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

ВЕСТНИК

ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 2 **Том 21** **2011**

Журнал основан в 1997 году.
Выходит 4 раза в год

HERALD

of Daghestan state technical university **2011. №2(21)**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

ВЕСТНИК

Дагестанского государственного технического университета

№ 2 (Том 21) 2011

Журнал основан в 1997 году | **ISBN 5-230-12927-1**

Главный редактор –
д.т.н., профессор Исмаилов Т.А., ректор ДГТУ;
Редакционная коллегия:
д.т.н., профессор Абакаров А.Д., зав.каф. ДГТУ;
д.х.н., профессор Абакаров Г.М., зав.каф. ДГТУ;
д.э.н., профессор Абдулгалимов А.М., зав.каф. ДГТУ;
д.т.н., профессор Адамов А.П., профессор каф. микроэлектроники ДГТУ;
д.т.н., профессор Батдалов М.М., член-корр. РААСН;
д.ф.-м.н., профессор Билалов Б.А., зам.зав.каф. микроэлектроники ДГТУ;
д.т.н., профессор Бринк И.Ю., ген. дир. ООО «БВН», Новочеркасск;
д.т.н., профессор Вердиев М.Г., зав. каф. ДГТУ;
д.ф.-м.н., профессор Вызулин С.А., проректор по научной работе КубанскогоГТУ;
д.т.н., профессор Гусейнов Р.В., профессор каф. технологии машин и технологической кибернетики ДГТУ;
д.т.н., профессор Дорохов А.Ф., зав.каф. Астраханского ГТУ;
д.э.н., профессор Исалова М.Н., зав. каф. ДГТУ;
д.б.н., профессор Исмаилов Э.Ш., профессор каф. химии ДГТУ;
д.т.н., профессор Каргин Н.И., начальник Управления развития перспективных исследований МИФИ;
д.т.н., профессор Кутузов В.М., ректор С-ПбГЭТУ;
д.э.н., профессор Магомедов А.Г., декан факультета ДГТУ;
д.т.н., профессор Магомедова А.В., профессор каф. гидротехнических сооружений ДГТУ;
д.т.н., профессор Мелехин В.Б., зав. каф. ДГТУ;
д.т.н., профессор Митаров Р.Г., профессор каф. физики ДГТУ;
д.т.н., профессор Саркаров Т.Э., декан факультета ДГТУ;
д.ф.-м.н., профессор Сафаралиев Г.К.,член-корр. РАН;
д.т.н., профессор Сулейманов И.А.-Г., зав. каф. ДГТУ;
д.т.н., профессор Финаев В.И., зав. каф. Таганрогского ГРТУ;
д.э.н., профессор Халимбеков Х.З., декан факультета ДГТУ;
д.т.н., профессор Хаджишалапов Г.Н., декан факультета ДГТУ;
д.т.н., профессор Яхьяев Н.Я., зав. каф. ДГТУ;
к.т.н., доцент Юсуфов Ш.А., проректор по научной и инновационной деятельности ДГТУ.

Научные направления:
- Приборостроение;
- Полупроводниковые материалы и приборы;
- Теплофизика;
- Информационные технологии;
- Физико-математическое моделирование;
- Механика и машиностроение;
- Мелиорация и гидротехнические сооружения;
- Строительство и архитектура;
- Новые технологии;
- Экономика отрасли.

Научно-исследовательский журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР) свидетельство **ПИ № ФС77-30186** от 9 ноября 2007 г. Подписной индекс **71366** в федеральном каталоге периодических изданий ОАО Агентства «Роспечать».
Журнал включен в **Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.**
Журнал включен в Российский индекс научного цитирования **(РИНЦ)** доступный в интернете по адресу http://www.elibrary.ru (Научная электронная библиотека).

Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Выпуск 2 Том 21 / Махачкала, 2011 г. –246 стр.

Издается по решению Ученого Совета ФГБОУ ВПО «ДГТУ»

Адрес редакции:
367015, РД, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70,
ГОУ ВПО «ДГТУ»

Тел./факс (8722)623715
(8722)623964
E-mail: unidgtu@yandex.ru

© ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный технический университет», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ ... **9**

Т.А. Исмаилов, О.В. Евдулов, Д.А.Магомедов, М.А. Хазамова
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТОПУ ЧЕЛОВЕКА ... **9**

А.П. Адамов, С.Ш. Гаджиев, А.В. Магомедова
КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ... **18**

Б.А. Билалов, Т.Э. Саркаров, А.Б. Сулин
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ... **25**

Е.Н. Меркухин
МЕТОД РАСЧЕТА ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПЛАТ МИКРОБЛОКОВ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ ... **32**

ТЕПЛОФИЗИКА ... **37**

Т.А. Джаппаров, А.Р. Базаев, Б.К. Карабекова
ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ СКОРОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ АЛИФАТИЧЕСКИХ СПИРТОВ ... **37**

