASIS OF BASALT FILLER FOR CONCRETING OF METAL DESIGNS	61

Magomedova E.N., Batdalov M. M. STUDY OF EXPERIMENTAL SAMPLES WITH DIFFERENT CONFIGURATIONS AT THE JOINTS COMPRESSIVE STRENGTH	66
Inozemzev V.I. PROBLEMS OF RAILWAYS, BRIDGES AND TRANSPORT TUNNELS CONSTRUCTION QUALITY IMPROVEMENT	71
Allaev M.O. METHODS OF THE FORECAST OF SAFE WORK OF A ROAD BED OF THE HIGHWAY.....	78
ADVANCED TECHNOLOGIES	85
Khizrieva I. Kh., Aliev Z. M., Ammaeva Sh. G. THE APPLICATION OF COLLOIDAL SILICA FOR COMPLEX DECISION OF ENVIRONMENTAL CHALLENGES.....	85
ECONOMIC OF INDUSTRY.....	91
Kurbanov I.SH. FORMING ECONOMIC AMBIENCE OF THE BUILDING ENTERPRISE AND THEIR INFLUENCE UPON HIS (ITS) BEHAVIOUR MANAGEMENT	91
Cherkasova S.A., Suleimanova M.G. THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT BAZED ON THE ESTABLISHMENT OF THE INSTITUTE, SELF-ACTUALIZATION THE IDENTITY OF INDIVIDUAL PERSONALITY	96
Larina V.V. INDICATORS OF SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH IN RUSSIA OF THE PRESENT STAGE	103
Gadzhiev I.C. MAIN PARTICULARITY OF THE STRATEGIC DEVELOPMENT ENTERPRISE SMALL BUSINESS IN HOUSING CONSTRUCTION.....	110
EDITORIAL SECTION	115
OUR AUTHORS.....	115
REQUIREMENTS TO THE ARTICLES OFFERED FOR PUBLICATION IN THE JOURNAL «HERALD OF DAGHESTAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY. TECHNICAL SCIENCES»	118

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 519.711.3:537.32

Исмаилов Т.А., Миспахов И.Ш., Евдулов О.В., Хазамова М.А.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КРАТКОСРОЧНОГО ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕВОЗКИ БИОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Ismailov T.A., Mispahov I.Sh., Evdulov O.V., Hazamova M.A.

EXPERIMENTAL STUDIES THERMOELECTRIC SYSTEMS FOR SHORT-TERM STORAGE AND TRANSPORTATION OF BIOLOGICAL MATERIAL

Описана принципиальная схема экспериментального стенда термоэлектрической системы для краткосрочного хранения и перевозки биологического материала. Разработана методика проведения экспериментального исследования термоэлектрической системы. Приведены результаты экспериментального исследования.

Ключевые слова: *биологический материал, субстанция, термоэлектрическая батарея, математическая модель, камеры, контейнеры.*

Described a schematic diagram of an experimental stand thermoelectric system for short-term storage and transportation of biological material. The technique of the pilot study of the thermoelectric system. The results of the pilot study.

Key words: *biological material, substance, thermoelectric battery, mathematical model, compartment, container.*

Биологический материал, такой, как клетки, кровь, ранние эмбрионы, образцы ткани и др., при обычных условиях подвержены изменениям и разрушению. Долгосрочная консервация данного биоматериала осуществляется при температурах порядка -130°C и ниже и производится только за счет использования жидкого азота [1]. Зародившись в 50-х годах XX века, метод криопрезервации жидким азотом основывается на мгновенной заморозке, – однако низкая выживаемость клеток в результате повреждения, как первичного от внутри- и внеклеточного образования льда, так и вторичного от обезвоживания клеток и повышения концентрации ионов в значительной степени снижает его эффективность.

В этих условиях применение для краткосрочной консервации, требующейся, в том числе, и при перевозке биологического материала, жидкого азота с соответствующими криопротекторами является не всегда оправданным. Тем более, что для большинства биологических материалов допускается краткосрочная (порядка нескольких часов) консервация при температуре -10°C – -40°C без потери его важных свойств.

Таким образом, целесообразным является проектирование специальных средств для краткосрочного хранения и перевозки биологических материалов, реализующих умеренный температурный диапазон хранения объектов, лежащих в указанных пределах. Для этих целей представляется эффективным использование в качестве средства понижения температуры в контейнере с биологической субстанцией охлаждающих термоэлектрических устройств (ТЭУ), обладающих высокой надежностью, компактностью, точностью поддержания температуры, экологичностью и высоким ресурсом работы. Кроме того, применение охлаждающих ТЭУ дает возможность одновременной стабилизации температуры различных объектов на разных температурных уровнях, что важно при одновременной транспортировке разнотипных биологических материалов, имеющих разные температурные режимы хранения.

В лаборатории полупроводниковых термоэлектрических приборов и устройств ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет» разработана термоэлектрическая система (ТЭС) для краткосрочного хранения и перевозки биологических материалов [2]. Настоящая статья посвящена результатам экспериментальных исследований опытного образца системы.

Экспериментальные исследования ТЭС проводились на стенде, принципиальная схема которого приведена на рис.1, а общий вид показан на рис.2.

Изучение процессов теплообмена осуществлялось на опытной модели ТЭС (рис.3), содержащей теплоизолированный корпус 1 с крышкой 2. Внутри корпуса находится камера, разделенная на два теплоизолированных друг от друга отсека 3. Дно каждого из отсеков приведено в хороший тепловой контакт с ТЭБ 4. Причем, первый отсек контактирует с однокаскадной ТЭБ типа TURBO-1,3-Parallel, а второй – с двухкаскадной ТЭБ типа ТВ-2-(127-127)-1,15. Отвод теплоты от горячих спаев осуществляется посредством воздушного теплоотвода, включающего в себя плоскую радиаторную систему 5 и вентилятор 6. При проведении эксперимента в каждый из отсеков помещался имитатор биологического материала 7, в качестве которого использовалось желатиновая субстанция.

Для проведения замеров значений температуры в характерных точках конструкции использовались медь-константановые термопары 8, опорные спаи которых размещены в сосуде Дьюара, заполненном тающим льдом. Сигналы с термопаром через многоканальный переключатель поступали на измерительный комплекс 9, значения измеренного сигнала с которого передавались на персональный ЭВМ 10 посредством интерфейса связи RS-232. В качестве измерительного комплекса использовалась система ИРТМ 2402/ М3 10.

ТЭБ запитывались от управляемого многоканального источника электрической энергии 11, величина тока и падения напряжения, в цепи которого контролировались с помощью встроенных в источник вольтметра и амперметра.

При проведении экспериментальных исследований опытный образец ТЭС помещался в теплоизолированную климатическую камеру 12. Камера обеспечивает поддержание температуры в пределах от 10 до 70 °С с точностью 1°С и при относительной влажности от 30% до 98%. Заданная температура и относительная влажность в камере регулируются блоком управления 13, связанным с датчиком температуры и влажности 14, показания которого регистрируются цифровым табло 15. Перед проведением эксперимента проверялась надежность тепловых и электрических контактов. Опыты проводились сериями по четыре эксперимента в идентичных условиях.

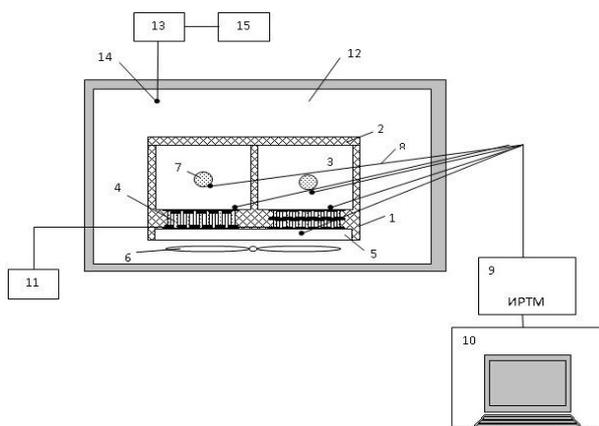


Рисунок 1 - Принципиальная схема экспериментального стенда



Рисунок 2 - Внешний вид экспериментального стенда



Рисунок 3 - Внешний вид
опытного образца ТЭС

На основе разработанного экспериментального стенда был проведен ряд опытов, позволяющих судить о приемлемости разработанной математической модели ТЭС для краткосрочного хранения и перевозки биологического материала.

Основной задачей при проведении экспериментальных исследований опытного образца системы являлось определение зависимости изменения температуры в различных точках исследуемого объекта от времени при фиксированных значениях тока питания ТЭБ, использовании различного рода наполнителей отсеков с биологическим материалом, а также изменяющихся значений температуры окружающей среды. Важным

являлось сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими с целью проверки адекватности математической модели ТЭС.

На рис.4 рассмотрено изменение температуры контрольных точек опытного образца ТЭС во времени при токе питания однокаскадной ТЭБ 5 А и двухкаскадной ТЭБ – 8 А. В качестве контрольных точек рассматривались биологические материалы и холодные спай ТЭБ. Как следует из представленных данных, при отсутствии какого-либо наполнителя в отсеке с биологической субстанцией, разность температур между ней и холодными спаями ТЭБ имеет существенную величину. При данных величинах тока питания это различие составляет порядка 8 К при выходе ТЭС в стационарный режим работы. Данное обстоятельство обуславливает необходимость применения различного рода наполнителей, увеличивающих эффективный коэффициент теплопередачи между стенками отсеков и биологическим материалом.

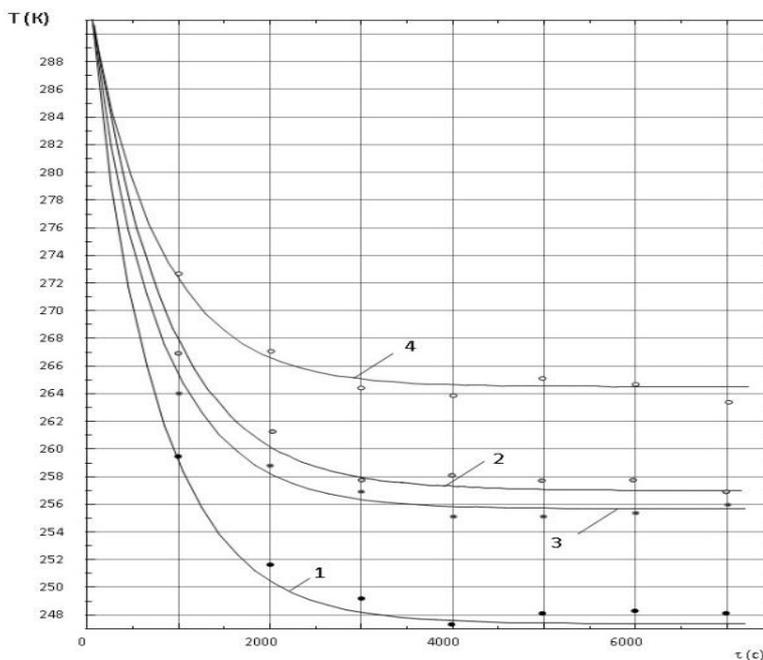


Рисунок 4 - Изменение температуры контрольных точек опытного образца ТЭС во времени при токе питания однокаскадной ТЭБ 5 А, двухкаскадной ТЭБ – 8 А. 1 – температура холодного спая двухкаскадной ТЭБ, 2 – температура имитатора биологического материала, охлаждаемого двухкаскадной ТЭБ, 3 – температура холодного спая однокаскадной ТЭБ, 4 – температура имитатора биологического материала, охлаждаемого однокаскадной ТЭБ

На рис.5 представлено изменение температуры имитатора биологического материала во времени при различных значениях токах питания однокаскадной ТЭБ. Данные зависимости позволяют оценить возможные температурные уровни хранения биологических материалов при использовании конкретного типа ТЭБ. В соответствии с расчетными данными увеличение тока питания каждой из ТЭБ в пределах до его максимального значения снижает температуру биологической субстанции. Так при увеличении тока питания однокаскадной ТЭБ с 3 до 7 А снижает температуру биологического объекта с 270 до 261 К.

Как было отмечено выше, на температурный режим биологической субстанции существенно влияет теплообмен внутри соответствующего отсека для хранения. При отсутствии наполнителей в емкости для хранения биологического материала имеет место естественный конвективный теплообмен между охлаждаемыми стенками контейнера и биологическим материалом. Именно поэтому в ТЭС присутствует значительная разность температур между холодными спаями ТЭБ и охлаждаемыми биологическими субстанциями. Для ее уменьшения целесообразным является применение различного рода наполнителей, позволяющих интенсифицировать теплообмен в отсеке. Были рассмотрены варианты, при которых в пространство отсека для хранения биологического материала вводились сотовые конструкции, выполненные из меди и алюминия. Полученные результаты представлены на графиках, изображенных на рис.6 для двухкаскадной ТЭБ. В соответствии с ними введение указанных наполнителей в пространство между биологическим материалом и стенками отсека значительно снижает разность температур между ними. Так, введение сотовой конструкции из алюминия снижает температуру биологического объекта на 4,5 К, а сотовой конструкции из меди на 6,5 К по сравнению с эксплуатацией ТЭС без оных.

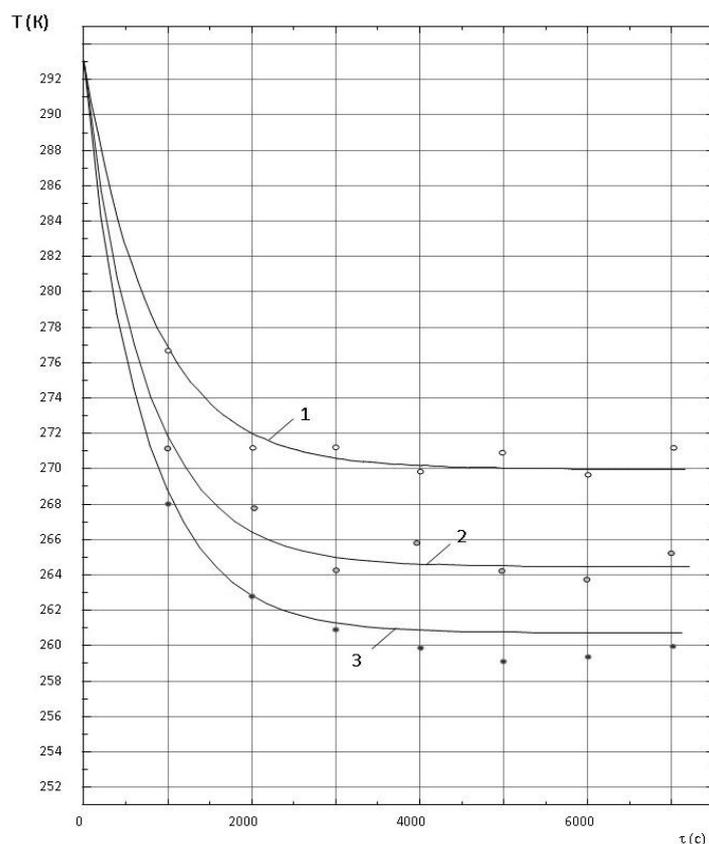


Рисунок 5 - Изменение температуры имитатора биологического материала во времени при различных значениях токах питания однокаскадной ТЭБ

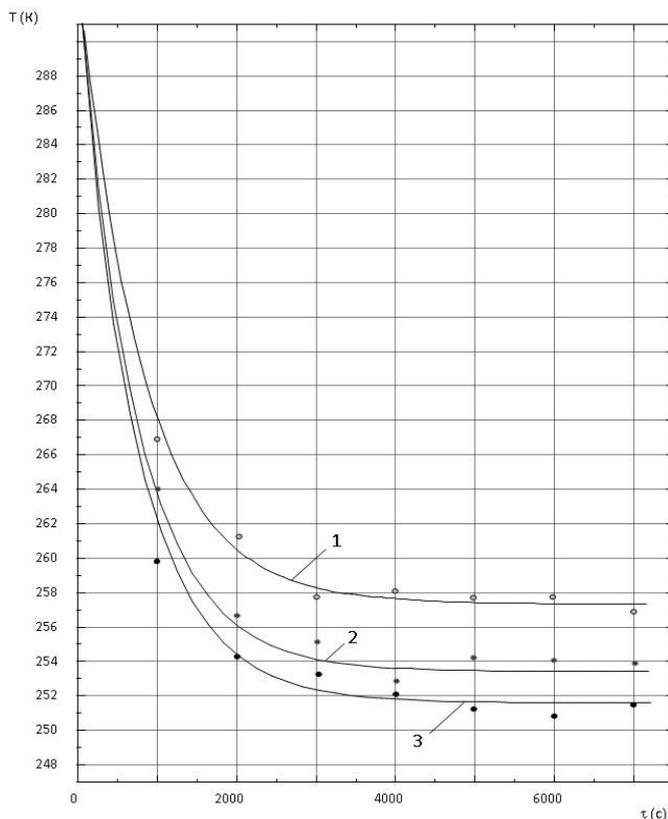


Рисунок 6 - Изменение температуры имитатора биологического материала во времени при токе питания двухкаскадной ТЭБ 8 А и различных типах наполнителей
1 – наполнитель отсутствует, 2 – наполнитель из алюминиевой сотовой конструкции,

Таким образом, полностью подтверждены теоретические выкладки, говорящие о необходимости увеличения коэффициента теплопередачи в ТЭС между стенками отсеков для хранения биологического материала и непосредственно самой биологической субстанцией. При этом в случае, когда нет ограничений по массе конструкции ТЭС, наиболее предпочтительным вариантом является заполнение пространства частой медной сеткой, либо медной крошкой.

Надежность функционирования разработанной ТЭС во многом зависит от эффективного теплосъема с опорных спаев ТЭБ. На рис.7 для оценки возможностей теплосъема с горячих спаев ТЭБ в системе приведены данные об изменении температуры ребристого радиатора ТЭС во времени при охлаждающем воздействии для различных значений тока питания ТЭБ.

Согласно приведенным графикам зависимостей, следует, что значение температуры горячих спаев ТЭБ вполне приемлемо для используемого типа (при токе питания двухкаскадной ТЭБ, равном 7 А, температура горячего спаев последней составляет примерно 312 К). Данное обстоятельство определяет достаточно эффективный теплосъем в рассматриваемых условиях с горячих спаев ТЭБ и дает основание полагать о надежной работе разработанного прибора при перевозке биологического материала.

Для оценки влияния внешних условий на работу ТЭС построены зависимости изменения температуры биологического объекта во времени при различных величинах температуры окружающей среды (рис.8). Как следует из представленных данных, увеличение температуры окружающей среды на 10 К вызывает увеличение температуры охлаждаемой биологической субстанции не более, чем на 1 К при выбранном типе

теплоизоляции. Данное обстоятельство дает возможность говорить об отсутствии необходимости использования специальных мер по тепловой изоляции в ТЭС.

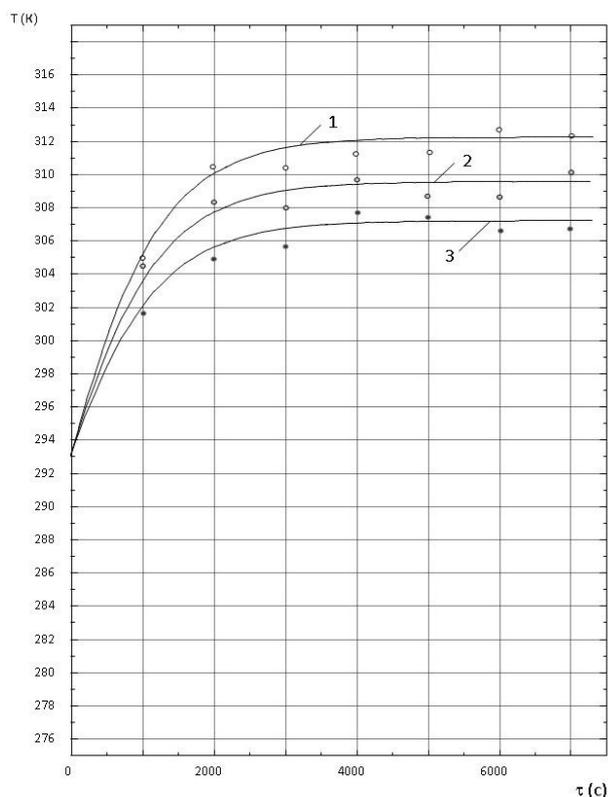


Рисунок 7 - Изменение температуры горячего спая ТЭБ во времени при различных значениях тока питания двухкаскадной ТЭБ 1 – $I=3$ А, 2 – $I=5$ А, 3 – $I=7$ А

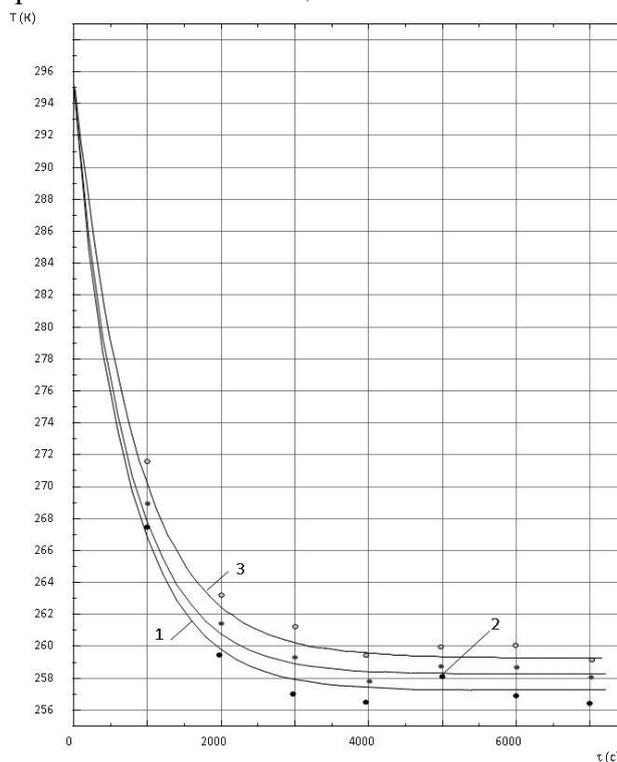


Рисунок 8 - Изменение температуры имитатора биологического материала во времени при токе питания двухкаскадной ТЭБ 8 А и различных значениях температуры окружающей среды 1 – $T_{cp}=293$ К, 2 – $T_{cp}=303$ К, 3 – $T_{cp}=313$ К

По результатам экспериментов проведено сопоставление расчетных и экспериментальных данных. На рис.4-8, помимо экспериментальных точек, представлены также и результаты теоретических изысканий.

Представленные данные определяют приемлемую точность математической модели ТЭС. Максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 7-7,5 °С. Наибольшее отклонение расчетных данных от опыта наблюдается в основном с промежутком времени, связанном с выходом системы на режим, что определяется влиянием окружающей среды и неидеальной тепловой изоляцией системы «прибор-объект воздействия», а также некоторым разбросом параметров ТЭБ и измерительных приборов. Причем в случае достижения наименьших температур экспериментальные данные имеют наибольшее отклонение от теоретических. Данное обстоятельство в основном, связано с не идеальностью тепловой изоляции, что не удовлетворяет условиям, принятым в математических моделях и, соответственно, теплопритоком к устройству.

Библиографический список:

1. Смолянинов А.Б., Кованько Г.Н., Багаутдинов Ш.М., Хурцилава О.Г. Криоконсервация и криохраниение стволовых клеток в банках пуповинной крови и костного мозга // Вестник МАХ. 2009, №2.

2. Патент РФ на изобретение №2416769. Термоэлектрический термостат для хранения и перевозки биоматериалов // Исмаилов Т.А., Миспахов И.Ш., Евдулов О.В., Юсуфов Ш.А., БИ №11 от 20.04.2011.

УДК 615.471

Кишов Р.М.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ МЕДИЦИНСКИЙ ТОНОМЕТР С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ЗАДАЧ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Kishov R.M.

THE AUTOMATIC BLOOD PRESSURE METER FOR RESEARCH PURPOSES USING DIGITAL FILTRATION

Артериальная гипертония и такие ее последствия, как ишемический инсульт и инфаркт миокарда остаются одними из наиболее смертоносных и, вместе с тем, наиболее распространенных заболеваний человека. Неотъемлемой частью профилактики и терапии таких заболеваний является необходимость в постоянном инструментальном слежении за уровнем артериального давления. В данной статье предлагается медицинский тонометр, адаптированный для проведения исследований. Предлагается метод автоматического определения уровня давления в манжете, достаточного для начала проведения процедуры измерения.

Ключевые слова: измерение артериального давления, осциллометрический метод, точность измерения артериального давления.

Arterial hypertension and its consequences such as ischemic stroke and cardiac infarction are remains ones of the most lethal and at the same time prevailing at the same human's diseases. Necessity of constant instrumental blood pressure monitoring is one of the inalienable parts of the such diseases' prevention and therapy. In this article digital blood pressure meter for research purposes using digital filtration is proposed.

Key words: blood pressure metering, oscillometric method, accuracy of the blood pressure metering.

Одним из важнейших показателей состояния здоровья организма, характеризующим работу кровеносной системы является артериальное давление (АД), которое характеризуется двумя основными параметрами: систолическим (уровень АД во время сокращения сердечной мышцы) и диастолическим АД (давление во время расслабления сердечной мышцы). По данным Всемирной организации здравоохранения в экономически развитых странах доля взрослых людей, страдающих от повышенного артериального давления достигает 25%, но лишь 5% из них знают о своем заболевании, в свою очередь, 40% из них получают соответствующее лечение и только у 10–20% отмечается устойчивая нормализация артериального давления.

Методы инструментального измерения АД можно разделить на две категории: инвазивные и неинвазивные. При этом, к неинвазивным относятся методы, основанные на аускультации артерии и осциллографическом методе регистрации, а инвазивные методы используются только для тяжелобольных в условиях стационара, так как предполагают осуществление измерения посредством введения измерительного элемента непосредственно

в артерию. Наиболее широко распространенным на сегодняшний день способом является аускультация артерии (метод тонов Короткова), который удобен для ручного измерения АД, но для проведения автоматического измерения наиболее приемлемым является осциллографический метод, основанный на анализе пульсаций давления (а не звука, как в случае с тонами Короткова) в манжете во время стравливания воздуха из нее [1]. Это связано с тем, что метод автоматический анализ тонов Короткова может быть существенно осложнен окружающими шумами. Кроме того, у некоторых больных при выслушивании тоны вообще могут быть не слышны. Число таких людей в популяции составляет от 2 до 5% [2].

Погрешность таких приборов (тонометров) оценивается по специально разработанным различными странами протоколам, среди них наиболее распространенными являются протоколы: BHS (Великобритания), AAMI (США) и EHS (общеевропейский протокол).

Сущность алгоритма измерения АД осциллометрическим методом заключается в следующем. В манжету, одетую на руку человека, нагнетается давление превышающее уровень систолического давления на 20-30 мм.рт.ст. (рис 1. – фаза накачки). Затем процесс накачки останавливается и воздух из манжеты стравливается со скоростью 1-2 мм.рт.ст./с (фаза измерения), в это время устройство фиксирует осцилляции, возникающие в манжете. Считается, что в момент, когда начался наиболее быстрый рост амплитуды осцилляций, уровень давления в манжете равен систолическому АД. Диастолическое АД определяется в момент резкого уменьшения амплитуды осцилляций.

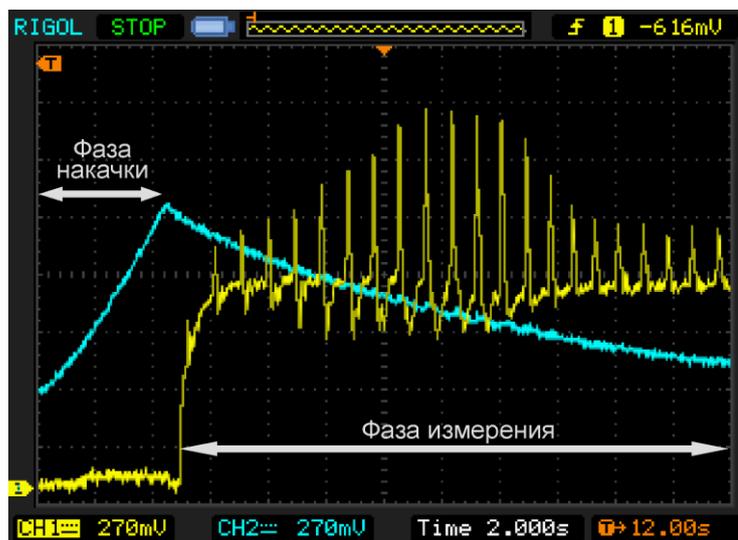


Рисунок 1 - Осциллограмма, иллюстрирующая процедуру измерения. где, CH1 – сигнал с датчика давления – уровень давления в манжете; CH2 – сигнал, пропущенный через фильтр и усилитель – осцилляции давления в манжете.

При этом дополнительной сложностью является сложность автоматического определения такого уровня давления в манжете, которого было бы достаточно, чтобы корректно определить систолическое и диастолическое АД. Очевидно, что этот уровень в общем случае может быть определен только уже после состоявшейся процедуры измерения. Компрессор, нагнетающий воздух в манжету сам является источником шума, не позволяющим во время его работы детектировать пульс пользователя. Производители тонометров решают эту проблему разными способами. В частности, они переключают эту задачу на пользователя, позволяя ему вручную выбрать требуемый уровень давления или применяют метод ступенчатого нагнетания давления с «прослушиванием» пульса в промежутках между нагнетаниями, что конечно увеличивает длительность процедуры измерения, а, следовательно, и болезненные ощущения пользователя. В наиболее совершенных устройствах для этой цели могут применяться специальные дополнительные аппаратные узлы.

Задача определения АД на основе измеренных данных является наиболее важной, так как именно от нее в первую очередь зависит точность тонометра. В основу выбора методики расчета АД положены результаты клинических исследований, приведенные в [5]. Здесь применяются цифровая фильтрация, анализ и интерполяция сигнала.

Следующей по важности задачей является автоматическое определение во время фазы накачки уровня давления достаточного для начала процедуры измерения. Данный момент определяется как систолическое АД + 30 мм.рт.ст.. Эту задачу можно решать несколькими путями, но самый эффективный метод заключается в фиксировании осцилляций, не останавливая работу компрессора. Для устранения шумового фона, возникающего из-за него, необходимо отфильтровывать полезный сигнал.

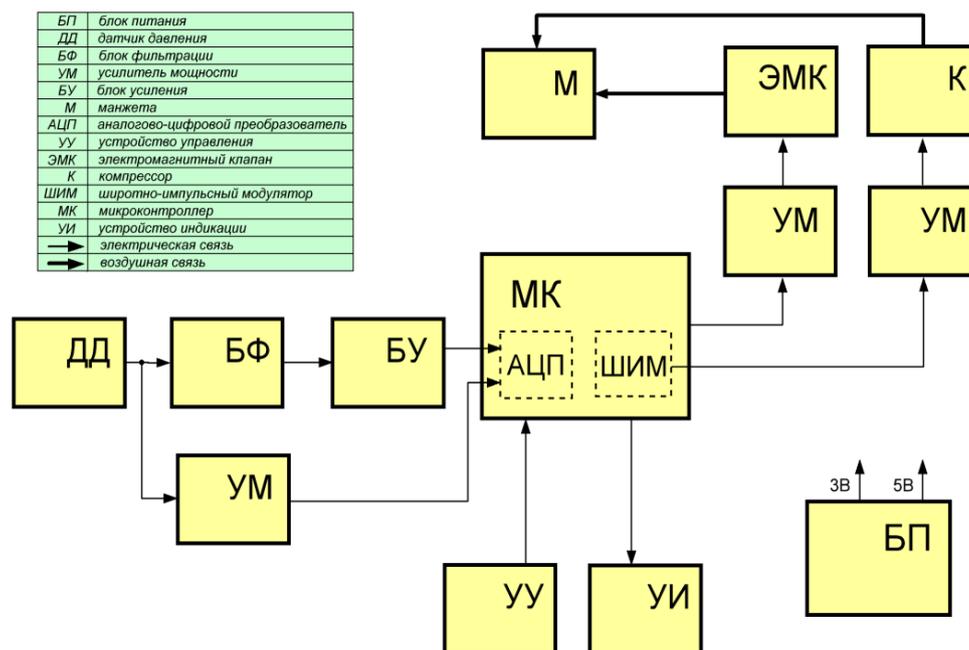


Рисунок 2 - Оптимизированная структурная схема цифрового медицинского тонометра

Одним из ключевых узлов устройства в схеме является датчик давления (ДД), параметры которого во многом определяют качественные показатели всего изделия в целом. Посредством этого датчика происходит преобразование уровня давления в величину напряжения. При проведении процедуры измерения давления необходимо выделить две информационные составляющие выходного сигнала, а именно текущий уровень давления в манжете и уровень осцилляций давления в манжете, производимые биением артерии человека. С этой целью в схему введены фильтр (БФ) и усилитель (БУ), а согласование по нагрузке между выходом ДД и входом АЦП микроконтроллера осуществляется усилителем мощности (УМ). Аналогичный узел требуется для согласования выхода портов ввода/вывода микроконтроллера (МК) с такими компонентами, как электромагнитный клапан (ЭМК) и компрессор (К).

Датчик давления должен соответствовать следующим требованиям:

- обладать требуемым диапазоном измеряемого давления;
- высокой точностью;
- высокой надежностью;
- пригодностью к работе от автономного источника питания.

Среди многих производителей подобного рода датчиков давления можно выделить компании Honeywell, Freescale, Infineon, On Semiconductor и ряд других.

В частности, компанией Freescale представлены цифровые, интегрированные, компенсированные и некомпенсированные датчики давления. При этом требуемый диапазон измеряемого давления (0-300мм.рт.ст.) имеют датчики MPX2300DT1, MPX2301DT1, MPXM2053GS и MP3V5050GP. Отличительной особенностью этих датчиков является различие по величине напряжения питания. Если для функционирования датчиков MPX2300DT1, MPX2301DT1 требуется напряжение питания не менее 6В, то для MPXM2053GS напряжение питания достигает величины 10В. Поскольку предполагается использовать автономное питание, оптимальным вариантом для устройства является использование датчика MP3V5050GP с напряжением питания 3В, основные параметры которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры датчика MP3V5050GP

Параметр	Мин.	Тип.	Макс.	Ед.изм.
Диапазон измеряемого давления (P)	0	-	50	кПа
Напряжение питания ($U_{пит}$)	2.7	3.0	3.3	В
Выходное напряжение при P = 0кПа (0 - 85°C) ($U_{пит} = 3.0В$)	0.053	0.12	0.188	В
Выходное напряжение при P = 50кПа (0 - 85°C) ($U_{пит} = 3.0В$)	2.752	2.7	2.888	В
Размах напряжения полной шкалы ($U_{раз.}$) (0 - 85°C) ($U_{пит} = 3.0В$)	-	2.7	-	В
Точность (0 - 85°C)	-	-	±2.5	% $U_{раз.}$
Чувствительность	-	54	-	мВ/кПа
Выходной ток на пределе шкалы	-	0.1	-	мА
Время установления выходного сигнала	-	20	-	мс
Дрейф напряжения смещения	-	±0.5	-	% $U_{раз}$

Опираясь на характеристики датчика, рассчитаем его передаточную характеристику:

$$U_{вых.} = U_{пит.}(P * 0,018 + 0,04) \pm U_{пит.}(P_{ош.} * F_t * 0,018);$$

Здесь $P_{ош.}$ и F_t - это ошибка давления и температурный фактор соответственно. Из этой функции следует, что выходной сигнал в значительной мере зависит от стабильности напряжения питания ($U_{пит.}$).

Схема электрическая принципиальная тонометра представлена на рис. 3.

В состав схемы тонометра включен микроконтроллер, выбор которого основан на следующем:

- наличие встроенного АЦП не менее 10 разрядов, частота дискретизации - ≥ 1 кГц, не менее двух каналов;
- наличие встроенного ЦАП (для визуализации обработанного сигнала);
- контроллер должен обладать достаточно высокой производительностью (ориентировочно ≥ 20 MIPS) при напряжении питания 3В и встроенным источником опорного напряжения с низким температурным дрейфом.

В схеме фильтр, буфер и усилитель реализованы на прецизионных операционных усилителях DA4, DA5. Так как диапазон изменения входного напряжения 0,053В...2,888В, применен усилитель типа ADA4528, функционирующий в формате rail-to-rail, при напряжении питания 3В. [5]

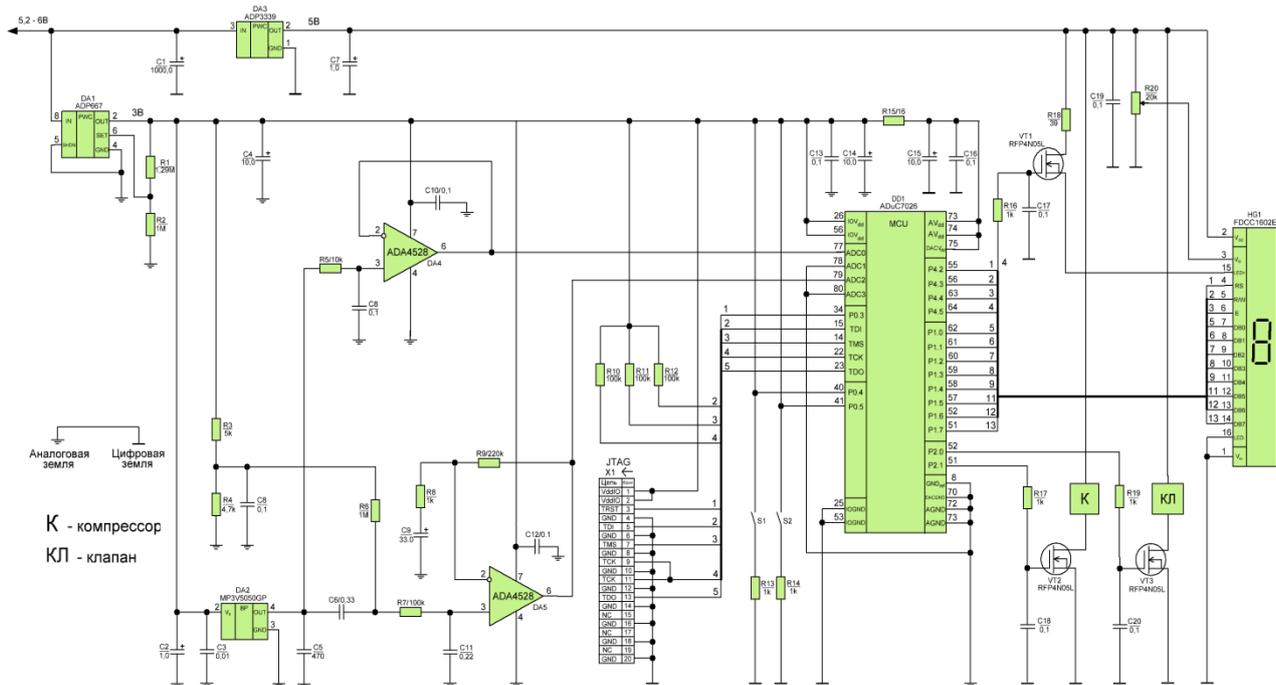


Рисунок 3 - Схема электрическая принципиальная разработанного цифрового тонометра

В нашем применении использован микроконтроллер ADuC7026 производства компании Analog Devices Inc., обладающий следующими параметрами:

- многоканальный 12-разрядный АЦП производительностью 1 MSPS;
- многоканальный 12-разрядный ЦАП, ;
- источник опорного напряжения (ИОН) с температурным дрейфом - 10 ppm/°C;
- высокопроизводительное (45 MIPS) ядро ARM7TDMI;
- поддержка JTAG отладочного интерфейса;
- 62 кбайта Flash-памяти на кристалле;
- 8 кбайт ОЗУ (SRAM);
- 3-фазный ШИМ модулятор;
- два 32-разрядных таймера и два 16-разрядных таймера;

Производительности этого микроконтроллера достаточно для реализации алгоритмов цифровой фильтрации. Наличие JTAG интерфейса и встроенного ЦАП позволяют использовать данный тонометр в исследовательских целях. ЦАП позволяет визуализировать обработанный в реальном времени сигнал, а интерфейс JTAG позволяет оперативно внести изменения в алгоритм работы устройства.

Другой актуальной и решенной в данной работе задачей является задача автоматического определения достаточного для начала процедуры измерения АД. Задача осложняется тем, что во время работы электромеханический компрессор вносит в выходной сигнал датчика давления такой уровень помех, что детектирование пульсаций давления становится невозможным. Современными производителями медицинских тонометров эта проблема в одних случаях перекладывается на плечи пользователей, в других случаях решается за счет «ступенчатого» алгоритма нагнетания давления в манжету. При этом если в приборе реализовано автоматическое детектирование момента начала измерения, то метод реализации остается коммерческой тайной производителя.

В разработанном устройстве данная проблема решается за счет применения цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой. Такой подход позволяет ускорить процедуру измерения и, вместе с тем, практически не влияет на конечную стоимость устройства. Осциллограмма, приведенная на рисунке 4, демонстрирует результат цифровой фильтрации исходного сигнала.

Для управления уровнем давления в манжете применен компрессор типа P16B06R, а

так же электромагнитный клапан KSV05B. Функцию стабилизации напряжения в схеме выполняет компонент ADP3339, представляющий собой линейный стабилизатор напряжения величиной 5В компании Analog Devices адаптированный для применения в приложениях с автономным питанием.

В качестве источника напряжения величиной 3В использован стабилизатор напряжения ADP667 с регулируемым выходным напряжением, у которого минимально допустимое падение напряжения составляет 150мВ при максимальном допустимом токе 200мА.



Рисунок 4 - Осциллограммы, отображающие процесс нагнетания давления в манжету. Где CH1 - исходный сигнал, демонстрирующий зашумленные компрессором осцилляции в манжете, CH2 - результат фильтрации полезного сигнала.

Выходное напряжение регулируется делителем, построенным на резисторах R1 и R2 (рис 5) [7].

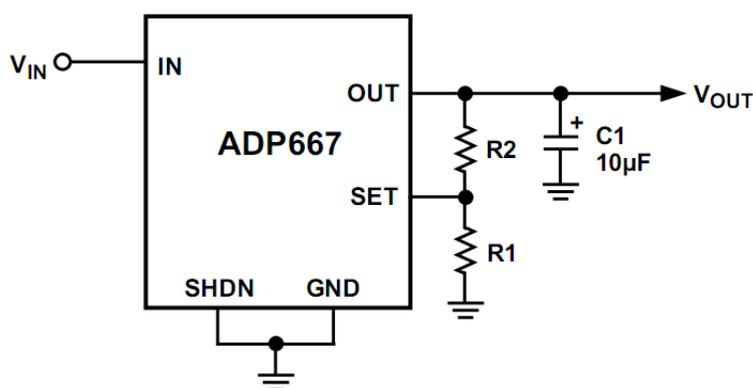


Рисунок 5 - Схема включения ADP667

При величине сопротивления резистора R1 - 1МОм, сопротивление резистора R2 рассчитывается по формуле:

$$R2 = R1 * \left(\frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{уст}}} - 1 \right),$$

где - $U_{\text{ВЫХ}}$ – желаемое выходное напряжение; $U_{\text{уст}} = 1,255\text{В}$.
и составляет 1,39МОм.

Результаты измерений отображаются на знаковосинтезирующем ЖКИ FDCC1602E со встроенным контроллером HD44870 фирмы Fordata.

Управление компрессором и электромагнитным клапаном обеспечивают усилители мощности, выполненные на полевых MOSFET транзисторах типа RFP4N05L.

В качестве интегрированной среды разработки был выбран IAR Embedded Workbench® for ARM, поддерживающий микроконтроллеры компании Analog Devices [9].

В качестве примеров и шаблонов для программирования использовались ADuC7019/ADuC702x Code Examples, C Library доступные на сайте производителя [5].

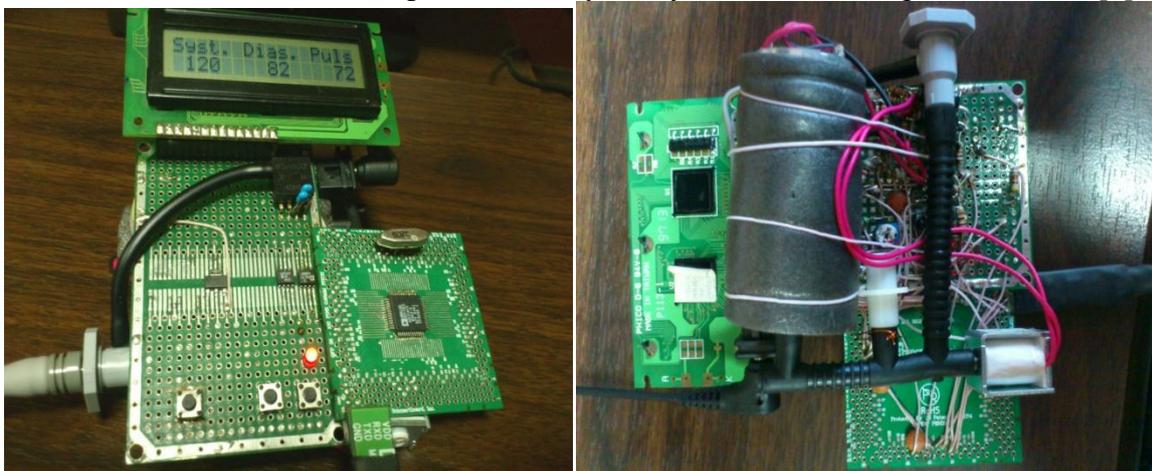


Рисунок 6 - Макетный образец разработанного медицинского тонометра

Выводы

Результатом работы является разработанные аппаратное и программное обеспечения устройства. Изготовлен макетный образец цифрового медицинского тонометра (рис 6). Опытная эксплуатация показала, что точность измерения прибора не хуже 5 мм.рт.ст. для систолического и диастолического давлений. Тем не менее, необходимо дальнейшее тестирование устройства в клинических условиях. Применение технологии цифровой фильтрации позволило ускорить процесс измерения артериального давления, позволив прибору автоматически определять достаточный для начала процедуры измерения уровень давления в манжете. Устройство отличается от большинства известных аналогов не только большей скоростью измерения, но и полной автоматизацией, имеет информативный ЖКИ с подсветкой. Использование современной элементной базы позволило минимизировать аппаратные затраты, весогабаритные характеристики и стоимость устройства.

Наличие JTAG интерфейса и встроенного ЦАП позволяют использовать данный тонометр в исследовательских целях. ЦАП позволяет визуализировать обработанный в реальном времени сигнал, а интерфейс JTAG позволяет оперативно внести изменения в алгоритм работы устройства.

Возможным направлением улучшения качественных показателей изделия является применение более эффективных алгоритмов измерения АД. Например, логичным представляется использование анализа первой производной полученной осциллограммы. Для комфортного пользования прибором пациентами, страдающими дефектами зрения, возможна замена существующего ЖКИ на модель с более крупными символами.

Библиографический список:

1. Рогоза А.Н. Классификация приборов для неинвазивного измерения артериального давления. <http://www.sitekserv.ru/press/?id=153>;
2. Тихоненко В.М. Достоинства метода Короткова при мониторингировании артериального давления. С. 37. Вестник аритмологии, С-П, № 40, 2005;
3. Inga Harris. Blood pressure monitors, a Freescale reference design. Beyond Bits. Issue 4 Summer 2009;
4. Oscillometric blood pressure measurement. Medical Electronics ICs Solutions Bulletin. volume 8, issue 4;

5. Blood Pressure Monitor. Using the Flexis QE128 Family. Rev. 0, 07/2008 (http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/ref_manual/DRM101.pdf);
6. Б.Д.Зислин, А.В.Чистяков и др. Пути повышения точности измерения артериального давления осциллометрическим методом. С.24-28. Медицинская техника. 2005;
7. <http://www.analog.com>;
8. http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MP3V5050.pdf;
9. <http://www.iar.com>.

УДК 621.317

Семиляк А.И., Мирзабеков М.М., Нуров Д.Р.

АНАЛИЗАТОР КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Semilyak A.I., Mirzabekov M.M., Noorov D.R.

ANALYZER OF QUANTITY AND QUALITY OF THE ELECTRIC POWER

Одним из направлений деятельности исследовательского центра «Энергосберегающие технологии и интеллектуальный учет в электроэнергетике» является проведение научно-исследовательских работ по применению электронных устройств и интеллектуальных систем распределения энергии компании Analog Devices, снабженных функцией точного измерения энергопотребления. В статье изложены вопросы оценки количества и качества электрической энергии с использованием анализатора, описана структура анализатора.

Основной составной частью анализатора является измерительная микросхема, производимая фирмой Analog Devices ADE7878, предназначенная для применения в коммерческих и промышленных интеллектуальных счетчиках электроэнергии. Такие счетчики с высокой степенью точности измеряют количество выработанной или потребленной электроэнергии и обладают средствами удаленного считывания результатов измерений.

Ключевые слова: *мощность, гармоника сигнала, фаза, нейтраль, ток, напряжение, электроэнергия, сигма-дельта АЦП, трехфазная сеть.*

One of the activities of the research center for "Energy Saving Technologies and Smart Metering in Electrical Power Engineering" is research work on the use of electronic devices and systems of intelligent power distribution, produced by Analog Devices and equipped with the accurate energy consumption measurement feature. The article focuses on the development of the analyzer of quantity and quality of electric energy.

The main part of the analyzer is a metering IC by Analog Devices ADE7878, designed for use in commercial and industrial smart electricity meters. Such counters measure the amount of consumed or produced electric energy with high accuracy and have the means of remote meter reading.

Key words: *power, harmonic signal, phase, neutral, current, voltage, electric energy, sigma-delta ADC, three-phase network.*

Микросхема фирмы Analog Devices ADE7878 обеспечивает требования класса точности 0.2 и является первой микросхемой, способной измерять активную и реактивную мощность с точностью 0,1%. Также она способна измерять мощность основной гармоники сигнала, что является критичным при определении параметров качества электроэнергии. Микросхема

ADE7878 предназначена для многофазных сетей, включая трех- и четырехпроводные конфигурации, соединения звездой и треугольником. Микросхема обеспечивает измерение активной и реактивной мощности с точностью 0,1% при динамическом диапазоне входного сигнала 1000:1, а точность 0,2% обеспечивается в диапазоне 3000:1. При измерении среднеквадратических токов и напряжений в динамическом диапазоне 1000:1 также выдерживается точность 0,1%.

Функциональная схема ADE7878 представлена на рис.1.

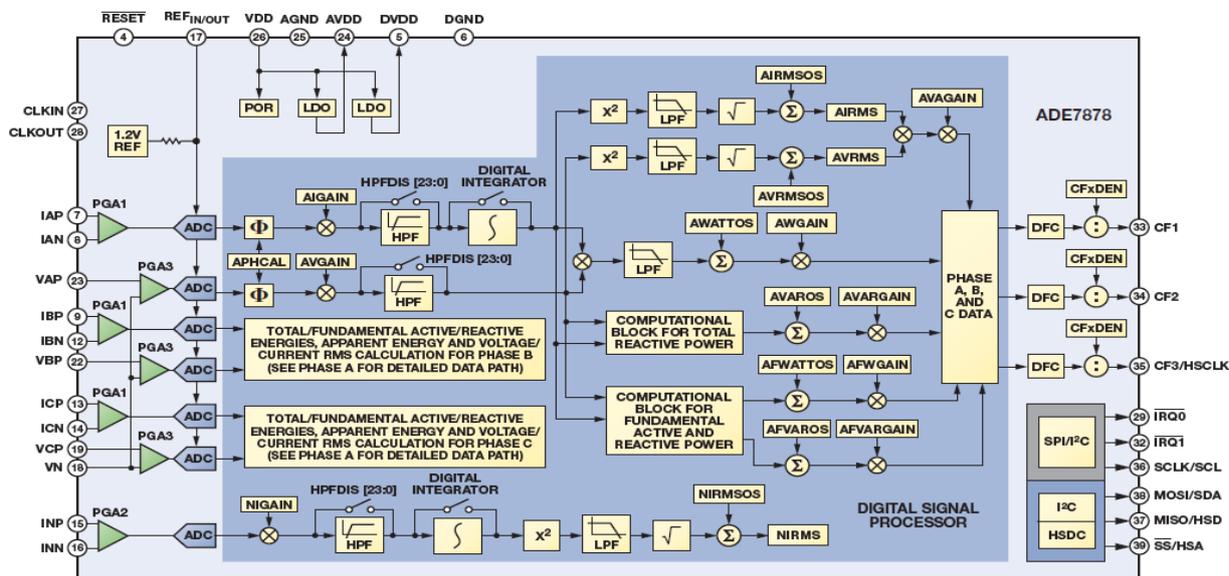


Рисунок 1 - Функциональная схема ADE7878

Помимо измерения токов и напряжений по каждой из фаз, а также нейтральной, микросхема ADE7878 способна определять различные параметры качества электроэнергии: «просадки» и пики напряжения и тока, периоды, фазовые углы, последовательность фаз. Также в этих микросхемах была впервые реализована возможность определения различных признаков хищения энергии без прекращения нормальной работы счетчика, что сокращает время на обслуживание и ремонт оборудования.

ADE7878 предоставляет доступ к встроенным регистрам счетчика посредством либо I2C, либо SPI интерфейсов. Специально выделенный высокоскоростной интерфейс, HSDC, может быть использован вместе с I2C, для предоставления доступа к выходным данным АЦП в реальном времени. Большой объем информации о состоянии питания, такой как перегрузка по току, перегрузка по напряжению, обнаружение максимального значения и падения напряжения, доступен через два внешних вывода прерывания IRQ0 и IRQ1.

Интегральная микросхема счетчика электроэнергии работает от напряжения питания 3.3В.

В исследовательском центре «Энергосберегающие технологии и интеллектуальный учет в электроэнергетике» с использованием Evaluating the ADE7878 Energy Metering IC был разработан и изготовлен анализатор количества и качества электроэнергии (см. рис.2).

Анализатор количества и качества электроэнергии вместе с сопровождающим программным обеспечением является полнофункциональным инструментом, обеспечивающим измерение параметров трехфазной сети. В состав программного обеспечения входят пакет LabVIEW компании National Instruments и пакет программ для микроконтроллера LPC2368. Возможности системы LabVIEW позволяют использовать ее для визуализации результатов измерения параметров трехфазной сети.

Анализатор количества и качества электроэнергии является высокоточным многоканальным измерительным устройством. Анализатор измеряет значения линейного напряжения и тока и вычисляет активную и реактивную энергию, а также

среднеквадратичные значения тока и напряжения. В устройство встроены семь сигма-дельта АЦП, измеряющих значения энергии с высокой точностью.



Рисунок 2 - Анализатор количества и качества электроэнергии

Особенности анализатора количества и качества электроэнергии:

- поддерживает требования стандартов IEC 62053-22, IEC 62053-23, EN 50470-1, EN 50470-3, ANSI C12.20, IEC 61000-4-7, классов I и II;
- обеспечивает измерение среднеквадратичных значений активной, реактивной и кажущейся мощности, коэффициента мощности, нелинейных искажений плюс шум;
- типовой дрейф опорного источника 10 ppm/ °C, предусмотрена возможность подключения внешнего опорного источника;
- напряжение питания 2,4...3,7 В.

Каждый из каналов тока и канал напряжения имеют полный путь прохождения сигнала, благодаря чему возможен большой диапазон измерений. Каждый входной канал включает гибкий усилительный каскад и каждый канал можно использовать с трансформаторами тока. Встроенные интеграторы облегчают использование сенсоров катушки Роговского. Структурная схема анализатора количества и качества электроэнергии представлена на рис.3.

Она содержит ИМС ADE7878 и 32-разрядный микроконтроллер LPC2368 фирмы NXP Semiconductors.

Высокочастотные выходы CF1, CF2 и CF3 мгновенной активной мощности, предназначены для калибровки или ввода в микроконтроллер.

В качестве датчиков применены трансформаторные датчики тока, так как они обладают рядом существенных преимуществ:

1. Измерительные трансформаторы тока, по сравнению с шунтами, работают при значительно меньших падениях напряжения на входе и практически не потребляют.
2. Измерительные трансформаторы тока обеспечивают гальваническую развязку между обмотками, поэтому измерительная схема не находится под высоким потенциалом.
3. Параметры трансформатора тока мало изменяются во времени и не зависят от температуры.
4. Коэффициент трансформации остается всегда постоянным.
5. Трансформаторы тока хорошо гасят импульсные помехи в измерительной цепи без применения дополнительных фильтров

6. Трансформаторы тока обеспечивают минимальный фазовый сдвиг между цепями измерения напряжения и тока, так как фильтрация измерительного сигнала производится за счет собственной индуктивности трансформатора.

7. Обеспечивается простота измерения 3-х фазных токовых сигналов за счет гальванической развязки токовых проводов и измерительной части.

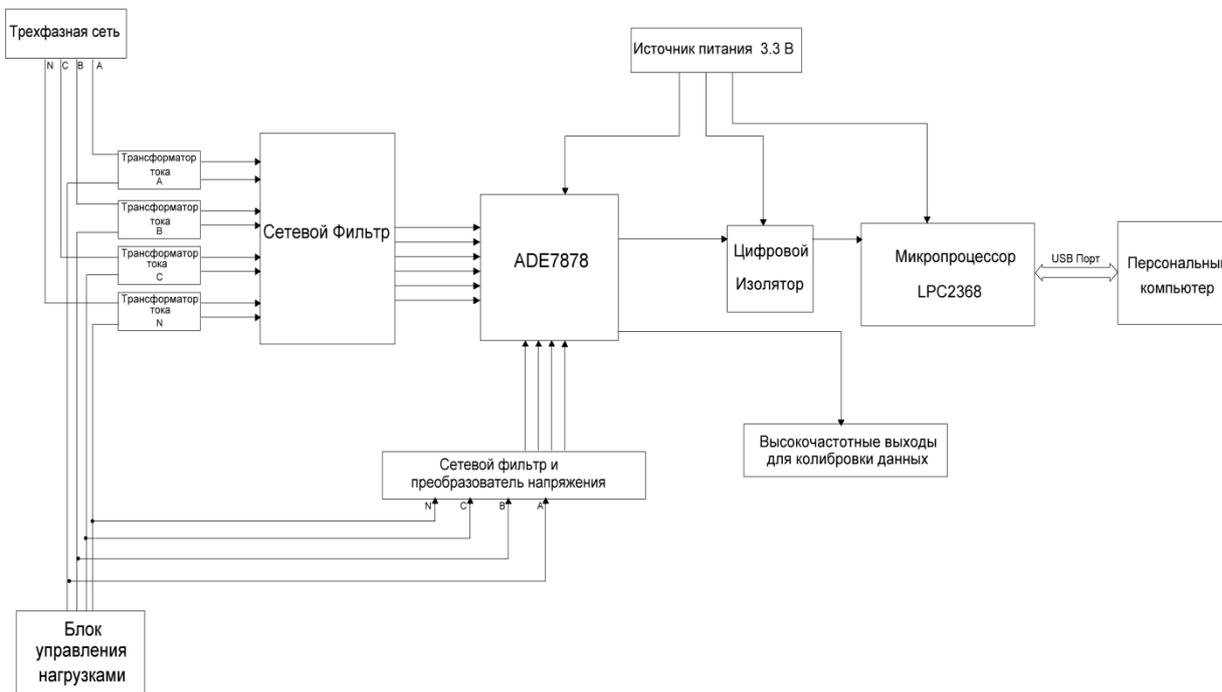


Рисунок 3 - Структурная схема анализатора количества и качества электроэнергии

В качестве датчиков тока (измерительных трансформаторов тока) в анализаторе используются трансформаторы ТО5-85А-65-К/60Ф-20, нагруженные на прецизионный резистор, с магнитопроводом из нанокристаллических сплавов. Выходное напряжение, снимаемое с резистора, пропорционально току первичной обмотки.

На рисунке 4 показана возможность использования трансформатора тока в качестве датчика тока в одной фазе 3-фазной распределительной системы с нейтралью (фаза А).

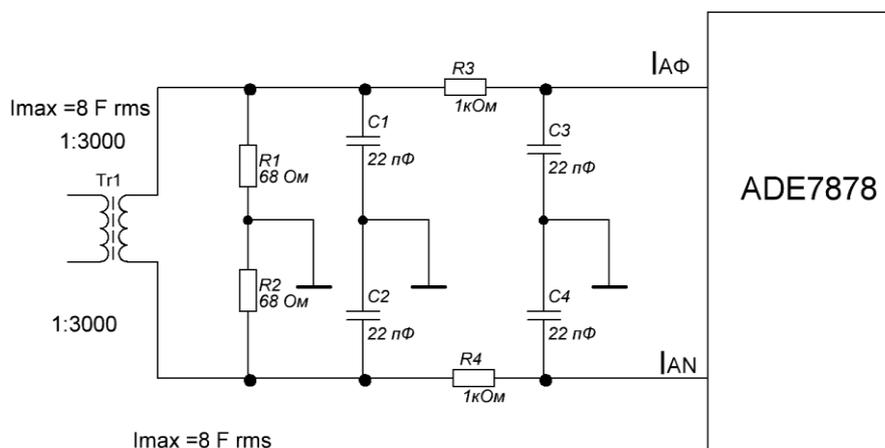


Рисунок 4 - Подключение трансформатора тока в качестве датчика тока

Две других фазы и нейтральной ток требуют аналогичных соединений. Нагрузка резисторов R1 и R2 должны быть определены как функции коэффициента трансформации тока и максимального тока в системе, с использованием следующей формулы:

$$R1 = R2 = 1/2 \times 0,5/\sqrt{2} \times N/I_{FS}$$

где:

0.5/sqrt (2) действующее значение полномасштабного напряжения принятого на входе АЦП.

N — это коэффициент трансформации трансформатора тока.

IFS - максимальное среднеквадратичное значение тока, которое должно быть измерено.

При использовании трансформаторов тока в измерительную цепь необходимо включить фильтр защиты от наложения спектров (рис. 4). Вторичный ток трансформатора преобразуется в напряжение с помощью резистора нагрузки через вторичные обмотки выходов. Больше всего трансформаторы тока вводят фазовый сдвиг, что производитель указывает в техпаспорте. Этот фазовый сдвиг может привести к значительным ошибкам измерения энергии, особенно при низких значениях коэффициента мощности. ADE7878 может исправить ошибку фазы с использованием регистров калибровки фазы APHCAL, BPHCAL, и SPHCAL до тех пор, пока ошибка остается между $-6,732^\circ$ и $1,107^\circ$ при 50 Гц. Программное обеспечение ADE7878 позволяет пользователям корректировать фазы калибровочными регистрами. Для цепи, приведенной на рисунке номинал резисторов R1, R2 68 Ом означает, что среднеквадратичное значение входного тока может достигать 8 А при полной шкале входного напряжения на АЦП ADE7878 0,5 В. Кроме того коэффициент усиления PGA для текущего канала должен быть установлен в 1. Программное обеспечение позволяет пользователю настроить усиление текущего канала.

Задача проектирования прикладного программного обеспечения для автоматизации информационно-измерительной системы решена с использованием функций пакета LabVIEW, который позволяет создавать приложения для тестирования, измерения, сбора данных, управления измерительными приборами, регистрации данных и обработки результатов измерений.

В качестве примера на рис.5 приведена панель измерения активной энергии.

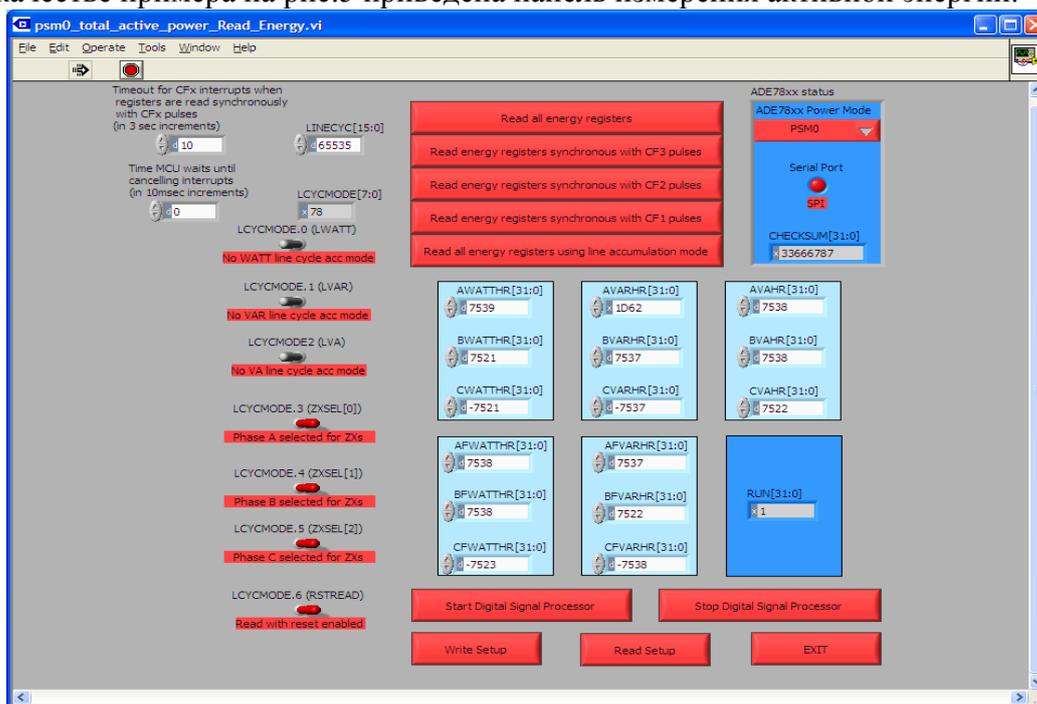


Рисунок 5 - Вид панели анализа активной энергии в LabVIEW

LabVIEW представляет собой высокоэффективную среду графического программирования, в которой можно создавать гибкие и масштабируемые приложения измерений, управления и тестирования с минимальными временными и денежными затратами. LabVIEW сочетает в себе гибкость традиционного языка программирования с интерактивной технологией Экспресс ВП (ВП - виртуальный прибор), которая включает в себя автоматическое создание кода, использование помощников при конфигурировании измерений, шаблоны приложений и настраиваемые Экспресс ВП.

Выводы

Результатом работы является разработанный прибор, обеспечивающий измерение активной и реактивной энергии, среднеквадратичных значений тока и напряжения трехфазной сети, взаимодействие с измерительной и управляющей аппаратурой, доступ ко всем внутренним ресурсам интегральной микросхемы ADE7878.

Библиографический список:

1. Evaluation Board User Guide UG-146
2. Polyphase Multifunction Energy Metering IC. ADE7854/ADE7858/ADE7868/ADE7878

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРИБОРЫ

УДК 681.382

Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Хазамова М.А., Магоматов Р.А.-М.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗОНУ ПРЕДПЛЕЧЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Ismailov T.A., Evdulov O.V., Hazamova M.A., Magomadov R.A.-M.

MODELING OF THERMOELECTRIC SYSTEM FOR LOCAL THERMAL EFFECTS ON HUMAN FOREARM ZONE

В работе рассмотрена модель термоэлектрической системы для теплового воздействия на предплечье человека. Модель реализована на базе численного решения системы дифференциальных уравнений теплопроводности для тел сложной конфигурации. Приведены двумерные и одномерные графики изменения температуры в различных зонах объекта воздействия.

Ключевые слова: *предплечье, физиотерапия, тепловое воздействие, температурное поле, тепловая модель, математическая модель.*

In this paper we consider a model of the thermoelectric system for the thermal effect on the human forearm. The model is implemented on the basis of numerical solution of differential equations of heat conduction for bodies of complex configuration. Two-dimensional and one-dimensional graphs of the temperature change in different zones of the object of exposure are given.

Key words: *forearm, physiotherapy, thermal effects, temperature field, thermal mode, mathematical model.*

Локальное и общее тепловое воздействие применяется при различных физиологических процедурах, связанных с тренировкой тканей, профилактикой ряда заболеваний и постоперационной реабилитацией. К техническим способам реализации данных методов лечения можно отнести горячие и холодные ванны, ванны постепенно повышаемой температуры (ванны по Гауффе), контрастные ванны, частичные ванны (ручные) и т.д., а также использование различных сред, таких как парафин, озокерит и др., приводимых в контакт с биологическим объектом [1].

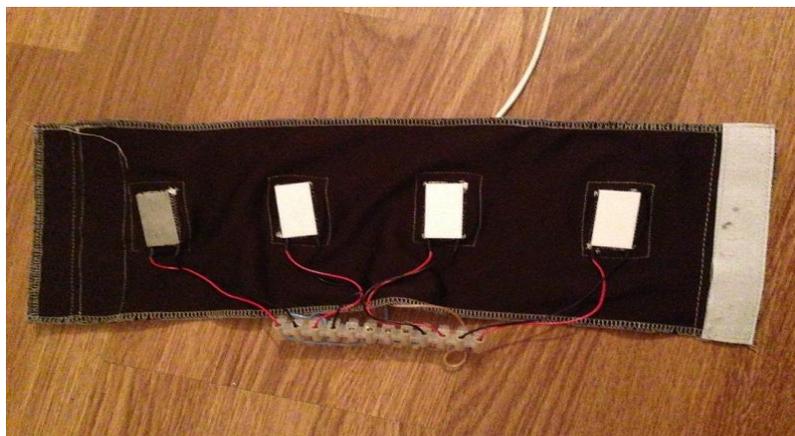


Рисунок 1 - Внешний вид макета ТЭС для теплового воздействия на предплечье человека

Недостатками описанных выше методов физиотерапевтических процедур являются их низкая эффективность и дискомфортность, сложность и неудобство в реализации, недостаточная точность дозировки теплового воздействия.

Рассмотренный физиотерапевтический метод может быть реализован с использованием термоэлектрических преобразователей энергии [2], имеющих целый ряд преимуществ, таких, как малые габаритные размеры, высокая надежность, универсальность, экологичность. Приборы, выполненные на их основе, реализующие тепловое воздействие на отдельные зоны человеческого организма, в большой мере будут лишены перечисленных выше недостатков известных методов.

В настоящей работе рассмотрена модель термоэлектрической системы (ТЭС) для теплового воздействия на отдельную зону руки человека – предплечье. Макет прибора приведен на рис. 1. Устройство реализовано в виде конструкции, содержащей гибкое эластичное основание со встроенными в него термоэлектрическими модулями, на спаях которых размещаются гибкие металлические тепловыравнивающие пластины.

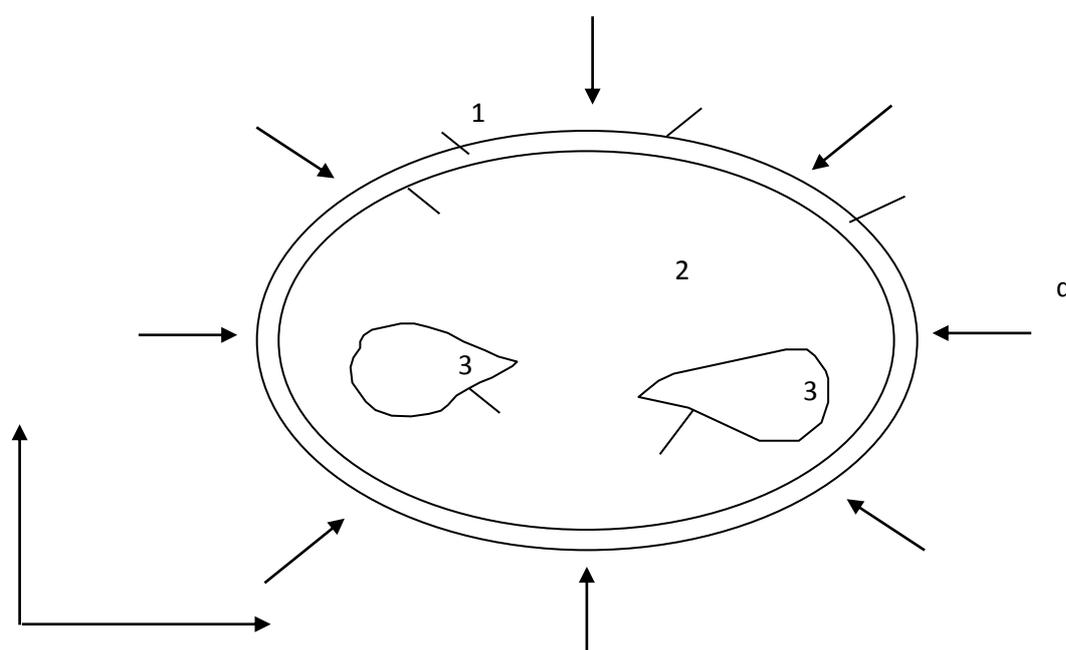


Рисунок 2 - Тепловая модель для расчета ТЭС, реализующей терапевтические процедуры на уровне предплечья

Тепловая модель ТЭС, реализующей физиотерапевтические процедуры на уровне предплечья, приведена на рис.2. В соответствии со спецификой функционирования ТЭС, осуществляющей тепловое воздействие таким образом, что перпендикулярно к поверхности руки, тепловая модель зоны воздействия, на основе которой осуществляется расчет системы, имеет вид, показанный на рис.2. Здесь следует выделить участки: 1 – кожный покров, 2 – мышечную ткань и 3 – костную ткань, отличающиеся теплофизическими параметрами и уровнем внутренних тепловыделений.

Обозначим область, ограниченную кожным покровом D_1 , мышечной тканью D_2 , костной тканью D_3 , D'_3 , поверхность кожного покрова, контактирующую с ТЭС S_{1-1} , с мышечной тканью S_{1-2} , поверхность мышечной ткани, контактирующую с костной тканью S_{2-3} , S'_{2-3} . Тогда описание теплофизических процессов, протекающих в руке человека при тепловом воздействии ТЭС, в обобщенном математическом виде может быть представлено следующим образом:

$$a_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} + a_1 \frac{\partial^2 T_1}{\partial y^2} + \frac{Q_{вн1}}{c_1 \rho_1} = \frac{\partial T_1}{\partial \tau} \text{ при } x, y \in D_1;$$

$$a_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial x^2} + a_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial y^2} + \frac{Q_{вн2}}{c_2 \rho_2} = \frac{\partial T_2}{\partial \tau} \text{ при } x, y \in D_2;$$

$$a_3 \frac{\partial^2 T_3}{\partial x^2} + a_3 \frac{\partial^2 T_3}{\partial y^2} + \frac{Q_{вн3}}{c_3 \rho_3} = \frac{\partial T_3}{\partial \tau} \text{ при } x, y \in D_3;$$

$$a_3 \frac{\partial^2 T'_3}{\partial x^2} + a_3 \frac{\partial^2 T'_3}{\partial y^2} + \frac{Q_{вн3}}{c_3 \rho_3} = \frac{\partial T'_3}{\partial \tau} \text{ при } x, y \in D'_3;$$

$$T_1, T_2, T_3, T'_3 = 309,6 \text{ K при } \tau = 0;$$

$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial n_1} = \alpha(T_1 - T_{ТЭБ})$ при $x, y \in S_{1-1}$ - в случае неидеального контакта кожного покрова и рабочей поверхности ТЭС;

$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial n_1} = q_{ТЭБ}$ при $x, y \in S_{1-1}$ - в случае идеального контакта кожного покрова и рабочей поверхности ТЭС;

поверхности ТЭС;

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1}{\partial n_1} = \lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial n_2} \text{ при } x, y \in S_{1-2};$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial n_2} = \lambda_3 \frac{\partial T_3}{\partial n_3} \text{ при } x, y \in S_{2-3};$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T_2}{\partial n_2} = \lambda_3 \frac{\partial T'_3}{\partial n'_3} \text{ при } x, y \in S'_{2-3};$$

где T_1, T_2, T_3, T'_3 – температуры кожного покрова, мышечной и костной ткани; a_1, a_2, a_3 – коэффициенты температуропроводности кожного покрова, мышечной и костной ткани; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – коэффициенты теплопроводности кожного покрова, мышечной и костной ткани; c_1, c_2, c_3 – удельная теплоемкость кожного покрова, мышечной и костной ткани; ρ_1, ρ_2, ρ_3 – плотность кожного покрова, мышечной и костной ткани; $Q_{вн1}, Q_{вн2}, Q_{вн3}$ – удельное количество теплоты, выделяемое в кожном покрове, мышечной и костной ткани; α – коэффициент теплообмена между кожным покровом и рабочей поверхностью ТЭС; $T_{ТЭБ}$ – температура рабочей поверхности ТЭБ; $q_{ТЭБ}$ – плотность теплового потока на рабочей поверхности ТЭБ; n_1, n_2, n_3, n'_3 – нормали к поверхностям $S_{1-1}, S_{1-2}, S_{2-3}, S'_{2-3}$ соответственно; $n_i = (xh_i + yz_i)$; h, z – единичные вектора; $i=1 \dots 4$.

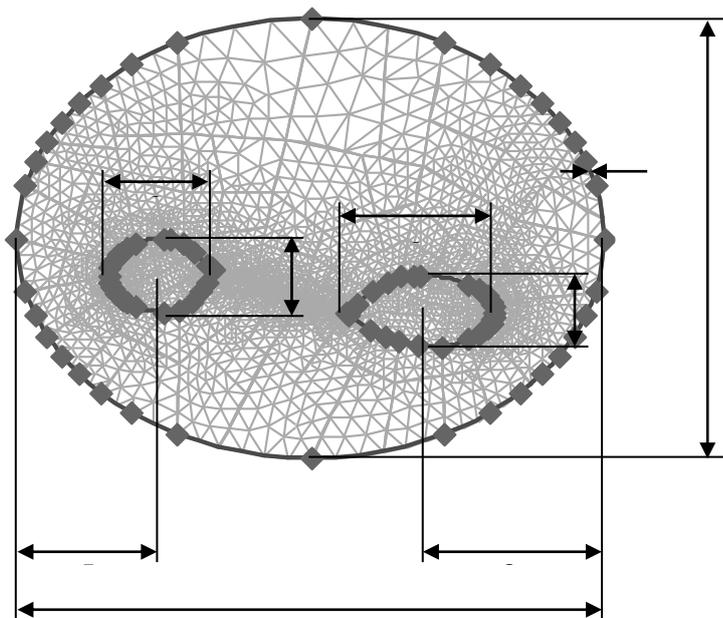


Рисунок 2 - Модель сечения предплечья, принятая при расчете, с конечноэлементной сеткой и основными размерами

Решение системы дифференциальных уравнений с соответствующими начальными и граничными условиями даст

возможность определить изменение температуры в различных точках биологического объекта – предплечья человека, а также отследить ее изменение в зависимости от величины теплового потока от ТЭС (холодопроизводительности и теплопроизводительности термоэлектрической батареи) и внешних условий.

Численный

эксперимент с использованием метода конечных элементов [3] проводился в соответствии с

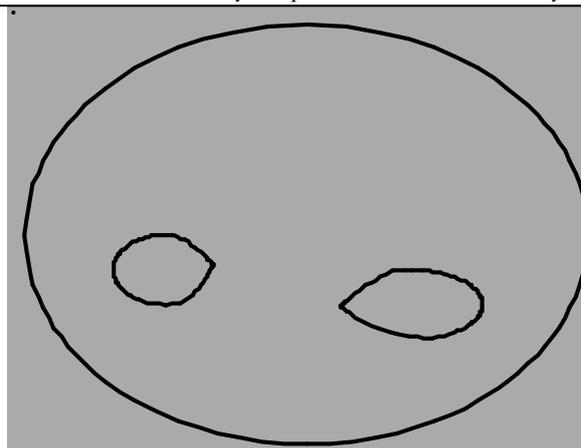


Рисунок 3 - Двумерное температурное поле сечения предплечья в стационарном режиме при охлаждающем воздействии для

$$q_{ТЭБ} = 2500 \text{ Вт/м}^2$$

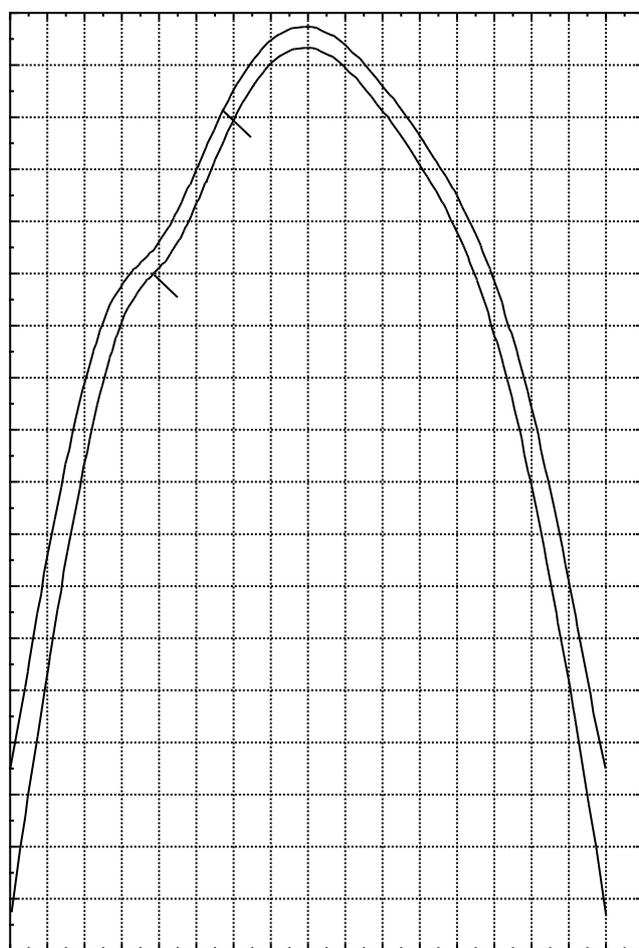


Рисунок 4 - Распределение температуры вдоль поперечной оси предплечья при охлаждающем воздействии для различных значений $q_{ТЭБ}$
 1 - $q_{ТЭБ} = 2500 \text{ Вт/м}^2$, 2 - $q_{ТЭБ} = 2250 \text{ Вт/м}^2$

требуемыми режимами проведения физиотерапевтических процедур: диапазон достигаемых температур биологического объекта – от 277 до 317 К, продолжительность воздействия – от 10 до 30 мин., возможность чередования охлаждения и нагрева соответствующей зоны биологического объекта.

За исходные принимались следующие данные: $\lambda_1 = 0,407 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, $\lambda_2 = 0,439 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, $\lambda_3 = 0,34 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$; $\rho_1 = 1036 \text{ кг/м}^3$, $\rho_2 = 1050 \text{ кг/м}^3$, $\rho_3 = 1036 \text{ кг/м}^3$; $c_1 = 3458 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$, $c_2 = 4020 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$, $c_3 = 3127 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$; $Q_{вн1}=0$, $Q_{вн2}=30 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{с)}$, $Q_{вн3}=0$. Основные геометрические размеры зоны воздействия показаны на рис.2. Данные приведены в миллиметрах.

На рис.3 изображено двумерное температурное поле сечения средней зоны предплечья при величине теплового потока на боковой поверхности биологического объекта, равного 2500 Вт/м^2 . На рис.4 показан соответствующий одномерный график распределения температуры вдоль поперечной оси сечения предплечья при величинах $q_{ТЭБ} = 2500 \text{ Вт/м}^2$ и 2250 Вт/м^2 . Согласно полученным данным температура биологического объекта с увеличением

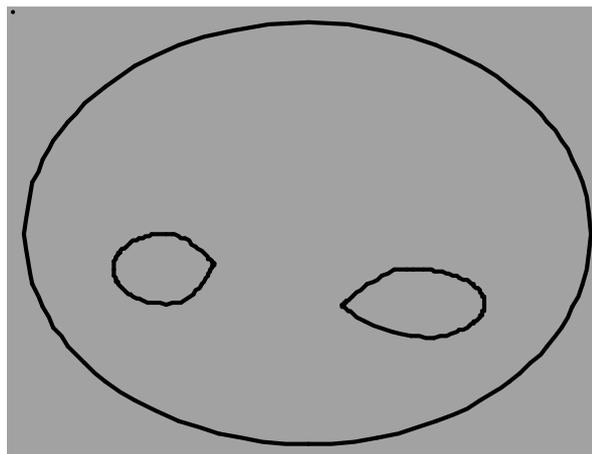
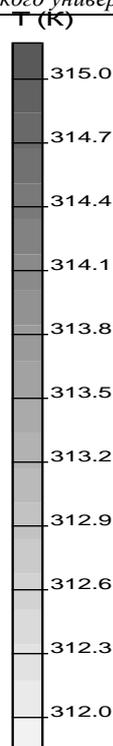


Рисунок 5 - Двумерное температурное поле сечения предплечья в стационарном режиме при нагревающем воздействии для $q_{ТЭБ} = 700 \text{ Вт/м}^2$



$q_{ТЭБ}$ уменьшается. При этом максимальное снижение температуры наблюдается на слое кожного покрова при $q_{ТЭБ} = 2500 \text{ Вт/м}^2$, составляя 280 К. Соответственно температура в центре биологического объекта изменяется слабо, примерно на 0,5 К, что связано с наличием внутренних тепловыделений в объекте теплового воздействия, а также его незначительной теплопроводностью и относительно большой теплоемкостью. На рис.5 изображено двумерное температурное поле для сечения предплечья, при величине теплового потока на боковой поверхности биологического

объекта, равного 700 Вт/м^2 . Соответствующий одномерный график приведен на рис.6. Представленные зависимости в основном подобны приведенным для случая работы ТЭС в режиме охлаждения. Отличие состоит в росте температуры объекта воздействия с увеличением значения $q_{ТЭБ}$, а также меньшими значениями требуемой мощности ТЭБ для поддержания температурного режима биологического объекта, соответствующего проведению физиотерапевтических процедур. При рассмотренных условиях максимальное увеличение температуры кожного покрова средней трети плеча и предплечья получено при $q_{ТЭБ} = 700 \text{ Вт/м}^2$, составляя 315 К. На рис.7 приведено двумерное стационарное температурное поле сечения предплечья для случая, соответствующего контрастному тепловому воздействию, когда на правую поверхность биологического объекта направлен тепловой поток $q_{ТЭБ.о} = -3500 \text{ Вт/м}^2$, а на левую - $q_{ТЭБ.н} = 1000 \text{ Вт/м}^2$. В соответствии с

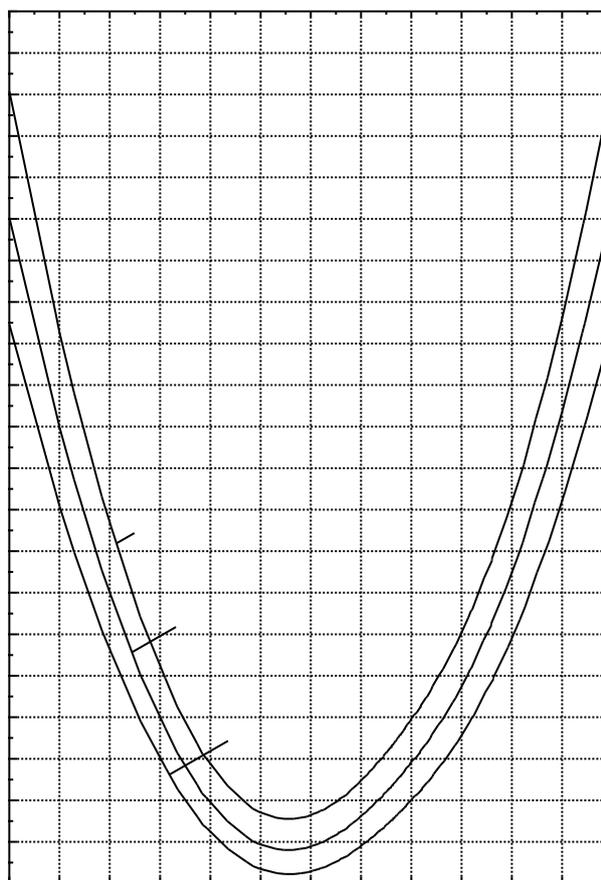


Рисунок 6 - Распределение температуры вдоль продольной оси предплечья при нагревающем воздействии для различных значений $q_{ТЭБ}$

1 - $q_{ТЭБ} = 700 \text{ Вт/м}^2$, 2 - $q_{ТЭБ} = 650 \text{ Вт/м}^2$, 3 - 30

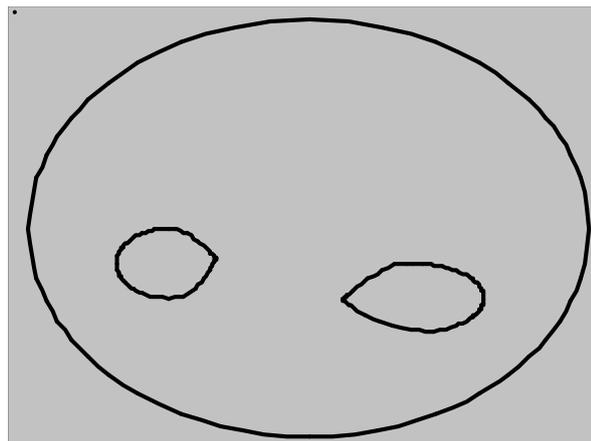
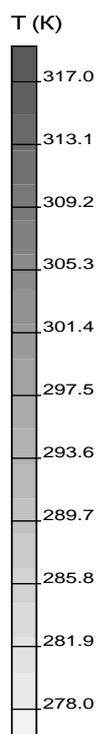


Рисунок 7 - Двумерное температурное поле сечения предплечья в стационарном режиме при контрастном тепловом воздействии для $q_{ТЭБ.о} = 3500 \text{ Вт/м}^2$, $q_{ТЭБ.н} = 1000$

Таким образом, при проведении контрастных тепловых процедур, в условиях, соответствующих данным зависимостям, для достижения требуемой температуры кожного покрова, являющегося непосредственно объектом физиотерапевтического воздействия, требуется учет взаимного влияния величин $q_{ТЭБ.н}$ и $q_{ТЭБ.о}$. Подбор значений $q_{ТЭБ.н}$ и $q_{ТЭБ.о}$ с соответствующим анализом температурного поля объекта по предложенной модели даст возможность оптимизировать энергетические характеристики исследуемой ТЭС.