А.К.Юсупов, Г.М.Муртузалиев
ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАДАЧИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СРЕД ... **44**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ... **56**

В.Б. Мелехин, А.М. Бахмудов
НЕЧЕТКАЯ СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ... **56**

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ... **61**

Т.А. Исмаилов, А.А. Тамаев
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОРМАЛИЗМА ГАМИЛЬТОНА ДЛЯ КАНОНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИСТЕМ КООРДИНАТ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В «ЦЕПЯХ» ... **61**

О.М. Омаров, М.Г. Вердиев
МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРЕДМЕТНЫХ ЗНАНИЙ В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ... **67**

А.А. Гаджиев
О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ: НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ФОРШОКОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЯПОНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 11.03.2011Г ... **71**

МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ ... **77**

Т.Г. Гасанов, М.Р. Гусейнов
К УСТАНОВЛЕНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА СТОЛКНОВЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И НАЕЗДА НА ПРЕПЯТСТВИЕ ... **77**

Р.В.Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА НА СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ 83

Н.М. Вагабов, М.Г. Вердиев, Т.Э. Саркаров
СПОСОБ УМЕНЬШЕНИЯ СБОРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ВТУЛОК ЦИЛИНДРОВ (ВЦ) ПУТЕМ ИСПРАВЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОРМЫ БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОЯСКОВ БЛОК-КАРТЕРА 88

Н.А. Гутиева З.А. Хизриева
О ПРОБЛЕМАХ И КАЧЕСТВЕ СБОРКИ СУДОВЫХ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ 92

МЕЛИОРАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ 99

А.К.Алибеков
ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ХОЛОСТОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ОРОСИТЕЛЬНОГО КАНАЛА 99

Т.М. Умариев
РАЗРАБОТКА НЕФТЕГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ ЗОН КАЧЕСТВЕННО РАЗЛИЧНОГО НАСЫЩЕНИЯ 105

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА 112

М.А. Ахматов, М.Н. Кокоев, А.А. Эржибов
ЛЕГКИЕ КЕРАМЗИТОБЕТОНЫ НА ЩЕБНЕ И ПЕСКЕ КЫЗБУРУНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЕРАМЗИТОВЫХ ГЛИН КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ 112

С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, А.Х. Аласханов
ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ПРЕССОВАННОГО МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА[1] 120

С-А.Ю. Муртазаев, Н. В. Чернышева, С. А. Алиев, Б. Т. Муртазаев
ЦЕМЕНТОБЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА[1] 126

Б.Ш.Асельдеров, М.И.Лернер, Б.Г.Печеный
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С РЕЗИНОВОЙ КРОШКОЙ «УНИРЕМ» НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНОВ 131

З.А. Мантуров, М.А.Ахматов
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ЖАРОСТОЙКОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА СИЛИКАТ-НАТРИЕВОМ КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ 138

А.Д. Абакаров, Х.Р. Зайнулабидова, Г.М. Абдуразаков
СЕЙСМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СО СКАЧКАМИ ЖЕСТКОСТИ В ПРОЦЕССЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ 148

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 158

З.Г. Сулейманова, Э.Ш. Исмаилов
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ 158

М.Н.Исламов, П.Я.Мишиев, П.Я.Гаджиев, А.Н.Алиева
ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ НА ПРОЦЕСС УДАЛЕНИЯ КАТИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ВИНА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА 163

В.М. Саркиев
НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ SCM ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ (НА ПРИМЕРЕ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА) **172**

Н.А. Шагина, Ф.Ш. Азимова
СПОСОБ КРАШЕНИЯ ШУБНОЙ ОВЧИНЫ РАСТИТЕЛЬНЫМ КРАСИТЕЛЕМ ЗВЕРОБОЯ ПО АЛЮМИНИЕВОЙ ПРОТРАВЕ **178**

М.С.Мурадов, М.М.Мурадов, Э.Т.Адамян
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ **181**

ЭКОНОМИКА ОТРАСЛИ **187**

Исмаилова Ш.Т., Саидов М.-П. А.
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ **187**

И.Т. Курбанова
ФОРМИРОВАНИЯ СЕТЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ АССОЦИАЦИЕЙ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СФЕРЫ УСЛУГ **193**

Ф.Р. Османова, Д.А. Раджабова, Ж.Н. Казиева
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ **196**

Б.Д. Арсланов, Ш.Д. Арсланов
ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ В РОССИЙСКИХ КОМПАНИЯХ **207**

Х.З.Халимбеков, Н.М.Гасанова
СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СНИЖЕНИЕМ ЗАТРАТ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ **212**

Т.К. Абдуллаева, З.М. Султалиева
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ САМООЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА КАК ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ **218**

И.Г. Гафуров, Д.-В. Б. Абдурахманов
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ И УЧЕТА ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ **224**

Н.И. Пирожкова
ЗАТРАТЫ НА ПЕРСОНАЛ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА ВЕЛИЧИНУ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА КОМПАНИИ **229**

.

Х.З.Халимбеков, Г.А. Аминова
ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН **237**

РЕДАКЦИОННЫЙ ОТДЕЛ **244**

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ» **244**

CONTENTS

T.A.Ismailov, O.V.Evdulov, M.A.Hazamova
RESEARCH OF OPERATING MODES OF THE THERMOELECTRIC DEVICE FOR THERMAL INFLUENCE ON FOOT OF THE PERSON…….9

A.P.Adamov, S.Sh.Gadgiev, A.V.Magomedova
THERMOELECTRIC SEMI-CONDUCTOR DEVICES FOR COOLING AND THERMOSTABILIZATION OF ELEMENTS RADIOELECTRONIC EQUIPMENT…18

B.A.Bilalov, T.E.Sarkarov, A.B.Sulin
RESEARCH OF SYSTEM OF COOLING OF ELEMENTS OF THE RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT WORKING IN A MODE OF REPEATEDLY-SHORT-TERM THERMAL EMISSIONS…….25

E.N. Merkuchin
METHOD OF CALCULATION OF THE THERMAL MODE OF PAYMENTS OF MICROBLOCKS ELECTRONIC EQUIPMENT……..32

T.A. Djapparov, A.R. Bazaev, B.K. Karabekova
ESTIMATION OF VALUE OF THERMAL DECOMPOSITION RATE OF WATER-ALIPHATIC ALCOHOL SOLUTION……37

V.B. Melehin, A.M. Bahmudov
ILL-DEFINED NETWORK MODEL OF THE PRESENTATION OF THE KNOWLEDGES OF THE INTELLECTUAL SYSTEM FOR PLANNING OF INSTRUMENTAL ACTIVITY……..56

T.A.Ismailov, A.A. Tamaev.
ABOUT THE POSSIBILITY OF THE APPLICATION OF HAMILTON'S FORMALISM FOR CANONICAL TRANSFORMATION OF COORDINATE SYSTEM WHILE MODELING THE DYNAMIC PHYSICAL PROCESSES IN "CIRCUITS"…….61

O.M. Omarov, M.G. Verdiev
MODEL OF THE PRESENTATION OF THE SUBJECT KNOWLEDGES IN SYSTEM DECISION MAKING…….67

A.A.Gadgiev
ABOUT THE POSSIBILITY OF PREDICTION OF STRONG EARTHQUAKES: THE EXAMPLE OF ANALYSIS OF THE JAPANESE EARTHQUAKE 11.03.2011 G…….71

T.G. Gasanov, M.R. Gusejnov,
TO THE ESTABLISHMENT OF CHARACTERISTICS OF DYNAMICS PROCESS OF COLLISION VEHICLES AND ARRIVAL ON THE OBSTACLE……..77

R.V. Guseinov, M.R.Rustamova
INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE TOOL ON THE CUTTING FORCES IN THE PROCESSING OF INTERNAL SURFACES BY A METHOD OF PLANNING OF EXPERIMENTS……83

N.M. Vagabov, M.G. Verdiyev, T.E. Sarkarov
WAY TO REDUCE THE ASSEMBLY DEFORMATION OF CYLINDER

BUSHINGS (CC) BY CORRECTING THE ERRORS OF THE FORM OF BASE SURFACES OF BLOCK-CRANKASE BELTS……..88

N.A. Gutieva Z.A. Hizrieva
ABOUT PROBLEMS AND SMALL SHIP QUALITY BUILD DIESEL ENGINES…….92

A.K.Alibekov
SEARCH OF OPTIMUM LENGTH OF THE SINGLE PART OF THE MAIN IRRIGATION CANAL……99

T.M. Umariev
DEVELOPMENT OF OIL AND GAS DEPOSITS BY MEANS OF QUALITATIVE SATURATION ZONES ISOLATION……105

M.A. Ahmatov, A.A. Erzhibov
EASY KERAMSIT ON THE GRAVEL AND SAND KYZBURUN'S FIELD KERAMZITE CLAYS KABARDINO-BALKAR REPUBLIC……112

S-A.Y. Murtazaev, M.SH. Salamanova, A.A. Alashanov
PARTICULARITIES OF THE STRUCTURIZATION AND SHAPING TO TOUGHNESS PRESSED FINE-GRAINED CONCRETE…….120

S-A.Y. Murtazaev, N.V. Chernysheva, S. A. Aliev, B. T. Murtazaev
CONCRETE ON THE BASIS OF TECHNOGENIC СЫРЬЯДЛЯ CONDITIONS OF THE DRY HOT CLIMATE……126

B.Sh.Aselderov, M.I.Lerner, B.G.Pechenyi
EFFECT OF ASPHALT MIXTURES COOKING WITH RUBBER PIECE «UNIREM» ON THE PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE…….131