Для анализа динамических характеристик ТЭС исследовано изменение температуры различных точек биологического объекта при охлаждающем и нагревающим воздействии ТЭС. На рис.8-9 рассмотрено изменение температуры во времени различных точек предплечья при охлаждении и нагреве для $q_{ТЭБ} = -2500 \text{ Вт/м}^2$, $q_{ТЭБ} = 800 \text{ Вт/м}^2$ соответственно. Изучено изменение во времени кожного покрова, мышечной и костной ткани биологического объекта. Согласно результатам расчета длительность выхода ТЭС в стационарный режим работы лежит в относительно небольших пределах. Для случая, соответствующего рис.8-9, время, необходимое для стабилизации температуры



результатами расчетов наличие на противоположных боковых поверхностях разнознаковых тепловых потоков существенно изменяет тепловое поле объекта по отношению к случаю, когда по боковой поверхности распределен тепловой поток, имеющий один и тот же знак. Значение температуры убывает от боковой поверхности, соответствующей тепловому потоку $q_{ТЭБ.н}$ к поверхности, на которую оказывает влияние тепловой поток $q_{ТЭБ.о}$. При этом в соответствии с численными значениями изменение $q_{ТЭБ.о}$ от величины 3500 Вт/м^2 до 2500 Вт/м^2 при неизменном значении $q_{ТЭБ.н} = 1000 \text{ Вт/м}^2$ увеличивает температуру вдоль поперечной оси примерно на 4 К.

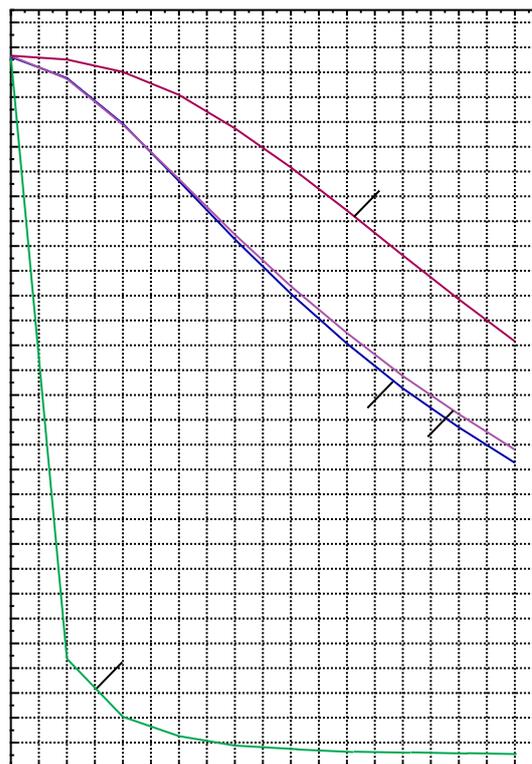


Рисунок 8 - Изменение температуры различных точек сечения предплечья во времени при охлаждающем воздействии для $q_{ТЭБ} = 2500 \text{ Вт/м}^2$
1 - кожный покров, 2- костная ткань (лучевая кость), 3 - костная ткань (локтевая кость), 4 - мышечная ткань

биологического объекта, составляет примерно 1200 с (20 мин.). Указанное обстоятельство следует учитывать при проведении физиотерапевтических процедур. Целесообразным будет являться включение прибора до проведения теплового воздействия с целью вывода его на рабочий режим.

На основе анализа полученных значений теплового потока на боковой поверхности биологического объекта, эквивалентных величине холодо- и теплопроизводительности ТЭБ, производится расчет последней. Искомыми величинами в данном случае являются геометрические размеры термоэлементов (ТЭ), входящих в состав ТЭБ, величина питающего электрического тока, потребляемая электрическая энергия. В большинстве случаев в качестве ТЭБ в ТЭС могут быть использованы термоэлектрические модули (ТЭМ) стандартного типа, подбор которых может быть произведен с использованием специальных пакетов прикладных программ.

Для исследуемого варианта ТЭС могут быть использованы стандартные ТЭМ типа ТВ-127-1.0-1.5 в количестве четырех шт., производимые ИПФ Криотерм (г. Санкт-Петербург), в полной мере реализующие требуемые режимы проведения терапевтических процедур. Для их подбора использован пакет прикладных программ Thermoelectric system calculation [4]. Там же приведены рабочие характеристики данного типа ТЭМ.

Библиографический список

1. Комарова Л.А. Руководство по физическим методам лечения. / Л.А. Комарова, Л.А. Благовидова. – Л.: Медицина, 1983.
2. Патент РФ на изобретение №2299711 Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для локального температурного воздействия на руку человека // Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Аминов Г.И., Хазамова М.А., опубл. 27.11.2007, Бюл. №15.
3. Румянцев А.В. Метод конечных элементов в задачах теплопроводности. Калининград: КГУ, 1995
4. <http://www.kryotherm.ru>.

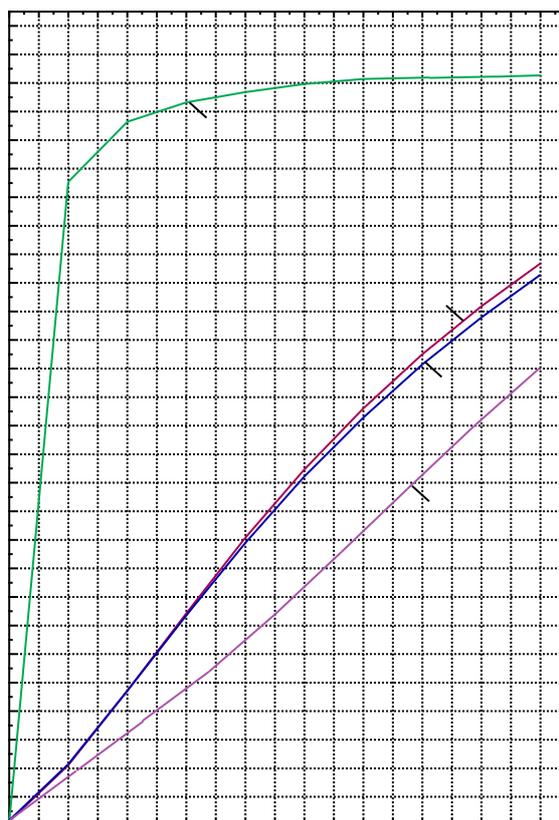


Рисунок 9 - Изменение температуры различных точек сечения предплечья во времени при нагревающем воздействии для $q_{ТЭБ} = 800 \text{ Вт/м}^2$
 1 - кожный покров, 2- костная ткань (лучевая кость), 3 - костная ткань

УДК 681.382

Гаджиалиев М.М., Пирмагомедов З.Ш., Эфендиева Т.Н.

ТЕРМОЭДС УЗКОЗОННОГО ПОЛУПРОВОДНИКА n-InSb В ПОПЕРЕЧНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Gadjjaliev M.M., Pirmagomedov Z.Sh., Efendieva T.N.

TEMPERATURE AND MAGNETIC FIELD DEPENDENCES OF THERMOELECTRIC POWER IN ELECTRONIC ANTIMONIDE INDIUM

Экспериментально исследована термоэдс электронного антимолида индия с $n=2 \cdot 10^{14}$ см⁻³ в поперечном магнитном поле до 7 кОе в интервале температур от 4,8 до 120 К.

Найдено, что при температуре близкой к 56 К термоэдс не зависит от поля.

Ключевые слова: магнитное поле, электронная доля термоэдс, антимолид индия, магнетотермоэдс, релаксация импульса электрона

We have researched the thermoelectric power of electronic antimonide indium with $n=2 \cdot 10^{14}$ cm⁻³ in a transverse magnetic field up to 7 kOe in temperature intervals from 4.8 K to 120 K. The thermoelectric power is found to be independent from the energy field at the temperature close to 56 K.

Key words: magnetic field, thermal emf electronic fraction, indium antimonide, magnet thermal emf, momentum relaxation.

Известно, что термоэдс (термоэлектродвижущая сила) складывается из двух компонентов $\alpha = \alpha^e + \alpha^f$, где α^e - диффузионная (или электронная) доля, α^f - фононная доля. α^e - термоэдс обусловленная перемещением носителей тока от горячей части образца к холодной, а α^f - термоэдс обязанная увлечению электронов фононами, движущимися от горячего торца образца к холодному. α^f - возникает главным образом при температуре, при которой, согласно закону сохранения импульса, квазиимпульс фононов меньше квазиимпульса носителей тока, что обычно имеет место при низких температурах. В настоящей работе речь пойдет о термоэдс измеренной при температурах, при которых α^f отсутствует.

Внесение полупроводника, в котором создан градиент температуры вдоль длины образца, в магнитное поле перпендикулярном градиенту температуры ($\nabla T \perp H$) приводит не только к возникновению поперечного электрического поля E_y , но и изменению термоэдс. Знак изменения для электронных и дырочных полупроводников противоположен, кроме того для полупроводников с одним сортом носителей тока в зависимости от области температур имеет разные знаки. Последний связан с тем, что в разных областях температуры не одинаковые механизмы рассеяния.

Рассмотрим электронный полупроводник для качественного пояснения изменения знака термоэдс в слабом магнитном поле. Термоэдс в отсутствие магнитного поля определяется разностью компонент скоростей «быстрых» и «медленных» электронов

$V_{2x}(0) - V_{1x}(0)$, вдоль градиента температуры. В магнитном поле эти компоненты изменяются, причем эти изменения зависят от угла поворота ϕ линии движения электрона в поле, следовательно, от времени свободного пробега.

Если это время для «медленных» электронов больше, чем «быстрых», то

$$\frac{V_{1x}(H)}{V_{1x}(0)} > \frac{V_{2x}(H)}{V_{2x}(0)}$$

значит термоэдс определяемая разностью $[V_{2x}(H) - V_{1x}(H)]$ будет больше чем термоэдс в нулевом поле, $\alpha(0)$. Наоборот, если это время увеличивается с увеличением энергии электрона, то

$$\frac{V_{1x}(H)}{V_{1x}(0)} < \frac{V_{2x}(H)}{V_{2x}(0)}$$

и, следовательно, $\alpha(H) < \alpha(0)$ – термоэдс в магнитном поле уменьшается.

Термоэдс электронной составляющей в поперечном магнитном поле обозначается через α_{xx}^e .

Термоэдс электронного антимонида индия (n-InSb) в поперечном магнитном поле в примесной области исследована в целом ряде работ [1-6]. Теоретически показано и экспериментально подтверждено, что изменение диффузионной доли в слабом поле $\Omega\tau < 1$ (где $\Omega = \frac{eH}{m^*c}$ - циклотронная частота, e - заряд электрона, H – напряженность магнитного поля, m^* - эффективная масса электрона, c - скорость света, τ – время релаксации импульса электрона) в зависимости от области температуры меняет свой знак, в сильном поле $\Omega\tau > 1$ насыщается, в квантующем магнитном поле $\Omega\tau > 1$, $\hbar\Omega > kT$ (где \hbar - постоянная Планка, деленная на 2π , k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура) увеличивается пропорционально логарифму ν (где $\nu = \hbar\Omega/2 \cdot kT$).

Согласно теории [1], как было отмечено выше, знак изменения поперечной магнетотермоэдс

$$\Delta\alpha_{xx}^e = \left| \alpha_{xx}^e(H) \right| - \left| \alpha_{xx}^e(0) \right|,$$

(где $\alpha_{xx}^e(H)$ - электронная доля термоэдс в поперечном магнитном поле,

$\alpha_{xx}^e(0)$ - термоэдс в нулевом поле) в слабом поле зависит от доминирующего при данной температуре механизма рассеяния носителя тока.

Из теории явлений переноса в полупроводниках известно, что время релаксации от энергии носителя тока зависит по степенному закону.

$$\tau(\varepsilon) = \tau_0(T) \left(\frac{\varepsilon}{kT} \right)^{r-\frac{1}{2}}$$

где ε - энергия, $\tau_0(T)$ и r – определяют отдельные механизмы рассеяния. Например, при рассеянии на акустических фононах $r=0$, на ионах примеси $r=2$ и т.д.

Знак $\Delta\alpha_{xx}^e$ положителен, т.е. термоэдс в поле растёт, если в результате рассеяния время релаксации τ уменьшается с увеличением энергии электрона (рассеяние на акустических фононах для антимонида индия); знак $\Delta\alpha_{xx}^e$ отрицателен, если в результате рассеяния τ увеличивается с ростом энергии электрона (рассеяние на ионах примеси для данного материала).

Измерение термоэдс в магнитном поле проводилось по известной методике. Образец располагался в герметичном пространстве заполненном инертным газом перпендикулярно направлению магнитного поля. Медь – константановые термопары для измерения разности температур располагались вдоль длины образца, а медные ветви термопар служили для снятия возникающей при этом разности потенциалов. Тепловой поток вдоль образца создавался нагревателем припаянным к одному из торцов образца.

Дифференциальная термоэдс α измерялась с точностью до 1,5 мкВ/град.

Образец держатель помещался в криостате, который позволял стационарно сохранять среднюю температуру образца в интервале (4,2 ÷ 210)К.

В классической области поперечных магнитных полей при выполнении условий

$\Omega\tau > 1$, $\hbar\Omega < kT$ магнетотермоэдс n-InSb с $n \sim (2 \cdot 10^{13} - 2 \cdot 10^{14}) \text{ см}^{-3}$ измерялась в работах [2, 3, 4, 6].

В [2] измерено $\Delta\alpha_{xx}^e$ в магнитном поле до 25 кОе при температурах °К: 22,5; 27; 33; 38 и показано что $\Delta\alpha_{xx}^e$ отрицателен и увеличивается по абсолютной величине с понижением температуры.

В работе [3] измерено $\Delta\alpha_{xx}^e$ при температурах °К: 96,5; 99; 101,4. Найдено, что $\Delta\alpha_{xx}^e$ положителен и растёт с ростом температуры.

В работе [4] измерено $\Delta\alpha_{xx}^e$ при температурах °К: 16,8; 24,8; 35; 87; 120,4. Найдено, что при температурах (16,8 ÷ 35)К $\Delta\alpha_{xx}^e$ отрицателен, а при температурах (87 ÷ 120,4)К $\Delta\alpha_{xx}^e$ положителен.

В работе [6] измерено $\Delta\alpha_{xx}^e$ при температурах °К: 67; 83; 110; 120; 160 и показано, что $\Delta\alpha$ положителен и растёт с ростом температуры.

Отметим, что в периодической литературе нет экспериментальной работы по измерению $\Delta\alpha_{xx}^e$ в классической области магнитных полей, в области температур, где термоэдс слабо зависит от поля. В частности не измерена α_{xx}^e в слабом поле в области температур (40 ÷ 60)К.

Интересно найти область температур, где изменение электронной доли магнетотермоэдс $\Delta\alpha_{xx}^e$ близко к нулю, т.е. где τ практически не зависит от энергии электрона.

С целью определения области температур при которой $\Delta\alpha_{xx}^e$ стремится к нулю была измерена магнетотермоэдс на образцах n-InSb с $n=2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, $n=1,6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ и $n=3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ в поперечном поле до 7кОе при средних температурах °К образца: 4,8; 22; 30; 42; 56; 60; 80; 100; 120. Образцы электронного антимонида индия были получены из ГИРЕДМЕТ (Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности).

Концентрация электронов определялась по измерению постоянной Холла.

Размеры образцов, на которых измерялась магнетотермоэдс были в пределах; длина (8-12)мм; ширина (1,5-3)мм; толщина (1-2)мм.

После шлифовки и травления в растворе CP-4 на образец наносили индиевые контакты и образец заправлялся в криостат для измерения термоэдс в магнитном поле до 7кОе, в интервале (4,2-210)К.

Ниже приведена схема расположения полупроводникового образца для измерения термоэдс в поперечном магнитном поле (рис.1)

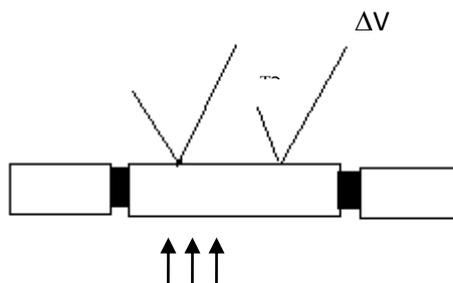


Рисунок 1 - Схема расположения полупроводникового образца для измерения термоэдс в поперечном магнитном поле

где T_1, T_2 – медь- константановые термопары, О –образец, П – нагреватель, Х – холодильник, $\Delta V_{тэ}$ – термоэлектрическое напряжение, Н – силовые линии магнитного поля.

В нулевом магнитном поле разность температур $\nabla T \approx 1,2\text{K}$ вдоль длины образца создавала сигнал не менее 30мкв, которая позволяла вычислить термоэдс. При включении магнитного поля контролировался ток нагревателя, чтобы удерживать постоянной разность температуры, которая была задана в нулевом поле.

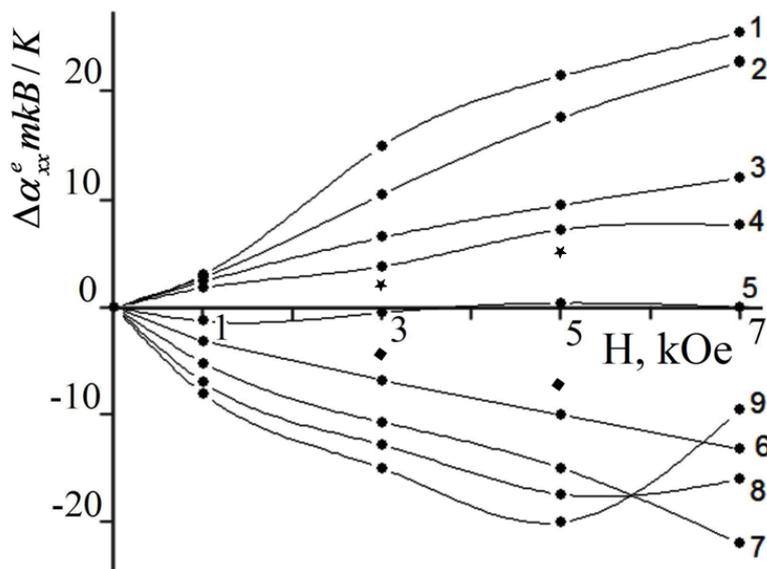


Рисунок 2 - Изменения термоэдс в поперечном магнитном поле.

—●— температурная и магнетополевая зависимости термоэдс n-InSb с $n=2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ в поле до 7 кОе при температурах °К: 1 - 120; 2 - 100; 3 - 80; 4 - 60; 5 - 56; 6 - 42; 7 - 30; 8 - 22; 9 - 4,8. Точки * $\Delta\alpha_{xx}$ образца с $n=1,6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ при $T_{cp}=60\text{K}$, а точки ◆ получены при $T_{cp}=42\text{K}$.

На рисунке 2 представлены в основном температурная и магнетополевая зависимости поперечной магнетотермоэдс n-InSb с $n=2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$ поскольку для более чистого образца (у которого концентрация примесей составляет $2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$) при наименьшем градиенте температуры можно более точно измерить α_{xx} при этих температурах. В более грязных образцах (для которых концентрация примесей больше $2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$) получались аналогичные по знаку значения α_{xx} но меньшие по величине. На рисунке 2 приведены также значения $\Delta\alpha_{xx}$ для образца с $n=1,6 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$ полученные при температурах 42К и 60К.

Из рисунка 2 видно, что термоэдс растет с полем при температуре выше 56К и уменьшается при температуре ниже 56 К. При температуре близкой к этой температуре $\Delta\alpha_{xx}^e$, стремится к нулю и можно считать, что в области температур близкой к данной температуре, время релаксации не меняется от энергии электрона.

Как видно из кривых 8 и 9 в магнитном поле выше 5 кОе термоэдс после насыщения увеличивается. Согласно теории, [1] рост величины термоэдс с увеличением магнитного поля обусловлен возрастанием электронной составляющей термоэдс пропорционально логарифму отношения $\hbar\Omega/2kT$.

Сравнение данных о термоэдс полученных разными авторами показало, что величины при одинаковых температурах разнятся в пределах точности измерений.

В работе [2,4] впервые было показано, что при выполнении условий квантования в магнитном поле ($\Omega\tau > 1$, $\hbar\Omega > kT$, $\varepsilon_F < 0$, где ε_F – энергия Ферми) благодаря возникновению уровней Ландау растут обе составляющие термоэдс, причем, резко увеличивается фоновая доля термоэдс. Найденное изменение на кривых 8 и 9 рисунка 2, по-видимому, можно отнести к началу роста электронной доли термоэдс в квантующем магнитном поле.

Основной результат этой работы заключается в том, что из измерений температурных и магнитных зависимостей термоэдс узкозонного полупроводника определена область температуры, в которой время релаксации носителей не зависит от энергии.

Библиографический список:

1. Б.М. Аскеров. Электронные явления переноса в полупроводниках (М. Наука, 1985).
2. Х.И. Амирханов, Р.И. Баширов, М.М. Гаджиалиев. ФТТ, **3**, 3743 (1961).
3. И.Л. Дричко, И.В. Мочан. ФТТ, **6**, 1902 (1964).
4. S.M. Puri, and T.H. Geballe. Phys. Rev., **136**, 1767 (1964).
5. S.M. Puri. Phys. Rev., **139**, 995 (1965).
6. М.М. Гаджиалиев. ФТП, **36**, 282 (2002)

ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 536.212

Гусейнов Г.Г.

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПОРИСТЫХ СТЕКОЛ, НАСЫЩЕННЫХ ФЛЮИДОМ

Guseinov G.G.

THE EFFECTIVE THERMAL CONDUCTIVITY OF POROUS GLASSES SATURATED WITH FLUIDS

Впервые экспериментально исследована эффективная теплопроводность пористых стекол, насыщенного диоксидом углерода (CO_2), н-гексаном (C_6H_{14}) и нефтью в интервале температур 290-380К и давлениях 1.333Па-18.7МПа.

Выявлены механизмы передачи тепла, изучалось влияние температуры и давления, оценивалась роль молекул CO_2 , C_6H_{14} и нефти, находящихся внутри пор, на поведение эффективной теплопроводности пористых стекол. Выявлены механизмы передачи тепла в пористых средах, насыщенных флюидом.

Ключевые слова: *теплопроводность, пористые стекла, диоксид углерода, н-гексан, нефть.*

Effective thermal conductivity of the porous glasses saturated with the carbon dioxide, n – hexane, and oil has been researcher in the temperature intervals from 290 K to 380 K and at the pressures from 1.333Pa to 18.7 MPa.

Heat passage mechanisms has been detected, the influence of temperature and pressure has been studies, the effect of CO_2 , C_6H_{14} , and oil molecules, being inside pores, on the behaviour of effective thermal conductivity of porous glasses. Heat passage mechanisms in the porous media saturated by fluid has been detected.

Key words: *thermal conductivity, porous glass, carbon dioxide, n-hexane, petroleum.*

В настоящее время в различных отраслях науки и техники широкое применение находят пористые материалы, насыщенные жидкостью или газом.

Одной из важных задач при их изучении является исследование их теплофизических свойств, в частности, коэффициента теплопроводности (λ).

Пористые материалы, насыщенные жидкостью или газом, являются сложными объектами.

Исследования λ в пористых материалах необходимы для моделирования и построения физической картины механизмов теплопередачи в неоднородных средах, и возможностей применения результатов исследований в народном хозяйстве.

Пористые среды, насыщенные флюидами недостаточно экспериментально изучены в широкой области параметров состояния [1-4].

Хотя на сегодняшний день и имеется в литературе теоретические разработки и формулы, по которым можно рассчитать эффективную теплопроводность ($\lambda_{эф}$) пористых сред, насыщенных жидкостью или газом, остается актуальной задача их экспериментального исследования, т.к. они дают более конкретные и точные значения теплопроводности.

Работа была проведена с целью изучения поведения эффективной теплопроводности пористого стекла, насыщенного н-гептаном (C_6H_{14}) и диоксидом углерода (CO_2), в широкой области параметров состояния.

Кроме того, ставилась задача и определения влияния разнородных по массе и структуре молекул (C_6H_{14}) и (CO_2), находящихся внутри пор, на эффективную теплопроводность пористого стекла.

В качестве объектов исследования были выбраны пористые спеченные материалы из стекла, имеющие твердый каркас и взаимопроникающие поры, которые являются модельными объектами исследования - они однородны и могут быть использованы как модели различных гетерогенных сред - рис.1. Пористые стекла имели плоский вид, определенный диаметр и толщину.

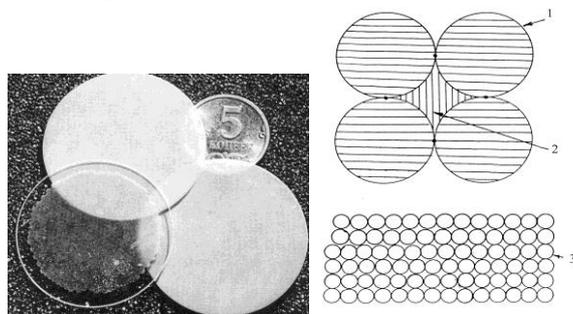


Рисунок 1 - Пористый образец с сообщающимися порами: а) вид образца, б) образец с указанием составляющих: 1 – зерно стекло; 2 – флюид в межзеренном пространстве; 3 – пористое стекло.

В работе использованы пористые стекла, изготовленные из: кварцевого стекла марки КВ, химически стойкого стекла ХС3, стекла АБ-1, которые имели среднюю пористость, соответственно 10%, 40%, 40%. Стекла имели средний размер пор, соответственно: $6 \cdot 10^{-5}$, $16 \cdot 10^{-6}$, $16 \cdot 10^{-6}$ м., диаметр $42 \cdot 10^{-3}$ м., толщину $3055 \cdot 10^{-6}$ м.

Стекла КВ, ХС3 и АБ-1 имели следующие составы: SiO_2 -99,9%; SiO_2 -71,5%, Na_2O -14,5%, CaO -6,5%, Al_2O_3 -2,5%, MgO -2,5%, B_2O_3 -2,0%, K_2O -0,5% и SiO_2 -75%, Na_2O -13%, CaO -4%, MgO -5%, Al_2O_3 -3%.

Другими объектами исследования были выбраны чистые вещества: C_6H_{14} и CO_2 , у которых теплопроводность достаточно хорошо изучена в широкой области параметров состояния [5]. Эти вещества в исследованной области температур и давлений стабильны и не разлагаются.

Для получения достоверных экспериментальных данных, измерения теплопроводности проведены абсолютным стационарным методом плоского горизонтального слоя.

Разработанные нами, и многократно проверенные высокоточные устройства [6,7], позволяют получать данные, с погрешностью, не превышающей 1,2%.

Измерение теплопроводности проводили по изобарам при фиксированной температуре, с изменением давления.

На рис.2. приведены результаты экспериментального исследования $\lambda_{эф}$ пористых стекол, изготовленные из: кварцевого стекла марки КВ, химически стойкого стекла ХС-3, стекла АБ-1, насыщенные CO_2 в интервале температур 290-370К, при различных давлениях. На рис.2 показана иерархия теплопроводности веществ, исследованных автором, а также приведены значения теплопроводности материалов, имеющиеся в литературе.

Из рис.2 видно, что с увеличением температуры $\lambda_{эф}$ пористых стекол, насыщенных CO_2 , растет, во всем исследованном интервале температур. Самую большую теплопроводность имеет плавленное кварцевое стекло марки КВ. Также, видно, что $\lambda_{эф}$ пористого кварцевого стекла, насыщенного CO_2 на 65-75 и 70-80% больше, чем у пористого стекла АБ-1 и ХС-3, насыщенного CO_2 , при давлении 10МПа.

По-видимому, это связано с тем, что кварцевое стекло более однородно, чем стекла АБ-1 и ХС-3. Причем $\lambda_{эф}$ в насыщенных образцах гораздо больше, чем в вакуумированном пористом стекле ХС-3 (см. рис.2).

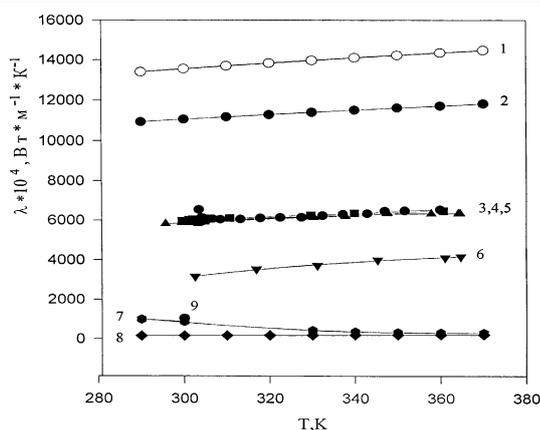


Рисунок 2 - Зависимости теплопроводности веществ от температуры: где 1,2,3,4,5,6,7,8, соответственно теплопроводности: 1 - кварц плавный марки КВ [8]; 2 - пористое кварцевое стекло, насыщенное CO_2 при давлении 18.7МПа; 3- пористое стекло АБ-1 (Пор16), насыщенное CO_2 при давлении 10МПа; 4,5 - пористое стекло ХС-3 (Пор16), насыщенное CO_2 при давлениях, соответственно 10МПа, 3.432МПа; 6 - пористое вакуумированное стекло ХС-3 (Пор16), при давлении 1.333Па; 7,8 - CO_2 при давлениях 10МПа и 0.1МПа [5]; 9 - CO_2 внутри пор стекла - расчет.

Рост теплопроводности по изобарам, в интервале температур 290-370К, для пористого кварцевого стекла (18.7МПа), стекла АБ-1 (10МПа) и ХС-3 (10МПа), насыщенного CO_2 , соответственно составляют 21%, 16% и 10.08%.

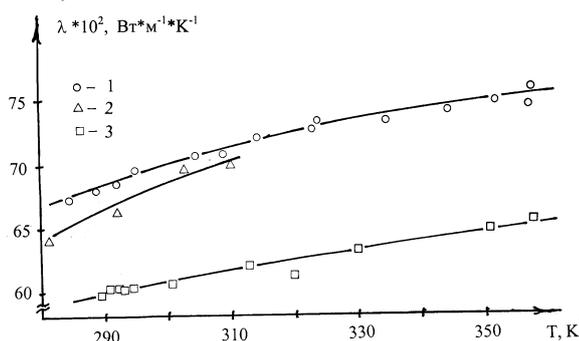


Рисунок 3 - Зависимость эффективной теплопроводности пористого стекла от температуры: 1,2,3 – соответственно: $\lambda_{\text{эф}}$ пористого стекла, насыщенного C_6H_{14} при давлении 10МПа, 0.1МПа, и CO_2 , при давлении 10МПа.

Приводятся результаты и экспериментального исследования $\lambda_{\text{эф}}$ пористого стекла, насыщенного C_6H_{14} и CO_2 , в интервале температур 290-370К и давлениях 0.1-10МПа – рис.3.

Из графика (см. рис.3) видно, что с увеличением температуры $\lambda_{\text{эф}}$ пористого стекла, насыщенного C_6H_{14} и CO_2 , растет. Кроме того, она растет и с увеличением давления от 0.1МПа до 10МПа.

Рост $\lambda_{\text{эф}}$ в зависимости от температуры, для пористого стекла, насыщенного C_6H_{14} и CO_2 , соответственно: 11,03% и 10,08%. Кроме того, в одном и том же образце, и при одних и тех же параметрах, $\lambda_{\text{эф}}$ в насыщенных C_6H_{14} образцах больше, чем в образцах с CO_2 (см. рис.3). В интервале температур 290-370К оно достигается 15,27%, в то время, как разница между теплопроводностью C_6H_{14} и CO_2 в свободном состоянии, при тех же параметрах, составляет 46-244%.

На рис.4. приводятся результаты экспериментального исследования $\lambda_{\text{эф}}$ молибденового стекла С52-1, насыщенного C_6H_{14} и CO_2 , в интервале температур 290-370К и давлениях 0.1-10МПа – Рис.4.

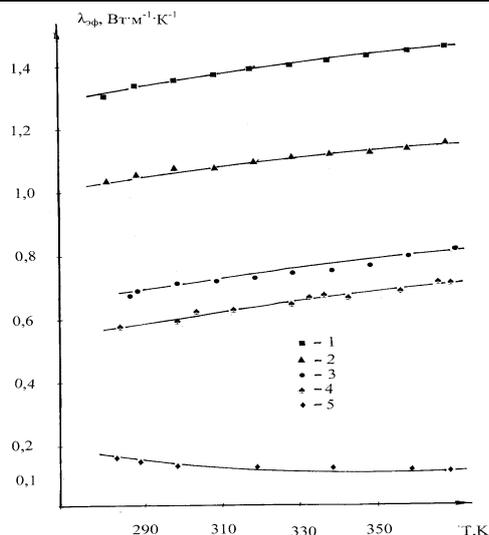


Рисунок 4 - $\lambda_{эф}$ пористого стекла, насыщенного н-гексаном, в интервале температур 290-370К и давлениях 0.1-10МПа, где 1,2,3,4,5 – соответственно: теплопроводность плавленого кварца КВ; теплопроводность молибденового стекла (сплошного) – С52-1; $\lambda_{эф}$ пористого стекла ХС-3, насыщенного C_6H_{14} ; $\lambda_{эф}$ пористого – молибденового стекла С52-1, насыщенного C_6H_{14} ; теплопроводность C_6H_{14} ; при давлении 10МПа.

Из графика видно, что с увеличением температуры $\lambda_{эф}$ пористого стекла, насыщенного н-гексаном растет в исследованном интервале температур составляет 18,93%.

Кроме того, видно, $\lambda_{эф}$ в насыщенных н-гексаном больше, в образцах, где матрица изготовлена из стекла ХС-3, чем - в образцах из стекла С52-1. В интервале температур 290-370К оно достигает 16%. По – видимому, это связано с большим процентным содержанием диоксида кремния в стекле ХС-3, по сравнению со стеклом С52-1.

Экспериментально исследована эффективная теплопроводность пористого стекла, насыщенного нефтью в интервале температур 295-380К и давлении 10МПа. Образцами являлись: пористое стекло с размером пор 16мкм, пористостью 40%; дегазированная нефть (завод Каспий-1, г. Махачкала).

Исследования показывают, что $\lambda_{эф}$ пористого стекла, насыщенного нефтью с повышением температуры растет во всем исследованном интервале температур. $\lambda_{эф}$ для пористого стекла, насыщенного нефтью больше, чем насыщенного чистым углеводородом (н-гексан).

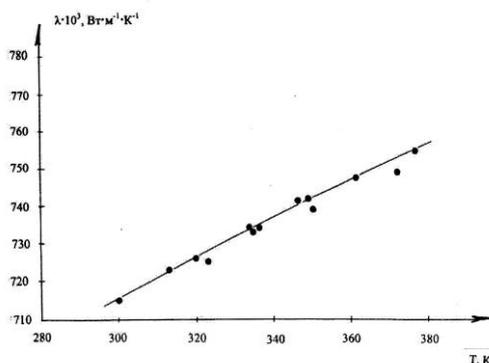


Рисунок 5 - Зависимость эффективной теплопроводности ($\lambda_{эф}$, $Вт \cdot м^{-1} \cdot К^{-1}$) пористого стекла (со средним размером пор $16 \cdot 10^{-6}м.$), насыщенного нефтью от температуры (Т, К) при давлении 10 МПа.

В последнее время интенсивно исследуются наножидкости (размер частиц 1-100нм) [14]. Нефть, является смесью углеводородов и, по сути, является наножидкостью.

Еще больший интерес вызывают исследования теплопроводности пористых сред, у которых резко выраженная удельная поверхность, что существенным образом влияет на $\lambda_{эф}$ пористой среды, насыщенной флюидом. Здесь начинают проявляться размерные эффекты, и влияние наноструктур [13].

Экспериментальное исследование пористых сред, насыщенных флюидами отвечает этому.

Проведенные исследования (см. рис.1,2,3,4,5) показывают, что рост $\lambda_{эф}$ пористого стекла, насыщенного флюидом происходит почти по линейному закону.

Это соответствует утверждению Киттеля [9], о том, что в аморфных материалах при комнатных и более высоких температурах теплопроводность определяется соотношением:

$$\lambda = \text{const} \cdot T \quad (1)$$

Пористые стекла, насыщенные флюидом представляют систему, состоящую из многих фаз – (твердое тело, жидкость и газ) [10].

В пористом стекле, насыщенном диоксидом углерода, тепло передается через скелет каркас (зерно), контактные пятна, молекулами газа или жидкостью, и излучением:

$$Q = Q_{\text{кондук}} + Q_{\text{конвек}} + Q_{\text{рад}} \quad (2)$$

где $Q_{\text{конд.}}$, $Q_{\text{конв.}}$, $Q_{\text{рад.}}$, соответственно, кондуктивная, конвективная и радиационная составляющие передачи тепла.

Радиационная составляющая теплопроводности оценена по формуле [11]:

$$\lambda = 2 \cdot \varepsilon^2 \cdot \sigma \cdot T^3 \cdot h \quad (3)$$

Она мала - $3 \cdot 10^{-5}\%$ от $\lambda_{эф}$ для пористого стекла, и $\approx 7 \cdot 10^{-6}\%$ от величины теплопроводности кварцевого стекла, и ею можно пренебречь.

Передачу тепла конвекцией не учитывали из-за ограниченного размера пор и микроразорв на стыке частиц, что препятствует возникновению конвекции.

Передача тепла в пористом стекле, насыщенном C_6H_{14} и CO_2 , в основном, осуществляется теплопроводностью основы-скелета пористого материала (аморфное вещество), где имеет место фонный механизм передачи тепла, и теплопроводностью насыщающего флюида.

Факт того, что $\lambda_{эф}$ пористых стекол, различных марок, насыщенных флюидами, при одинаковых параметрах, меньше λ стекла матрицы, можно объяснить возникновением теплового сопротивления, искривлением линий теплового потока и их стягиванием к микропятнам касания зерен - механизм рассеяния фононов на неоднородностях.

Результаты исследований, также, показывают, что $\lambda_{эф}$ пористого кварцевого стекла, насыщенного флюидом больше, чем у стекол марок ХС-3, АБ-1, С52-1, что и подтверждают результаты, показанные на графиках. Причина такого поведения, по-видимому, связана с тем, что структура кварцевого стекла более однородна, что приводит к меньшему рассеянию фононов на неоднородностях в стекле.

Полученные экспериментальные результаты по теплопроводности пористых стекол могут внести определенный вклад в деле более точного выявления механизмов передачи тепла теплопроводностью в стеклах, в исследованном интервале температур.

Результаты экспериментального исследования $\lambda_{эф}$ пористого стекла, насыщенного диоксидом углерода, мы решили сравнить с вычисленными значениями $\lambda_{эф}$ пористого стекла, насыщенного CO_2 , полученным по известным из литературы уравнениям, и сделать соответствующие выводы. Для расчета теплопроводности стекла (зерна) воспользовавшись формулой Миснар А. [4], зная доли компонентов пористого стекла:

$$\lambda = 9,3 \cdot 10^{-2} \cdot n \cdot M^{-5/6} \cdot (T_{пл} \cdot \rho)^{1/2} \quad (4)$$

Для использованного в нашей работе пористого стекла ХС3 доли компонентов таковы: $P_{SiO_2}=0,715$; $P_{Na_2O}=0,145$; $P_{CaO}=0,065$; $P_{Al_2O_3}=0,025$; $P_{Al_2O_3}=0,025$.

Тогда $\lambda_{эф}$ (ст. матрицы) = $1,1066(\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1})$.

Для вычисления $\lambda_{эф}$ пористых стекол, насыщенных флюидом, мы выбрали формулу Литовского Е. Я. [12]:

$$\lambda_{эф} / \lambda_{ТВ} = (1-P) \cdot (1-P)^{1/2} + P^{1/4} \cdot \gamma \quad (5)$$

где соответственно: $\lambda_{эф}$, $\lambda_{ТВ}$, $\lambda_{пор}$ - теплопроводность пористого материала, материала матрицы и вещества внутри пор; $\gamma = \lambda_{пор} / \lambda_{ТВ}$; P - пористость.