Z.A. Manturov
DEFINITION OF RATIONAL STRUCTURE HEAT RESISTING EXPANDED-CLAY CONCRETE ON SILICATE-SODIUM COMPOSITE KNITTING WITH USE OF THE COMPUTER……..138

A.D. Abakarov, H.R. Zaynulabidova, G.M. Abdurazakov
ELASTIC-PLASTIC SEISMIC RESPONSE OF SYSTEM WITH RIGIDITY JUMPS IN THE PROGRESS OF SEISMIC OSCILLATIONS……148

Z.G.Suleymanova, E.Sh. Ismailov
BIOLOGICAL METHODS ACTIVATION YEAST……..158

M.N.Islamov, P.Y.Mishiev, P.Y.Gadqiev, A.N.Alieva
THE INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE DRILLING FLUID IN THE PROCESS OF REMOVAL OF HEAVY METAL CATIONS OF WINE BY ELECTRODIALYSIS ……..163

V.M.Sarkiev
SOME APPROACHES OF USING SCM TECHNOLOGY IN CRUDE AND OIL PRODUCTS A MULTI-MODAL TRANSPORTATION SYSTEM (AS EXAMPLE, THE CASPIAN REGION)……..172

N.A. Shagina, F.Sh. Azimova.
THE WAY TO COLOR OF FUR COAT SHEEPSKIN BY VEGETATIVE DYE OF ST' JOHN'S WORT (HUPERICUM PERFORATUN L) ON ALUMINIUM MORDANT……178

M.S. Muradov, M.M. Muradov, E.T. Adamian
INTENSIFICATION OF STERILIZATION CANNED…….……..…181

Ismailova SH.T., Saidov M.-P. A.
ESTIMATION TO EFFICIENCY AND MODELING TO BUSINESS ACTIVITY OF THE PRODUCTION SUBDIVISIONS IN CONSTRUCTION…….……..187

I.T. Kurbanova
SHAPING THE NETWORK ORGANIZING STRUCTURE OF MANAGEMENT ASSOTIATION SMALL ENTERPRISE OF THE SPHERE OF THE SERVICES……193

F.R.Osmanova, D.A.Radgabova, J.N.Kazieva
IMPROVEMENT OF MODELS OF MATERIAL INCENTIVES IN THE CONSTRUCTION OF……..196

B.D. Arslanov, Sh.D. Arslanov
PECULIARITIES OF CORPORATE AFFAIRES MANAGEMENT IN RUSSIAN COMPANIES …….…….207

H.Z.Halimbekov, N.M.Gasanova
SITUATIONAL MANAGEMENT OF BUILDING COSTS REDUCTION MANUFACTURING AND ITS EFFECT ON IMPROVING THE COMPETITIVENESS OF BUILDING COMPANIES…….212

T.K. Abdullaeva, Z.M. Sultalieva
DEVELOPMENT OF A SELF-ESTIMATION MODEL OF HIGH SCHOOL ACTIVITY AS BASES OF QUALITY EDUCATIONAL SERVICES MAINTENANCE……218

I.G. Gafurov, D.-V. B. Abdurahmanov
ECONOMIC ANALYSIS IN MANAGERIAL SYSTEM AND ACCOUNT FINANCIAL RESULT BUILDING ENTERPRISE…….224

N.I. Pirozhkova
THE COSTS OF THE PERSONNEL OF THE ENTERPRISE AS A FACTOR AFFECTING THE VALUE OF HUMAN CAPITAL OF THE COMPANY……229

H.Z.Halimbekov, G.A. Aminova
ASSESSMENT OF Production Potential OF THE FOOD INDUSTRY COMPANIES OF DAGESTAN ……..237

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 621.362

Т.А. Исмаилов, О.В. Евдулов, Д.А.Магомедов, М.А. Хазамова

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СТОПУ ЧЕЛОВЕКА

T.A.Ismailov, O.V.Evdulov, D.A.Magomedov, M.A.Hazamova

RESEARCH OF OPERATING MODES OF THE THERMOELECTRIC DEVICE FOR THERMAL INFLUENCE ON FOOT OF THE PERSON

В работе приведена модель термоэлектрического устройства для теплового воздействия на стопу человека. На ее основе рассмотрены режимы работы прибора. Приведены результаты численного эксперимента.

Ключевые слова: *термоэлектрическое устройство для теплового воздействия, стопа, модель, тепловой режим, численный эксперимент.*

In work the model of the thermoelectric device for thermal influence on foot of the person is resulted. On its basis device operating modes are considered. Results of numerical experiment are resulted.