Рассчитаем эффективную теплопроводность пористого стекла, насыщенного диоксидом углерода, при $T = 300\text{К}$ по формуле (5).

Тогда, учитывая, что:

$$\lambda_{ТВ} = 1,1066 (\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}), P = 0,4; \lambda_{CO_2} (T = 300 \text{ К}, P = 10\text{МПа}) = 0,0874 (\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}),$$

получим: $\lambda_{эф} = \lambda_{ТВ} \cdot (1-P) \cdot (1-P)^{1/2} + P^{1/4} \cdot \lambda_{CO_2}$, откуда, для пористого стекла, насыщенного CO_2 - $\lambda_{эф} = 0,591223(\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1})$.

Для пористого же стекла, насыщенного CO_2 при температуре 300К и при давлении 10МПа экспериментальное значение $\lambda_{эф} = 0,5961 (\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1})$. Расхождение составляет (-0,818151%).

Проведенные исследования показывают, что передача тепла в пористых - гетерогенных материалах, в основном, осуществляется по скелету – матрице, и только его часть передается по флюиду, находящемуся в межпоровом пространстве.

Выяснено, что основным механизмом передачи тепла в пористых средах, насыщенных флюидом является теплопроводность, а конвекция и излучение имеет очень малые значения (при исследованных параметрах), и не учитываются в этих условиях. Установлено, что аддитивность для гетерогенных сред теплопроводности не выполняется.

Полученные результаты, также, могут быть использованы для решения прикладных задач - изучению структуры теплового поля земной коры, и процессов, связанных с поисками, разведкой, разработкой нефтяных и газовых месторождений, способствует расширению задач термокаротажа скважин.

Библиографический список:

1. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. Москва: ГИФМЛ, 1962. – 456с.
2. Морохов И.Д., Лаповок Л.И. Физические явления в ультрадисперсных средах. Москва: Энероатомиздат, 1984. – 224с.
3. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Ленинград: Энергия, 1974. – 264с.
4. Миснар А. Теплопроводность твердых тел, жидкостей, газов и их композиций. Москва: Мир, 1968. – 464с.
5. Варгафтик Н.Б., Филиппов Л.П., Тарзиманов А.А. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов. Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 352с.
6. Патент Российской Федерации № 2096773 кл. 6 G 01 N25/20. Гусейнов Г.Г. Устройство для измерения теплопроводности. – Бюллетень. Изобретения.ВНИИПИ. М. 1997, № 32, ч.2, С.345.
7. Патент Российской Федерации № 2124717 кл. 6 G 01 N25/18. Гусейнов Г.Г. Устройство для измерения теплопроводности. – Бюллетень. Изобретения. ВНИИПИ. М. 1999, № 1, С.414
8. ГСССД 660-84. Кварц плавный марки КВ. Коэффициент теплопроводности в диапазоне температур 80-500К. Москва: Издательство стандартов, 1985. 16с

9. Kittel, C. Interpretation of thermal conductivity of glasses // *Phys. Rev.* – 1949, v. 75. N 6. p. 972-985.
10. Хейфец Л.И., Неймарк А.В. Многофазные процессы в пористых средах. Москва: Химия, 1982. – 319с.
11. Мень А.А., Сеттарова З.С. Степень черноты кварцевого стекла // *Теплофизика высоких температур* . - 1972, т. 10, №2. – С. 279-284.
12. Литовский Е.Я. Интерполяционная формула для выражения зависимости теплопроводности от пористости твердых материалов // *Известия АН СССР Неорганические материалы*. – 1980, № 16, С. 559-569.
13. Гусейнов Г.Г. Экспериментальное исследование максимумов теплопроводности пористого стекла, насыщенного диоксидом углерода // *Известия Самарского НЦ РАН*, 2009, т.11, № 5 (2), с.390-393.
14. Calvin H. Li., Peterson G. P. The effect of particle size on the effective thermal conductivity of Al₂O₃ - water nanofluids // *J. Appl. Phys.* 101, 044312 (2007); doi:10.1063/1.2436472

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 681.21

Кадиев И.П., Кадиев П. А.

ОБ ОДНОМ КЛАССЕ КОМБИНАТОРНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ

Kadiev I.P., Kadiev P.A.

ABOUT ONE CLASS OF COMBINATORY CONFIGURATIONS

В статье предложен класс комбинаторных конфигураций, построенных на основе $n \times n$ – матриц, определенные авторами как «циркулянты матрицы», предложены методы формирования, определено возможное число конфигураций и приведены некоторые их свойства.

Ключевые слова: комбинаторика, конфигурация, множества, матрица, циркулянт матрицы.

The articles descry a new class combinatory configurations - circulate of matrixes and methods them formed.

Key words: class configurations, circulate, matrixes.

Для последних десятилетий характерен рост интереса к разделу математики, известному как комбинаторика. Это объясняется расширением областей ее применения при моделировании и исследований различных явлений и процессов.

Одной из базовых задач комбинаторной математики является создание и исследование свойств комбинаторных комбинаций, под которыми понимается любая система подмножеств конечного множества произвольной природы или, в общем случае, система подмножеств совокупности конечных множеств.

Задачи комбинаторики главным образом сводятся к изучению правил построения конфигураций, взаимного расположения подмножеств элементов в них и определению количества возможных конфигураций этого класса.

К числу наиболее распространенных комбинаторных конфигураций можно отнести – подмножества, образованные из элементов конечных множеств типа перестановки, подстановки, сочетания и размещения элементов этих множеств.

В данной работе в качестве исходного объекта, на основе которого строятся комбинаторные конфигурации, рассматривается, в отличие от выше указанных, не одно конечное множества и конфигурации, составленные на ее основе, а $n \times n$ - матрицы, строки (или столбцы) которых являются множествами, образованными из n элементов (n - множества).

Ставится задача создания комбинаторных конфигураций в виде матриц путем преобразования исходных, которые обладают теми или иными свойствами, определение правил их построения и их количества.

В комбинаторике принято различать три основных класса задач существования комбинаторных конфигураций.

К первому классу относятся задачи **существования и построения**. В них существование конфигураций, удовлетворяющих заданным требованиям, находятся под вопросом. Требуется их построить, предложить способы их формирования. К ним относятся задачи подстановки, и часто они связаны с формированием конфигураций в виде матриц, образованных из элементов конечного множества или конечных множеств, строки и столбцы которых являются перестановками элементов исходных конечных множеств.

Задачи второго класса известны как **перечислительные**. В них существование интересующей исследователя конфигурации не вызывает сомнения, неясен вопрос об их количестве. Примерами таких задач являются классические задачи о сочетаниях и размещениях элементов множеств.

Задачи **выбора**, в которых интересующие исследователя конфигурации заведомо существуют и ищутся связанные с ними конфигурации, удовлетворяющие дополнительным требованиям.

Поставленная в данной работе задача может быть отнесена к третьему классу. Конфигурации в виде $n \times n$ – матриц, строки которых представляют n – множества, известны, ищутся матричные конфигурации, которые могут быть построены на их базе.

В работе предлагаются три матричные конфигурации, правила их формирования и определено возможное количество конфигураций каждого типа.

В конфигурациях первого типа в каждом столбце матрицы располагаются один и только один элемент из каждого столбца и каждой строки исходной $n \times n$ – матрицы. Индексы этих элементов принимают, не повторяясь, значения от 1 до n .

Для формирования конфигурации, обладающей указанными выше свойствами, необходимо в исходной матрице каждую i – ую) строку ($i=1,n$) сдвинуть циклически в одну и ту же сторону на $(i - 1)$ позицию. Это свойство полученной конфигурации сохраняется при любых перестановках столбцов. Общее число конфигураций, обладающих этим свойством, равно $n!$.

В качестве примера ниже приведена конфигурация A^* , обладающая указанными выше свойствами, сформированная на базе матрицы

$A_{5 \times 5}$ путем сдвига ее строк по указанному выше алгоритму.

$$A = \begin{vmatrix} A_{11}A_{12}A_{13}A_{14} A_{15} \\ A_{21}A_{22}A_{23} A_{24}A_{25} \\ A_{31}A_{32}A_{33}A_{34}A_{35} \\ A_{41}A_{42} A_{43}A_{44}A_{45} \\ A_{51} A_{52}A_{53}A_{54}A_{55} \end{vmatrix} \quad A^* = \begin{vmatrix} A_{11}A_{12}A_{13}A_{14}A_{15} \\ A_{22}A_{23}A_{24}A_{25}A_{21} \\ A_{33}A_{34}A_{35}A_{31} A_{32} \\ A_{44}A_{45} A_{41}A_{42} A_{43} \\ A_{55} A_{51}A_{52}A_{53}A_{54} \end{vmatrix}$$

Если в исходной матрице выполнить сдвиги по столбцам, каждый

j –ый столбец сдвинуть в одну и ту же сторону на $(j-1)$ –у позицию, то формируется конфигурация второго типа, в которой указанными свойствами обладают строки конфигурации: в каждой строке один и только один элемент из строк и столбцов исходной матрицы и значения индексов элементов строк принимают, не повторяясь, значения от 1 до n . Это свойство сохраняется при любых перестановках строк полученной конфигурации. Общее число перестановок, определяющих общее число конфигурации указанного типа, равно числу перестановок строк - $n!$.

Для приведенной выше матрицы $A_{5 \times 5}$ сформированная по приведенному алгоритму конфигурация A^{**} имеет вид:

$$A^{**} = \begin{vmatrix} A_{11}A_{22}A_{33}A_{44}A_{55} \\ A_{21}A_{32}A_{43}A_{54}A_{15} \\ A_{31}A_{42}A_{53}A_{14} A_{25} \\ A_{41}A_{52} A_{13}A_{24} A_{35} \\ A_{51} A_{12}A_{23}A_{34}A_{45} \end{vmatrix}$$

Конфигурации третьего типа обладают свойствами, присущими конфигурациям обеих рассмотренных выше типов. Для формирования конфигурации третьего типа необходимо последовательно выполнить указанные выше операции сдвиги по строкам и столбцам. В полученной конфигурации в каждой строке и в каждом столбце будет один и только один элемент из каждой строки и каждого столбца исходной конфигурации - $n \times n$ – матрицы, оба индекса элементов строк и столбцов будут принимать, не повторяясь, значения от 1 до n .

Для приведенной выше матрицы $A_{5 \times 5}$ сформированная по приведенному алгоритму конфигурация $A_{лк}$ имеет вид:

$$A_{лк} = \begin{vmatrix} A_{11}A_{23}A_{35}A_{42}A_{54} \\ A_{22}A_{34}A_{41}A_{53}A_{15} \\ A_{33}A_{45}A_{52}A_{14} A_{21} \\ A_{44}A_{51} A_{13}A_{25} A_{32} \\ A_{55} A_{12}A_{24}A_{31}A_{43} \end{vmatrix}$$

Эти свойства конфигурации типа $A_{лк}$ остаются неизменными при любых перестановках ее строк и столбцов. Общее число таких конфигураций и число таких перестановок этого типа равно $n! (n-1)!$.

Комбинаторной конфигурацией, образованной из элементов конечного множества, близкой по способу построения к предлагаемой в работе, является циркулянтная матрица или просто циркулянт [1].

Циркулянт конечного множества представляет собой матрицу, строки которой являются перестановками элементов только одного конечного множества. Каждая строка этой конфигурации получается из расположенной сверху строки циклическим сдвигом ее элементов в одном и том же направлении на одну позицию.

Ниже, в качестве примера, приведен циркулянт $A_{ц}$ конечного множества

$$A = (A_1A_2A_3A_4A_5).$$

$$A_{ц} = \begin{vmatrix} A_1A_2A_3A_4 A_5 \\ A_2A_3A_4 A_5A_1 \\ A_3A_4A_5A_1A_2 \\ A_4A_5 A_1A_2A_3 \\ A_5 A_1A_2A_3A_4 \end{vmatrix}$$

Предлагаемые выше конфигурации являются обобщением принципов построения циркулянтов на множествах, которые могут быть представлены в виде строк матрицы. Последние могут рассматриваться как конфигурации, каждая строка которых является n -множеством. Поэтому предлагаемые конфигурации могут рассматриваться, в отличие от циркулянтных матриц, как *циркулянты матриц*. При этом можно различать «*строчные циркулянты матрицы*», образованные сдвигами строк матрицы, «*столбцевые циркулянты матрицы*», образованные сдвигами столбцов матрицы и «*полные циркулянты матрицы*», образованные сдвигами в последовательности «строки-столбцы» или «столбцы-строки» по приведенным выше алгоритмам.

При выборе сдвигов в порядке «строки – столбцы» образуются конфигурации транспонированные по отношению к конфигурациям, построенным в последовательности сдвигов «столбцы-строки», и наоборот.

Как отмечалось выше, из приведенных выше комбинаторных конфигураций путем перестановок строк, столбцов или тех и других могут быть сформированы указанное выше количество конфигураций, обладающих теми же свойствами. Так, например, путем перестановок строк и столбцов можно сформировать конфигурации с расположением любого из элементов $n \times n$ – матрицы на любом из $n \times n$ мест в формируемой конфигурации.

Это обстоятельство позволяет отметить, что приведенные выше алгоритмы позволяют формировать *базовые* или *производящие конфигурации*.

Следует отметить, что приведенные выше базовые комбинаторные конфигурации могут быть получены и по другим алгоритмам, отличным от сдвиговых. Так, расположив любой из элементов исходной матрицы на любой из $n \times n$ позиций, при известном значении первого индекса этого элемента, первый индекс следующего за ним элемента в этой же строке на единицу больше, а второй индекс на две единицы больше. Если первый индекс элемента строки равен числу элементов в множествах – n , то первый индекс следующего элемента в строке по циклу равен 1, второй индекс этого элемента при равенстве второго индекса предшествующего элемента ($n-1$) равен 1, а при индексе равном n , равен 2. Пользуясь этим правилом, могут быть определены все элементы этой строки. Индексы элемента в столбце стоящего ниже рассматриваемого элемента определяются прибавлением к индексам вышестоящего элемента единицы. Если при прибавлении получается число большее, чем n , то индекс принимается равным единице. Индексация элементов строк и столбцов выполняется по циклам в одном и том же направлении: в строках слева направо, в столбцах – сверху вниз. В качестве характеристик предлагаемых классов конфигураций, отражающих указанные выше свойства, может быть предложена таблица инцидентности элементов и множеств, образующих строки или столбцы приведенных конфигураций.

В качестве примера ниже приведена таблица 1 инцидентности конфигураций третьего типа, являющаяся обобщением характеристик всех трех типов.

Таблица 1 - Матрица инцидентности конфигураций третьего типа

Множества - строки матрицы A	Элементы множеств A_i	Столбцы циркулянты $A_{лк}$				
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
A ₁	A ₁₁	1	0	0	0	0
	A ₁₂	0	1	0	0	0
	A ₁₃	0	0	1	0	0
	A ₁₄	0	0	0	1	0
	A ₁₅	0	0	0	0	1
A ₂	A ₂₁	0	0	0	0	1
	A ₂₂	1	0	0	0	0
	A ₂₃	0	1	0	0	0
	A ₂₄	0	0	1	0	0
	A ₂₅	0	0	0	1	0
A ₃	A ₃₁	0	0	0	1	0
	A ₃₂	0	0	0	0	1
	A ₃₃	1	0	0	0	0
	A ₃₄	0	1	0	0	0
	A ₃₅	0	0	1	0	0
A ₄	A ₄₁	0	0	1	0	0
	A ₄₂	0	0	0	1	0
	A ₄₃	0	0	0	0	1
	A ₄₄	1	0	0	0	0
	A ₄₅	0	1	0	0	0
A ₅	A ₅₁	0	1	0	0	0
	A ₅₂	0	0	1	0	0
	A ₅₃	0	0	0	1	0
	A ₅₄	0	0	0	0	1
	A ₅₅	1	0	0	0	0

Пусть на множестве $A = \{A_i\}_1^n$, где $A_i = (A_{i1}, A_{i2}, A_{i3}, \dots, A_{in})$, задана конфигурация A^{**} , состоящая из подмножеств $S = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_n)$, образующих ее строки (или столбцы). Элемент A_{ij} принадлежит подмножеству S_k , если он входит в качестве элемента в это подмножество (в соответствующую строку или столбец матрицы $A_{лк}$). Составим таблицу 1, в которой в качестве строк рассматриваются элементы множеств A_i , образующих строки исходной матрицы A_{ij} , общее число которых равно $n \times n$, в качестве столбцов - строки полученной конфигурации $A_{лк} - S = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_n)$. На пересечении строки A_{ij} и столбца

S_k заносится цифра 1, если элемент A_{ij} принадлежит в конфигурации строке S_k , в противном случае - цифра 0.

В этой таблице устанавливается инцидентность элементов исходных множеств A_i и подмножеств S_k , образующих столбцы комбинаторной конфигурации - полной циркулянты матрицы $A_{лк}$. Для рассмотренного выше примера конфигурации $A_{лк}$, составленной по исходной матрице A размерности 5×5 , таблица инцидентности имеет вид, приведенный ниже.

Как видно из таблицы 1 инцидентности элементов множеств A_1-A_5 , образующих строки исходной матрицы A , и строк построенной конфигурации $A_{лк}$, каждый из элементов A_{ij} множеств A_1-A_5 входит в одно и только в одно из полученных подмножеств S_k , образующих строки матрицы $A_{лк}$, о чем свидетельствует наличие только одного символа 1 в каждой из строк.

Из столбцов матрицы инцидентности видно, что подмножества S_k включают в себя только элементы, имеющие неповторяющиеся индексы на обеих позициях.

В качестве примера практического применения предлагаемых конфигураций можно указать использование их при решении таких важных вопросов, связанных с повышением эффективности информационных процессов, как перемежение символов путем перестановки элементов двумерных информационных массивов для:

- организации скремблирования, имеющего назначением защиту информации от несанкционированного доступа;
- защиты от пачек ошибок, вызывающих стирание большой группы последовательно следующих символов в потоках данных;
- устранения статистических связей между символами источников дискретной информации с целью устранения естественной избыточности их сообщений, повышения энтропии и эффективности процессов сжатия данных, передачи и хранения информации.

При этом в качестве матриц могут рассматриваться двумерные информационные массивы. Элементами матриц могут выступать символы, группа символов (слова), цифры, числа и другие объекты, несущие информацию. Для повышения эффективности информационных процессов, связанных с решением перечисленных выше практических задач, могут быть использованы различные алгоритмы последовательности считывания элементов массивов: по строкам, по столбцам, по строкам и столбцам.

В заключение следует отметить, что разработана и получила государственную регистрацию программа формирования одного из классов предлагаемых комбинаторных конфигураций [2]. Наряду с приведенными в данной работе алгоритмами формирования конфигураций, путем сдвигов элементов строк и столбцов матрицы, в [3] авторами приведены алгоритмы, позволяющие строить эти конфигурации с расположением любого элемента исходной матрицы на любом из $n \times n$ позиций в конфигурации.

Библиографический список

1. В.Е. Тараканов Комбинаторные задачи и $(0,1)$ - матрицы. М.; Наука, 1985, с.193
2. П. А. Кадиев, М. З. Зейналов Программа преобразования матриц методом латинских квадратов. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2009616143 от 9.11.2009г.
3. П.А.Кадиев, И.П. Кадиев, М.З. Зейналов Алгоритмы преобразования «классических» матриц в 2-х индексные латинские квадраты. Вестник ДГТУ, Технические науки, № 17, 2010, стр.93-99

УДК 622.276.031

Баламирзоев А.Г., Зербалиев А.М., Иванов В.В.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ УПРУГОЙ ЖИДКОСТИ В НЕОДНОРОДНОМ ПЛАСТЕ

Balamirzoev A.G., Zerbaliev A.M., Ivanov V.V.

MATHEMATICAL MODELING OF UNSTEADY FILTRATION OF ELASTIC LIQUID IN AN INHOMOGENEOUS RESERVOIR

В статье рассматривается возможность численного решения двумерной задачи нестационарной фильтрации упругой жидкости в неоднородном пласте. Задача о нахождении распределения давления $p(x,y,t)$ в процессе эксплуатации залежи сведено к решению дифференциального уравнения параболического типа с переменными коэффициентами. Задача решена приближенно с использованием метода конечных разностей.

Ключевые слова: *фильтрация, пласт, упругая жидкость, давление, конечные разности.*

The article considers the possibility of numerical solution of two-dimensional problem of unsteady filtration in an inhomogeneous elastic liquid reservoir. The problem of finding the distribution of the pressure $p(x,y,t)$ in the process of exploitation of deposits is reduced to the solution of a differential equation of parabolic type with variable coefficients. The problem is solved approximately by using the method of finite differences.

Key words: *filtration, plastic, elastic fluid pressure, finite difference.*

В последние годы математическим моделированием (в том числе и численным) стали пользоваться как важнейшим инструментом при проектировании и контроле за разработкой нефтегазовых месторождений [1-2]. Применение современных ЭВМ позволяет решать гидродинамические задачи, связанные с разработкой, в очень широкой и полной постановке.

Пусть в горизонтальной плоскости (x,y) имеется область D_l занятая нефтью и содержащая скважины-точечные источники или стоки. Будем считать, что пласт - неоднородный по проницаемости: $k_0 = k_0(x,y)$, а разработка залежи ведется при упругом режиме фильтрации. Для простоты будем предполагать, что область фильтрации D_l имеет форму прямоугольника: $X_1 \leq x \leq X_2$, $Y_1 \leq y \leq Y_2$ (рис. 1).

На границах области фильтрации $x = X_1$, $x = X_2$ и $y = Y_2$ задано, соответственно, распределение давлений

$$p = p_1(y,t), \quad p = p_2(y,t), \quad p = p_3(x,t).$$

Подошва пласта $y = y_l$ считается непроницаемой, т. е. на этой границе нормальная составляющая скорости фильтрации (или $\partial p / \partial y$) равна нулю.

Пусть в начальный момент времени t_0 в пласте (область D_l) задано распределение давления по координатам, т.е. $p = p_0(x,y)$ при $t = t_0$.

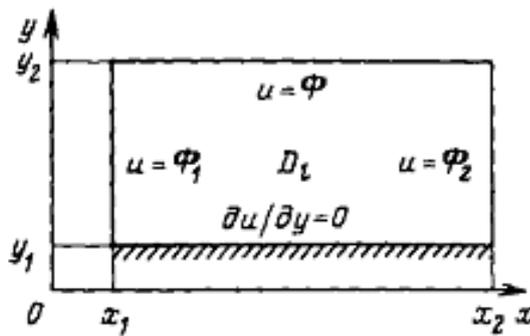


Рисунок 1 - Схема области фильтрации упругой жидкости

Тогда задача о нахождении распределения давления $p(x,y,t)$ в процессе эксплуатации залежи сводится к решению (интегрированию) дифференциального уравнения параболического типа (типа теплопроводности) с переменными коэффициентами, которое можно представить в обобщенном виде

$$b \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial p}{\partial y} \right) + f,$$

$$b = b(x, y), \quad k = k(x, y), \quad f = f(x, y, t) \quad (1)$$

в области $D = D_l \times D_T, D_T = \{t \geq t_0\}$

при следующих начальных и граничных условиях:

$$p = \varphi(x, y) \text{ при } t = t_0; \quad (2)$$

$$p = \phi_1(y, t) \text{ при } x = X_1; \quad (3)$$

$$p = \phi_2(y, t) \text{ при } x = X_2; \quad (4)$$

$$\partial p / \partial y = 0 \text{ при } y = Y_1; \quad (5)$$

$$p = \psi(x, t) \text{ при } y = Y_2 \quad (6)$$

Здесь искомая функция $p(x, y, t)$ соответствует давлению; $k = k_0(x, y) / \eta$, $b \equiv \beta^* = m\beta_{ж} + \beta_c$ - коэффициент упругости пласта; f - плотность источников и стоков, моделирующих работу добывающих и нагнетательных скважин.

Будем решать задачу приближенно с использованием метода конечных разностей. Для этого заменим непрерывную область ее дискретным аналогом-квадратной сеточной областью (рис.2):

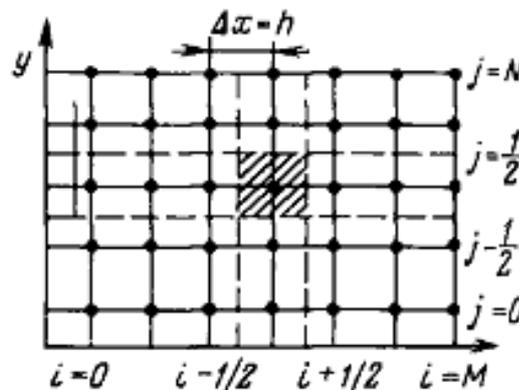


Рисунок 2 - Дискретный аналог непрерывной области фильтрации

$$D_{ih} \{x_i, y_j\}; \quad x_i = ih; \quad y_j = jh; \quad (i = \overline{0, M}, \quad j = \overline{0, N})$$

Построим далее конечно-разностный аналог уравнения (1), используя интегро-интерполяционный метод.

Выделим в области D_l квадрат с центром в точке (x_i, y_j) и сторонами, образованными отрезками линий $x = x_i \pm h/2$, $y = y_j \pm h/2$ (см.рис.2). Рассмотрим тройной интеграл от обеих частей уравнения (1):

$$\int_{t_n}^{t_{n+1}} \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} \int_{y_{j-1/2}}^{y_{j+1/2}} b \frac{\partial p}{\partial t} dy dx dt = \int_{t_n}^{t_{n+1}} \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} \int_{y_{j-1/2}}^{y_{j+1/2}} \left(\frac{\partial}{\partial x} k \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k \frac{\partial p}{\partial y} + f \right) dy dx dt$$

Выполнив интегрирование по каждому слагаемому в порядке, соответствующем типу производной, получим:

$$\int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} \int_{y_{j-1/2}}^{y_{j+1/2}} b(p^{n+1} - p^n) dy dx = \int_{t_n}^{t_{n+1}} \int_{y_{j-1/2}}^{y_{j+1/2}} \left[\left(k \frac{\partial p}{\partial x} \right)_{i+1/2} - \left(k \frac{\partial p}{\partial x} \right)_{i-1/2} \right] dy dt +$$

$$+ \int_{t_n}^{t_{n+1}} \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} \left[\left(k \frac{\partial p}{\partial y} \right)_{j+1/2} - \left(k \frac{\partial p}{\partial y} \right)_{j-1/2} \right] dy dt + \int_{t_n}^{t_{n+1}} \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} \int_{y_{j-1/2}}^{y_{j+1/2}} f dy dx dt.$$

Это соотношение - точное. Используя формулы приближенного интегрирования, представим его в следующем виде

$$\left[b(p^{n+1} - p) \right]_{x=x_i^{(1)}, y=y_j^{(1)}} \Delta x \Delta y = \left[\left(k \frac{\partial p}{\partial x} \right)_{i+1/2} - \left(k \frac{\partial p}{\partial x} \right)_{i-1/2} \right]_{y=y_j^{(2)}, t=t_n^{(2)}} \Delta y \Delta t +$$

$$+ \left[\left(k \frac{\partial p}{\partial y} \right)_{j+1/2} - \left(k \frac{\partial p}{\partial y} \right)_{j-1/2} \right]_{x=x_i^{(3)}, t=t_n^{(3)}} \Delta x \Delta t + f(x_i^{(4)}, y_j^{(4)}, t_n^{(4)}) \Delta x \Delta y \Delta t, \quad (7)$$

$$x_i \leq \{x_i^{(\alpha)}\} \leq x_{i+1}; \quad y_j \leq \{y_j^{(\beta)}\} \leq y_{j+1}; \quad t_n \leq \{t_n^{(\gamma)}\} \leq t_{n+1}; \quad \{\alpha, \beta, \gamma\} = 1, 2, 3, 4.$$

Произведения $k \frac{\partial p}{\partial x}$ и $k \frac{\partial p}{\partial y}$ в точках с полуцелыми индексами заменим дискретными аналогами:

$$\left(k \frac{\partial p}{\partial x} \right)_{i+1/2} \approx k_{i+1/2} \frac{p_{i+1} - p_i}{\Delta x}; \quad \left(k \frac{\partial p}{\partial x} \right)_{i-1/2} \approx k_{i-1/2} \frac{p_i - p_{i-1}}{\Delta x};$$

$$\left(k \frac{\partial p}{\partial y} \right)_{j+1/2} \approx k_{j+1/2} \frac{p_{j+1} - p_j}{\Delta y}; \quad \left(k \frac{\partial p}{\partial y} \right)_{j-1/2} \approx k_{j-1/2} \frac{p_j - p_{j-1}}{\Delta y},$$

где $k_{i\pm 1/2} = \frac{2k_i k_{i\pm 1}}{k_i + k_{i\pm 1}}; \quad k_{j\pm 1/2} = \frac{2k_j k_{j\pm 1}}{k_j + k_{j\pm 1}}.$

Подставим полученные выражения в (7), предварительно разделив все слагаемые на $\Delta x \Delta y \Delta t$ и положив приближенно $x_i^{(\alpha)} = x_i; y_j^{(\beta)} = y_j; t_n^{(\gamma)} = t_{n+1}$, (т.е. отнеся все средние величины в интегралах к узлу x_i, y_j, t_{n+1}). В результате получим конечно-разностный аналог двумерного уравнения (1)

$$b_{i,j} \frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^n}{\tau} = k_{i+1/2,j} \frac{P_{i+1,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{h^2} - k_{i-1/2,j} \frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j-1}^{n+1}}{h^2} +$$

$$+ k_{i,j+1/2} \frac{P_{i,j+1}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{h^2} - k_{i,j-1/2} \frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j-1}^{n+1}}{h^2} + f_{i,j}^{n+1}, \quad (8)$$

$$i = \overline{1, M-1}, \quad j = \overline{1, N-1}.$$

Дискретные аналоги начальных и граничных условий строятся по ранее рассмотренным схемам:

$$\text{при } n = 0 \quad p_{i,j}^0 = \varphi_{i,j} \quad (i = \overline{0, M}, \quad j = \overline{0, N}) \quad (9)$$

$$\text{при } i = 0 \quad p_{0,j}^n = \phi_{1,j}^n \quad (j = \overline{0, N-1}, \quad n = 1, 2, \dots) \quad (10)$$

$$\text{при } i = M \quad p_{M,j}^n = \phi_{2,j}^n \quad (j = \overline{1, N-1}, \quad n = 1, 2, \dots) \quad (11)$$

$$\text{при } j = 0 \quad p_{i,-1}^n = p_{i,1}^n \quad (i = \overline{1, M-1}, \quad n = 1, 2, \dots) \quad (12)$$

$$\text{при } j = N \quad p_{i,N}^n = \psi_i^n \quad (i = \overline{1, M-1}, \quad n = 1, 2, \dots) \quad (13)$$

Таким путем вместо исходной краевой задачи (1) — (6) получим конечно-разностную задачу (8) — (13).

Для решения алгебраической системы уравнений (8) — (13) можно использовать различные общие и специальные методы. Из числа последних большое распространение получил метод смены направлений. Сущность его заключается в следующем.

Шаг по времени $\Delta t = t_{n+1} - t_n$ разбивается на два половинных шага $t_{n+1} - t_{n+1/2} = t_{n+1/2} - t_n = \Delta t/2$. На каждом полушаге вместо системы (8)-(13) решается все модификация, явная по одному направлению и неявная по другому (направления чередуются).

Решаемые системы имеют следующий вид:

на первом полушаге

$$b_{i,j} \frac{P_{i,j}^{n+1/2} - P_{i,j}^n}{\tau/2} = k_{i+1/2,j} \frac{P_{i+1,j}^{n+1/2} - P_{i,j}^{n+1/2}}{h^2} - k_{i-1/2,j} \frac{P_{i,j}^{n+1/2} - P_{i-1,j}^{n+1/2}}{h^2} +$$

$$+ k_{i,j+1/2} \frac{P_{i,j+1}^n - P_{i,j}^n}{h^2} - k_{i,j-1/2} \frac{P_{i,j}^n - P_{i,j-1}^n}{h^2} + f_{i,j}^{n+1/2};$$

$$\text{при } i = 0 \quad p_{i,j}^{n+1/2} = \frac{1}{2} \phi_{1,j}^+ - \frac{\tau}{4} \Lambda_2 \Phi_{1,j}^- \quad (j = \overline{1, N-1});$$

$$\text{при } i = M \quad p_{M,j}^{n+1/2} = \frac{1}{2} \Phi_{2,j}^+ - \frac{\tau}{4} \Lambda_2 \Phi_{2,j}^- \quad (j = \overline{1, N-1}),$$

где

$$\Phi^+ = \frac{1}{2} (\Phi^{n+1} + \Phi^n); \quad \Phi^- = \Phi^{n+1} - \Phi^{n-1};$$

$$\Lambda_2 \Phi_j^- = k_{i,j+1/2} \frac{\Phi_{j+1}^- - \Phi_j^-}{h^2} - k_{i,j-1/2} \frac{\Phi_j^- - \Phi_{j-1}^-}{h^2};$$

на втором полушаге

$$b_{i,j} \frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1/2}}{\tau/2} = k_{i+1/2} \frac{P_{i+1,j}^{n+1/2} - P_{i,j}^{n+1/2}}{h^2} - k_{i-1/2,j} \frac{P_{i,j}^{n+1/2} - P_{i-1,j}^{n+1/2}}{h^2} +$$

$$+ k_{i,j+1/2} \frac{P_{i,j+1}^{n+1} - P_{i,j}^{n+1}}{h^2} - k_{i,j-1/2} \frac{P_{i,j}^{n+1} - P_{i,j-1}^{n+1}}{h^2} + f_{i,j}^{n+1/2};$$

при $j = 0$ $P_{i,-1}^{n+1} = P_{i,1}^{n+1}$ ($i = \overline{1, M-1}$);

при $i = N$ $P_{i,N}^{n+1} = \psi_i^{n+1}$ ($i = \overline{1, M-1}$).

Поскольку на каждом полушаге задача оказывается фактически одномерной (неявной), то для ее решения можно использовать метод прогонки. Метод прогонки удобен тем, что требует относительно небольших объемов оперативной памяти и затрат времени на проведение расчетов.

Решив системы дважды, в результате получим решение на очередном шаге $t = t_{n+1} t$.

Библиографический список:

1. Максимов М. М., Рыбицкая Л. П. Математическое моделирование процессов разработки нефтяных месторождений.-М.: Недра, 1976. 264 с.
2. Басниев К. С, Кочина И. Н., Максимов В. М. Подземная гидромеханика: Учебник для вузов.-М.: Недра, 1993. 416 с.

УДК 62-50:531.3

Рамазанов Г.М.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА САМООБУЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ НАЛИЧИИ В СРЕДЕ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ

Ramazanov G.M.

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF SELF-TRAINING THE INTELLECTUAL SYSTEMS AT PRESENCE IN AMBIENCE OF THE CAUSAL RELATIONSHIPS

Предложен и исследован алгоритм самообучения интеллектуальных систем в априори неопределенных проблемных средах при наличии в них причинно-следственных связей между происходящими событиями.

Ключевые слова: интеллектуальная система, проблемная среда, алгоритм самообучения.

It is offered and explored algorithm of self-training the intellectual systems in a priori undeclared problem-solving ambience at presence in them causal relationships between occurring events.

Key words: intellectual system, problem-solving ambience, algorithm of self-training.

Одной из актуальных проблем современной науки является разработка интеллектуальных систем (ИС) способных автономно функционировать в априори неопределенных проблемных средах (ПС). Эффективное решение данной проблемы, прежде всего, связано с разработкой алгоритмов самообучения (АС) позволяющих ИС выявлять различные закономерности целенаправленного преобразования ситуаций ПС.

Заметим, что при проявлении в ПС независимых от действий ИС событий, связанных с появлением в ней соответствующих им сигналов среду следует отнести к классу динамических сред. Иными словами, в такой ПС происходят независимые от интеллектуальной системы преобразования допустимых ситуаций, влияющих на процесс ее адаптации к изменяющимся условиям функционирования. При этом перед ИС встает проблема в процессе формирования программ целесообразного поведения (ПЦП) в динамической ПС для выявления причинно-следственных связей между происходящими в ПС событиями.

В этом случае, в процессе самообучения ИС при наличии в ПС причинно-следственных связей, обусловленных выполнением в ней различных по своему содержанию событий, возникает необходимость исключения образования в формируемых ПЦП случайных элементарных актов поведения следующего вида: $S_{\text{тек}} \& v_j \rightarrow S^1_{\text{цел}}$, закрепляющихся в ней в результате неверного определения причин изменения ситуаций среды.

Для этой цели при разработке алгоритма самообучения необходимо использовать механизмы действия многократного совпадения двух условных сигналов во времени. Под условным сигналом в этом случае будем понимать любое наблюдаемое ИС изменение текущей ситуации ПС, например, изменение состояния конкретного объекта, появление в среде нового объекта, изменение значений отношений складывающихся между объектами среды и т.д.

Приведем один из возможных принципов реализации механизма закрепления элементарных актов поведения ИС в формируемой ПЦП. Введем параметр δ , принимающий бинарные значения $[0,1]$ и определяющий степень уверенности ИС в истинности сформированного ею отдельного элементарного акта поведения. Считаем, что если параметр δ для выявленного акта поведения в процессе многократной его реализации принимает значение, большее единицы, то данное правило отражает закономерное преобразование ПС. В противном случае, при $\delta=0$ принимается решение о том, что элементарный акт поведения носит случайный характер. Для ПЦП, состоящей из k_2 элементарных актов поведения, значение степени уверенности ИС δ^* для эффективного применения этой программы поведения может определяться согласно выражению $\delta^* = \min \delta_w, w = \overline{1, k_2}$, где δ_w – степень уверенности в истинности w -го элементарного акта поведения, входящего в структуру сформированной программы поведения

Если у ИС сформировала несколько альтернативных ПЦП $L_{i44} \in L$, приводящих к достижению определенной цели, определяемой сигналом s^*_{i31} , то предпочтение отдается наращиванию и реализации программы поведения с наибольшим значением параметра δ^* . При наличии двух ПЦП с одинаковыми значениями параметра δ^* используется программа поведения, имеющая меньшую сложность реализации.

Для реализации рассмотренного механизма многократного закрепления элементарных актов поведения в формируемых ПЦП, необходимо выбрать количество k_3 - совпадений условных сигналов во времени, при котором принимается решение об истинности закрепляемого акта поведения. Значение k_3 можно определить эвристическим путем, опираясь на накопленный опыт поведения, или на основе результата опроса экспертов. Зная k_3 можно вычислить шаг приращения $\Delta\delta$ параметра δ_w , как $\Delta\delta = 1/k_3$. Отсюда, удачная отработка действия элементарного акта поведения поощряется увеличением параметра δ на $\Delta\delta$ т.е. $\Delta\delta = \delta_w + \Delta\delta$, в противном случае следует штраф и $\Delta\delta = \delta_w - \Delta\delta$.

Используя описанный механизм, ИС, наблюдая за происходящими в ПС событиями, принимает следующее решение: если после восприятия условного сигнала S_{meki} через интервал времени t появляется сигнал S_{i+1mek} и данное совпадение проявляется многократно, т.е. для него $\delta=1$, то сигнал S_{meki} рассматривается как предвестник появления условного сигнала, на который интеллектуальная система реагирует определенным образом. Далее,

если сигнал $S_{теки}$ появляется часто, например, периодически по истечении интервала времени t_2 , то изменений в характере поведения ИС не происходит. Например, робот, ожидает самопроизвольного появления требуемого условного сигнала $S_{i+1тек}$ и реагирует на него определенным образом согласно сформированной ПЦП, в которой закреплён этот сигнал.

В противном случае ИС принимает решение о необходимости достижения одного из условных сигналов $S_{теки}$ или $S_{i+1тек}$ путем отработки различных действий $b_{j1} \in B$. Последовательная цепочка действий, приводящих к появлению условных сигналов $S_{теки}$ и $S_{i+1тек}$ в среде, ИС формирует на основании алгоритма самообучения 1, вырабатывая на его основе соответствующие ПЦП.

Алгоритм самообучения 1.

Исходные данные: ситуации $S_{исх}$, $S_{цел}$, множество действий B ; заданная цель,

Входные переменные: воспринимаемые в ПС ситуации $S_{итек} \in S$

Выходные переменные: сформированная ПЦП: $S_{тек} \& b_j \rightarrow S^1_{теки} \& b_{j+1} \rightarrow \dots \rightarrow S_{теки+n} \& b_{jn} \rightarrow \dots \rightarrow$ заданная цель .

1. Начало.
2. Описать текущую ситуацию внешней среды $S_{цел i}$.
3. Сформировать множество действий $b_i \in B$, которые можно отработать в ПС.
4. Согласно равномерному закону вероятностей распределения выбрать действие b_i из множества B . Отработать выбранное действие.
5. Описать текущую ситуацию внешней среды $S_{тек i+1}$.
6. Проверить условие: « $S_{цел i} = S_{теки+1}$ », если условие выполняется, перейти к п. 8; в противном случае, перейти к п. 9.
7. Исключить проверяемое действие b_j из числа закрепляемых на текущем шаге самообучения, перейти к п. 5.
8. Проверить условие: «цель достигнута?» Если нет, то перейти к п.11, если да, перейти к п. 10.
9. Запомнить в формируемой ПЦП элементарный акт поведения:
 $S_{тек i+1} \& b_i \rightarrow S_{цел i}$. Принять на следующем шаге самообучения за $S_{цел}$ ситуацию $S_{тек i+1}$, к пункту п. 4 .
10. Конец.

Для выполнения анализа и количественной оценки сложности алгоритма самообучения 1 в различных условиях ПС вводим следующие ограничения:

1) обязательным условием выработки ПЦП является наличие или появление в ПС необходимого целевого сигнала;

2) суммарная вероятность перехода ПС от состояния $S_{теки}$ к другому состоянию такому, что на каждом этапе активного самообучения ИС равна единице при условии, что интеллектуальная система выполнит все действия из заданного множества B (частным случаем данного условия является то, что для каждого действия b_i из множества B в ПС существует переход от одного состояния к другому);

3) действия ИС из множества B_j равновероятны в условиях полной априорной неопределенности;

4) количество различных сигналов в ПС таково, что для хранения информации, связанной с формированием в среде любой по сложности УПП, достаточно оперативной памяти ИС;

5) из ограничений пп.4 вытекает, что для определения функциональной и емкостной сложности АС можно воспользоваться равномерными весовыми критериями, приняв за единицу функциональной сложности алгоритмов самообучения отработку ИС одного пробного действия.

Аксиоматическое выражение 1. Функциональная сложность алгоритма самообучения

1 выработки УПП в статических ПС определяется выражением $\beta_1 = k_0 \sum_{i_{42}=1}^{\beta'} \sum_{i_{43}}^{\mathcal{E}_{i_{42}}} \beta_{i_{43}}$, где β' - количество активных шагов самообучения ИС (каждый такой шаг завершается при достижении цели $S_{цел}$); $\mathcal{E}_{i_{42}}$ - количество этапов на i_{42} шаге (каждый этап $\mathcal{E}_{i_{42}}$ завершается при изменении текущего состояния ПС); $\beta_{i_{43}}$ - количество пробных действий, обрабатываемых ИР на i_{43} этапе i_{42} -го шага.

Предложение 1. Максимальная функциональная сложность β_{1max} выработки УПП в статических ПС первой категории алгоритма 1 не превышает значения $R(V_3) \sum_{v^{j^2}_{i35} \in R(v_3)'} (n_1 - \rho(v^{j^2}_{i35}) + 1)$, где n_1 - мощность множества V^* или количество разнообразных действий, обрабатываемых ИР в процессе самообучения; $\rho(v^{j^2}_{i35})$ - локальная полустепень вершины $\rho(v^{j^2}_{i35}) \in R(V_3)'$ для исходящих дуг; $R(V_3)$ - максимальный ранг графа для исходной v^0_{i35} и целевой v^k_{i35} вершин, т.е. длина максимального пути между вершинами; $R(V_3)'$ - множество всех вершин этого пути.

Доказательство.

1. Исходя из пп. 4-7 алгоритма самообучения 1 и при условии, что мощность множества V равна n , максимальное количество пробных действий, обрабатываемых на каждом этапе активного самообучения, не может быть более n .

2. Исходя из п.8 алгоритма самообучения 1, каждый этап самообучения завершается при появлении в ПС сигнала такого, что $S_{цел} \neq S_{имме}$, где $S_{имме}$ - сигнал, характеризующий ПС до начала текущего шага изучения закономерностей ПС на i шаге. Следовательно, максимальное количество пробных действий, обрабатываемых ИС на каждом i шаге самообучения не больше величины $n_1 - \rho^*(v^{02}_{i35}) + 1$. Здесь единица учитывает действие, приводящее к завершению i этапа самообучения.

3. Согласно условию завершения каждого этапа самообучения \mathcal{E}_i после преобразования текущей ситуации ПС и из условия, что граф является ациклическим, вытекает, что максимальное количество этапов самообучения \mathcal{E}_i на каждом i шаге может быть не более $R(V_3)$.

4. Из условия завершения каждого шага самообучения при изменении текущей ситуации ПС и достижением цели следует, что количество таких шагов β'_1 в ациклической ПС может быть не более $R(V)$.

5. Из пп. Доказательства 1-4 и аксиоматического выражения 1. следует $\beta_{1max} \leq R(V_3) \sum_{v^{j^2}_{i35} \in R(v_3)'} (n_1 - \rho(v_{i35}) + 1)$.

В случае, когда предвестниковый сигнал $S_{мекі}$ предсказывает появление вредного или тормозного сигнала $S_{i+1мек}$, то для достижения стоящей перед ИС целью $S_{рез}$ то вырабатывается ПЦП, приводящая к выключению сигнала $S_{мекі}$ в ПС до появления связанного с ним условного сигнала $S_{i+1мек}$. Если по истечении заданного промежутка времени t_2 ПЦП, приводящая к выключению сигнала $S_{мекі}$, полностью еще не сформирована, то по мере появления условного сигнала $S_{i+1мек}$ ИС вырабатывает программу поведения,

связанную с его устранением, т.д., пока не будут выработаны обе части формируемой ПЦП, приводящие к выключению (устранению) в среде тормозных сигналов S_{meki} и S_{i+1mek} .

В случае неудачной попытки сформировать ПЦП, связанную с выключением (или включением) предвестникового сигнала S_{i+1mek} , ИС уточняет условный сигнал путем наблюдения за независимыми от нее событиями $q_i \in Q$, приводящими к включению предвестника при наличии в ПС необходимых для этого условий, определяющихся условным сигналом S_{i+2mek} . После формирования элементарного акта поведения вида: $S_{meki} \& q_i \rightarrow S_{i+1mek}$ по результатам наблюдения за происходящими в среде событиями, формируется комбинированный условный сигнал $S_{meki} \& q_i$. Затем ИС определяет действие $b_j \in B$, приводящее к появлению в среде необходимого события $q_i \in Q$ и формирует элементарный акт поведения следующего вида: $S_{meki} \& b_j \rightarrow q_i$. После этого формируется ПЦП, которая приводит к появлению в ПС события $q_i \in Q$ из различных следующих друг за другом допустимых ситуациях среды.

Для построения алгоритма самообучения ИС для выявления в среде причинно-следственной взаимосвязи условных сигналов $S_{meki} \in S$ и событий $q_i \in Q$ используем следующие обозначения и операторы:

t - отрезок времени, отведенный ИС под ожидание самопроизвольного появления в ПС необходимого события $q_i \in Q$;

t_m - отрезок времени, в течение которого ИС ожидает самопроизвольного появления в ПС события $q_i \in Q$;

\subset - обозначение условия нахождения условного сигнала в текущей ситуации ПС, например, $S_{meki} \subset S$;

$s^{1t} = s^{2t}$ - равенство ситуаций $s^{1t}, s^{2t} \in S$ между собой;

$S_{meki} \& S_{i+1mek}$ - обозначение одновременного присутствия в ПС сигналов S_{i+1mek} и S_{meki} .

С учетом принятых обозначений алгоритм самообучения ИС при наличии в ПС причинно-следственных связей представится следующим образом.

Алгоритм самообучения 2.

Исходные условия: $S_{исх}, S_{цел}$;

Входные переменные: $S_{itek} \in S, q_i \in Q$;

Выходные переменные: элементарные акты поведения следующего вида: $S_{meki} \& b_{j1} \rightarrow S_{i+1mek}$; $(S_{i+2mek} \& S_{i+1mek}) \& b_{j1} \rightarrow S_{meki}$.

1.Начало:

2. Сформировать текущую ситуацию внешней среды S_{teki} .

3. Запустить таймер отсчета времени t , наблюдения за произвольными изменениями ситуаций ПС. С появлением в среде каждого нового события $q_i \in Q$ сформировать текущую ситуацию S_{teki+1} .

4. Проверить условие: « $S_{teki} = S_{teki+1}$ »? Если да, то перейти к п.5; если нет, то перейти к п.6.

6. Сформировать сигналы: $a_m = S_{teki+1} \setminus S_{teki}$ и $a'_j = S_{teki} \setminus S_{teki+1}$; $\Delta\delta = \delta_w + 1/k_3$. Записать в память импликативное решающее правило

$$a'_j \& q_i \xrightarrow{T_m} a_m, \text{ где } T_m = t_1.$$

7. Принять за подцель функционирования в процессе самообучения условный сигнал $q_i \xrightarrow{T_m} a_m$.

8. Сформировать текущую ситуацию ПС S_{teki+2} .

9. Принять за подцель функционирования в процессе самообучения ИС появление в ПС события q_i .

10. Проверить условие: «событие q_i включено»? Если да, то перейти к п.16; если нет, то перейти к п.11.
11. Сформировать множество действий $b_j \in B$.
12. Выбрать действие b_j согласно равномерному закону распределения вероятностей их выполнения.
13. Отработать выбранное действие b_j^* .
14. Проверить условие: «событие q_i включено»? Если да, то перейти к п.11; если нет, то перейти к п.16.
15. Исключить действие b_j^* из множества B на текущем шаге самообучения.
16. После включения события q_i сформировать текущую ситуацию ПС $S_{теки+4}$.
17. Проверить условие: « $S_{цел} \subset S_{теки+4}$ »? Если да, то выполняются безусловные реакции и перейти к п.18; если нет, то перейти к п. 24.
18. Проверить условие: «событие q_i включено» в результате отработки действия b_j^* ? Если да, то перейти к п.19 ;если нет, то перейти к п.24.
19. Сформировать сигнал $a'_j = S_{теки+4} \setminus S_{теки+3}$; Занести в память элементарный акт поведения: $a'_j \& b_{j \rightarrow q_i}^*$.
20. Проверить условие «необходимо появление заданного сигнала $S_{цел}$ ». Если такая необходимость есть, то перейти к п.21; в противном случае закончить самообучение.
21. Сформировать текущую ситуацию ПС $S_{теки+5}$.
22. Провести имитацию отработки действия b_j^* . Проверить условие: «в среде произошло включение события q_i »? Если да, то перейти к п.23; если нет, то перейти к п.24.
23. Проверить условие: $\delta > 0$? Если да, то перейти к п. ;если нет, то перейти к п. .
24. Используя алгоритм самообучения 1 сформировать ПЦП приводящую к включению в ПС события g_i ; перейти к п. 22.
25. Используя алгоритм самообучения 1 сформировать УПП, приводящую к включению в ПС сигнала $S_{цел}$.

26.Конец.

Определим функциональную сложность алгоритма самообучения 2 ИС при наличии в ПС причинно-следственных связей между условными сигналами и событиями. Считаем, что значение функциональной сложности алгоритма самообучения для наиболее трудоемких условий ПС лежит в следующих граничных пределах $2n_{35} \leq \beta_1 \leq n_{35}^2 n_1$ [1].

Предложение 2. Функциональная сложность β выработки ПЦП по алгоритму самообучения 2 при наличии в ПС причинно-следственных связей имеет следующие граничные значения $6n_{35} \leq \beta \leq n_1(3n_{35}^2 + 1)$,

где n_{35} - количество сигналов, характеризующих среду; n_1 - количество действий, обрабатываемых ИС.

Доказательство. Количество пробных действий β , обрабатываемых ИС по предложенному алгоритму самообучения в процессе формирования ПЦП при наличии в ПС причинно-следственных связей между условными сигналами, определяется согласно выражению $\beta = \beta' + 3\beta_1$, где β' - количество пробных операций, выполняемых ИС для включения событий $q_i^* \in Q$, связанных с появлением предвестников $a_m \in A$; $3\beta_1$ - количество пробных действий, обрабатываемых в процессе формирования ПЦП вида простой цепи.

2. Значение $3\beta_1$ для наиболее трудоемких условий ПС лежит в пределах $3\beta_1 \in [6n_{35}, 3n_{35}^2 n_1]$, что вытекает из граничных значений функциональной сложности использованного алгоритма самообучения 1 для формирования ПЦП, приводящей в среде требуемого события $q_i^* \in Q$.

3. При формировании имплицативного решающего правила $(S_{итек} \& S_{теки+1}) \& b_{j1} \rightarrow q_i$, ИС при выполнении соответствующих условий в лучшем случае может отработать одно действие, если эффективное действие из множества B_1 выбирается первым (это вполне вероятно, т.к. выбор действий выполняется согласно равномерному закону распределения

вероятностей их отработки). В худшем случае, ИС может выполнить все действия из множества B_1 при условии, что нужное действие выбрано последним, $|B_1| = n_1$.

4. Из пп.1-3 доказательства следует, что для наиболее трудоемких условий ПС значение β лежит в следующих пределах:

$$6n_{35} \leq \beta \leq n_1(3n_{35}^2 + 1).$$

Таким образом, предложенные алгоритмы самообучения имеет полиномиальную сложность, а, следовательно, за ограниченное количество шагов обучения обеспечивает формирование ИС программы целесообразного поведения, позволяющей достигать требуемых целей в априори неописанных условиях ПС.

Библиографический список:

1. Берштейн Л.С., Мелехин В.Б. Планирование поведения интеллектуального робота. -М.: Энергоатомиздат, 1994. 240 с.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 666.974.2

Курбанов Р.М., Хаджишалапов Г.Н., Хежев Т.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖАРСТОЙКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ БАЗАЛЬТОВОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ОБЕТОНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Curbanov R.M., Hadgishalapov G.N., Hegev T.A.

RESEARCH OF HEAT-RESISTANT CONCRETE ON THE BASIS OF BASALT FILLER FOR CONCRETING OF METAL DESIGNS

В статье обосновывается целесообразность применения жаростойкого бетона на основе базальтового наполнителя. Тонкомолотая добавка способствует увеличению силы внутреннего трения между частицами материала. С увеличением силы внутреннего трения между частицами увеличивается вязкость вяжущего и как следствие возрастает температура размягчения под нагрузкой и повышается огнеупорность материала.

Ключевые слова: бетон, базальтовый наполнитель, огнеупорность материала.

Expediency of use of heat-resistant concrete locates in article on the basis of a basalt filler. It is thin a ground additive promotes increase in power of internal friction between material particles. With increase in power of internal friction between particles viscosity knitting increases and as a result rязmьagcheniye temperature under loading increases and fire resistance of a material increases

Key words: concrete, basalt filler, fire resistance of a material.

Защита строительных конструкций от воздействия высоких температур в случае возникновения техногенных катастроф является актуальной проблемой. Нормы контроля противопожарной защиты становятся жестче с каждым годом, поэтому для защиты зданий от пожара необходимо разрабатывать новые способы увеличения уровня безопасности зданий. Существующие способы огнезащиты подразделяют на две большие группы: активные – основаны на применении систем автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения, средств противодымной защиты, а также устройств, обеспечивающих ограничение распространения пожара; пассивные – основаны на использовании материалов (применение составов штукатурного типа, обмазок, жидкостекольных мастик, комбинированных покрытий с применением комбинированных полотен, обкладок облегченными плитами) предотвращающих возгорание и препятствующих распространению огня, повышающих огнестойкость металлических строительных сооружений, инженерных систем и конструкций [1].

При возникновении пожара в зданиях и сооружениях металлические конструкции начинают терять свою несущую способность при достижении температуры 250 °С. Жаростойкие бетоны могут быть эффективно использованы для огнезащиты строительных конструкций, они являются более многокомпонентными материалами по сравнению с обычными бетонами и для большинства составов помимо вяжущего и наполнителя включает тонкомолотую добавку, а в ряде случаев и отвердитель. К исходным материалам для жаростойкого бетона предъявляются дополнительные требования, так как бетон должен сохранять заданные свойства не только при нормальных, но и при высоких температурах.

В Республике Дагестан создан технический парк по базальтовым технологиям, в состав которого входит ФГБОУ ВПО ДГТУ. В научно-исследовательской лаборатории по строительным материалам Центра «Экспертиза и аудит в строительстве» ДГТУ совместно с

ОАО «Стекловолокно» ведутся работы по исследованию состава жаростойкого бетона на базальтовом заполнителе для обетонирования металлических конструкций зданий и сооружений.

В качестве мелкого и крупного заполнителя используется базальтовый гравий месторождения «Кизил-Доре» Республики Дагестан с содержанием SiO_2 до 40-52 %. В качестве вяжущего портландцемент ПЦД500–ДО Серебряковского цементного завода с тонкомолотой добавкой до 35 % из боя обыкновенного глиняного кирпича производства Каспийского кирпичного завода с тонкостью помола $6000 \text{ см}^2/\text{г}$.

После предварительного помола добавки до тонкости $3000 \text{ см}^2/\text{г}$ для активации вяжущего осуществляли последующий совместный помол с портландцементом в активаторе М4 (рис. 1) до тонкости $6000 \text{ см}^2/\text{г}$.

Предельно допустимая температура применения разрабатываемого жаростойкого бетона на основе базальтового заполнителя $800 \text{ }^\circ\text{C}$, они предназначены и для огнезащиты строительных конструкций.



Рисунок 1 - Активатор 4М (планетарная мельница) для активации вяжущих компонентов до механохимических реакций

Базальты – излившиеся древне и нововулканические аналогии габбро, отличающиеся от него своими структурными и текстурными особенностями. Базальты макроскопически представляют черную плотную застывшую лаву, находящуюся в скрытокристаллическом или аморфном состоянии с зернистым строением и стекловидной массой, заполняющей промежутки между зёрнами различных размеров. Они являются твердыми и одновременно хрупкими труднообрабатываемыми породами, их прочность варьируется в широких пределах от 110 до 500 МПа в зависимости от содержания стеклофазы. Средняя плотность базальтов составляет $3000\text{-}3300 \text{ кг}/\text{м}^3$ [2]. Наиболее ценными считаются свежие

мелкозернистые базальты, не содержащие стекла. Характеристики использованного базальтового заполнителя для жаростойких бетонов приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Характеристики базальтового заполнителя

Заполнитель	Насыпная плотность, г/см ³	Кажущаяся плотность, г/см ³	Истинная плотность, г/см ³	Водопоглощение	Коэффициент качества заполнителя
Базальт	1,8	3	3,1	0,1	0,6

Исследования проводились на образцах-кубах размерами 10x10x10 см. Для получения жаростойкого бетона на базальтовом заполнителе со средней плотностью 2250 кг/м³, класса В10 и класса по предельно допустимой температуре применения исследовался состав бетонной смеси, который приведен в табл. 2.

Таблица 2 - Состав жаростойкой бетонной смеси на базальтовом заполнителе

/п	Наименование компонентов	Крупность зерен заполнителя	Тонкость помола вяжущего и добавки	Расход на 1 кг/м ³
	Крупный заполнитель – базальт	5-10 мм		950
	Мелкий заполнитель – базальт	0,1-2 мм		834
	Вяжущее – портландцемент ПЦ500–ДО		3000 см ² /г	350
	Тонкомолотая добавка – бой из глиняного кирпича		3000 см ² /г	116
	Суперпластификатор С-3			2,8
	Вода			175

Для обеспечения заданной прочности жаростойкого бетона при приготовлении бетонной смеси рекомендуется определять водовяжущее отношение B/B_v по формуле [3]

$$B/B_g = nA_g / (R + 1,3nA_g)$$

где n – коэффициент качества заполнителя; R – контрольная прочность на сжатие; МПа; A_g – активность вяжущего (0,5-0,75 A_u).

Активность вяжущего определяют по формуле

$$A_g = A_u / (1 + D),$$

где A_u – активность цемента, МПа; D – количество тонкомолотой добавки в частях массы цемента.

Тогда B/B_v для жаростойкого бетона на базальтовом заполнителе с применением портландцемента ПЦ500–ДО и активированной тонкомолотой добавки из боя обыкновенного глиняного кирпича равно

$$B/B_u = 0,6 \times 50 \times 0,75 / (15 + 1,3 \times 0,6 \times 50 \times 0,75) = 22,5 / 44,25 = 0,5;$$

$$A_g = 500 / (1 + 0,3) = 384.$$

Исследования зависимости прочности и коэффициента теплопроводности от температуры нагрева жаростойкого бетона проводили после предварительной сушки при температуре 110 °С. Предел прочности при сжатии бетона определяли после нагрева по следующей схеме: скорость подъема температуры 200 °С за 1 ч, выдержка при заданной температуре в течение 2 ч. Испытание образцов проводили на трех образцах после

охлаждения для каждого температурного диапазона нагрева. Результаты испытаний приведены на рис. 2.

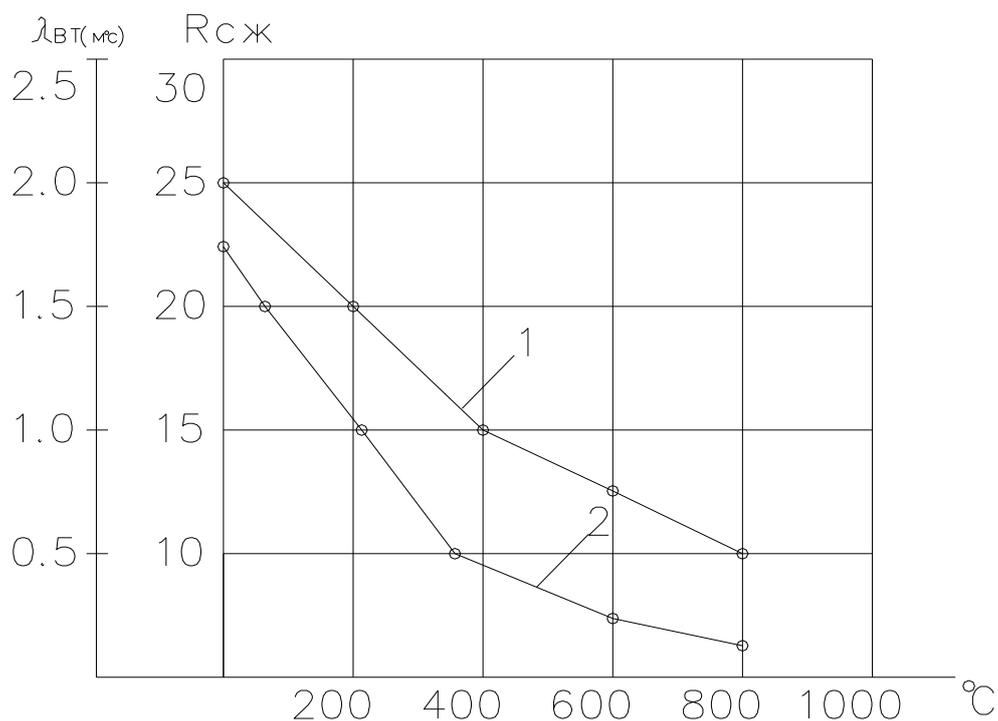


Рисунок 2 - Зависимость прочности (1) и коэффициента теплопроводности (2) от температуры нагрева

Анализ графика зависимости прочности от температуры нагрева показывает, что остаточная прочность бетона после нагрева до 800 °C составляет 45 % от первоначальной и равно 10 МПа, что достаточно для обетонирования металлических конструкций зданий и сооружений несущих конструкций.

Нагревание образцов до 200 °C приводит к падению прочности бетона. Это связано с обезвоживанием трехкальциевого алюмината. Обезвоживание гидратированного трехкальциевого алюмината происходит в температурном интервале 220-330 °C. Характер и интенсивность изменения объема гидратированного трехкальциевого алюмината при нагревании зависит от снижения его обезвоживания. Образцы, прогретые при 230 °C, несколько повышают свою прочность вследствие удаления адсорбционной воды. В этом случае нарушение структуры не наблюдается. Нагревание до 330 °C ведет к снижению прочности почти в два раза по сравнению с начальной.

При обезвоживании трехкальциевого гидроалюмината происходит частичное разложение его на CaO и C_3A_3 , что влияет на прочность образцов. При температуре 330 °C при появлении свободных радикалов оксида кальция, тонкомолотая добавка начинает связывать свободные радикалы CaO и дальнейшее падение прочности бетона прекращается.

Ведение в портландцемент тонкомолотой добавки приводит к уменьшению количества расплава на единицу объема. В этом случае расплава не хватает для заполнения пустот между твердыми частицами связки и капиллярные силы, стягивающие зерна твердой фазы существенно возрастает [2]. Также тонкомолотая добавка способствует увеличению силы внутреннего трения между частицами материала. С увеличением силы внутреннего трения между частицами увеличивается вязкость вяжущего, и как следствие, возрастает температура размягчения под нагрузкой и повышается огнеупорность материала. Падение коэффициента теплопроводности с увеличением температуры нагрева объясняется тем, что в диапазоне от 200 °C до 300 °C происходит обезвоживание физически несвязанной воды в составе бетона, а

температурном диапазоне от 500 °С до 800 °С наблюдается образование в структуре бетона плавня из-за наличия до 45 % стекляннй фазы в базальтовом заполнителе.

Результаты исследований зависимости прочности от времени перемешивания и величины пригруза при виброформовании образцов приведены на рис. 3

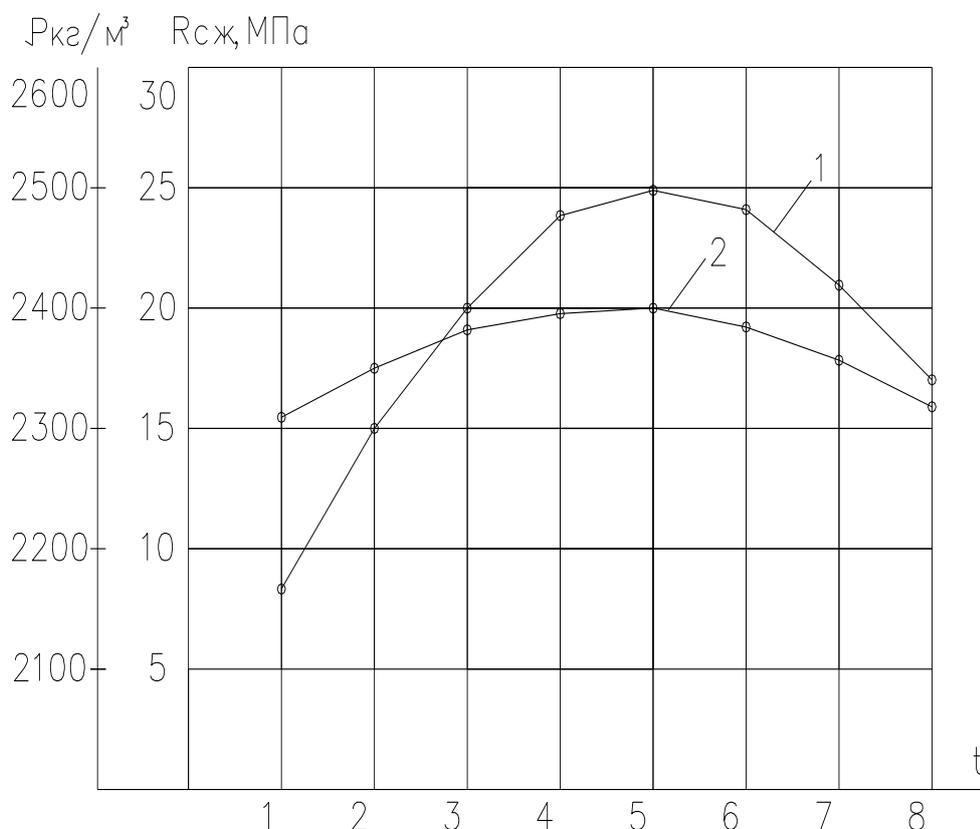


Рисунок 3 - График зависимости прочности от времени перемешивания (1) и виброформования (2)

Из рисунка 3 видно, что максимальные показатели прочности наблюдается при времени перемешивания от 4 до 5 минут, дальнейшее увеличению времени перемешивания приводит к падению прочности бетона за счет расслоения бетонной смеси. Показатели прочности бетона в зависимости от виброформования показывают, что оптимальные значения достигаются при продолжительности вибрирование от 3-х до 4-х минут.

Полученные результаты испытаний показывают, что жаростойкий бетон на основе базальтового заполнителя с модифицированным вяжущим может быть использован для защиты металлических конструкций методом обетонирования в случае возникновения пожара.

Библиографический список:

1. Страхов В.Л., Гаращенко А.Н. Огнезащита строительных конструкций: современные средства и методы оптимального проектирования // Строительные материалы. – 2002. – № 6. – С. 2–5.
2. Общий курс строительных материалов: Учебное пособие для строительных специальностей вузов/ под ред. И.А. Рыбьева. – М.: Высш. шк., 1987. – 584 с.
3. Справочное пособие к СНиП 3.03.01-87 «Технология изготовления жаростойких бетонов». – М.: Стройиздат, 1991. – 64 с.

УДК 624.078

Магомедова Э. Н., Батдалов М. М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ С РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИЕЙ СТЫКОВ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЖАТИИ

Magomedova E.N., Batdalov M. M.

STUDY OF EXPERIMENTAL SAMPLES WITH DIFFERENT CONFIGURATIONS AT THE JOINTS COMPRESSIVE STRENGTH

В статье отмечены особенности поведения бетона в условиях воздействия воды, влияние увлажнения и водонасыщения на показатели водонепроницаемости и прочности бетона; предложена особая конфигурация стыка, позволяющая повысить прочностные характеристики бетонной конструкции; приведены результаты экспериментального исследования; сделаны выводы о взаимосвязи конфигурации стыков и их прочности.

Ключевые слова: прочность, водонепроницаемость, деформация, стыки, конфигурация.

The article marked the behavior of concrete under the action of water, the effect of moisture and water saturation on the performance and durability of concrete waterproofing; offered special configuration interface, allowing to increase the strength characteristics of the concrete structure, the results of experimental studies; conclusions about the relationship configuration of joints and their strength.

Key words: strength, watertightness, deformation, joints, configuration.

Обеспечение прочности и долговечности бетонных и железобетонных конструкций в значительной степени зависит от полноты учета влияния условий их эксплуатации и непроницаемости стыков по отношению к воздействию жидких и газообразных веществ. Разработка конструктивных схем и методов, приводящих к увеличению пути прохождения веществ через стык, в тоже время, сохраняя прочность стыкуемых сечений соединяемых конструкций, и, в целом, сооружения, является важной проблемой. Доказано, что если нет долговечности стыков – нет долговечности в целом сооружения (коррозия бетона, арматуры, деформации). В связи с этим, решение проблемы по обеспечению непроницаемости веществ через стыки между конструкциями и, в особенности, в стыках конструкций гидротехнических сооружений, является весьма актуальным.

Исследование направлено на изучение физико-химических процессов, происходящих в бетоне конструкций, работающих, в основном, в условиях воздействия воды (гидротехнические, гидромелиоративные сооружения). Теоретическое предположение о возможности повышения водонепроницаемости стыков бетонных конструкций, работающих в условиях увлажнения либо насыщения водой, путем изменения конфигурации стыков было полностью подтверждено экспериментальными данными. Разработана синусоидальная форма стыка, позволяющая значительно повысить его водонепроницаемость.

Для бетона конструкций, работающих в условиях водного воздействия, является актуальным получение способа повысить как его водонепроницаемость, так и его прочность.

Существуют особенности поведения бетона от воздействия воды. Установлено [1], что граничная пленка воды обладает свойствами, отличными от свойств объемной жидкости, поскольку в поле поверхностных сил изменяется структура расположения молекул воды и

ориентация их изменяется не постепенно, а скачкообразно. Установлено также, что прочность бетона снижается независимо от состава бетона и степени водонасыщения, а вследствие адсорбционного влияния воды. Влияние воды – фактор, облегчающий деформации капиллярно-пористого тела, каковым является бетон. Адсорбционное влияние воды как поверхностно-активного вещества является важнейшим фактором, определяющим деформативность бетона. Адсорбционный эффект преобладает над эффектом твердения бетона в водной среде и над законом водоцементного отношения при близких его значениях.

Фильтрационное давление, вызывающее растяжение бетона, усиливает расклинивающее действие воды в несплошностях структуры и приводит к понижению предела прочности, а при одноосном сжатии оно отражается на прочности бетона лишь в меру адсорбционного влияния воды. опыты показали [2], что при увеличении степени водонасыщения прочность бетона понижается не по линейному закону и после некоторого предельного насыщения несколько повышается. Водонасыщение понижает прочность бетона при сжатии, а при растяжении, напротив, повышает ее.

Свойство цементного камня набухать под воздействием воды отрицательно сказывается на прочности бетона. Под напором воды влажностные деформации могут увеличиваться в пять – десять раз. Коэффициент фильтрации зависит от напряженного состояния бетона. При сжатии бетона коэффициент фильтрации сначала снижается, затем начинает заметно возрастать; при растяжении коэффициент фильтрации постоянно увеличивается вплоть до разрушения бетона.

К факторам, негативно влияющим на водонепроницаемость и прочность бетона, подвергающегося действию воды, относятся и химический состав воды; и содержание в воде наносов, частиц, действующих на бетонную поверхность как абразив; и эффект волнового удара воды о бетонную поверхность; и адсорбционное влияние воды.

На практике широко используются методы сохранения прочности и водонепроницаемости бетона, направленные на улучшение свойств цементного камня. Это мероприятия по обеспечению высокой плотности, однородности и непроницаемости бетона путем введения в бетон улучшающих свойства цементного камня добавок и создания оптимальных условий твердения бетона. Вместе с тем практически не уделяется внимания технологическим приемам обеспечения водонепроницаемости и прочности бетона, в частности, - созданию многослойного бетона с послойным его уплотнением.

Поскольку характеристики водонепроницаемости и прочности бетона прямо пропорциональны друг другу, естественно предположить, что с повышением водонепроницаемости увеличится и прочность бетона.

Для исследования стыков на прочность при сжатии были испытаны изготовленные ранее (рис. 1, 2) бетонные образцы размерами 10х10х10 см в количестве 12 штук.

Для получения образцов использовался цементный раствор следующего состава: Ц : П = 1 : 2 с В/Ц = 0,4. Использован портландцемент марки М-500 ГОСТ 10178-85, ГОСТ 30515-97. В качестве заполнителя взят морской песок, просеянный до фракций размером 0,1-0,25см.

Задачей исследования было получение образцов с синусоидальной формой стыков с различным шагом волн для последующего испытания их на сжатие.

Образцы имели разную конфигурацию стыков: 3 образца имели плоский стык; 9 образцов имели нелинейную (синусоидальную) поверхность стыка с разным шагом волн – 3 образца с шагом волн 3см, 3 образца с шагом волн 2 см, 3 образца имели шаг между волнами 1 см.

Образцы испытывались на машине с гидравлическим управлением и электронным измерением, типа П-125 № 7401 Гост 8805-73 производства ЗИМ г. Армавир (рис. 3).

Результаты исследований приведены в таблице 1 и на рисунке 3.



Рисунок 1 - Общий вид образцов с синусоидальными и плоскими стыками после заливки первого слоя

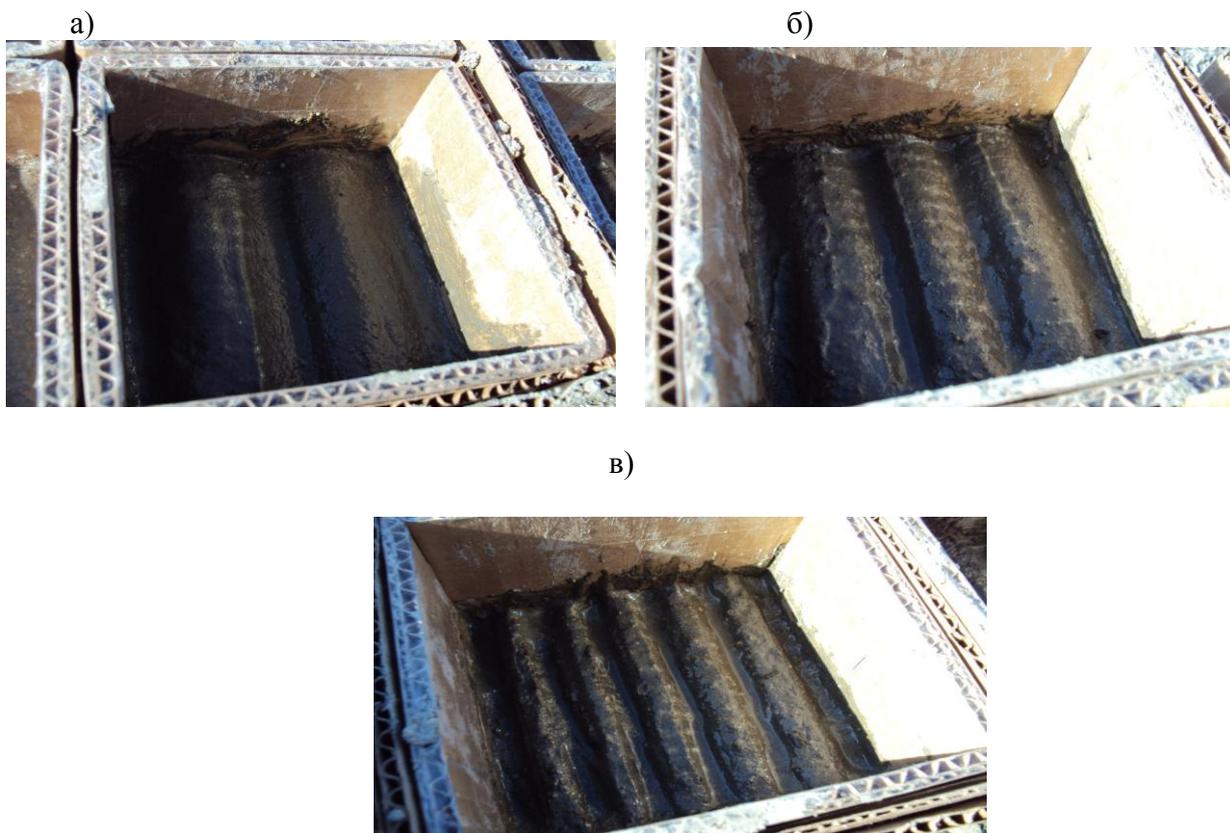


Рисунок 2 - Образцы синусоидального стыка с разным шагом волн после заливки первого слоя: а) с шагом волн в 3 см; б) с шагом волн в 2 см; в) с шагом волн в 1 см



Рисунок 3 - Общий вид машины для испытаний на сжатие

Таблица 1 - Результаты исследований бетонных образцов с различной конфигурацией стыков на прочность при сжатии

Конфигурация стыка в образце	Маркировка образцов	Серия испытаний	Предел прочности на сжатие, кН
Плоский стык	1	1	187,5
		2	188,0
		3	187,5
Криволинейный стык с шагом волн 1 см	2	1	270,0
		2	235,0
		3	250,0
Криволинейный стык с шагом волн 2 см	3	1	240,0
		2	240,0
		3	245,0
Криволинейный стык с шагом волн 3 см	4	1	197,5
		2	192,5
		3	188,5

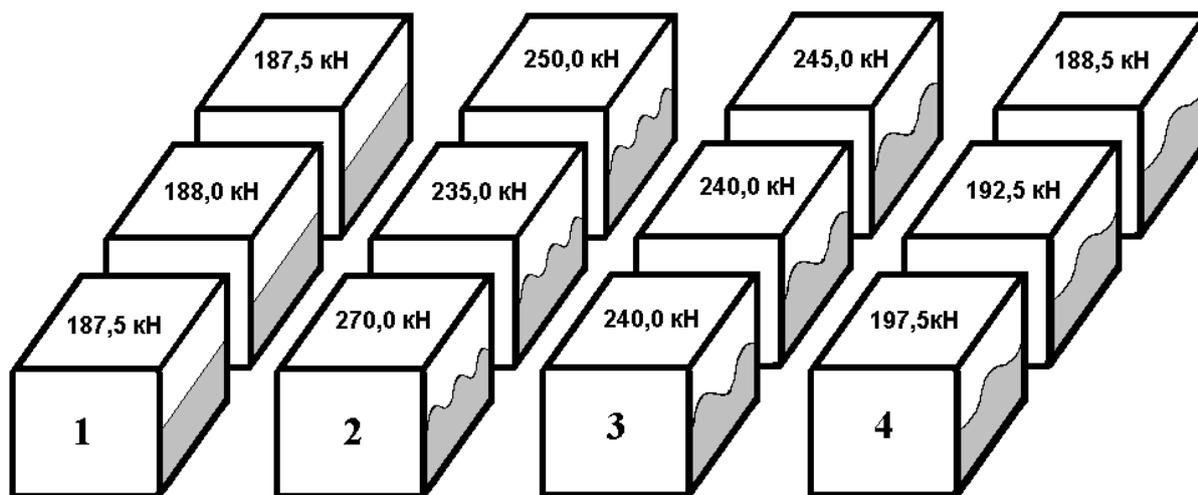


Рисунок 3 - Графическое отображение результатов исследования образцов

По результатам исследования бетонных образцов с разной поверхностью стыков на прочность при сжатии было выявлено следующее:

1. Образцы с плоским стыком выдержали наибольшую нагрузку в 188 кН;
2. Образцы с криволинейным стыком с шагом волн в 1 см имели максимальный предел прочности в 270 кН;
3. Образцы с криволинейным стыком с шагом волн в 2 см выдержали предельную нагрузку в 245 кН;
4. Образцы с криволинейным стыком с шагом волн в 3 см – нагрузку в 197,5 кН.

По данным исследования наиболее прочными оказались бетонные кубы, имевшие криволинейный стык с шагом волн 1 см. Наименее прочными были образцы с плоским стыком. Образцы с криволинейным стыком с шагом волн 3 см (имевшие фактически одну волну) по значению предела прочности на сжатие оказались наиболее близки к показателям значений прочности образцов с прямым стыком, что, по-видимому, можно объяснить тем, что в готовом исполнении эти стыки оказались почти идентичны друг другу.

Таким образом, можно утверждать, что создание нелинейной поверхности стыков в бетоне, железобетоне и в изделиях из них, может способствовать повышению их прочности. Кроме того, создание большого числа волн в криволинейных стыках обуславливает лучшее сцепление слоев бетона между собой, и повышает показатели прочности таких конструкций, что подтверждено экспериментальными данными.

Библиографический список:

1. Шейкин А.Е. Структура, прочность и трещиностойкость цементного камня. М., Стройиздат. 1974
2. Вербецкий Г.П. Прочность и долговечность бетона в водной среде. М. Стройиздат – 1976

УДК 539.3

Иноземцев В.И.

ПРОБЛЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Inozemtzev V.I.

PROBLEMS OF RAILWAYS, BRIDGES AND TRANSPORT TUNNELS CONSTRUCTION QUALITY IMPROVEMENT

В статье рассматриваются новые материалы и технологии, которые применяются при строительстве железных дорог, в том числе и при их сооружении в особых климатических условиях, в условиях вечной мерзлоты, низких температур и высокогорья.

Рассматривается российский и международный опыт железнодорожного строительства, в частности, в высокогорной части Китая - Тибете.

Ключевые слова: железнодорожный путь, пеноплекс, строительство, мерзлота, грунт, термосифон.

The article deals with new materials and technologies that are used in the construction of railways, including their construction in special climatic conditions in the permafrost, low temperatures and highland. Russian and international experience in railroad construction, in particular, in the mountainous part of the China – Tibet is taken into consideration

Key words: railway , penoplex , construction, permafrost , soil, thermosyphon .

В современных условиях строительство и ремонт железнодорожных путей требуют значительных капиталовложений. Помимо этого необходимо выяснить геологию на протяжении всего предполагаемого маршрута, так как специфика железнодорожного строительства предъявляет свои требования к геологическому строению участка, по которому будет проходить путь. Правильный выбор маршрута может быть сделан только при условии, что будут выявлены все заводненные территории, болота, водяные линзы, карстовые пустоты и другие особенности геологии. Такие препятствия необходимо миновать, или, если это невозможно, грамотно укрепить несущие конструкции, усилить насыпи и гарантировать высокую безопасность и качество железнодорожного полотна.

Таким образом, строительство нового железнодорожного полотна включает в себя такие этапы как: инженерные изыскания (геологические и топографические работы), предпроектные работы (составление планов и проектов с обоснованием), проектные работы (составление смет), строительно-монтажные работы (подготовка площадки, земляного полотна), строительство железнодорожного полотна и оформление всей необходимой при сдаче в эксплуатацию документации, такой, как, например, является технический паспорт железнодорожного пути.

Необходимо добавить, что каждый этап строительства должен подвергаться контролю высококвалифицированными специалистами, как и проверка качества выполняемых работ и сроков их проведения.

Транспортные возможности сети железных дорог определяются их несущими способностями, которые зависят не только от прочностных свойств системы, но и ее геометрических параметров, их стабильности, разрушающее влияние которых возрастает с увеличением скоростей движения и осевых нагрузок.

В России и за рубежом стабильность нормативной геометрии железнодорожного пути обеспечивается тремя основными технологиями обработки балластной призмы: подбивкой

балласта под шпалой, поверхностным уплотнением и динамической стабилизацией пути. Эти технологии характеризуются недостаточной эффективностью: низким качеством уплотнения балласта, интенсивным разрушающим воздействием на путь, недостаточной выработкой в «окно» и т. д.

Какие же существующие и предлагаемые путейской наукой возможности в изыскании, проектировании и строительстве железных дорог должны знать и освоить будущие инженеры – путейцы?

Обобщая лучший зарубежный и отечественный опыт, используя наработки НТЦ НИИОГР и НПП «Инжиниринг-Сервис», входящего в группу компаний «Оптимум», за тридцатилетний период, в начале МПС, а затем ОАО «РЖД» была предложена качественно новая продукция – инструмент, рабочие органы, машины для обработки балласта ж.д. путей. Предлагаемые инновационные технологии позволяют решить проблему обеспечения наилучшей устойчивости и несущей способности железнодорожных путей. Результат достигается через высокопроизводительное предельное уплотнение балласта балластной призмы. Традиционная техника для выправочно – подбивочно-рихтовочных работ (ВПр-работ) предлагает горизонтальное виброобжатие и виброуплотнение балласта в слое, который в три раза меньше толщины балластной призмы. Основным средством стабилизации (уплотнения балласта) железнодорожного пути служит сама поездная нагрузка. Она, в свою очередь, приводит к расстройству железнодорожного пути по мере его осадки и к необходимости периодического выполнения дополнительных ВПр-работ. Разработанная в России технология интегральной стабилизации железнодорожного пути (ИСП) при первой же выправке пути обеспечивает наилучшее объемное уплотнение балласта до степени 20% по всей его толщине, а при повторных работах в процессе обслуживания железнодорожного пути не приводит к разупрочнению балластной призмы. Все это многократно сокращает объем ВПр-работ, «окон», материальных затрат, в первую очередь по скоростным и грузонапряженным маршрутам.