Keywords: *the thermoelectric device for thermal influence, stop, model, a thermal mode, numerical experiment.*

В человеческом организме имеется ряд областей, насыщенных биологически активными точками. Помимо сегментарных на теле человека имеются рефлексогенные зоны, соответствующие проекции различных органов и частей тела на кору мозга и топографически локализованные в определенных областях. В исследованиях, проведенных в этой области, показано, что в биологически активной точке и прилегающей к ней зоне имеются подкожные нервы, вены, артерии. Часто под зоной такой точки обнаруживают лимфатические сосуды, скопления клеток, играющих важную роль в обменных процессах организма. Воздействие на эти зоны (в том числе и тепловое) раздражает многочисленное количество рецепторов, что вызывает многообразные ответные биологические реакции. К таким зонам относятся ладонная поверхность кисти, подошва стопы, зона области носа, ушная раковина и т.д. Лечебная эффективность теплового воздействия на стопу обусловлена тем, что на ее подошве сконцентрирована масса кожных рецепторов: сюда выходят до 72 тысяч нервных окончаний, через которые организм связан с внешней средой. Зоны (точки) на стопах взаимосвязаны с внутренними органами посредством их общей проекции на уровне высших нервных (вегетативных) центров и их стимуляция приводит к определенным реакциям со стороны внутренних органов.

Анализ возможного теплового воздействий на зону стопы (в дальнейшем объект воздействия) посредством термоэлектрического устройства приводит к необходимости рассмотрения режимов работы системы, сочетающих охлаждающие и нагревающие воздействия, соответствующие определенному типу лечебных процедур, приведенных на рис.1.

Каждая из приведенных на рис.1 схема воздействия соответствует определенному типу лечебных процедур. Представленная на рис.1, *а* схема соответствует наиболее

простым для реализации процедурам, связанным с тепловым воздействием на подошву стопы. Здесь предполагается непосредственный контакт объекта воздействия – подошвы

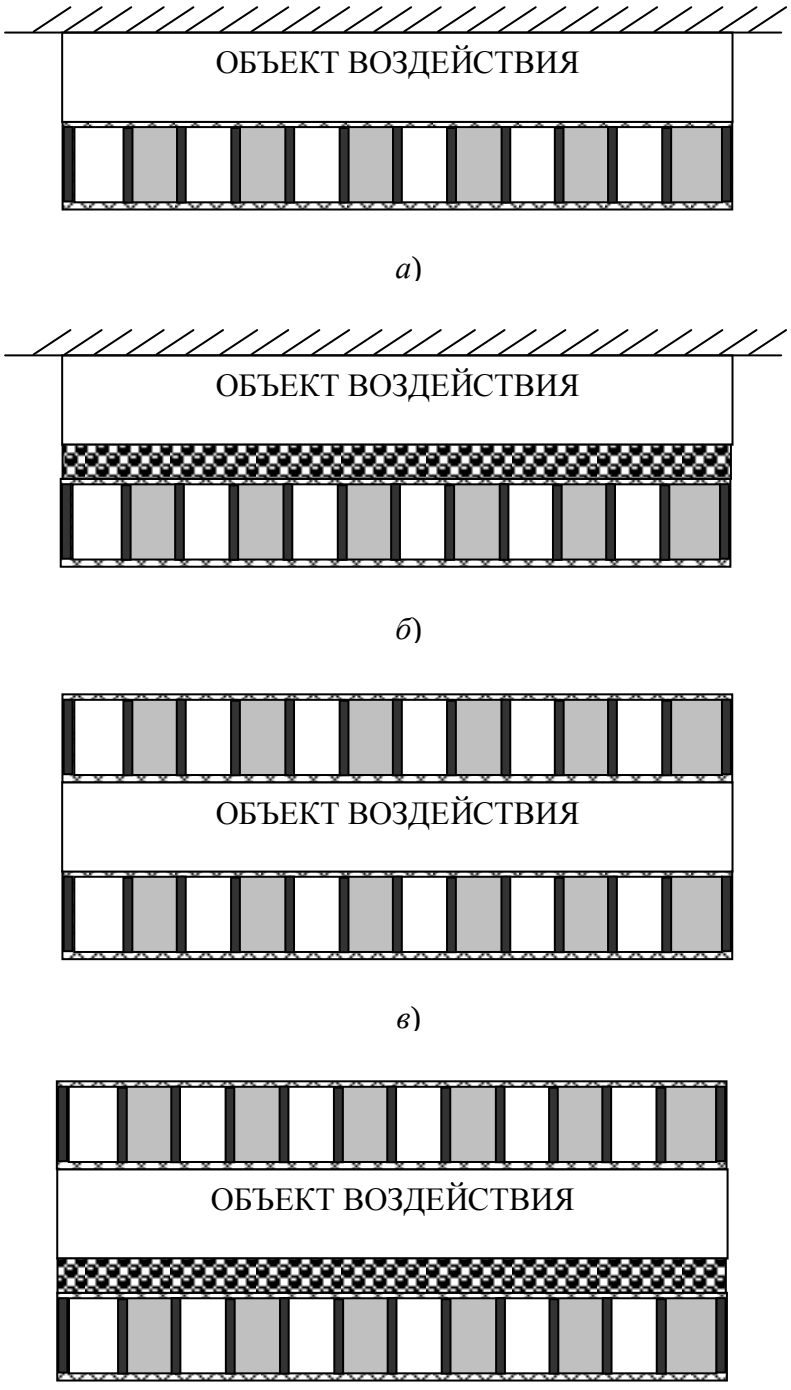


Рис.1. Схемы теплового воздействия на стопу человека

стопы через эластичную высокотеплопроводную прослойку с ТЭБ. При этом тыльная часть стопы находится в тепловой изоляции.