Высокое качество уплотнения ИСП достигается за счет синхронного воздействия активатора, совершающего горизонтальные и вертикальные вибровоздействия на балласт, поверхностного уплотнителя и вертикальных вибраций рельсошпальной решетки, вызванных ИСП. Все это позволяет уплотнять только тот балласт, который уплотняется, и не разуплотнять балласт, который уплотнен, а также максимально исключить разрушающее воздействие на элементы верхнего строения пути в целом.

За последние 20 лет техника и технология ИСП прошли промышленную апробацию в типичных условиях магистральных железных дорог, подтвердив их максимальную эффективность в уплотнении балласта. Ресурсные испытания ИСП указывают на высокие возможности в обеспечении надежности, долговечности и малообслуживаемости данного оборудования (в силу его простоты). Конструкция последних рабочих органов ИСП пятого поколения позволяет их использовать не только при создании новых машин, но и при модернизации существующих ВПр-машин с многократным повышением их технико-экономической эффективности.

Среди новых материалов, нашедших признание при строительстве и ремонте железнодорожных путей, плиты "Пеноплэкс" марки 45. На протяжении последних лет они широко используются в качестве морозозащитного слоя при реконструкции балластной призмы железнодорожных линий.

Материал был доработан в соответствии с техническими требованиями МПС РФ, принятыми, затем ОАО «РЖД» и в настоящее время плиты поставляются с обработкой кромок специальной формы. Применение плит «Пеноплэкс» разрешено на основании цикла испытаний лаборатории пути МГУПС и регламентировано нормативными документами Департамента пути и сооружений ОАО «РЖД»:

- Технические указания на применение пенополистирола и геотекстиля при усилении основной площадки земляного полотна без снятия рельсошпальной решетки;

- Стандартные проектные решения и технологии усиления земляного полотна при подготовке полигонов сети для введения скоростного движения пассажирских поездов.

Плиты “Пеноплэкс” доказали свою эффективность и применяются на десяти железных дорогах России: Восточно-Сибирской, Свердловской, Горьковской, Западно-Сибирской, Северной, Октябрьской, Дальневосточной, Куйбышевской, Красноярской, Московской. Кроме того, при устройстве железнодорожного полотна на пролетные строения лоткового типа с целью защиты гидро- и шумоизоляции от механических повреждений в процессе эксплуатации разработана и успешно применяется конструкция с использованием плит пеноплэкса, примененная в 2002 году при строительстве Ладожского вокзала в Санкт-Петербурге и мостового перехода около поселка Веребье (Октябрьская железная дорога).

Основная эксплуатационная проблема железных дорог, проложенных в районах с суровыми зимами, - это деформация земляного полотна от сил морозного пучения. В холодное время года в теле насыпи насыщенном водой при промерзании образуются ледяные линзы, которые неравномерно приподнимают балластную призму и путевую решетку, вызывая первые деформации железнодорожного полотна.

С наступлением теплого времени года ледяные линзы внутри грунта оттаивают, превращаясь вновь в воду, и эта влага сильно влияет на прочностные характеристики грунтов. Происходит разжижение и осадка несущих слоев насыпи. На протяжении нескольких сезонов холодного и теплого периодов на структуру железнодорожного полотна оказывается многократное воздействие неравномерного подъема-опускания и вырабатывается так называемый "ходячий зазор", что влечет за собой частичную деформацию рельсошпальной решетки и, как следствие, ухудшается характеристика надежности безопасности движения.

Для наибольшей эффективности эксплуатации дорог в нашей стране оптимальная скорость движения составов может достигать 120-140 км/час, требования к обеспечению устойчивой и безопасной работы полотна существенно возрастают. В условиях же промерзающих грунтов безопасность движения без постоянной планово-предупредительной выправки и ремонта пути может достигаться только значительным снижением скорости прохождения подвижного состава.

Учитывая данные обстоятельства, ОАО «РЖД» активно разрабатывало различные методы борьбы с этой проблемой и в последние годы активно исследовало наиболее эффективные современные способы предохранения железнодорожного полотна от морозного пучения. Были изучены результаты технологических решений, применявшиеся ранее в Российской Федерации, а так же современный опыт наших соседей - Норвегия, Швеция, Австрия, Германии. В технологии поддержания постоянного безопасного качества железнодорожного полотна существуют различные способы.

- Это может быть полная замена грунта на проблемных участках пучинистых грунтов. Для этого требуется его разработка, вывозка и замена на качественные крупно и среднезернистые пески. При производстве работ необходимо дополнительное укрепление откосов щитами для ликвидации осыпей. Кроме этого, необходимо вводить во временную эксплуатацию второй путь на период реконструкции или использовать большое количество транспортных средств для вывоза старого грунта, что уже само по себе значительно увеличивает затраты на реконструкцию земляного полотна.

- Это может быть создание морозозащитного слоя из теплоизоляционных материалов. В качестве теплозащитного слоя ранее использовался пенополистирол и асбестовый щебень, но опыт показал недостаточную прочность и долговечность этих материалов.

В настоящее время одним из вариантов усиления основной площадки земляного полотна (по схеме: эффективность равна: затраты плюс технологичность плюс долговечность) был выбран метод устройства защитного слоя из экструзионного(синтетический теплоизоляционный материал) пенополистирола (рис. 1).

Этот метод реконструкции железнодорожных путей в испытаниях занял особое место по основным показателям и был признан как наиболее эффективный в неблагоприятных

условиях: при затрудненном поверхностном водоотводе и в зонах повышенных силовых воздействий.



Рисунок 1- Укладка плит марки «Пеноплекс – 45»

При производстве работ применяются специальные путевые ремонтные машины типа РМ-80 или "Самсон", которые позволяют:

- работать на путях с использованием 6-8 часовых «окон» в движении поездов;
- выемку, очистку и укладку гравия производить практически одновременно и без остановок;
- укладку изолирующих плит производить параллельно с заменой щебеночного балласта.

Таким образом, применение специализированной техники при реконструкции полотна позволяет максимально использовать рабочий график движения поездов, работая в окнах движения. На основании вышеизложенного можно сделать вывод: высокоэффективный изолирующий материал - экструзионный пенополистирол марки «Пеноплэкс-45» позволяет добиться хороших показателей защиты земляного полотна от климатологических воздействий, тем самым увеличивая эксплуатационную безопасность и долговечность железных дорог страны.

На сегодняшний день основу большегрузных перевозок составляют железные дороги. Сегодня темпы строительства железных дорог уже значительно меньше, но и сегодня новые железные дороги строятся в разных частях России.

Большая часть железных дорог строится на Дальнем Востоке и Сибири. Развитие дорожной системы этих регионов позволит доставлять полезные ископаемые в центральную часть России и перерабатывать их на предприятиях. Кроме полезных ископаемых на железнодорожном транспорте возможна перевозка различных товаров.

В настоящее время Арктика рассматривается многими государствами как стратегический регион в связи с колоссальными запасами углеводородов и усилением роли факторов и условий, лежащих в основе политической и энергетической безопасности ведущих индустриально развитых стран мира. Так, одним из перспективных направлений может стать полномасштабная реализация транспортно-транзитного потенциала за счет становления системы международных транспортных коридоров, проходящих по территории и акватории под юрисдикцией Российской Федерации, а также капиллярной транспортной инфраструктуры, связывающей труднодоступные приарктические населенные пункты.

Россия уже сегодня обладает уникальными транспортно-логистическими возможностями, которые благодаря естественным природным предпосылкам могут в значительной мере содействовать ее превращению в конкурентоспособное транзитное государство с развитой сферой услуг и сервисной экономикой.

Развитие полноценной транспортной системы и инфраструктуры позволит не только преодолеть барьеры в использовании транзитного потенциала и повысить транспортную доступность населенных пунктов, но и во многом устранить инфраструктурные ограничения на рост добычи полезных ископаемых в арктической зоне России (АЗР).

Очевидно, что без дальних железнодорожных подходов развитие арктических портов имеет низкую перспективность

Именно поэтому проект "Белкомур" является наиболее перспективным и имеет благоприятные условия для реализации. Проект имеет более чем 100-летнюю историю. Первые официальные упоминания о планах строительства железнодорожной магистрали, которая должна соединить промышленные районы Урала с Белым морем относятся к 1912 году. Начало реализации проекта - строительство участков Архангельск-Карпогоры и Вендига-Микунь пришлось на 1947-1954 гг., когда было построено более 400 км железной дороги.

Название "Белкомур" ("БЕлое море-КОМи-УРАл") проект получил в 1995 году, когда было начато строительство на участках Карпогоры-Шарда (22 км) и Ертом-Вендига (18 км). Он предусматривает строительство недостающих участков (Карпогоры-Вендинга) железной дороги по трассе Архангельск-Пермь для связи Архангельского морского порта с Сыктывкаром, Кудымкаром и Пермью (Соликамском). Это обеспечит выход продукции этих регионов на внешние рынки. В связи с этим особенно актуализируется реализация таких проектов, как строительство технологических линий Сосногорск-Индига ("Баренцкомур"), Воркута-Усть-Кара, а также коридора "Север-Юг", предназначенного для транспортного сообщения между государствами Персидского залива, Индией, Пакистаном через Каспий со странами Восточной и Центральной Европы и Скандинавии.

Более того, строительство железной дороги Полуночная-Обская, достройка линии Обская-Бованенково с последующим выходом на порт Харасавэй, создание железнодорожного сообщения Надым-Салехард и далее до Лабытнанги, а также линии Коротчаево-Игарка с перспективой выхода на Дудинку и Норильск позволят связать рудные ресурсы полярного Урала, зону нефтегазодобычи Ямала с освоенными районами промышленного Урала.

Новые железные дороги меридионального направления, выходящие к портам Белого, Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых, увеличат грузовой потенциал Северного морского пути (СМП) и откроют прямой выход в Западную Европу. Более сложные последствия может иметь строительство железнодорожной линии Салехард-Надым-Новый Уренгой с выходом на Игарку и Норильск, поскольку появляется риск оттока грузов с наиболее развитого на СМП дудинского направления.

Проект "Белкомур" прошел все необходимые согласования в министерствах и ведомствах, был утвержден Министерством транспорта РФ

Учитывая предстоящие перспективы строительства железных дорог на Арктических территориях в условиях сурового климата и вечной мерзлоты, необходимо подробно познакомиться с опытом строительства в подобных условиях железных дорог в Северной Америке и, особенно, в высокогорном районе Китае-Тибете. На строительстве этой, как её часто называют самой «экстремальной дорогой мира» китайскими инженерами путейцами, были предложены, разработаны и внедрены оригинальные решения для устойчивой работы железнодорожного полотна, что позволило открыть постоянное движение поездов по Цинхай-Тибетской железнодорожной магистрали, строительство которой длилось почти полвека. Общая длина Цинхай-Тибетской железной дороги от Синина до Лхасы составляет 1 956 километров, средняя высота свыше 4000 метров над уровнем моря. Строители Цинхай-Тибетской железной дороги работали в суровом климате. Температура иногда падала до минус 45 С°. Число дней с сильным ветром составляло до 160 дней в год. Кроме того, нехватка кислорода на такой высоте была серьезной проблемой. Железная дорога строилась в необитаемых и безлюдных районах. 550 километров этой дороги строилась в зоне вечной мерзлоты нагорья. В ходе строительства особое внимание уделялось сохранению природы.

Строительство подобной железной дороги еще не знала ни китайская, ни мировая история строительства железных дорог. Однако миллионная армия строителей, проявляя новаторский дух и придерживаясь научного подхода, смогла преодолеть трудности строительства и успешно разрешить сложнейшие технические проблемы строительства в условиях мерзлоты, имеющие глобальный характер. Переменное состояние такой почвы приводит к разрушению железнодорожного полотна, появлению трещин на нем или зданий. Как свидетельствуют данные России от 1994 года, в 70-годах 20 века во время строительства второго транссиба 27,5 % железнодорожного полотна пострадали от различных отрицательных воздействий почвы. Согласно данным Китая от 1990 года, такой показатель на Цинхай-Тибетском шоссе составляет 31,7 %. В силу отрицательных воздействий мерзлой почвы в мире поезда на таких железных дорогах могут ехать только со скоростью не больше 50 километров. Максимальная скорость движения поездов на Цинхай -Тибетской железной дороге в зоне высокогорной тундры составит 100 км/ч, в других районах до 120 км/ч. Каждый вагон обеспечивается дополнительным кислородом для предотвращения кислородного голодания. Предусмотрена также защита от солнечной радиации.

Цинхай-Тибетская железная дорога проходит через горы Куньлунь, Тангла. Самая высокая точка дороги находится на высоте 5072 метров над уровнем моря. Условия строительства были очень сложными - наличие заболоченной местности, мерзлой почвы, высокая температура поверхности земли летом. Все это были сложнейшие технологические трудности. Хотя в Канаде, России и других странах также существует мерзлая почва, но в силу того, что они расположены в высоких широтах, такая почва более прочная и стабильная. А на участках Цинхай-Тибетской железной дороги от Гээрму до Лхасы в силу низкой широты и высоты местности, большого солнечного излучения, мерзлая почва имеет свои сложнейшие свойства. Тем не менее, для решения проблем, возникавших при строительстве, были приглашены российские инженеры, имеющие немалый опыт по сооружению железных дорог в схожих геологических условиях, прежде всего, во время строительства Байкало-Амурской магистрали. Огромная роль в проектировании магистрали, разработке технических рекомендаций по укладке пути в условиях вечной мерзлоты и высокой сейсмичности принадлежит профессору МИИТа Г. М. Шахунянцу.

Китайские специалисты при сооружении полотна Цихай-Тибетской железной дороги использовали метод укладки особого слоя из щебня между полотном и пластом вечной мерзлоты, чтобы предотвратить ее таяние. Оригинальные решения были предложены профессором Нью Фуджином. Были установлены так называемые "тепловые трубы" - остроумное приспособление для борьбы с разморозкой грунта. Труба наполнена жидким аммиаком. Когда аммиак нагревается, он в газообразном состоянии поднимается по трубе, через ребра отводится тепло, газ конденсируется и стекает по трубе вниз (рис.2).



Рисунок 2- Поперечные вентилируемые трубы в основании земляного полотна

По предложению российских специалистов на Цинхай -Тибетской железной дороге успешно реализовано и другое техническое решение — насыпь с поперечными охлаждающими трубами. При этом были применены, как железобетонные, так и пластмассовые трубы, варьировались высота над подошвой насыпи и шаг укладки труб. Для эффективной работы поперечных охлаждающих труб необходимо закрывать их отверстия на теплый период года и открывать с наступлением зимы. Для этого были применены автоматические заслонки.

На строительстве китайскими инженерами был применен и ряд собственных, смелых технических решений. Во многих местах использован так называемый «сухой мост» — эстакадный переход участков льдистых вечномёрзлых грунтов. Самый длинный «сухой мост» имеет длину 11,7 км и опирается на 2878 опор (рис.3).

Пригодился опыт российских инженеров и во время прокладки тоннелей. Ведь самый высокогорный в мире туннель строился в местах вечной мерзлоты. Протяженность туннеля—1338 метров, железнодорожное полотно находилось на высоте 4905 метров над уровнем моря (рис.4). Отсюда можно судить, сколько сложнейших технических проблем было разрешено и в каких трудных условиях проходило строительство этой железной дороги.



Рисунок - 3 «Сухой мост»



Рисунок 4 - Самый высокогорный в туннель

Этот опыт, несомненно, должен быть учтен в России, где возобновляется строительство новых железных дорог в районах с вечной мерзлотой и глубоким сезонным промерзанием грунтов, в частности, при проектировании и строительстве новой железнодорожной линии Нарын — Лугокан для освоения полезных ископаемых на юго - востоке Забайкальского края, а также при завершении строительства Амуро - Якутской железнодорожной магистрали и в особенности при стабилизации земляного полотна на участках льдистых грунтов Забайкальской, Дальневосточной и Восточно - Сибирской железных дорог в составе обновления инфраструктуры по Инвестиционной программе ОАО «РЖД».

Поэтому развитие и строительство железных дорог в этих регионах в ближайшем будущем должно стать реальностью.

Строительство, реконструкция, усиление и ремонт железнодорожных путей для скоростного движения в России, в том числе в Дагестане, в настоящем и ближайшем будущем потребует высококвалифицированных специалистов – путейцев и эксплуатационников, которых подготавливают в ДГТУ.

Библиографический список:

1. Ж. Железные дороги мира. 2011-2012 С-84
2. Коновалов А.М. Транспортная инфраструктура российской Арктики: проблемы и пути их решения // Арктика: зона мира и сотрудничества / Отв. ред. А.В. Загорский.М. ИМЭМО РАН, 2011.С -195
3. Кондратьев.В.Г. Опыт строительства и проблемы стабильности земляного полотна Цинхай - Тибетской железной дороги на участках вечной мерзлоты. Ж. Транспорт Российской Федерации.№ 6(25).2009.С-61.
4. Проектирование железнодорожного пути. Под ред. Г.М.Шахунянца. - М.: "Транспорт", 1972 г.- 320 с
5. Сооружение земляного полотна в сложных условиях: Учеб. пособие / Г.Л. Шалягин, Э.С. Спиридонов, М.С. Клыков и др.; Под ред. М.С. Клыкова. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2005. – С -131.
6. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь. Учебник для. М. Транспорт. 1981г. С -536 .
7. Яковлева Г.Т. «Железнодорожный путь». М.Транспорт.1999.С - 406.

УДК 624.131.3.

Аллаев М. О.

МЕТОДЫ ПРОГНОЗА БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Allaev M.O.

METHODS OF THE FORECAST OF SAFE WORK OF A ROAD BED OF THE HIGHWAY

В статье приведены методы прогноза параметра безопасной работы земляного полотна, в качестве которого принята надежность работы за период между капитальными ремонтами при нормальных условиях эксплуатации. Рассматривается надежность как оценка вероятности невыхода процесса за допустимые интервалы и время, в течение которого не осуществляется такой выход. Геотехнические процессы, имеющие место во время эксплуатации земляного полотна, представлены как квазистационарные и стационарные случайные процессы. Получены выражения по прогнозированию времени достижения заданной вероятности отсутствия выброса, и, наоборот, по нахождению вероятности отсутствия (времени) выброса за фиксированный период времени.

Ключевые слова: *основание, вероятность, изменчивость, процесс, время, прогноз, дисперсия, надежность, выброс.*

Methods of the forecast of the parameter of the safe work earth are brought In article on-pallet, as which is accepted reliability of the work for period between heavy repairs at reasonable conditions of the usages. Reliability is Considered as estimation to probability of the failure to appear of the process for possible intervals and time, during which is not realized such output. Geotehnikheskie processes, having place during usage of the earth linen, are presented as quasi-stationary and stationary casual processes. Expressions are Received on forecasting of time of the achievement given probability of the absence of the surge, and, on the contrary, on finding of probability of the absence (time) of the surge for fixed length of time.

Key words: *base, probability, variability, process, time, forecast, dispersion, reliability, surge*

Как известно, параметры оснований земляного полотна, входящие в расчетные схемы, являются случайными величинами. В различных примерах, зависящих от различных факторов, связанных с изменениями инженерно-геологических условий и процессов в основании, которые происходят под воздействием возводимой насыпи, параметры грунтов меняются во времени. Это приводит к изменению параметров безопасной работы земляного полотна.

Например, увеличение влажности приводит к возрастанию деформируемости и уменьшению значений прочностных характеристик. Эти условия приводят в целом к изменению исходной надежности системы “земляное полотно–основание”. Поэтому важно прогнозировать надежность данной системы за период эксплуатации автомобильной дороги

$$P(t) = \prod_{i=1}^k P_i(t), \quad (1)$$

где t – момент времени оценки надежности.

Задача оценки $P(t)$ является достаточно сложной, а использование здесь известных вероятностных методов невозможно из-за отсутствия информации в достаточном количестве. Применимым в данном случае является расчетно-теоретический метод, неизвестные прогнозные параметры решения задачи устанавливаются по исходным статистическим характеристикам входных параметров (модуля деформации, угла внутреннего трения и сцепления грунтов и т. д.)

При этом приходится отказываться от известной модели случайной величины и принимать модель случайной функции, т.е. входные параметры рассматривать как случайные функции времени.

При оценке параметров безопасной работы земляного полотна, под которыми в дальнейшем будем понимать время и вероятность отсутствия выброса за заданный уровень, можно идти двумя путями

Во-первых, изменение входных параметров в расчетные схемы рассматривать как случайный процесс, установив допустимые интервалы их изменения, исследовав чувствительность расчетных схем к варьированию входных параметров.

Во-вторых, проектное решение рассматривать как функцию времени и изучить его как процесс (развиваемый в дальнейшем подход не исключает оба пути).

Необходимо подчеркнуть, что методы прогноза состояния процесса зависят от особенностей его изучения и вида информации – качественной или количественной. Если процесс рассматривается как следствие применения параметров, определяющих его состояние, и такая связь установлена, то изучению во времени подлежат параметры.

При непосредственном изучении процесса параметры не рассматриваются, а устанавливается зависимость изменения процесса во времени. Практикуются оба указанных подхода к изучению процессов, накоплен соответствующий материал и разработаны различные методы их прогнозирования и классификации.

Прогнозирование процессов можно осуществить путем изучения закономерности развития данного и аналогичного процессов. При этом возможны различные задачи:

- 1) прогнозирование процесса в будущий отрезок времени (экстраполяция);
- 2) оценка вероятности невыхода процесса за допустимые интервалы и время, в течение которого не осуществляется такой выход.

Вероятность невыхода процесса за заданный уровень и время его достижения оцениваются методами вероятного прогнозирования, в частности, методами наибольшего развития процесса. Действительно на практике наибольший интерес представляет прогноз максимального развития процесса или же максимального изменения тех факторов, которые определяют состояние процесса.

Например, при изучении просадочного явления, важно знать интенсивность увлажнения грунтов, так как при прочих равных условиях этот фактор определяет скорость развития просадки. Использование градиентного метода позволяет установить факторы,

максимально влияющие на характер развития процесса, и, следовательно, подлежащие детальному изучению и контролю.

Наряду с прогнозированием процесса в будущие моменты времени на практике возникает необходимость установления момента времени выхода процесса за заданный уровень. Например, пусть заранее установлена предельно допустимая величина деформации основания насыпи земляного полотна дороги. Согласно нормам, расчетное значение деформации не должна превышать ее допустимую величину. Однако из-за изменения инженерно-геологических условий, вызванных различными причинами, деформации могут превышать допустимые величины. При этом важно иметь прогноз момента времени, когда деформация превысит фиксированное значение. Что касается уплотнения водонасыщенных оснований, то в определенных условиях такая задача решается методами теории фильтрационной консолидации грунтов. Время T достижения процессом допустимой границы определяется обратным прогнозированием, идея которого состоит в задании допустимых значений параметров и в определении момента времени достижения процессом этой границы. Время T рассчитывается из выражения

$$T = \{R[x(t_{n+j})] - R[x(t_n)]\} / \nabla R[x(t_n)] \quad (2)$$

где $T=j \Delta t$; Δt – шаг прогнозирования.

Для определения параметров безопасного развития процесса, прежде всего, необходимо установить предельный уровень его развития, пересечения которого не допускается. В данном случае нельзя рекомендовать единое правило по установлению такого предела, так как требования к уровню будут различными при решении конкретных задач, и, в зависимости от рассматриваемого процесса (геологического или геотехнического). Что касается ряда геотехнических процессов, как подтопления, осадки, просадки и т. д., то в качестве предельного уровня можно принимать их предельно допустимые значения, устанавливаемые исходя из условий нормальной эксплуатации земляного полотна, обеспечения его устойчивости. Вероятность выброса оценивается методами теории случайных функций. Принятие модели случайной функции оправдано тем, что влияние факторов на состояние процессов носит случайный характер, причем степень влияния отдельных из них изменяется во времени. Поэтому при всей сложности эта модель адекватно отражает свойства процессов.

Процессы, как правило, имеют тенденцию нестационарного случайного развития, хотя здесь не исключается стационарность их поведения при соответствующих условиях в целом или в определенные промежутки времени. Практическое использование модели нестационарного случайного процесса связано с преодолением ряда трудностей, как математического характера, так и ее информативного обеспечения. Это обусловлено зависимостью статистических свойств нестационарного процесса от времени, т.е. эти свойства будут иными с течением времени. Пока не разработана единая методика анализа любых нестационарных случайных процессов. Причина этого, в частности, состоит в том, что вывод о нестационарности процесса связывается с предположением об отсутствии свойств стационарности и не определяет точного характера нестационарности. В связи с этим часто при решении практических задач рассматриваются модели квазистационарных и стационарных процессов. Многие из встречающихся геологических и геотехнических процессов можно представить как квазистационарные случайные, т.е. как процессы, реализацию которых можно разбить на интервалы времени, продолжительность которых значительно дольше, чем продолжительность характерного времени корреляции, и, вместе с тем, позволяющие в пределах отдельных интервалов времени рассматривать процесс как стационарный.

Вероятностные характеристики таких процессов будут изменяться достаточно медленно. В простейшем виде такой процесс можно рассмотреть в виде

$$R(t) = A(t) * \varphi(t), \quad (3)$$

где $A(t)$ - детерминистическая функция, характерное время изменения которой достаточно велико по сравнению с характерным временем стационарного случайного процесса $\varphi(t)$

Рассматривая $A(t)$ как параметр, мгновенную спектральную плотность процесса $R(t)$ определяем как

$$S_R(\omega, t) = A^2(t) * S_\varphi(\omega), \quad (4)$$

где $S_\varphi(\omega)$ - спектральная плотность функции $\varphi(t)$.

Разбивая экспериментальную реализацию квазистационарного процесса на интервалы, определяя спектральную плотность для каждого интервала и считая в их пределах функцию стационарной, получим значения спектральной плотности в различные моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n . Интерполируя по всем t_i получим оценку для мгновенной спектральной плотности $S_R(\omega, t)$. Выбрав для данного процесса подходящую конкретную функцию $\varphi(t)$ из (3) можно оценить функцию $A(t)$.

Вероятность отсутствия выброса за фиксированный уровень (пересечения процессом заданного уровня) можно прогнозировать различными методами. Допустим, изменение параметра процесса выражается нестационарной случайной функцией $R(t)$ с математическим ожиданием $m_R(t)$ дисперсией $\sigma_R^2(t)$. При этом вероятность того, что функция $R(t)$ будет отклоняться от своего математического ожидания не меньше, чем на величину $E_R(t)$, ограничена сверху и определяется по равенству Чебышева

$$P_R \leq \frac{\sigma_R^2(t)}{E_R^2(t)}, \quad (5)$$

где $E_R(t) = R_i - m_R(t)$, здесь R_i - предельно допустимое значение функции $R(t)$.

Выражение (14) учитывает зависимость математического ожидания и дисперсии от времени. Если иметь функцию, экстраполируемую изменение во времени параметров $\sigma_R^2(t)$ и $E_R(t)$, то можно оценить вероятность отсутствия выброса параметров за заданное время t . Для экстраполяции, в частности, можно использовать следующую модель аналитического прогнозирования

$$Z(t) = \sum_{l=1}^{\mu} A_l F_l[R(t)], \quad (6)$$

где A_l - степенные адаптационные коэффициенты;

μ - степень базовых выражений $F_l[R, t]$, составляющих основу прогнозирующей формулы.

После получения функций типа (6) для математического ожидания и дисперсии, прогноз вероятности отсутствия (времени) выброса за фиксированный период времени осуществляется по выражению:

$$P_R(m) = \left[\frac{\sum_{i=1}^{\mu} A_i F_{\sigma l}(m)}{\sum_{i=1}^{\mu} A_i F_{E l}(m)} \right]^2 \quad (7)$$

где $F_{\sigma l}(m), F_{E l}(m)$ - соответственно базовые выражения прогнозирующих формул для $\sigma_R(t)$ и $E_R(t)$;

m - количество шагов прогнозирования.

Если прогнозируется параметр с постоянным математическим ожиданием, то вероятность P_R отсутствия выброса устанавливается из неравенства Чебышева:

$$P |R - m_R| \geq E \leq \sigma_R^2(t)/E^2, \quad (8)$$

где E – допустимый интервал изменения функции $R(t)$.

В случае $R(t)$ стационарной случайной функции с постоянной дисперсией и математическим ожиданием прогноз вероятности отсутствия выброса за заданный уровень в течение фиксированного периода времени производится из неравенства: $P|R - m_R| \geq \sigma_R^2/E^2$, т.е. эта вероятность будет постоянной на весь период.

Если известна допустимая вероятность отсутствия выброса функции $R(t)$, то время достижения этой вероятности можно определить путем решения уравнения

$$Z_E(T)P^{\frac{1}{2}} = Z_\sigma(T) \quad (9)$$

где $Z_E(T)$ и $Z_\sigma(T)$ - соответственно значения экстраполирующих функций $Z_E(t)$ и $Z_\sigma(t)$ в момент времени T .

Метод решения (9) зависит от вида экстраполирующих функций $Z_E(t)$ и $Z_\sigma(t)$.

Приведенные выражения (5 - 9) учитывают изменения единого параметра, влияющую на состояние процесса. Чтобы составить по ним прогноз о поведении изучаемого процесса в целом, необходимо выявить параметры, которые существенно влияют на поведение процесса, и по значениям вероятности P_R или T следует определять для каждого параметра процесса, и в качестве прогнозных значений вероятности и времени отсутствия выброса, принимать их минимальные значения.

Влияние всех параметров $x_i(t)$, от которых зависит состояние процесса, на вероятность превышения процессом допустимого уровня можно установить с помощью неравенства Колмогорова:

$$P\{1 \leq i \leq k | \sum_1^i (x_i - m_{xi}) | \geq E\} \leq (\sum_1^k \sigma_{xs}^2)/E^2, \quad (10)$$

где E - допустимый интервал по всем параметрам процесса.

Приведенные методы определения вероятности отсутствия выброса и времени, за которое оно осуществляется – это упрощенные методы прогнозирования. Эти методы полезно использовать для получения ориентировочных значений параметров P_R и T при ограниченной информации, что часто встречается при изучении процессов.

Хотя на состояние процесса влияет ряд параметров, на практике при определенных упрощениях выделяется доминирующий параметр, и прогноз поведения процессов осуществляется с учетом изменения этого параметра. Например, о просадке судят по изменению влажности грунтов или подтоплению уровня грунтовых вод; состояние мерзлых грунтов прогнозируется на основании изменения теплового режима; состояние оползневого процесса, при прочих равных условиях, ставят в зависимость от влажности грунтов на контакте скольжения. Например, производятся режимные наблюдения за деформациями при оползнях, изменением уровня грунтовых вод, развитием просадок и т.д..

В таких случаях при изучении процессов можно использовать методы теории одномерных случайных функций, рассматривая в качестве параметра – время. В частности, вероятность выброса или время его отсутствия можно определить на базе методов изучения выбросов случайных процессов. Здесь возможность привлечения многомерных случайных функций не исключается, такие модели более адекватно отражают реальную картину. Однако в данной работе они не рассматриваются, так как при изучении процессов отсутствует достаточное количество информации для получения на их базе содержательных выводов и достоверного прогноза.

Рассмотрим случайный процесс $R(t)$, представляющий собой сумму детерминированной функции $A(t)$ и стационарной случайной составляющей $\varphi(t)$ с нулевым средним, дисперсией σ_R^2 , и корреляционной функцией $K(t)$. С учетом того, что в данном случае в фиксированные моменты времени значения случайной функции и ее производной независимы, среднее число выбросов за единицу времени в период T

$$v = \frac{\sigma_v}{2T\sigma_R\sqrt{2\pi}} \int_0^T [J + \sqrt{\frac{2}{\pi}} (e^{-\frac{J^2}{2}} + J\sqrt{\frac{\pi}{2}} [2F(J) - 1])] * -\frac{[b-A(t)]^2}{e 2\sigma_R^2} dt \quad (11)$$

где $J = \frac{A'(t)}{\sigma_v}$;

b - фиксированный уровень, за который выброс не допускается;

$F(J)$ - функция Лапласа;

σ_v^2 - дисперсия производной случайной функции.

В случае стационарного нормального процесса

$$v = \frac{\sigma_v}{2\pi\sigma_R} * e^{-\frac{(b-\bar{R})^2}{2\sigma_R^2}} \quad (12)$$

где $\sigma_v^2 = \frac{-d^2}{d\tau^2} K_R(\tau)$

$\tau=0$

Выражение для определения числа выбросов в единицу времени нестационарного нормального случайного процесса с учетом коррелированности значений процесса и его производной приведено в работе [3].

На практике важно знать вероятность первого выброса и время достижения заданного уровня процессом. При известной вероятности выброса $P(t)$ среднее время достижения процессом уровня T определяется по соотношению

$$T_s = \int_0^\infty P(T) dt \quad (13)$$

На практике выбросы вовсе не допускаются или же являются редкими событиями. При предотвращении нового развития процесса практически полностью устраняются вызвавшие его первоначальные причины, а при частичном их сохранении они качественно по-иному влияют на состояние процесса. Это позволяет считать выбросы многих процессов независимыми событиями. При этом число выбросов за время T можно считать подчиняющимся закону Пуассона. Тогда вероятность отсутствия выбросов за время T

$$P_0 = e^{-vT} \quad (14)$$

В случае нормального стационарного процесса эта вероятность определяется из соотношения

$$P_0 = EXP \left\{ -\frac{T}{2\pi} \sqrt{\frac{-\ddot{K}_R(\tau)}{K_R(\tau)} \Big|_{\tau=0}} * e^{-\frac{(b-\bar{R})^2}{2\sigma_R^2}} \right\}, \quad (15)$$

где $\ddot{K}_R(\tau)$ - вторая производная от корреляционной функции $K_R(\tau)$

Конкретное выражение для корреляционной функции выбирается с учетом особенностей рассматриваемого процесса.

Если в качестве корреляционной функции принимать выражение

$$K_R(\tau) = \sigma_v^2 e^{-\alpha(\tau)} (\cos\beta\tau + \frac{\alpha}{\beta} \sin\beta|\tau|), \quad (16)$$

то вероятность отсутствия выброса из соотношения (22) примет вид

$$P_0 = EXP \left[-\frac{T}{2\pi} \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} * e^{-\frac{(b-\bar{R})^2}{2\sigma_R^2}} \right]. \quad (17)$$

Анализ выражения (17) показывает, что вероятность отсутствия выброса уменьшается с

возрастанием времени T , параметров корреляционной функции α и β , характеризующих структуру процесса, а также неоднородности процесса.

Средняя время достижения процессом уровня из (13)

$$T_e = \frac{(b-\bar{R})^2}{\sqrt{2\pi} e^{-\frac{2\sigma_R^2}{\alpha^2+\beta^2}}}. \quad (18)$$

Как видно, время достижения процессом фиксированного уровня тем больше, чем однороднее процесс.

Отметим, что при рассмотрении геотехнических процессов вероятность отсутствия выброса должна быть не ниже требуемой надежности за весь период эксплуатации сооружения. А в качестве времени достижения допустимого значения можно принимать сроки эксплуатации дорожных сооружений.

Выводы

1. При изучении геотехнических процессов использованы модели теории одномерных случайных квазистационарных функций, рассматривая в качестве параметра – время.
2. Приведены методы прогноза параметров безопасной работы земляного полотна, в качестве которых приняты время и вероятность отсутствия выброса за заданный уровень.
3. Получены выражения, позволяющие прогнозировать геотехнические процессы, в частности, прогнозирование времени достижения процессом фиксированного уровня, в качестве допустимого значения которой, можно принимать сроки эксплуатации дорожных сооружений.
4. Показано, что с увеличением продолжительности рассмотрения процесса при соответствующих значениях параметров корреляционной функции вероятность отсутствия выброса, т.е. надежность работы земляного полотна, падает.

Библиографический список:

1. Аллаев М.О., Загиров Ш.Ш. и др. “Теоретические и методологические аспекты оптимального комплексирования методов исследований оснований сооружений”. Махачкала: ДГТУ, 2002.- 108с.
2. Болотин В.В. “Применение теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений” М., 1971. 255с.
3. Бабков В.Ф., О.В. Андреев “Проектирование автомобильных дорог” Ч I-II. - М.: Транспорт. 1979.
4. Вентцель Е.С. "Теория вероятностей", М., 1989, стр.572.
5. Гаскарев Д.В. и др. “Прогнозирование технического состояния надежности радиоэлектронной системы”. М.: 1974. 223с.
6. Гольцман Ф.М. “Статистические модели интерпретации” М.: 1971. 327с.
7. Ермолаев М.Н., Михеев В.В. "Надежность оснований сооружений", Л., 1976, стр. 151.
8. Коган М.С., Яковлев Ю.М. “ Качество и надежность дорожного строительства”. М.: “Транспорт” 1982г.
9. Загиров Ш.Ш., Аллаев М.О. "О необходимой точности фиксации положений контактов слоев при оценке несущей способности свай"/ Актуальные вопросы строительства: тезисы докладов. Махачкала: ДГТУ, 1997. – С.78-79.
10. Загиров Ш.Ш. "Оптимизация инженерно-геологических изысканий", М.: Издательство ВЗПИ, 1990 , стр. 346 .

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 543.54; 504.4.064.3

Хизриева И. Х., Алиев З.М., Аммаева Ш.Г.

ПРИМЕНЕНИЕ КОЛЛОИДНОГО ДИОКСИДА КРЕМНИЯ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОГО РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Khizrieva I. Kh., Aliev Z. M., Ammaeva Sh. G.

THE APPLICATION OF COLLOIDAL SILICA FOR COMPLEX DECISION OF ENVIRONMENTAL CHALLENGES

Приведены результаты экспериментальных исследований по деметаллизации жидких пищевых продуктов с использованием метода коллоидного диоксида кремния. Полученные данные позволили оптимизировать технологические параметры, регулирующие эффективность удаления солей тяжелых металлов, отрицательно влияющих на качество и стабильность виноматериалов.

Ключевые слова адсорбция, коллоидный раствор, оптимизация процесса, осветление, стабилизация, виноградные вина.

In the present article, we report the experimental studies on demetallisation of liquid foods using the colloidal silica. The obtained data allowed us to optimize the process parameters governing the removal efficiency of heavy metals which adversely affect the quality and stability of wine.

Key words: adsorption, colloidal solution, the optimization process, clarification, stabilization, grape wine.

Коллоидный кремнезоль находит широкое применение при производстве керамики, композиционных и лакокрасочных материалов, буровых растворов, стекол и коагулянтов при очистке воды [1].

Широкое применение кремнезоля обусловлено, прежде всего, его механической прочностью и развитой поверхностью, а также возможностью варьировать пористую структуру сорбента на его основе, включая диаметр и объем пор.

В патенте [2] приведены данные по деметаллизации жидких пищевых сред с использованием коллоидного кремнезоля.

В нашей предыдущей публикации [3] приведены данные по изучению физико-химических свойств кремнезоля и его мицеллярной структуры, включающее определение размера образующихся коллоидных частиц.

Настоящая работа является продолжением исследований, направленных на решение экологических задач с помощью коллоидного кремнезоля.

Одним из способов получения коллоидного раствора диоксида кремния является метод нейтрализации силикатов щелочных металлов неорганическими кислотами [1]. Настоящее исследование направлено на продолжение изучения физико-химических, в том числе реологических свойств получаемых под давлением коллоидно-дисперсных систем. Повышенное давление внутри автоклава создавали сжатым газом из баллона и выдерживали систему в течение 1,5 – 2,0-х часов при непрерывном перемешивании для формирования коллоидных частиц. При избыточном давлении до 5,0 МПа в автоклаве образуются свободно-дисперсные системы. Одной из важных реологических параметров изучения таких систем является вязкость, поэтому были проведены вискозиметрические исследования свежеприготовленных систем, чтобы исключить возможность роста вязкости в процессе их старения.

Синтезированные коллоидные растворы диоксида кремния нами были опробованы на виноматериалах с целью их деметаллизации, так как причиной многих видов помутнений и окисленности вин является относительно высокое содержание катионов железа, меди и кальция. Проблема повышения стойкости вин и предупреждение их от излишнего окисления и помутнения продолжает оставаться актуальной в виноделии.

Изучены физико-химические свойства коллоидного раствора диоксида кремния, полученного нейтрализацией раствора силиката натрия газообразным CO_2 под давлением, включающие определение размера коллоидных частиц и реологических параметров. Показано влияние давления и pH на размер частиц и вязкость коллоидного раствора.

В полученном кремнезоле определяли по известным методикам [4,5] следующие физико-химические характеристики: концентрации оксидов натрия и кремния (методом титрования), средний радиус наночастиц золя (турбидиметрическим методом), динамическую вязкость (вискозиметрией) и значение pH с помощью иономера И-120.2.

Определение концентрации оксида натрия в кремнезоле.

Концентрацию Na_2O в растворе кремнезема определяли титрованием исследуемого образца соляной кислотой в присутствии метилоранжа.

Расчет производили по формуле:

$$\text{Na}_2\text{O} = \frac{V \cdot n \cdot h \cdot m}{g} \cdot 100\%, \quad (1)$$

V – объем раствора 0,1 М HCl, пошедшего на титрование, мл; h – разведение раствора; n – фактор пересчета 0,1 М HCl в Na_2O , равный 0,0031; m – поправочный коэффициент для раствора соляной кислоты; g – навеска исследуемого раствора, г.

Определение концентрации SiO_2 в золе.

Метод основан на титровании щелочи, образующейся при взаимодействии кремнезема с фтористым натрием, соляной кислотой в присутствии метиленового красного.

Концентрацию (г SiO_2 /в 100 г раствора) рассчитывали по формуле:

$$C = \frac{1,5 \cdot V_k \cdot N_k}{V_z \cdot \rho_z}; \quad (2)$$

V_z , V_k – объемы золя и кислоты, пошедшей на титрование, соответственно, мл; N_k – нормальность кислоты; ρ_z – плотность золя, г/см³; 1,5 – пересчетный коэффициент на двуокись кремния;

Определение размеров частиц дисперсной системы

Размеры частиц дисперсной фазы определяли турбидиметрическим методом. В работе применялся фотокалориметр КФК-2, имеющий 2 шкалы: равномерную (Т,%) – пропускания и D – оптической плотности. Отсчет производился по шкале «D». Исходный раствор золя разбавили в 100 раз 1%-ным раствором аммиака.

Измерения проводили на светофильтрах при длинах волн (нм): 400; 440; 480; 540; 580; 620, начиная с меньшей, толщина поглощающего слоя – 30 мм. Раствор сравнения - 1%-ный раствор аммиака. Затем вычислили значения $\lg \lambda$ и $\lg D$, построили график в координатах $\lg D$ и $\lg \lambda$, где тангенс угла наклона прямой есть величина n из эмпирического соотношения Геллера для описания светорассеяния (если $r = (1/20 \div 1/6)\lambda$):

$$D = k \cdot \lambda^{-n}, \quad (3)$$

$$\text{и } Z = \frac{8 \cdot \pi \cdot r}{\lambda}; \quad (4)$$

Где k – константа; r – радиус частиц дисперсной фазы, нм; n – показатель преломления; а численные значения $Z=3,266$ и $n=3,5$. По формуле (4) вычислили средний радиус частиц дисперсной фазы, $r=66,3$ нм.

Определение динамической вязкости кремнезоля

Наличие дисперсной фазы существенно изменяет структурно-механические свойства системы по сравнению с чистой дисперсионной средой.

Для определения динамической вязкости в 8 пробирок прилили по 10 мл исследуемого раствора и по 5 мл следующих растворов: 1) 0,03М HCl; 2) 0,025М HCl; 3) 0,003М HCl; 4) H₂O; 5) 0,025М NaOH; 6) 0,05М NaOH; 7) 0,10М NaOH; 8) 0,20М NaOH.

pH полученных растворов измеряли на потенциометре. Время истечения растворов определяли вискозиметром Оствальда в термостате при $t = 35^\circ\text{C}$. При этой же температуре определяли время истечения воды. Расчет относительной вязкости проводили по формуле:

$$\eta_{\text{отн}} = \eta_0 \cdot t/t_0, \quad (5)$$

Где η_0 – вязкость растворителя (воды) = 1,005, Па · с; t – время истечения раствора, с; t_0 – время истечения чистого растворителя, с. [6]

Результаты анализов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Физико-химические показатели кремнезоля

Параметр	Наименование	Значение
Концентрация Na ₂ O	%	23,25
Концентрация SiO ₂	%	76,69
Размер частиц дисперсной фазы	нм	100-250
Динамическая вязкость *	Па · с	$0,94 \cdot 10^{-3}$
pH	-	8,0 – 8,3

* вязкость определяли при 35⁰С

Анализируя строение мицеллы золя диоксида кремния в металлсодержащих растворах, можно заключить, что коллоидная частица SiO₂ имеет отрицательный заряд, а противоионы Me⁺², образующие двойной электрический слой – положительный.

Механизм взаимодействия ионов металлов с кремнезолью основан на электростатическом притяжении ядром катионов адсорбтива адсорбционного слоя мицеллы. Очистка от катионов металлов в данном случае будет возможна, если они как противоионы будут входить в состав частицы гидратированного золя кремнекислоты, и при отделении его от раствора будут извлекаться вместе с ним.

По результатам экспериментальных данных следует, что коллоидная система достаточно однородна и может быть применена в качестве сорбента-коагулянта для удаления ионов металлов из жидких сред. Поэтому в дальнейшем были изучены сорбционные свойства кремнезоля для деметализации коньячной продукции с целью исключения кристаллических помутнений и повышения устойчивости продукции, так как содержание ионов металлов, в частности, кальция выше 5 мг/л и железа выше 1,5 мг/л является одной из причин коллоидных помутнений. Содержание катионов меди при производстве напитков также регламентируется нормативными документами. Поэтому к химическому составу воды, используемой для производства, предъявляются более высокие требования, чем к питьевой воде, чтобы исключить попадание нежелательных примесных ионов. Предельные концентрации в технологической воде для катионов кальция составляют 2-4 мг/л, а катионов железа – 0,3 мг/л.

В связи с этим была проведена серия опытов по удалению из модельной технологической воды указанных катионов при их совместном присутствии с использованием 2%-ного раствора кремнезоля. Результаты, полученные с применением статистической обработки результатов, приведены в табл.2.

Из таблицы видно, что кремнезоль обладает достаточными сорбционными свойствами и может снизить содержание катионов металлов до предельных значений в модельной технологической воде.

Как показали дальнейшие эксперименты концентрация кремнезоля и продолжительность сорбции оказывают существенное влияние на эффективность извлечения катионов металлов. При повышении концентрации кремнезоля и увеличении времени сорбции степень извлечения ионов возрастает (см. табл.3), что находится в соответствии с изотермой сорбции Гиббса.

Таблица 2 - Снижение содержания катионов металлов в модельной технологической воде кремнезолем

№ серии опытов	Концентрация катионов металлов, мг/л			
	Необработанная вода		Вода после добавления кремнезоля	
	Ca ⁺²	Fe ⁺³	Ca ⁺²	Fe ⁺³
1.	20	10	3,2	0,25
2.	10	10	1,9	0,21
3.	10	5	1,5	н/обн.
4.	5	5	<1,0	н/обн.

Таблица 3 - Влияние концентрации кремнезоля и времени сорбции (τ) на степень извлечения катионов металлов

Концентрация кремнезоля, %	Степень извлечения катионов металлов, %			
	Cu ⁺² *		Fe ⁺³ **	
	τ = 2 мин	τ = 18 ч	τ = 2 мин	τ = 18 ч
2	35,0	65,4	17,1	28,2
4	59,6	100	93,3	96,7

*исходная концентрация катионов меди 3,7 мг/л

**исходная концентрация катионов железа 61,0 мг/л

Оптимальной температурой для деметаллизации технологической воды, как показали эксперименты, является температура не выше 40⁰С (τ = 2 мин):

температура, ⁰ С	20	30	40	50
концентрация катионов железа, мг/л	4,2	3,5	<0,2	26,6

Повышение сорбционной эффективности кремнезоля с ростом температуры до 40⁰С вероятно связано с усилением процесса гидролиза солей при повышении температуры. Однако, при дальнейшем повышении температуры скорость гидролиза солей замедляется и кроме того происходит быстрое “заваривание” силикатного золя из-за преодоления температурного порога коагуляции [7].

В дальнейшем важно было определить сорбционные свойства кремнезоля по отношению к образцам коньячной продукции, содержащих катионы металлов. Предварительными экспериментами было определено оптимальное соотношение объемов коньячной продукции (на примере разливного коньяка) и кремнезоля, которое составило 10:1, о чем свидетельствуют данные таблицы 4.

Таблица 4 - Влияние объемного соотношения коньяка и кремнезоля на остаточную концентрацию ионов кальция ($\tau=18$ ч)

V_1	200	200	200	200
V_2	5	10	20	30
Ca^{2+} , мг/л	14,4	8,2	3,8	2,1

V_1 – объем разливного коньяка, мл

V_2 – объем 2%-ного раствора кремнезоля, мл

В таблице 5 приведены данные по сорбции кальция из разливного коньяка при дозировке кремнезоля 20 мл 2%-ного раствора на 200 мл коньяка, полученные двумя независимыми методами анализа.

Как видно из таблицы 5 содержание ионов кальция после обработки розливного коньяка, снижается более чем в два раза.

Следующим этапом исследований было определение сорбционной способности кремнезоля по отношению к катионам свинца, кадмия и железа в пробах разливного коньяка. Результаты исследований представлены в таблице 6.

Таблица 5 – Сорбция кальция из розливного коньяка.

Коньячная продукция – коньяк разливной	Содержание кальция мг/л	
	Спектрофотометрический анализ	Атомно-адсорбционный анализ
До обработки кремнезолом	8,34±0,08	8,34±0,3
После обработки кремнезолом	3,78±0,03	3,8±0,1

Таблица 6 - Сорбция катионов металлов кремнезолом из розливного коньяка.

Вид	$C_{нач.}^*$	$C_{кон.}^{**}$	Степень	ПДК, мг/л
Cd^{+2}	0,15	0,01	93,3	0,03
Fe^{+3}	18,6	0,30	98,4	0,3
Pb^{+2}	0,318	0,042	86	0,3
Pb^{+2}	0,418	0,068	85	
Pb^{+2}	0,617	0,068	89	
Pb^{+2}	0,718	0,070	89	
Pb^{+2}	0,920	0,072	92	

$C_{нач.}^*$ - начальная концентрация катионов;

$C_{кон.}^{**}$ - конечная концентрация катионов

Анализ табличных данных свидетельствует о том, что при обработке розливного коньяка кремнезолом содержание катионов свинца, кадмия и железа можно снизить до предельно допустимых концентраций при их содержании в продукции, превышающее ПДК более, чем в 3 раза.

Синтезированный нами кремнезоль прошел опытную проверку на ООО «Дагвино» на коньячной продукции с положительными результатами.

Следовательно, обработка образцов кремнезолом позволяет улучшить экологические показатели коньячной продукции, повысить ее устойчивость и снизить вероятность появления кристаллических помутнений за счет снижения концентрации токсичных металлов.

Библиографический список:

1. Фролов Ю.Г. Получение и применение гидрозолей кремнезема, М.: МХТИ, 1979, Вып.107, 65с.
2. Пат. № 2272833 России МПК7 C01 В 33/12; B01 G 2/08 Способ осветления и стабилизации виноматериалов/Алиев З.М., Хизриева И.Х., Харламова Т.А., опубл. 27.03.06.
3. Хизриева И.Х., Алиев З.М., Семенов Ю.В., Харламова Т.А., Малофеева Л.С. Использование коллоидного диоксида кремния для повышения качества жидких пищевых сред. Естественные и технические науки.- 2008.- №5.- с.34 – 39.
4. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема.- М.: ИКЦ «Академкнига», 2004.-208с.
5. Семенов Ю. В. Лабораторный практикум по курсу: «Коллоидная химия» для студентов 2-го курса специальности «Инженерная защита окружающей среды». Московский государственный горный университет, 2005.- 49 с.
6. Хизриева И.Х., Алиев З.М., Алиева С.А., Аммаева Ш.Г. Синтез кремнезоля и изучение его физико-химических свойств. Вестник ДГУ. – 2008. – Вып.1. – с. 40-44.
7. Лыгач В.Н. и др. Исследование и выявление оптимальных параметров кислотного разложения нефелинсодержащего сырья с целью получения гидрогелевых составов для изоляции буровых скважин и обезвреживания жидких отходов. ГИАБ. 2004. - №3. – с.337.

ЭКОНОМИКА ОТРАСЛИ

УДК 69.003

Курбанов И.Ш.

СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УПРАВЛЕНИЕ ЕГО ПОВЕДЕНИЕМ

Kurbanov I.SH.

FORMING ECONOMIC AMBIENCE OF THE BUILDING ENTERPRISE AND THEIR INFLUENCE UPON HIS (ITS) BEHAVIOUR MANAGEMENT

Рассматриваются проблемы управления поведением строительного предприятия в нестабильной экономической среде. Приводятся различные закономерности взаимодействия факторов экономической среды, и анализируется их влияние на поведение строительного предприятия.

Ключевые слова: *поведение строительного предприятия, закономерности проблемной среды, программа целенаправленного поведения.*

The problems of behavior management building enterprise are considered in sloppy problem-solving ambience. Happen to the different regularities of the interaction factor problem-solving ambience and their influence upon behavior of the building enterprise.

Key words: *behavior of the building enterprise, regularities of the problem-solving ambience, program of the goal-directed behavior.*

Практическая деятельность строительного предприятия осуществляется в нестабильной экономической среде. При этом характер поведения и управление взаимодействием строительного предприятия с экономической средой фактически и определяет эффективность его функционирования.

В общем случае под поведением строительного предприятия в экономической среде будем понимать одношаговый или многошаговый его переход от текущего состояния к более эффективному состоянию по заданной траектории движения с учетом ограничений на имеющиеся возможности на основе проводимых организационно-управленческих мероприятий, учитывающих действующие в среде факторы.

С позиции системного подхода экономическую среду строительного предприятия можно разделить на внутреннюю среду, непосредственное окружение и внешнее окружение (рис. 1).

Внутренняя среда строительного предприятия ограничивается следующими основными его составляющими: функциональными подразделениями организационной системой управления; всеми составными элементами производственного потенциала и материальными ресурсами; вспомогательными службами; производственным процессом, включающим строящиеся объекты.

Непосредственное окружение определяется всеми субъектами экономической среды, с которыми строительное предприятие тесно и непосредственно взаимодействует в процессе производственной и хозяйственной деятельности, например, инвесторы, субподрядчики, заказчики и т.д. Остальная часть окружающей среды является внешним окружением по отношению к строительному предприятию.

Необходимость такого разделения экономической среды на три составляющие обусловлена различным характером их влияния на поведение строительного предприятия в

условиях рынка. Например, внешнее окружение в основном опосредованно влияет на его поведение и не поддается управлению со стороны строительного предприятия. Однако учитывая, что такое влияние может оказаться весьма существенным, т.к. приводит к появлению в непосредственном окружении и во внутренней среде факторов прямого воздействия на производственный процесс и хозяйственную деятельность, то внешняя среда должна быть эффективно наблюдаемой со стороны строительного предприятия.

В общем случае, под эффективной наблюдаемостью внешнего окружения следует понимать обеспечение возможности целенаправленного сбора информации позволяющей своевременно определить возникающие в нем угрозы и возможности. При этом затраты на получение и переработку данных необходимых для принятия эффективных управленческих решений не должны превышать получаемого предприятием эффекта от своевременного и действенного поведения в экономической среде. Эффективная наблюдаемость внешней составляющей экономической среды может достигаться путем проведения мониторинга и маркетинговых исследований внешнего окружения строительного предприятия и на основе анализа полученных таким образом данных.

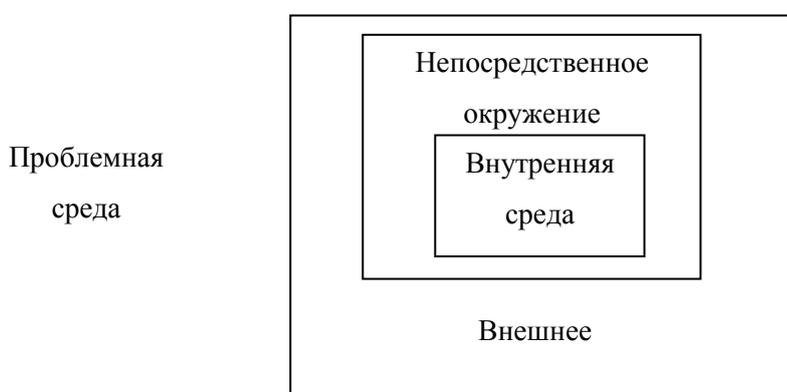


Рисунок 1 - Составляющие проблемной среды строительного предприятия

Для обеспечения эффективной наблюдаемости внешней составляющей экономической среды и избирательности поступающей из нее информации строительному предприятию необходимо определить множество подлежащих обязательному анализу действующих в ней факторов (в основном макроэкономических показателей: уровень инфляции, процентная ставка и т.д.). Обычно множество таких факторов формируется исходя из уровня их влияния на состояние внутренней среды строительного предприятия и необходимости их обязательного учета в процессе планирования его производственной и хозяйственной деятельности. Таким образом, для обеспечения целенаправленного поведения во внешней среде строительному предприятию следует организовать регулярное наблюдение за происходящими в ней изменениями с целью своевременной реакции на возникающие в среде возмущения.

Непосредственное окружение должно быть эффективно наблюдаемым и частично управляемым. Эффективная наблюдаемость непосредственного окружения обеспечивается регулярным обменом информации строительного предприятия с активно взаимодействующими с ним субъектами рынка. Частичная же управляемость непосредственного окружения достигается на договорной основе и проявляется в форме различных санкций, которые могут применить договаривающиеся стороны к друг другу в случае невыполнения своих договорных обязательств.

Внутренняя среда строительного предприятия для обеспечения его эффективного функционирования должна быть эффективно наблюдаемой и эффективно управляемой. В данном случае, под эффективной управляемостью следует понимать способность системы

управления к формированию и своевременной обработке действенных управленческих мероприятий в ответ на появление во внутренней среде различного рода возмущающих производственный процесс факторов. В целом же управляемость внутренней среды обеспечивается таким целенаправленным поведением строительного предприятия, которое, например, с допустимыми затратами позволяет достигнуть заданных целей или желаемого состояния.

Для обеспечения эффективной наблюдаемости и управляемости внутренней среды строительного предприятия необходимо определить:

- множество критериальных показателей, позволяющих охарактеризовать текущее состояние строительного предприятия в таком разрезе, который обеспечивает принятие эффективных управленческих решений во всех сферах его производственной и хозяйственной деятельности;

- множество переменных управления (например, состояние составляющих производственного потенциала строительного предприятия), от которых зависят критериальные показатели и которые поддаются изменению в результате проведения соответствующих им организационно-управленческих мероприятий.

Каждая из перечисленных выше составляющих экономической среды характеризуется проявлением в ней характерных для нее факторов, определенным образом влияющих на производственный процесс строительного предприятия. При этом в зависимости от состояния внешней составляющей и внутренней среды строительного предприятия такое влияние в одних ситуациях может оказаться позитивным, в других ситуациях негативным.

Таким образом, эффективность управления целенаправленным поведением строительного предприятия в экономической среде зависит от возможности оперативного наблюдения действующих в ней факторов и своевременного формирования на этой основе организационно-управленческих мероприятий позволяющих достигнуть заданных на данный момент времени целей функционирования.

В зависимости от характера влияния, факторы экономической среды можно разделить на множество факторов опосредованного влияния $a_i \in A, A = \{a_i\}, i = 1, n$ на состояние строительного предприятия (в основном факторы внешней экономической среды) и множество факторов U непосредственного влияния $u_j \in U = \{u_j\}, j = 1, m$ на различные элементы его внутренней среды. Другими словами, факторы опосредованного влияния фактически являются причинами возникновения факторов непосредственного влияния.

Следует также отметить, что определенное влияние на внутреннюю среду может оказать совокупное взаимодействие несколько факторов $a_i^1 \& a_i^2 \& \dots a_i^h$ или $u_j^1 \& u_j^2 \& \dots u_j^h$, одновременно наблюдаемых в экономической среде и т.д. При этом, при отсутствии хотя бы одного из факторов образующих суммарный комплекс, характер его влияния на производственный процесс может измениться.

Таким образом, для эффективного управления поведением строительного предприятия в экономической среде ему необходимо изучить закономерности протекающих в ней процессов на основе анализа появляющихся факторов и характера их влияния на внутреннюю составляющую экономической среды. Необходимо также знать закономерности влияния факторов внутренней среды на строительное производство, чтобы обеспечить его целенаправленное функционирование.

В этом случае, под целенаправленным поведением строительного предприятия будем понимать программу организационно-управленческих мероприятий, состоящую из одношаговых актов управления $b_l \in B = \{b_l\}, l = 1, n_1$ (B - множество допустимых элементарных актов управления), приводящую к требуемым изменениям параметров управления, формируемую системой управления и направленную либо на поддержание текущего состояния, либо обеспечивающую переход к новому состоянию, определяемому заданными значениями критериальных показателей. Каждое же отдельное состояние

исследуемого объекта управления будет определяться ситуацией $s_k \in S = \{s_k\}, k = 1, m_2$ (S - множество допустимых ситуаций на объекте управления), представляющей временной срез, отражающий текущие значения его критериальных показателей.

Другими словами, под состоянием внутренней среды строительного предприятия следует понимать возникшую на нем ситуацию $s_k \in S = \{s_k\}, k = 1, m_2$, представляющую собой временной срез, характеризующий кортежем значений $\langle \Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_d \rangle$ выбранной системы критериальных показателей $\Pi_i, i = 1, d$, обеспечивающих эффективное описание его текущего состояния.

Рассмотрим различные закономерности взаимодействия и сочетания факторов экономической среды, учет которых лицом принимающим решения по мере накопления опыта поведения позволяет обеспечить эффективное функционирование строительного предприятия в условиях нестабильного рынка.

1. Причинно следственные связи между факторами экономической среды, которые будем обозначать следующим образом:

$$\text{а) } a_i \xrightarrow{T} u_j; \quad \text{б) } a_i \xrightarrow{T} u_j^1 \& \dots \& u_j^h; \quad \text{в) } a_i^1 \& \dots \& a_i^h \xrightarrow{T} u_j.$$

Приведенные в пп. (а, б, в) записи, соответственно, означают:

- при наблюдении во внешней экономической среде опосредованно действующего фактора a_i через промежуток времени T во внутренней среде следует ожидать появления непосредственно действующего фактора u_j ;

- при наблюдении во внешней экономической среде опосредованно действующего фактора a_i через промежуток времени T во внутренней среде следует ожидать проявления суммарно (одновременно) непосредственно действующих факторов $u_j^1, u_j^2, \dots, u_j^h$ (суммарный комплекс действующих факторов);

- при одновременном наблюдении во внешней среде суммарно опосредованно действующих факторов $a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^h$ через промежуток времени T во внутренней среде следует ожидать появления непосредственно действующего фактора u_j .

Следует отметить, что во внешней среде могут также наблюдаться причинно-следственные связи между различными опосредованно действующими на строительное предприятие факторами, приводящие в конечном итоге к появлению во внутренней среде факторов u_j .

2. Закономерности преобразования ситуаций на объекте управления, или одношаговые реакции системы управления на появление в экономической среде возмущающих факторов и связанных с ними последствий:

$$\text{а) } s_k^0 \& u_j \rightarrow s_k^1 \xrightarrow{b} s_k^2; \quad \text{б) } s_k^0 \& u_j^1 \& u_j^2 \& \dots \& u_j^h \rightarrow s_k^1 \xrightarrow{b} s_k^2.$$

Приведенные в пп. (а, б) записи соответственно означают следующее:

- при наличии во внутренней среде фактора u_j текущая ситуация s_k^0 на объекте управления преобразуется в нежелательную ситуацию s_k^1 , которая может быть преобразована в более эффективную ситуацию s_k^2 в результате проведения организационно управленческих мероприятий b . Например, при возникновении сбоя поставок строительных материалов от основного поставщика возникает угроза длительного простоя. Однако использование имеющихся запасов, замена одного строительного материала на другой и заключение договора на поставки от резервного поставщика позволяет избежать длительного простоя;

- при одновременном наличии во внутренней экономической среде суммарного комплекса факторов непосредственного влияния $u_j^1, u_j^2 \dots u_j^h$ исходная ситуация на объекте управления s_k^0 переходит в нежелательную ситуацию s_k^1 , которая может быть преобразована в более эффективную ситуацию s_k^2 в результате проведения организационно-управленческих мероприятий b .

Например, если наблюдается рост стоимости строительных материалов и у предприятия отсутствуют свободные для их закупки средства, то целесообразно взять кредит, если по окончании строительства предприятие сможет погасить долг и получить дополнительную прибыль.

3. Проявление в среде тормозных факторов:

$$((s_k^0 \& u_j) \rightarrow (s_k^1 \& \bar{d}_j) \& b \rightarrow s_k^2) \& (s_k^0 \& u_j) \rightarrow (s_k^1 \& d_j) \& b \rightarrow s_k^2).$$

Приведенная запись означает, что при наличии во внутренней экономической среде фактора u_i исходная ситуация s_i^0 на объекте управления переходит в нежелательную ситуацию s_i^1 , которая при отсутствии фактора d_j в результате проведения мероприятий b может быть преобразована в более эффективную в ситуацию s_k^2 . При наличии же в экономической среде тормозного фактора d_j выполнение программы b является нецелесообразным.

Например, при возникновении угрозы срыва сдачи объекта поставщику переброска на него одной единицы строительной техники с другого объекта позволяет выйти из создавшейся ситуации. Однако при выходе из строя на другом объекте хотя бы одной единицы техники такая переброска становится нецелесообразной.

Таким образом, под управлением целенаправленным поведением строительного предприятия будем понимать формирование и реализацию многошаговой программы организационно-управленческих мероприятий, состоящей из элементарных актов управления $b_l \in B = \{b_l\}, l = 1, n_1$ (B -множество допустимых одношаговых организационно-управленческих мероприятий). Данная программа поведения должна обеспечивать переход строительного предприятия в более эффективное устойчивое состояние с учетом закономерностей экономической среды, т.е. характера взаимодействия и сочетания наблюдаемых в ней возмущающих факторов $a_i \in A = \{a_i\}, i = 1, n$ и $u_j \in U = \{u_j\}, j = 1, m$.

Приведенные выше закономерности преобразования ситуаций на объекте управления с учетом факторов экономической среды представляют собой элементарные акты целесообразного поведения или одношаговые решения, определяющие накопленный опыт управления поведением строительного предприятия в окружающей среде. На основе данных элементарных актов поведения путем их последовательной конкатенации, т.е. присоединения одного акта поведения к другому, когда выходная ситуация первого из них совпадает с входной ситуацией второго акта поведения, могут формироваться сложные программы целенаправленной деятельности строительного предприятия в экономической среде виде, например, следующих цепочек поведения:

$$s_k^0 \& u_j \rightarrow s_k^1 \xrightarrow{b1} s_k^2 \xrightarrow{b2} s_k^3 \xrightarrow{b3} \dots \xrightarrow{b8} s_k^8 \xrightarrow{b9} S_{цель},$$

где $S_{цель}$ - желаемое состояние строительного предприятия, к которому оно стремится согласно заданной цели поведения.

В заключение следует отметить, что рассмотренный принцип организации управления поведением строительного предприятия представляет собой многошаговое ситуационное управление, обеспечивающее его переход в желаемое состояние на основе ранее накопленного опыта функционирования в изменяющейся экономической среде. Кроме того предложенная формализация позволяет выполнить имитационное моделирование процесса

изменений состояний (поведения) строительного предприятия в экономической среде при различных закономерностях и действующих в ней возмущающих факторов и на этой основе сформировать наиболее эффективную программу поведения в конкретных условиях нестабильной рыночной среды.

Библиографический список:

1. Мелехин А.В., Джунаидов А. С. Технологии принятия эффективных управленческих решений в процессе регулирования строительного производства в условиях неопределенности // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2012. № 2. № ГР 0421200034/. Режим доступа: <http://uecs.mcnip.ru> .

ББК: 65.291.21

Черкасова С.А., Сулейманова М.Г.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НА ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ ИНСТИТУТА САМОАКТУАЛИЗАЦИИ ЛИЧНОСТИ

Cherkasova S.A., Suleimanova M.G.

THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT BASED ON THE ESTABLISHMENT OF THE INSTITUTE, SELF-ACTUALIZATION THE IDENTITY OF INDIVIDUAL PERSONALITY

Эффективность управления предприятием зависит от уровня развития личности, сформированности института самоактуализации. Потребность в саморазвитии, самоактуализации – основополагающее свойство личности. Идея саморазвития и самореализации является центральной или, по крайней мере, чрезвычайно значимой для многих современных концепций о человеке.

Ключевые слова: *эффективность, управление, самоактуализация, саморазвитие, личность, предприятие, персонал.*

The effectiveness of the enterprise depends on the level of development of the personality, the basis of institutes mainstream. The need for self-development self-actualization – the fundamental property of the individual. The idea of self-development and self-fulfilment is extremely meaningful to many modern concepts of human. Relevance of institutions, reality, autonomy, image recognition values allows to speak on the need for development of the institutes mainstreaming in order to enhance its management.

Key words: *efficiency, management, self-actualization, self-development, individual personality, enterprise, personal.*

Потребность в саморазвитии, самоактуализации – основополагающее свойство личности. Эффективность управления предприятием зависит от уровня развития личности, сформированности института самоактуализации.

Несмотря на большое количество исследований, направленных на изучение факторов, влияющих на производительность труда работников, проблема, связанная с повышением эффективности управления, является наиболее актуальной. Противоречия возникают уже на стыке понимания психологами и экономистами природы человеческого поведения. Интересно, что, имея общие названия, понятия раскрывают совершенно иную сущность. Например, теория бихевиоризма, относящаяся по классификации Е.В. Попова к

фундаментальным технологическим теориям, включает две классические психологические теории личности (бихевиористскую и гуманистическую), кардинально отличающиеся по содержанию друг от друга [6].

В теории бихевиоризма (Аж.Уотсон) поведение личности провоцируется стимулами, поступающими как из внешней, так и из внутренней среды. Причем предполагается усиление реакции при наличии положительного, либо отрицательного подкрепления. Таким образом, с позиций бихевиоризма личность – все то, чем обладает индивид, и его возможности, точнее их сумма, в отношении реакций (навыки, социально регулируемые инстинкты, социализированные эмоции, способность к пластичности, чтобы образовывать новые навыки, и к их сохранению) для приспособления к среде.

В гуманистической теории (А. Маслоу) изучаются здоровые, гармоничные личности, достигшие вершины личностного развития или стремящиеся к ней. Пирамида потребностей А. Маслоу служит основой дифференциации личностей по уровню самоактуализации [5].

Гуманистическая психология рассматривает личность как единое целое, находящуюся в постоянном «движении», а не сумму реакций (как у бихевиористов). Следует отметить, что гуманистическое направление создавалось как альтернатива бихевиоризму и их объединение недопустимо.

Согласно экономической теории бихевиоризма решения на предприятии принимаются множеством индивидов, имеющих разные предпочтения и потребности, причем с опорой на пирамиду потребностей А. Маслоу. При этом непонятно, рассматривается предприятие в таком случае, как абстрактный единый организм, либо необходимо изучать каждого исполнителя отдельно.

Таким образом, изучая возможности повышения производительности труда, необходимо четко разделять существующие теоретические подходы, особенно в области неформальных правил взаимоотношений между социально-психологическими институтами.

Наиболее оптимальным, на наш взгляд, является подход к управлению персоналом предприятия с точки зрения постоянно развивающейся личности, т.е. теоретический подход личностного развития, а все поле деятельности управления разделить на две части: на управление деятельностью и управление людьми (блок-схема 1.).

Управление деятельностью не может быть успешным, если управление людьми осуществляется неправильно. Успешная деятельность предприятия зависит от высокой результативности совместного труда занятых в ней работников, от их квалификации, профессиональной подготовки и уровня образования, от того, насколько условия труда и быта благоприятствуют удовлетворению материальных, социальных и духовных потребностей людей, разностороннему развитию личности, самоактуализации личности.

Под самоактуализацией мы понимаем непрерывную реализацию потенциальных возможностей, способностей и талантов человека, более полное познание и принятие им своей собственной изначальной природы. Самоактуализацию совершает конкретный человек, никто за него это сделать не сможет, но эффективность самоактуализации зависит от условий, в которых находится этот человек. Часть условий, необходимых для самоактуализации может создать сам человек. Другая часть создаётся другими людьми и природой. Проблема заключается в том, чтобы создать недостающие условия в необходимый момент.

Фактически самоактуализация – это основа становления неформальных правил: обычаев, традиций, корпоративных, этических норм участников совместного договорного труда, подчиненного единой воле работодателя, его представителей. В процессе формирования добросовестного исполнителя нередко возникают ситуации, когда вместо нормы регулятивную роль выполняют социальная идея (правовая, нравственная, религиозная, политическая), принцип социально значимого поведения гражданина, работника. Фиксирование данной ситуации свидетельствует о присутствии неформальных правил (социально-экономических институтов), которые должны для эффективного взаимодействия быть оформлены в формальную норму.

Следовательно, можно предположить, что эффективность управления предприятием зависит от уровня развития личности и сформированности института самоактуализации. В качестве определения института выступает утверждение, что институтом называется группа устойчивых формальных и неформальных правил поведения между агентами.



Блок-схема 1 - Схема системы управления [3].

На наш взгляд, характеризуя особенности личности в современных социально-экономических условиях, можно отметить ее нестабильность, высокое самомнение, внутреннее напряжение, наличие интересов, направленных только на самого себя, с низкой способностью решать абстрактные задачи, с сомнением относящейся к новым идеям.

В итоге отмечается общий достаточно средний уровень самоактуализации личности. Как следствие (что очень важно с точки зрения эффективности деятельности организации) выделяются отсутствие желания к сотрудничеству, творчеству, агрессивность поведения, т.е. допустимость и оправдание его использования, высокий уровень гибкости поведения и высокий уровень самоуважения.

Оттолкнувшись от определения самоактуализации, выделим вопросы, получив ответы, на которые мы могли бы способствовать продвижению участников процесса к поставленной цели – ко всё более полной самореализации и формированию института самоактуализации.

Во-первых, для того, чтобы реализовать потенциальные возможности, необходимо их выявить. Отсюда вопрос: что может способствовать раскрытию потенциальных возможностей?

Во-вторых, когда станут проявляться контуры потенциальных возможностей, как поддержать их непрерывное и всё более совершенное проявление?

В-третьих, как обеспечить экономическую состоятельность (выживаемость) предприятия (среды протекания процессов самоактуализации) в условиях монетарной системы, удовлетворяя при этом условия самоактуализации участников производственного процесса?

В блок-схеме 2 представлена последовательность формирования института самоактуализации личности на предприятии, состоящая из трех последовательных этапов:

1. Выявление потенциальных возможностей человека;
2. Оценка возможностей и ограничений личности;
3. Формирование среды самосовершенствования и самоактуализации личности.

Первый этап представляет всю сложность и многоаспектность индивидуума в данный период времени, а именно – состояние ряда аспектов личности в момент их исследования. Упрощённо этот фрагмент схемы можно представить, как начало нового цикла творческой самоактуализации данной персоны в рамках данного предприятия или какой-либо иной структуры.

Анализ результатов диагностики становится базой для планирования дальнейших действий. Составляется обновлённое и уточнённое представление о персональных возможностях, ограничениях и устремлениях. Создаётся новая персональная модель процесса самоактуализации.

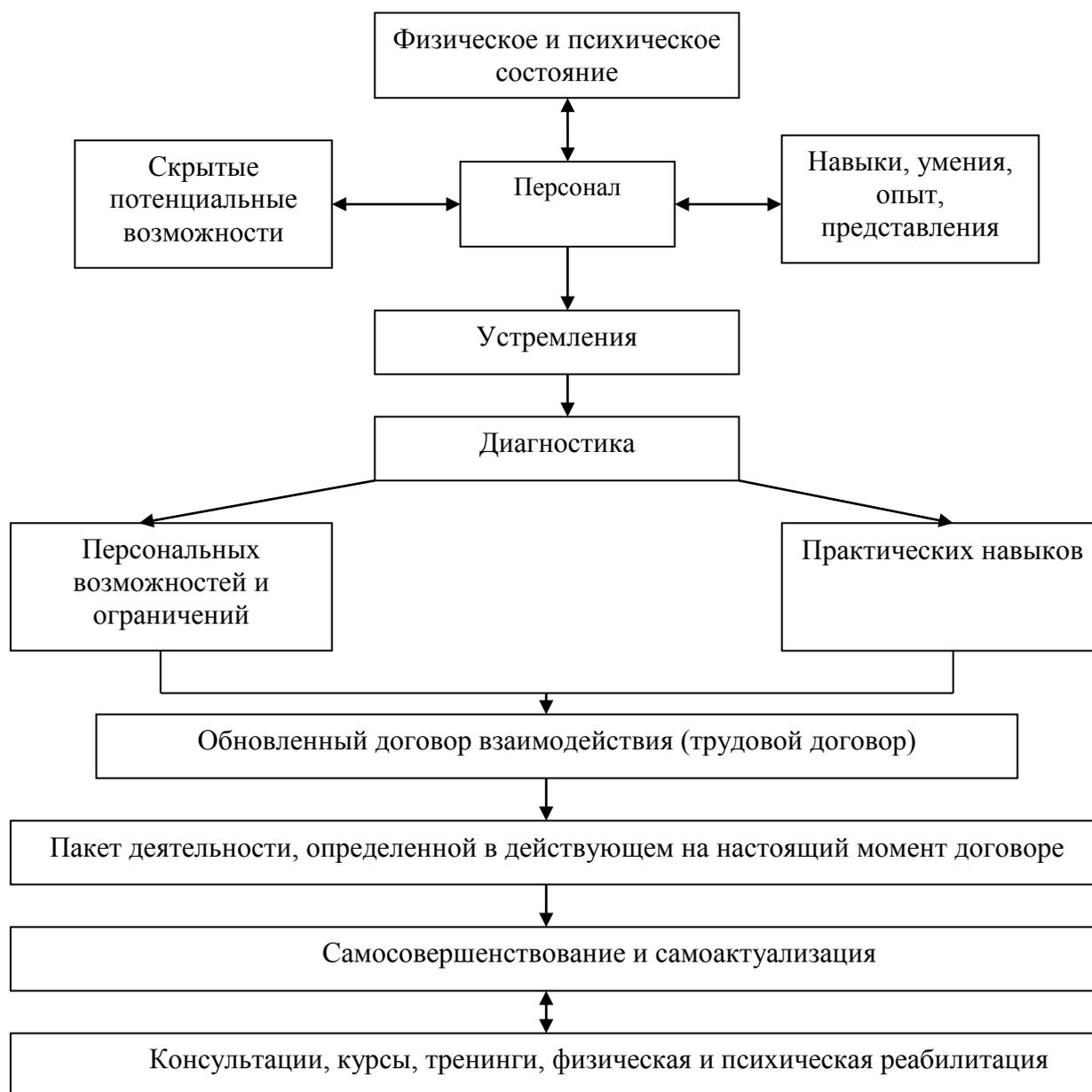
Если есть проблемы, то в зависимости от их серьёзности, а также того, в какой области они могут проявиться, составляется план (или альтернативные планы, когда нет достаточной ясности целей). Так, например, если есть опасность ухудшения здоровья или оно уже ухудшилось – предпринимаются реабилитационные действия. Если проблемы связаны с необходимостью совершенствования навыков, расширения спектра деятельности – подыскиваются возможности это осуществить (по крайней мере, оказать возможную поддержку). Происходит «реабилитация» опыта через практическую деятельность.

В договоре о взаимодействии и персональном календаре должны быть предусмотрены периоды самосовершенствования.

Разнообразие форм, поддерживающих саморазвитие и самоактуализацию, вызвано разнообразием задач, которые необходимо решить. Сами задачи отличаются по глубине, сложности. Для некоторых видов работ просто требуются определенные документы, дающие допуск на их выполнение. Получение таких документов предполагает прохождение курсов, сдачи экзаменов. Само это действие не сильно развивает человека, но открывает ему возможность развиваться через практику, которая становится доступной.

С другой стороны, различные практики, улучшающие фундаментальные свойства, например, способность к концентрации, влияют на увеличение эффективности любой деятельности. Поэтому, нужна реализация процессов (в разнообразных формах: тренингов, курсов и пр.) помогающая решить задачи разных уровней.

Всё разнообразие практик должно не просто иметь место, но по мере необходимости быть включено в календарь договора. Договор – это условие динамической стабильности и координированности.



Блок-схема 2 - Формирование института самосовершенствования и самоактуализации

Сравнивая профили предприятия и человека в контексте динамики институтов, можно выделить, что на этапе зрелости, как человека, так и предприятия показатели всех институтов выше, т.е. подъем к этапу зрелости и снижение к этапу старения. Это подтверждает некоторое усиление на этапе зрелости института ценностей, института межличностной чувствительности, института самовосприятия, что позволяет отметить более полное и позитивное использование людьми своих возможностей, воплощение потенциала, внутренней природы человека, а также проявление его «я», процесс полноценного развития, самопознания, самосовершенствования, стремления к сбалансированному и гармоничному раскрытию всех аспектов личности, цельности, внутриличностной синергии, развитию своей индивидуальности.

Данная ситуация демонстрирует, что к этапу зрелости можно предположить повышение эффективности деятельности как человека, так и предприятия.

В основу оценки определения уровня самоактуализации индивида могут быть включены следующие показатели:

- уровень трудоспособности (трудоспособность существенно не ограничена);

- уровень образования (образование высшее, незаконченное высшее, среднее специальное и др.);
- уровень материального обеспечения (низкий, средний, высокий);
- степень стремления приобретать новые знания и навыки;
- уровень мотивации на самообеспечение;
- степень мотивации на занятость; – степень мотивации на оказание помощи другим людям;
- возможность в трудных жизненных ситуациях получить помощь от друзей, родственников, детей, соседей;
- возможность в трудных жизненных ситуациях получить помощь от социальных служб и других организаций социального профиля;
- уровень доступности в трудной жизненной ситуации помощи от общественных организаций и др.

Определение ресурсно-потенциального состояния как неактуализированного резерва индивида можно определить с помощью следующей формулы (за основу взята методика оценки, разработанная В.Г. Доброхлеб) [2]:

$$Pr = 1/6 (Ph + Peg + Pm + Pmtr + Pc + Pin),$$

где Pr – ресурсный потенциал, Ph – ресурсный потенциал здоровья, Peg – возрастной потенциал, Pm – мотивационный потенциал, Pmtr – материальный потенциал, Pc – общественный потенциал, Pin – институциональный потенциал.

Для повышения уровня самоактуализации личности возможно применение ресурсно-потенциального подхода. Технологии ресурсно-потенциального подхода представляют совокупность средств и приемов, направленных на активизацию собственных возможностей личности, имеющих разный уровень ресурсных потенциалов, с целью преобразования их в активные ресурсы. При этом имеется в виду, что подобное возможно в случае, если потенциал представляет собой существенную величину.

Проявляя заботу о людях с низким уровнем ресурсных потенциалов, важно идти не по линии усиления роли опеки и контроля старшими младших (подопечных), а по линии обеспечения независимости личности и активизации ее творческого потенциала. Следует предоставить персоналу предприятия возможность полноценного участия во всех сферах деятельности предприятия на взаимовыгодных условиях [2].

Резюмируя полученные результаты, можно сформулировать выводы:

1. Самоактуализация – важнейшая потребность личности в реализации всех своих способностей, возможностей и целей. Это не только результат, но и процесс реализации системы ценностей, определяющих развитие и направление активности личности.

2. Главный социально значимый результат самоактуализации человека – это приобретение им компетентности. Компетентность – это специфическая способность, которая позволяет более эффективно решать типичные проблемы и задачи, возникающие в повседневной жизни, общественной и производственной деятельности. Определенные формы компетентности говорят о наличии некоторой способности, умения решать круг задач в профессиональном виде деятельности. То есть, компетентность дает человеку определенные знания, в том числе и узконаправленные, особые способы мышления и навыки, а так же, понимание меры ответственности за свои действия. Самые высокие уровни компетентности предполагают наличие организаторских способностей, высокого уровня инициативы, что позволяет эффективно организовывать решение проблем, способность оценивать последствия в широком смысле.

3. Концепция самоактуализации – это концепция развития человека и общества, основывающаяся на идее максимально возможной опоры на саморазвитие и самоорганизацию, предполагающая максимально эффективное использование человеком всей совокупности своих сил, способностей, навыков и иных ресурсов в своей

индивидуально неповторимой ситуации с целью достижения внешней и внутренней синергии.[3]

Самоактуализирующиеся люди все без исключения обладают способностью к творчеству. Наличие подобной способности сегодня является одной из основных возможностей стать по-настоящему эффективным менеджером. Менеджер, который не мыслит креативно, не развивается сам и не развивает то, чем руководит.

4. Знание менеджера о наличии у вовлекаемых в проекты работников нерешенных проблем является мощнейшим ресурсом для создания команд и управления ими. Менеджер должен всегда помнить о том, что полное преодоление противоречий и проблем – это характеристика окончания проекта и начало новых проблем. Снижение уровня противоречий ниже определенного уровня приводит, чаще всего, к стагнации, деградации системы и ослаблению ее позиций в конкуренции с другими системами. Поэтому одной из основных задач менеджера является поддержание внутреннего напряжения в команде, коллективе на уровне, обеспечивающем должную эффективность реализации проекта.[1]

Отсюда основное противоречие, перед которым всегда находится менеджер: с одной стороны, он всегда должен обеспечивать сохранение стабильности, и устойчивости функционирования своей организации, как целостной системы; однако, постановка им новых задач неизбежно требует изменения структуры организации, должностных обязанностей (компетенции) сотрудников.

Ясное понимание менеджером того обстоятельства, что наличие противоречий и конфликтов - это норма жизни человека и организации, придает ему уверенность, позволяет сохранять присутствие духа и адекватность в оценке сложных ситуаций, без чего невозможно эффективно руководить коллективом. В свою очередь управляемая им организация и специалисты, будучи обучены и настроены соответствующим образом, смогут достигать свои цели и задачи, несмотря на любые помехи и препятствия со стороны рынка.