Вторая схема, изображенная на рис.1, *б*, отличается от предыдущей наличием на верхней поверхности стопы второй ТЭБ. Если в первом варианте в процессе процедур охватывалась только подошвенная сторона, то в этом случае тепловому воздействию подвергается и тыльная поверхность стопы, также весьма насыщенная кожными рецепторами, что значительно усиливает эффективность процедур за счет улучшения

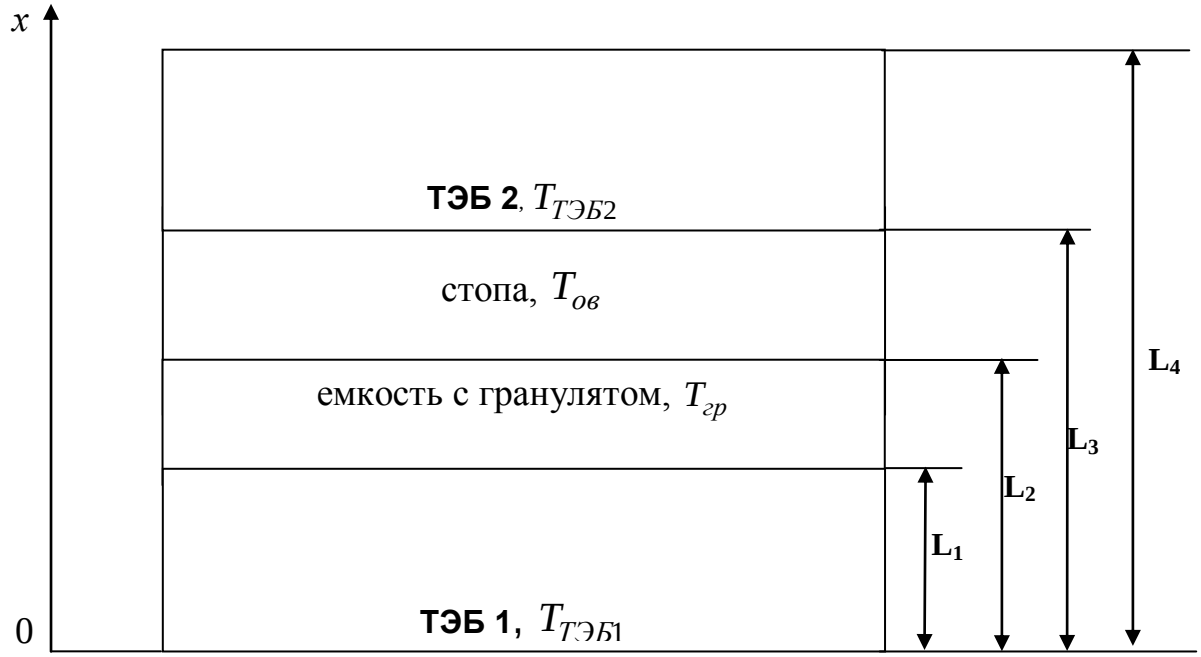


Рис.2. Физическая модель теплового воздействия

трофики тканей, подвергающихся воздействию. Схема, приведенная на рис.1, *в*, предусматривает также и механическое воздействие, связанное с перемещением объекта воздействия по грануляту. При этом наличие гранулята требует введения при построении математической модели дополнительного условия, связанного с неплотностью теплового контакта между гранулятом и подошвой. Одновременное температурное и механическое воздействие на подошвенную поверхность стопы усиливает лечебный эффект, связанный с тепловым и механическим массажем. Схема, представленная на рис.1, *г* является наиболее общим случаем физиотерапевтических процедур на стопу человека. В данном случае тепловое и механическое воздействие на стопу оказывается и с нижней поверхности (подошвы) и с ее тыльной стороны. Подобный тип процедур является наиболее приемлемым, учитывая повышение терапевтического эффекта за счет одновременного воздействия «холодом», «теплом» и механическим массажем.

Основываясь на рассмотренных схемах, составим математические модели теплового воздействия посредством ТЭБ на биологически активные зоны стопы человека.