Библиографический список:

1. Вахромов Е.Е. Самоактуализация и жизненный путь человека//Современные проблемы смысла жизни и акме. - М.: ПИРАО, 2002
2. Доброхлеб В. Г. Ресурсный потенциал пожилого населения России// Социологические исследования. - 2008. - № 8.
3. Ещенко Н.Г. Проблемы самоактуализации менеджеров: Изд-во: Интернет –издание «Институт развития личности» <http://www.psyevents.ru/articles/552>
4. Климов Е.А. Введение в психологию труда /Е. А. Климов. - СПб. : Изд-во СПбГУ, 1997.
5. Маслоу А. Психология бытия. - М.: Relf-book, к.Ваклер, 2007.
6. Первин Л., Джон О. Психология личности: Теория и исследования. – М.: Аспект Пресс, 2000.
7. ХьеллЛ., Зиглер А. Теории личности.- СПб.: ПитерКом, 1998
8. Rogers C.R.Freedom to learn: A view of what education might become. - Columbus, OH: Merrill, 2005.

УДК 338.22

Ларина В.В.

ИНДИКАТОРЫ УСТОЙЧИВОГО РОСТА ЭКОНОМИКИ РОССИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Larina V.V.

INDICATORS OF SUSTAINABLE ECONOMIC GROWTH IN RUSSIA OF THE PRESENT STAGE

В статье дана классификация индикаторов экономического развития страны, сделано обобщение основных макроэкономических показателей России с 2006 по 2012г., выделены факторы устойчивого роста, приведен прогноз социально-экономического развития РФ в 2015-2016 г.г.

Ключевые слова: критерии развития, система индикаторов, макроэкономические показатели, отраслевая структура, конкурентоспособность.

In article we can see classification of indicators of economic progress of country, to do general conclusion of main national measure of Russia since 2006 to 2013, work out of factors strong growth, bringing fore cast socially economic advancement of Russian Federation in since 2015-2016.

Key words: progress criteria, indicating system, national measure, industrial structure, competitive ability.

На современном этапе эволюции мирового хозяйства происходят заметные сдвиги в соотношении сил между его основными центрами. Ряд стран и региональных группировок, в том числе Россия, смогли добиться серьезного прогресса на пути экономического развития и, продолжая укреплять свои позиции в мировом сообществе, стали оказывать довольно заметное влияние на процессы совершенствования мирохозяйственных связей.

Российская экономика в XXI в, основывается на принципах рыночной экономики, объективных закономерностях международного разделения труда, интернационализации производства и капитала. Достигнутая степень единства торговли, производства и кредитно-финансовой сферы служит признаком формирования единого народнохозяйственного комплекса, уровень развития которого определяется системой экономических индикаторов.

Экономическое реформирование, основанное на сопоставлении индикаторов развития, в значительной степени предстает как количественный процесс возрастания масштабов, расширения рамок мирохозяйственных связей. Индикаторами устойчивого развития называют критерии и показатели, с помощью которых оценивается уровень развития того или иного географического региона (города, страны, региона, континента, всего мирового сообщества), прогнозируется его будущее состояние (экономическое, политическое, экологическое, демографическое и т.д.), делаются выводы об устойчивости этого состояния. Индикаторы служат базой для планирования деятельности в направлении устойчивого развития, разработки политики в этой области.

В Докладе Всемирного банка, посвященного России сказано, что на фоне возрастающей неопределенности в мировой экономике, в России наблюдается неравномерный характер восстановления экономики. Внутренний спрос продолжает восстанавливаться, а объемы кредитования и инвестиций ограничены. Бюджет исполняется с более низким дефицитом, чем ожидалось, благодаря более высоким ценам на нефть. Однако сокращение дефицита бюджета остается основной среднесрочной задачей экономической политики. Устаревшая инфраструктура - особенно в транспортной отрасли - может

поставить под угрозу конкурентоспособность и долгосрочные перспективы экономического роста. Темпы роста реального ВВП в России поддерживаются ростом внутреннего спроса в условиях постепенного улучшения на рынках труда и кредитования. При этом ожидается, что уровень безработицы будет снижаться постепенно, что будет сказываться на дальнейшем сокращении бедности. [1]

Мировой опыт в области разработки индикаторов устойчивого развития показывает, что существуют два подхода к их построению:

1) построение *системы индикаторов*, каждый из которых отражает отдельные аспекты устойчивого развития. Чаще всего в рамках общей системы выделяются следующие подсистемы показателей:

- экологические
- экономические
- социальные,
- институциональные.

2) построение *интегрального, агрегированного индикатора*, на основе которого можно судить о степени устойчивости социально-экономического развития.

К индикаторам институциональных аспектов устойчивого развития относят программирование и планирование политики, научные разработки, международные правовые инструменты, информационное обеспечение, усиление роли основных групп населения. Предложенные индикаторы требуют специальных преобразований, приспособления к конкретным условиям, а в некоторых случаях — расширения для отдельных стран. Среди индикаторов устойчивого развития на национальном уровне (уровне отдельной страны) в общем виде выделяют *3 группы индикаторов: экономические, социальные и экологические*. Национальные индикаторы должны быть согласованы со стратегическими целями устойчивого развития страны и должны учитывать ее специфику. При выборе показателей необходимо использовать международные индикаторы и международную согласованную методологию, что позволит производить сравнительный анализ развития. Для России, например, важны индикаторы, характеризующие уровень конфликтности в межнациональных и социальных отношениях, уровень развития национальных отношений. По мнению автора, система индикаторов устойчивого развития может быть представлена в обобщенном виде в таблице 1.

Таблица 1 - Система индикаторов устойчивого развития

Индикаторы устойчивого развития национальной экономики		
Экономические	Социальные	Экологические
1. Уровень ВВП	1. Численность населения страны	1. Территория страны
2. Индекс цен, уровень инфляции	2. Доля трудоспособного населения	2. Количественная и качественная оценка природных ресурсов
3. Госдолг и бюджетные показатели	3. Индекс развития человеческого потенциала в России (0,788 за 2012г.) - высокий	3. Затраты на сохранение природной среды и создание очистных сооружений
4. Показатели платежного баланса	4. Средний уровень зарплаты	4. Затраты на создание и внедрение ресурсосберегающих технологий
5. Структура экспорта и импорта	5. Доля среднего класса в общей численности населения	
6. Индекс промышленного производства	6. Уровень бедности	
7. Индекс производства продукции сельского хозяйства	7. Общий уровень безработицы	
8. Инвестиции в основной капитал		

Важно отметить, что для объективных оценок устойчивого развития недостаточно использовать обычные экономические показатели. Например, само по себе увеличение объема производства и потребления на основе все более широкого и интенсивного использования ресурсов, рост ВВП не свидетельствуют об устойчивости. Эти показатели должны быть соотнесены с долей работающего населения, затратами на сохранение природной среды, должны учитывать ресурсосбережение, эффективность использования всех видов ресурсов, эффективность технологий и т.д. Следует учитывать также, что многие из этих показателей не монотонны.

В таблице 2 отражены основные макроэкономические показатели России с 2006 по 2012 г. Из таблицы 2 видно, что мировой кризис 2008 года весьма существенно отразился на экономике России.

Таблица 2 - Основные макроэкономические показатели России за 2006-2012 гг

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Рост ВВП, %	7.7	8.1	5.6	-7.9	4,0	4,3	3,4
ВВП в текущих ценах, млрд.долл.	989.9	1299.7	1660.8	1222.0	1479.8	1860	2053
ВВП на душу населения, долларов	6898.0	9070.2	11601.1	8541.6	10351.4	13 236	14 356
Рост промышленного производства (к соответствующему периоду прошлого года), %	6.3	6.3	2.1	-10.8	4,3	4,7	3,6
Рост инвестиций в основной капитал (к соответствующему периоду прошлого года) %	16.7	22.7	9.8	-17	-10,6	8,3	5,5
Баланс федерального бюджета, % ВВП (конец периода) нарастающим итогом с начала года	7.4	5.4	4.1	-5.9	-3.4	1,6	0,1
Индекс потребительских цен (ИПЦ), %, конец периода	9	11.9	13.3	8,8	8,8	6,1	8,5
Текущий счет платежного баланса, млрд. долларов США	94.7	77	102.3	49	71	99	84
Безработица, % (определение МОТ) (средняя за период)	7.2	6.1	6.4	8,4	7,2	7,4	5,4
Цена нефти марки Urals, \$ за баррель (средняя за период)	61.2	69.5	95.1	61.5	82,8	109	106
Золотовалютные резервы на конец периода, млрд. долларов США	303.7	478.8	427.1	439.0	461	524	532

Источник: Росстат, Банк России. Министерство финансов

Падение производства в 2009 составило 10,8%, объем инвестиций в основной капитал сократился на 17% по сравнению с 2008 годом. [3] По данным Росстата, уже в 2010 г.

промышленное производство увеличилось на 4,3%, при этом в обрабатывающих отраслях рост составил 15,7%, экономика РФ вошла в фазу положительной динамики.

Во всех основных обрабатывающих отраслях с 2010г. по 2012г. были отмечены уверенные темпы роста, при этом наиболее высокие показатели были достигнуты в производстве транспортных средств (26,4%), электротехнического оборудования (25,8%) и металлургии (24,2%). [5] Помимо существенного эффекта базы, рост внешнего спроса на металлы и химическую продукцию, а также государственная программа утилизации подержанных автомобилей способствовали резкому росту спроса на продукцию автомобильной промышленности и совокупному росту промышленного производства.

На устойчивость развития российской экономики в настоящее время существенно влияют следующие обстоятельства:

- экономика, сидящая на нефтяной игле и зависящая, следовательно, от колебаний цен на нефть;
- в аграрном секторе пока не сложился устойчивый класс сельскохозяйственных производителей;
- напряженная экологическая ситуация, по разным причинам заметно увеличилось число техногенных аварий и катастроф;
- природные ресурсы используются бесконтрольно;
- возрастает социальное неравенство, миллионы людей находятся в тяжелом психологическом состоянии под угрозой безработицы, хотя по этому показателю наметилась положительная динамика (см. табл.2).

Чтобы начать движение в направлении устойчивого развития нужно, прежде всего, обнаружить и развить те процессы, которые ведут к устойчивости, найти те нормы и институты, которые обеспечат эффективность этих процессов. Первый элемент устойчивого развития социально-политическая стабильность. Рассмотрим второй элемент устойчивого развития: структуру экономики России. Структура определенной национальной экономики постоянно изменяется и трансформируется. Большое влияние на это оказывает научно-технический прогресс, который изменяет характер производства, способствует возникновению новых отраслей и сфер экономики.

Изменение характера общественного производства, возникновение новых отраслей, оказывает влияние на характер взаимосвязей в национальной экономике, что вынуждает проводить постоянный структурный мониторинг, соизмерять реальную структуру с будущим ее развитием.

По данным Росстата, в структуре экономики промышленность занимает 32%, торговля 21%, транспорт 10%, сельское хозяйство и строительство по 7%, прочее 23%. [5]

Доля сельского хозяйства в структуре экономики значительно сократилась, уменьшилась также доля промышленности, значительно возросла доля торговли и сфера услуг. В принципе подобная динамика отражает общемировые тенденции.

Общемировые тенденции изменения отраслевой структуры происходят по следующим основным направлениям:

1. принципиальное изменение технологий производства;
2. доминирование обрабатывающей отрасли по сравнению с добывающей;
3. развитие наукоемких отраслей национальной экономики;
4. смещение центра тяжести в сторону непроемких отраслей.

Современная отраслевая структура национальной экономики России характеризуется преобладанием топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Он является одной из наиболее капиталоемких отраслей, в связи с чем происходит отток капитала от других отраслей. Ориентация ТЭК на международный рынок делает Россию зависимой от мирового колебания цен. В результате чего более половины ВВП страны формируется от продажи ресурсов. Преобладание добывающих отраслей экономики негативным образом сказывается на общих темпах развития национальной экономики. Доминирование ТЭК препятствует развитию наукоемких отраслей.

Важная особенность России - возможность использовать такой географический фактор, как наличие огромной территории. Мы являемся самой большой по территории страной в мире (17,1 тыс. км²) и самой богатой по количеству природных ресурсов (10,2 трлн. долл.). [4]

Площадь территории, приходящейся на душу населения в России, составляет 11,5 га, в США - 3,35, в Японии - 0,29, Китае - 0,76 га. Наличие большой территории, в частности, означает, что демографический фактор, играющий в целом для биосферы планеты, возможно, решающую роль, не оказывается достаточно существенным для России, где низкая плотность населения (8,4 чел. на кв.км) и оно ежегодно сокращается начиная с 1992 года. Направление развития для нас состоит в том, чтобы максимально стимулировать рождаемость путем укрепления семьи.

Обширность территории значительно влияет на развитие национальной культуры, формирует национальные устои большинства народов России, менталитет россиян, способы ведения хозяйства, является стратегическим ресурсом безопасности и выживаемости государства. Но обширность территории порождает и ряд проблем в развитии страны. Трудности проявляются при создании транспортной системы, передаче энергии, обеспечении управляемости. Задача состоит в том, чтобы преодолеть или свести к минимуму эти отрицательные моменты.

Другой важный фактор - колоссальные запасы природных ресурсов. В России - четверть мирового запаса древесины, треть мировых запасов природного газа, второе место в мире по запасам водных ресурсов, пашни и пастбищ; запасы нефти на душу населения шестикратно превышают среднемировой уровень, и т.п. Разумное и рациональное использование этих ресурсов в сочетании с рентными механизмами дает России значительное преимущество перед всеми странами мира. Однако включение рентных механизмов требует политической воли.

Высокий интеллектуальный потенциал страны и высокий уровень образования населения (частично утерянный за годы перестройки) также составляет важнейший позитивный фактор развития. Россия является в целом холодной и протяженной континентальной страной, что, вследствие больших энергозатрат, делает российские товары на мировом рынке менее конкурентоспособными. Некоторые авторы делают отсюда вывод, что Россия обречена быть аутсайдером мировой экономики. Однако, развитие других северных стран (Финляндии, например) опровергает эту теорию. Россия (и даже Москва, тем более, московский регион) имеет гораздо больший интеллектуальный, научный и технический потенциал, нежели Финляндия, и в состоянии также развивать наукоемкие производства и выпускать продукцию, требующую небольших энергетических затрат. Для этого нужно, в частности, совершенствовать систему образования и учиться доводить до производства научные открытия и изобретения, которых у нас немало. Условием успеха здесь является концентрация усилий всего общества по улучшению образования и развитию науки, и именно это должно стать целью, объединяющей всех нас.

Основа устойчивого развития - долгосрочные экономически эффективные проекты, тщательно продуманные и спланированные с учетом прогноза социальных последствий. В соответствии с прогнозом социально-экономического развития РФ в 2013-2015 г.г. приняты следующие варианты развития:

Вариант 1 (консервативный) предполагает сохранение низкой конкурентоспособности по отношению к импорту и сдержанное восстановление инвестиционной активности при сокращении реальных государственных расходов на развитие. Сценарий предполагает стагнацию государственного инвестиционного спроса и реальной заработной платы бюджетников и денежного довольствия военнослужащих. Годовые темпы роста экономики в 2013-2015 гг. оцениваются на уровне 2,7-3,3%, что в среднем на 1,2 п.п. ниже, чем в основном сценарии.

Вариант 2 (умеренно-оптимистичный) отражает относительное повышение конкурентоспособности российской экономики (что проявляется в усилении тенденции к

импортозамещению) и улучшение инвестиционного климата при умеренном увеличении государственных расходов на развитие инфраструктуры и ускоренном повышении заработной платы в бюджетном секторе в 2014-2015 годах. Рост ВВП в 2013-2015 гг. прогнозируется на уровне 3,7-4,5 процента.

Вариант 3 (сценарий форсированного роста) характеризуется интенсификацией всех имеющихся факторов экономического роста для достижения целевого параметра роста производительности труда к 2018 году в 1,5 раза относительно уровня 2011 года в условиях относительно стабильных мировых цен. Сценарий требует существенного наращивания инвестиций и увеличение их объема не менее чем до 25% ВВП к 2015 году. Среднегодовые темпы роста экономики в 2013-2018 гг. увеличиваются до 6,1%, в 2016-2018 гг. рост ВВП должен достигать почти 7% в год. [2]

Российская экономика сохраняет достаточно сильную зависимость от процессов, происходящих в мировой экономике и прежде всего динамики цен на нефть, которая во многом определяет устойчивость позиций федерального бюджета и платежного баланса.

По данным Росстата экономический рост в России за 2013г. не превысит 1,6%, что не дотягивает даже до уровня консервативного варианта. Переход к устойчивому развитию предполагает кардинальное изменение структуры потребностей населения. В отличие от развитых индустриальных стран, в России задача снижения потребления ресурсов населением не является приоритетной. Для нас стратегическое направление состоит в снижении ресурсоемкости производства, повышении экономической эффективности и экологической безопасности. Кроме того, необходимо активизировать институциональные преобразования, обеспечивающие переход экономики на инновационный тип развития в соответствии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года.

В современных условиях повышение конкурентоспособности национальной экономики становится одной из главных стратегических целей экономического развития страны. Несмотря на то, что Россия первая в мире по территории и запасам природных ресурсов страна, по данным ОЭСР за 2012 год, доля экономики России в мировой экономике занимает всего 3,6 %. В списке самых крупных экономик мира Россия занимает 6 место после США, Китая, Японии, Индии и Германии.

В декабре 2012г. ОЭСР опубликовала прогноз по состоянию мировой экономики, в соответствии с которым снижается доля России в мировой экономике, а также падение среднедушевого ВВП ниже среднемирового. Причина – неблагоприятная демография и низкие показатели человеческого капитала в некоторых ключевых характеристиках.

В соответствии с прогнозом российских правительственных экспертов доля России в мировой экономике к 2030 г. (более далекие оценки пока не делались) увеличивается на 0,6 п.п., а в соответствии с прогнозом ОЭСР – сокращается на 0,4 п.п. к 2030 г. и на 1,3 п.п. – к 2060 г., составив 2,3%, против нынешних 3,6%. Численность населения в России сократится к 2030г. до 136,4 млн. чел., составив 2,7% от мирового против современных 3,1%. [6]

Демографические тренды, заложенные ОЭСР в свой долгосрочный прогноз, крайне неблагоприятны для России и других трудodefицитных стран, к которым, помимо России, можно среди крупных экономик отнести Японию, Польшу, а также, как это ни странно звучит, Китай, где население по прогнозу ОЭСР сократится более чем на 10%.

Для преодоления негативных последствий демографических изменений с минимальными социальными и экономическими издержками в нашей стране необходимо применять комплекс мер, направленных не только на повышение уровня производительности труда и модернизацию производства, но и на привлечение иностранной рабочей силы, что предполагает формирование полноценной, обоснованной миграционной политики.

Россия, будучи одной из нестабильных экономик мира, имеет шансы на рост при выполнении ряда условий. К 2016 году рост ВВП в России, по прогнозам МВФ, может

достигнуть 6% в случае жесткой налогово-бюджетной политики, развития финансового сектора и улучшения инвестиционного климата. [6]

Главный риск для России на ближайшие годы - это стагнация в результате нехватки инвестиций и исчерпания потенциала роста за счет потребления. Для предотвращения такого сценария правительству необходимо принять меры по улучшению делового климата в стране, включая реформирование пенсионной системы, налоговые льготы для малого и среднего бизнеса. Необходима переориентация расходов бюджета с пенсий в сторону инвестиций в человеческий капитал (образование, здравоохранение) и экономику (инфраструктурные проекты), снижение доли присутствия государства в экономике с текущего высокого уровня (50% ВВП) через приватизацию непрофильных госактивов. В развитых странах доля госсектора не превышает 30%.

Нельзя не видеть, что корни решения многих стоящих перед Россией проблем лежат внутри отечественной экономики. Поэтому кардинальные пути выхода из кризиса и завоевания для нашей страны достойного места в мировой экономике и политике следует искать в правильном выборе модели экономического развития, которая была бы наиболее эффективна для России, и, в максимальной степени учитывала бы весь комплекс факторов, действующих как во внутренней, так и во внешнеэкономической сферах.

Плодотворно развиваться в новых условиях можно, только существенно повысив эффективность использования своих собственных ресурсов (от материальных до интеллектуальных), внутренних факторов развития, грамотно сочетая их с внешними факторами. Именно в этом случае Россия будет не пассивным наблюдателем, а активным участником преобразований в мировой экономике и политике. Ибо, как говорят специалисты, — глобальная экономика начинается внутри страны.

Библиографический список:

1. Доклад об экономике России. Представительство Всемирного Банка в России №29, 2013г. – WORLD BANK <http://www.worldbank.org.ru>
2. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2013 год и плановый период 2014-2015 годов. - <http://www.garant.ru/>
3. Россия в цифрах 2012: Крат.стат.сб./Росстат- М., 2012. - 573 с.
4. Экономическая география России: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности экономики и управления/под ред. Т.Г.Морозовой. – 3-е изд. перераб. и доп.. – М.:ЮНИТИ-ДАНА, 2008. – 479 с.
5. www.gks.ru - сайт Государственного комитета статистики РФ.
6. www.oecd.org – сайт ОЭСР.

УДК 69.003

Гаджиев И.Ц.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА В ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Gadzhiev I.C.

MAIN PARTICULARITY OF THE STRATEGIC DEVELOPMENT ENTERPRISE SMALL BUSINESS IN HOUSING CONSTRUCTION

Рассматриваются основные особенности и возможности стратегического развития малых строительных предприятий в нестабильных условиях современного рынка. Предлагается методика формирования напряженных планов функционирования и развития предприятий малого бизнеса.

Ключевые слова: малое предприятие, строительство, стратегическое управление.

The main particularities and possibility of the strategic development small building enterprise are considered in sloppy condition modern market. The methods of the shaping tense plan operation and developments enterprise small business is offered.

Key words: small businesses, construction, strategic management.

Сегодня в жилищном строительстве в частном секторе, например, в Республике Дагестан доминируют в основном стихийно сформированные, отдельные строительные бригады из 3-7 человек, которые обычно договариваются с собственником о строительстве малоэтажных домов под «ключ». Такое положение дел, естественно не может устраивать муниципальные органы управления, на территории которых ведется застройка, т.к. обычно такие бригады уходят от оплаты налогов вообще. Таким образом, возникает объективная необходимость в цивилизованном развитии малого предпринимательства в жилищном строительстве малоэтажного типа путем формирования на базе отдельных стихийно организованных бригад малых строительных предприятий, в состав которых может входит несколько таких бригад, в том числе и специализированного типа.

Однако в данном случае сразу же возникает вопрос, каким образом заинтересовать отдельные бригады для объединения в малые строительные предприятия? Для этого, в первую очередь, такие объединения должны обеспечивать бесперебойную высокооплачиваемую работу каждому отдельному работнику малого строительного предприятия. С этой целью необходимо обеспечить тесное взаимодействие малых строительных предприятий с органами муниципального управления выдающими разрешение на строительство частных жилых домов. Данные органы, контролирующие застройку частных приусадебных участков, могут выступать в качестве посредника для заключения договоров между частниками и малым строительным предприятием осуществляющим строительство малоэтажных домов под «ключ». По своему содержанию такие договора и нанимаемые малые предприятия должны гарантировать частнику высокое качество выполнения всех строительных работ по договорным ценам, а работникам предприятия своевременную оплату труда по приемлемым для них ценам и бесперебойное обеспечение работой в течении всего сезона строительных работ.

Для решения данной проблемы в целом, в первую очередь, необходимо в каждом отдельном регионе и муниципальном образовании на базе бизнес - инкубаторов сформировать стратегию развития малого предпринимательства в жилищном строительстве в частном секторе. В общем случае, такая стратегия представляет собой набор правил, которыми руководствуется бизнес инкубатор при принятии организационных решений в процессе формирования малых предприятий в жилищном строительстве на базе объединения отдельно функционирующих строительных бригад. Другими словами, данный набор правил

должен обеспечить условия для решения поставленных задач эффективного развития малого бизнеса в строительстве и достижение хозяйственных целей каждого сформированного малого строительного предприятия.

В общем случае стратегия развития малого бизнес в строительной сфере может предусматривать следующие два основных этапа. На первом этапе формируются малые строительные предприятия, что обеспечивается централизованной регулярной загрузкой входящих в них отдельных строительных бригад, а для муниципального образования это позволяет расширить налогооблагаемую базу. На втором этапе на основе уже функционирующих малых предприятий формируется их ассоциативные объединения, в которых взаимодействие отдельных экономически независимых малых предприятий реализуется по сетевому принципу двухсторонних связей на основе корпоративной вычислительной сети. Это обеспечит, с одной стороны, объединение возможностей малых предприятий для решения непосильных проблем для каждого отдельного из них, например, таких задач как проведение маркетинговых исследований и управление инновационной деятельностью и т.п. С другой стороны, при необходимости позволит общими усилиями осваивать сложные строительные проекты.

Суть же стратегического управления каждым отдельным строительным предприятием или их объединением заключается в том, что бы на каждом из них существовало четко организованное комплексное стратегическое планирование, обеспечивающее эффективную реализацию долгосрочных стратегических целей устойчивого функционирования и развития, а также формирование управленческих инструментов и методов для реализации принятой стратегии через систему планов.

В стратегическом планировании важное место должно отводиться анализу перспектив развития каждого отдельного строительного предприятия малого бизнеса, задачей которого является выяснение тех тенденций, опасностей и возможностей, а также отдельных чрезвычайных ситуаций, которые способны изменить сложившиеся устойчивую ситуацию в их функционировании. Этот анализ может также дополняться анализом позиций в конкурентной борьбе.

Возникает вопрос, что же представляет собой стратегическое управление в рассматриваемом случае? Чтобы ответить на поставленный вопрос, сначала обратимся к рассмотрению организационного поведения коммерческих и некоммерческих организаций. Это необходимо потому, что имеется тесная связь между стилями организационного поведения в окружающей среде и видами управления. Коммерческие и некоммерческие организации демонстрируют большое разнообразие поведенческих стилей, но все они являются производными от двух типичных противоположных стилей – приростного (инкременталистического) и предпринимательского[1].

Приростной стиль поведения организации, как показывает само название, характеризуется постановкой целей "от достигнутого". Он направлен на минимизацию отклонений от традиционного поведения как внутри предприятия, так и в ее взаимоотношениях с окружающей средой. Предприятия, придерживающиеся этого стиля поведения, стремятся избежать в своей деятельности различных изменений или ограничить проведение таких изменений и минимизировать связанные с ними риски.

Предпринимательский стиль поведения характеризуется стремлением к проведению изменений в соответствии с изменениями, происходящими в проблемной среде, к предупреждению будущих проблем и использованию новых возможностей. Для этого ими ведется широкий поиск управленческих решений, разрабатываются многочисленные альтернативы и выбираются наиболее эффективные из них. Предпринимательская организация стремится к непрерывной цепи оправданных изменений, поскольку в них она видит свою будущую эффективность и устойчивость функционирования. Причем планирование в данном случае должно вестись от поставленной цели, исходя из имеющихся у строительного предприятия потенциальных возможностей, перспектив их развития и перспектив развития рыночного спроса на различные виды товарной продукции. Такой

подход позволяет руководству малого предприятия четко установить к чему ему следует стремиться в ближайшем будущем и в длительной перспективе, и какими оно должно обладать для этого возможностями. Причем имеющиеся у малого строительного предприятия ресурсы (в особенности трудовые ресурсы и активная часть основных фондов) и определяют характер управления его поведением на рынке. Например, если предприятие по своим оценкам на момент планирования обладает в целом всеми необходимыми ресурсами для достижения поставленных перед собой целей, то такие цели можно считать слабо напряженными, и они должны быть скорректированы в сторону повышения сложности их достижения. Такой подход позволяет обеспечить предприятию не только эффективное функционирование, но и наметить рубежи своего развития. В этом случае все целевые оценки производственной деятельности малого строительного предприятия могут определяться с помощью интервальных значений принятых показателей, когда нижнее значение устанавливаемого интервала соответствует имеющемуся у предприятия ресурсному обеспечению, а верхняя граница является гипотетической оценкой, к достижению которой предприятие должно стремиться в процессе своего развития.

Следовательно, эффективное управление производственным процессом на малом строительном предприятии будет определяться необходимостью достижения условий, когда фактическое значение оцениваемых показателей как можно дальше отдалится от нижних границ и стремится к верхним границам выбранных целевых значений показателей деятельности.

В случае же когда в процессе производственной деятельности выясняется, что имеющихся у предприятия ресурсов не хватает для достижения поставленных целей, то решается задача оптимального перераспределения имеющихся ресурсов между строящимися объектами, которое позволяет получить ему максимальную прибыль исходя из имеющихся у него потенциальных возможностей. При этом, если фактические значения целевых показателей строительного предприятия выходят за пределы нижней границы, то это является сигналом его неэффективной деятельности.

В общем виде методику формирования напряженных планов функционирования и развития малого строительного предприятия можно представить следующим образом.

Входные переменные: показатели, определяющие текущее состояние производственного потенциала и имеющиеся объемы заказов.

Выходные переменные: показатели производственного плана, определяющие объемы запланированного производства.

Метод: 1. Провести оценку и анализ потенциальных возможностей строительного предприятия. Выполнить маркетинговые исследования и определить, если такие имеются, объемы текущего неудовлетворенного и перспективного спроса по всем видам товарной продукции, которую может производить малое строительное предприятие.

2. Определить критериальные показатели и параметры управления, позволяющие соответственно оценить и изменить эффективность производственной деятельности строительного предприятия, а также определить внешние (по объемам неудовлетворенного спроса) и внутренние (по имеющимся потенциальным возможностям) ограничения на планируемые объемы производства.

3. Сформировать план функционирования, а также в общем виде стратегию развития строительного предприятия и план ее реализации. Исходя из намеченных перспектив развития, определить целевые значения критериальных показателей с учетом внешних ограничений.

4. С учетом внутренних ограничений провести проверку условия, определяющего наличие у предприятия всех необходимых для достижения поставленных целей ресурсов: а) если ресурсов достаточно и спрос на выпускаемую продукцию растет, то необходимо увеличить показатели плана развития на выбранную предельную величину, перейти к п. 3; б) если ресурсов достаточно, а спрос на выпускаемую продукцию падает, то необходимо пересмотреть ассортимент производимой строительной продукции и перейти к п.1; в) если

ресурсов недостаточно, но имеются возможности их пополнения, то принятый план является напряженным, перейти к п. 5.

5. Перераспределить имеющиеся в наличии на данный момент времени ресурсы между различными строительными бригадами таким образом, чтобы в итоге получить максимальную прибыль F_1 и за счет минимизации затрат F_2 на строительное производство, используя следующее условие многокритериальной оптимизации:

$$\begin{aligned} \max (F_1 = \sum_{i=1, n} a_i b_i v_i); \\ \min (F_2 = \sum c_i v_i), \\ \text{при следующих ограничениях } v_i \leq v_i^* ; \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{v_i} c_{ij} \leq C , \end{aligned}$$

где a_i - прибыль, которую может принести работа одной бригады при строительстве i объекта;

b_i - риски, связанные со строительством i объекта, при потере платежеспособности заказчиков;

v_i , v_i^* - соответственно количество планируемых к производству объектов i вида и имеющийся спрос на данный вид объектов;

c_i , C – затраты связанные со строительством объектов i наименования и имеющиеся у предприятия финансовые средства с учетом запланированного их дальнейшего поступления от заказчика;

n – количество различных видов одновременно строящихся объектов.

6. Приступить к реализации принятого плана развития и по мере роста производственного потенциала до заданного значения перейти к п. 5, если имеются возможности для дальнейшего развития, в противном случае, **конец**.

Из изложенного выше следует, что стратегическое планирование является системным подходом к организации предпринимательского поведения, которое в современном толковании представляет приростное поведение как консервативное, а предпринимательское как прогрессивное, ориентированное на рост. Вместе с тем, приростной стиль поведения является более органичным и естественным, правда только в устойчивых условиях окружающей среды. Например, если строительное предприятие, придерживающееся на определенном промежутке времени приростного поведения, успешно функционировало на протяжении ряда лет, то с большой степенью вероятности можно предположить, что и на будущее ее руководство предпочтет тот же стиль организационного поведения. На изменения руководители такого предприятия идут лишь в том случае, если оно сталкивается с непреодолимыми проблемами в нестабильной окружающей среде, и эти проблемы вынудят их искать новые возможности поддержания его эффективного функционирования.

Таким образом, деятельность по стратегическому управлению должна быть направлена на обеспечение стратегической позиции, которая может обеспечить длительную жизнеспособность малого строительного предприятия в изменяющихся условиях рынка. При этом предпочтение в современных условиях рынка следует отдавать коммерческой организации, т.к. в этом случае поведение, связанное с решением стратегических проблем, обеспечивает постоянный потенциал прибыльности. Его задачи состоят в том, чтобы выявить необходимость и провести стратегические изменения; создать достаточно мощный производственный потенциал, способствующий эффективному проведению стратегических изменений.

Следовательно, система управления малого строительного предприятия, функционирующего в условиях рынка должна включать два взаимодополняющих друг друга

а вида управленческой деятельности - стратегическое управление, связанное с развитием в будущем своего производственного потенциала, и оперативное управление, реализующее существующий потенциал в прибыль. При этом стратегическое управление

требует предпринимательского организационного поведения, а оперативное управление обычно функционирует на базе приростного поведения. Учитывая, что в последнее время малые предприятия в большей степени испытывают нужду в одновременном использовании обоих типов поведения, для чего им необходимо создавать такую структуру своего производственного потенциала, которая позволила бы успешно развивать и предпринимательский тип, и приростной тип организационного поведения.

Обычно система стратегического управления состоит из двух взаимодополняющих подсистем: анализа и планирования стратегии развития предприятия, а также управления стратегическими проблемами (управление процессом реализации стратегии) в реальном масштабе времени. При этом управление стратегическими возможностями предприятиями, при всей ее актуальности для российских условий, следует рассматривать как переходную форму стратегического управления.

Обычно предпринимателя, прежде всего, интересует, какую материальную выгоду он извлечет из своей деятельности. Получить прибыль и накопить капитал, достаточный для продолжения своего дела в более широких масштабах, можно только в том случае, если производимая строительная продукция (работы, услуги) пользуется спросом у потребителей.

Таким образом, одной из главных задач менеджмента становится установление целей, ради достижения которых формируется, функционирует и развивается предприятие как автономная система. Целеполагание представляет собой исходный момент в деятельности руководства малого предприятия, приобретающий все большее значение в условиях нестабильной рыночной экономики.

Целевая функция начинается с определения общей цели предприятия, выражающей причину его существования. В литературе она нередко обозначается такими понятиями как "политика", "философия" и "миссия". В ней обычно детализируется статус предприятия, декларируются принципы его работы, заявления и действительные намерения руководства, дается определение самых важных характеристик организации[2].

Стратегия и связанные с ней цели не должны зависеть только от текущего состояния строительного предприятия, форм и методов его работы, так как в целом она выражает устремленность в будущее, показывая, на что будут направляться основные усилия и какие ценности будут при этом приоритетными.

Общая цель предприятия образует фундамент для разработки стратегии развития и установления ключевых целей по таким функциональным важнейшим подсистемам организации, как маркетинг, производство, НИР, персонал, финансы, менеджмент.

Стратегическое управление предполагает, что строительное предприятие определяет свои ключевые позиции на перспективу в зависимости от приоритетности поставленных целей. Отсюда следует и применение различных видов стратегии, на которые предприятие может ориентироваться, к основным из которых можно отнести[3]: продуктово – рыночную стратегию; стратегию маркетинга; конкурентную стратегию; стратегию управления набором отраслей; стратегия нововведений; стратегия капиталовложений; и стратегия развития.

Выбор конкретной стратегии или их сочетания выполняется на основе сравнения перспектив развития строительного предприятия при различных видах деятельности, установления приоритетов и распределения ресурсов между видами деятельности для обеспечения будущего устойчивого состояния. Для этого проводится имитация поведения строительного предприятия в окружающей среде с учетом тенденций ее развития согласно исследуемой стратегии. В результате выбирается такая стратегия, которая позволяет строительному предприятию достичь наилучшим образом заданных целей функционирования и развития.

Библиографический список:

1. Лютенс Ф. Организационное поведение. – М.: Инфра – М, 1999.
2. Бляхман Л.С. Предпринимательство в России: Экономика и организация. - СПб.: СПбГУ, 1995.
3. Виханский О. С. Стратегическое управление. – М.: Гордерике, 2002.

РЕДАКЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

НАШИ АВТОРЫ:

Аллаев Мажид Османович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог, оснований и фундаментов, транспортного факультета, Дагестанского государственного технического университета.

Алиев Зазав Мустафаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой экологической химии и технологии Дагестанского государственного университета.

Аммаева Шаназ Гаджимаммаевна – аспирантка 2-го года обучения, инженер-эколог кафедры экологической химии и технологии Дагестанского государственного университета.

Баламирзоев Абдул Гаджибалаевич – доктор технических наук профессор кафедры мелиорации, землеустройства и кадастра факультета нефти, газа и природообустройства Дагестанского государственного технического университета.

Батдалов Мухтаритдин Магомедович – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций и гидротехнических сооружений, архитектурно-строительного факультета, Дагестанского государственного технического университета. Член - корреспондент РААСН,

Гаджиев Ильяс Цахаевич – соискатель кафедры мировой экономики Дагестанского государственного технического университета.

Гаджиалиев Магомед Магомедович – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией “Физики полупроводников” Института физики им. Амирханова Х.И.

Гусейнов Гасан Гусейнович - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры нефтегазового дела, факультета нефти, газа и природообустройства, Дагестанского государственного технического университета. Старший научный сотрудник ФГБУН Институт физики им. Х.И. Амирханова Дагестанского научного центра РАН.

Евдулов Олег Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики, Дагестанского государственного технического университета.

Зербалиев Алихан Мамалиевич - кандидат технических наук, доцент кафедры мелиорации, землеустройства и кадастра, факультета нефти, газа и природообустройства, Дагестанского государственного технического университета.

Иванов Владимир Валерьевич – аспирант кафедры строительных конструкций и гидротехнических сооружений архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.

Исмаилов Тагир Абдурашидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и общей электротехники, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики. Ректор Дагестанского государственного технического университета.

Иноземцев Вячеслав Иванович – старший преподаватель кафедры автомобильных дорог, фундаментов и оснований транспортного факультета, Дагестанского государственного технического университета.

Кадиев Исламудин Пашаевич – ведущий специалист информационно-аналитического отдела «Управления инспектирования кредитных организаций ЦБ РФ по РД».

Кадиев Пашай Абдулгамидович – кандидат технических наук, профессор кафедры управления и информатики в технических системах, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики, Дагестанского государственного технического университета.

Кишов Расул Магомедович – аспирант кафедры управления и информатики в технических системах, старший преподаватель кафедры теоретической и общей электротехники, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики, Дагестанского государственного технического университета.

Курбанов Иманов Шахбанович – соискатель Дагестанского государственного технического университета.

Курбанов Рамазан Магомедович – главный инженер ООО “УМС-2”, ст. преподаватель кафедры материаловедения и технологии конструкционных материалов архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.

Ларина Вероника Васильевна – старший преподаватель кафедры мировой экономики, факультета финансов и аудита Дагестанского государственного технического университета.

Магомадов Рустам Абу-Муслимович – старший преподаватель кафедры Электротехники и электропривода ФГБОУ Грозненский государственный нефтяной технический университет.

Магомедова Эльмира Насибовна – соискатель Дагестанского государственного технического университета, ведущий инженер сметно-договорного отдела ОАО «ЧиркейГЭСстрой».

Мирзабеков Мурадхан Мевлюдинович – студент 3 курса обучения кафедры управления и информатики в технических системах факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики, Дагестанского государственного технического университета.

Миспахов Играмидин Шарафитдинович – старший преподаватель кафедры теоретической и общей электротехники, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики, Дагестанского государственного технического университета.

Нуров Даниял Русланович – студент 4 курса обучения кафедры управления и информатики в технических системах факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики, Дагестанского государственного технического университета.

Пирмагомедов Зияутдин Шахмурадович – научный сотрудник лаборатории “Физики полупроводников” Института физики им. Амирханова Х.И.

Рамазанов Гусейн Муфталиевич - старший преподаватель кафедры эконометрики и прикладной информатики в дизайне, факультета информационных систем, Дагестанского государственного технического университета.

Семиляк Александр Иванович - старший преподаватель, доцент кафедры теоретической и общей электротехники, факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики, Дагестанского государственного технического университета.

Сулейманова Мадина Гаджиевна – кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры маркетинга и бизнеса, инженерно-экономического факультета Дагестанского государственного технического университета.

Хаджишалапов Гаджимагомед Нурмагомедович – доктор технических наук, профессор кафедры организации строительства, современных технологий и контроля качества, декан архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.

E-mail: yarus-x@mail.ru

Хазамова Мадина Абдулаевна-. кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики Дагестанского государственного технического университета

Жежев Толя Амирович – доктор технических наук, профессор, действительный член Адыгской (Черкесской) Международной академии наук, профессор кафедры строительного производства Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова.

E-mail: hejev_tolya@mail.ru.

Хизриева Индира Хизриевна – доцент кафедры экологической химии и технологии Дагестанского государственного университета.

Черкасова Светлана Андреевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления в строительстве и машиностроении, инженерно-экономического факультета, Дагестанского государственного технического университета.

Эфендиева Татьяна Насировна – научный сотрудник лаборатории “Физики полупроводников” Института физики им. Амирханова Х.И.

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 TimesNewRoman12 pt, 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 лишь 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, представление которых в векторных форматах невозможно (фотографии, копии экрана монитора и т. п.).

Верстка таблиц

Таблица состоит из следующих элементов: нумерационного заголовка (слова «Таблица» и ее номера арабскими цифрами); шапки (заголовочной части), включающей заголовки граф (объясняют значение данных в графах); боковика (первой слева графы) и прографки (остальных граф таблицы).

Справка об авторах

Включает для каждого автора фамилию, имя, отчество (полностью), год рождения, ученую или академическую степень, ученое звание (с датами присвоения и присуждения), краткую научную биографию (не более 5-6 строк), название организации. 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.

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 магнитные носители авторам не возвращаются. Датой поступления считается день получения редколлгией окончательного текста статьи. Рукописи аспирантов публикуются бесплатно.

Адрес редакционного совета: 367015, РД, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, ФГБОУ ВПО «ДГТУ», Учебно-лекционный корпус 2, редакция журнала «Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки». Технические вопросы можно выяснить по адресу: vestnik.dgtu@mail.ru и по телефону 8(8722)62-39-64.

Министерство образования и науки РФ



ВЕСТНИК

Дагестанского государственного технического университета **ТОМ 31**
4 - 2013

Вестник Дагестанского государственного технического университета.
Технические науки. Махачкала, 2013. – Том 31 (4). – 120 с.

Верстка: Бутаева А.Т.

Адрес редакции:
367015, РД, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, ФГБОУ ВПО «ДГТУ»
Тел./факс (8722)623715
(8722)623964
E-mail: vestnik.dgtu@mail.ru

Подписано в печать 20.12.2013г. Сдано в печать 24.12.2013г.
Формат 60*84 1/8. Гарнитура «Times». Бумага офсетная
Тираж 500. Усл. п.л. 15,5. Уч. изд.л. 15,5
Заказ № 0113
Отпечатано в ИПЦ ФГБОУ ВПО «ДГТУ»
367015, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70.