Для наиболее общего случая одномерной модели [2] нестационарная задача теплообмена при проведении процедур имеет следующий вид (рис.2):

$$\frac{\partial T_{ТЭБ1}}{\partial \tau} = a_{ТЭБ1}\frac{\partial^2 T_{ТЭБ1}}{\partial x^2} + \frac{I^2_{ТЭБ1} r_{ТЭБ1}}{c_{ТЭБ1}\rho_{ТЭБ1}}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_{ов}}{\partial \tau} = a_{ов}\frac{\partial^2 T_{ов}}{\partial x^2} + \frac{q_{ов}}{c_{ов}\rho_{ов}}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial T_{гр}}{\partial \tau} = a_{гр}\frac{\partial^2 T_{гр}}{\partial x^2}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial T_{ТЭБ2}}{\partial \tau} = a_{ТЭБ2}\frac{\partial^2 T_{ТЭБ2}}{\partial x^2} + \frac{I^2_{ТЭБ2} r_{ТЭБ2}}{c_{ТЭБ2}\rho_{ТЭБ2}}, \quad (4)$$

$$\beta_{mc}(T_{ТЭБ1}\big|_{x=0} - T_{ж}) = \lambda_{ТЭБ1}\frac{\partial T_{ТЭБ1}}{\partial x}\big|_{x=0}, \quad (5)$$

$$\lambda_{ТЭБ1}\frac{\partial T_{ТЭБ1}}{\partial \tau}\Big|_{x=L_1} - q_{ТЭБ1} = \lambda_{гр}\frac{\partial T_{гр}}{\partial \tau}\Big|_{x=L_1}, \quad (6)$$

$$\lambda_{ов}\frac{\partial T_{ов}}{\partial x}\Big|_{x=L_2} - f\nu P = \lambda_{гр}\frac{\partial T_{гр}}{\partial x}\Big|_{x=L_2}, \quad (7)$$

$$\lambda_{ТЭБ2}\frac{\partial T_{ТЭБ2}}{\partial x}\Big|_{x=L_3} - q_{ТЭБ2} = \lambda_{ов}\frac{\partial T_{ов}}{\partial x}\Big|_{x=L_3}, \quad (8)$$

$$\beta_{mc}(T_{ТЭБ2}\big|_{x=L_4} - T_{ж}) = \lambda_{ТЭБ2}\frac{\partial T_{ТЭБ2}}{\partial x}\Big|_{x=L_4}, \quad (9)$$

где $T_{ТЭБ1}, T_{ТЭБ2}, T_{гр}, T_{ов}$ - температура ТЭБ 1, ТЭБ 2, гранулята, объекта воздействия;

τ - время;

$a_{ТЭБ1}, a_{ТЭБ2}, a_{гр}, a_{ов}$ - коэффициент температуропроводности ТЭБ 1, ТЭБ 2, гранулята, объекта воздействия;

$I_{ТЭБ1}, I_{ТЭБ2}$ - сила электрического тока, протекающего через ТЭБ 1 и ТЭБ 2;

$r_{ТЭБ1}, r_{ТЭБ2}$ - электрическое сопротивление ТЭБ 1 и ТЭБ 2;

$q_{ов}$ - количество теплоты, выделяемой в единицу времени в стопе;

$c_{ТЭБ1}, c_{ТЭБ2}, c_{ов}$ - теплоемкость ТЭБ 1, ТЭБ 2, объекта воздействия;

$\rho_{ТЭБ1}, \rho_{ТЭБ2}, \rho_{ов}$ - эффективное значение плотности ТЭБ 1, ТЭБ 2, объекта воздействия;

$\lambda_{ТЭБ1}, \lambda_{ТЭБ2}, \lambda_{гр}, \lambda_{ов}$ - эффективное значение коэффициента теплопроводности ТЭБ 1, ТЭБ 2, гранулята, объекта воздействия;

$q_{ТЭБ1}, q_{ТЭБ2}$ - холодопроизводительность ТЭБ 1 и ТЭБ 2;

f - коэффициент трения стопы при ее перемещении вдоль поверхности емкости с гранулятом;

ν - скорость перемещения стопы;

P - давление стопы на емкость с гранулятом.

На рис.2 Слой 1, толщиной L_1 представляет собой ТЭБ 1, приведенную в тепловой контакт с нижней поверхностью стопы, слой 2, толщиной $L_2 - L_1$ –емкость 4, заполненную гранулятом, слой 3, толщиной $L_3 - L_2$ – непосредственно стопу, и слой 4, толщиной $L_4 - L_3$ –ТЭБ 2, сопряженную с верхней поверхностью стопы. Предполагается, что данная система изолирована с боковых поверхностей; поглощаемая и выделяемая ТЭБ теплота равномерно распределена по всей поверхности соприкосновения с емкостью, заполненной гранулятом, и стопой; мощность тепловыделений в стопе фиксирована, не зависит от температуры и равномерно распределена по объему; коэффициент теплопроводности гранулята имеет определенную величину, также независящую от температуры; передача тепла во всех слоях системы осуществляется только теплопроводностью.

При составлении уравнений, описывающих теплообмен в ТЭБ (соотношения (1) и (4)), последние представлены в виде целостной конструкции, имеющей определенное значение коэффициента теплопроводности и электрического сопротивления, в которой имеет место выделение тепла Джоуля, определяемого величиной протекающего электрического тока. При этом поглощение (выделение) теплоты Пельтье учитывается в

условиях сопряжения слоев 1-2 и 3-4 введением величин $q_{ТЭБ1}, q_{ТЭБ2}$. Подобное допущение существенно упрощает модель, делает ее более наглядной, вместе с тем весьма незначительно снижая точность.

Для дискретизации каждого из уравнений (1)-(4) используется метод Галеркина. Соответствующее скалярное произведение, образованное с помощью кусочно-линейной базисной функции $N_j(x)$, после интегрирования по частям записывается в виде

$$\left(L\tilde{T}, N_k\right) = \int_0^L \frac{\partial \tilde{T}}{\partial t} N_k dx + a \int_0^L \frac{\partial \tilde{T}}{\partial x} \frac{\partial N_k}{\partial x} dx = 0. \qquad (10)$$

С помощью соотношений, изложенных в [1] выражение (10) приводится к виду

$$\frac{dT_{k-1}}{dt} + 4\frac{dT_k}{dt} + \frac{dT_{k+1}}{dt} - \frac{6a}{h^2}\left(T_{k-1} - 2T_k + T_{k+1}\right) = 0,\ k = 1, 2, \ldots, K-1. \qquad (11)$$

При дальнейшей дискретизации соотношение (11) записывается следующим образом:

$$T_{k-1}^{n+1} + 4T_k^{n+1} + T_{k+1}^{n+1} = \left(\frac{6a\Delta t}{h^2} + 1\right)T_{k-1}^n + \left(4 - \frac{12a\Delta t}{h^2}\right)T_k^n + \left(\frac{6a\Delta t}{h^2} + 1\right)T_{k+1}^n,$$

где $n = \frac{t}{\Delta t}$, Δt - шаг временной сетки.

Результаты расчетов приведены на рис.3-5. Вычисления производились при $T_{ж}$ = 20°С, $\lambda_{ТЭБ1} = \lambda_{ТЭБ2} = 1{,}5$ Вт/(м·К), $\lambda_{гр}$ =10 Вт/(м·К), $\lambda_{ов} = 0{,}2$ Вт/(м·К), $q_{ов}$ =30 Вт, $r_{ТЭБ1} = r_{ТЭБ2} = 0{,}5\,Ом$ f =0,5, v =0,01, P =1000 Н/м^2, толщина ТЭБ 1 и ТЭБ 2 – 4 мм, толщина слоя гранулята – 20 мм, усредненная толщина стопы – 40 мм.

На рис.3-4 рассмотрено распределение температур по толщине каждого слоя при различных значениях и направленностях тепловых потоков по достижению системы стационарного режима. Как следует из рисунков, зависимости имеют линейный характер. Это связано с тем, что при данных величинах тока питания обе ТЭБ функционируют в оптимальных режимах. При этом количество тепла, поглощаемого (выделяемого) в единицу времени на их внутренних спаях, значительно превышает величину джоулевого тепла, выделяющегося в объеме. Аналогичный характер имеют зависимости, представляющие собой распределение температуры по толщине емкости с гранулятом.

Приведенные графики интересны возможностью оценки величины тепловых потерь в слое гранулята. Так, для случаев, соответствующих представленным графикам, величина тепловых потерь на слое гранулята толщиной 2 см. достигает 0,5-1 °С. Снизить это значение, очевидно возможно, увеличив коэффициент теплопроводности гранулята и оптимизировав толщину его слоя. Первое можно осуществить, подобрав соответствующий материал (с как можно большим коэффициентом теплопроводности) и размер гранул, второе – подобрав оптимальные геометрические размеры емкости с гранулятом.

На рисунках также предоставлена информация об уровне теплового воздействия на стопу человека. Как видно из приведенных зависимостей, при осуществлении теплового воздействия одинаковой направленности и примерно одинаковой величины, перепад температуры по толщине стопы незначителен и определяется разностью в величинах тепловых потоков на ее противоположных поверхностях и потерями тепла в грануляте. В идеальном случае, при нулевой потере тепла в слое гранулята и равенстве тепловых потоков на противоположных поверхностях, распределение температуры по толщине стопы имеет параболический вид. Причем вершина параболы находится в центре стопы (на расстоянии

$L_2 + \frac{L_3 - L_2}{2}$), а разность между значениями температуры в центре и на краях одинакова и имеет незначительную величину, определяемую теплом, выделяемым в стопе.

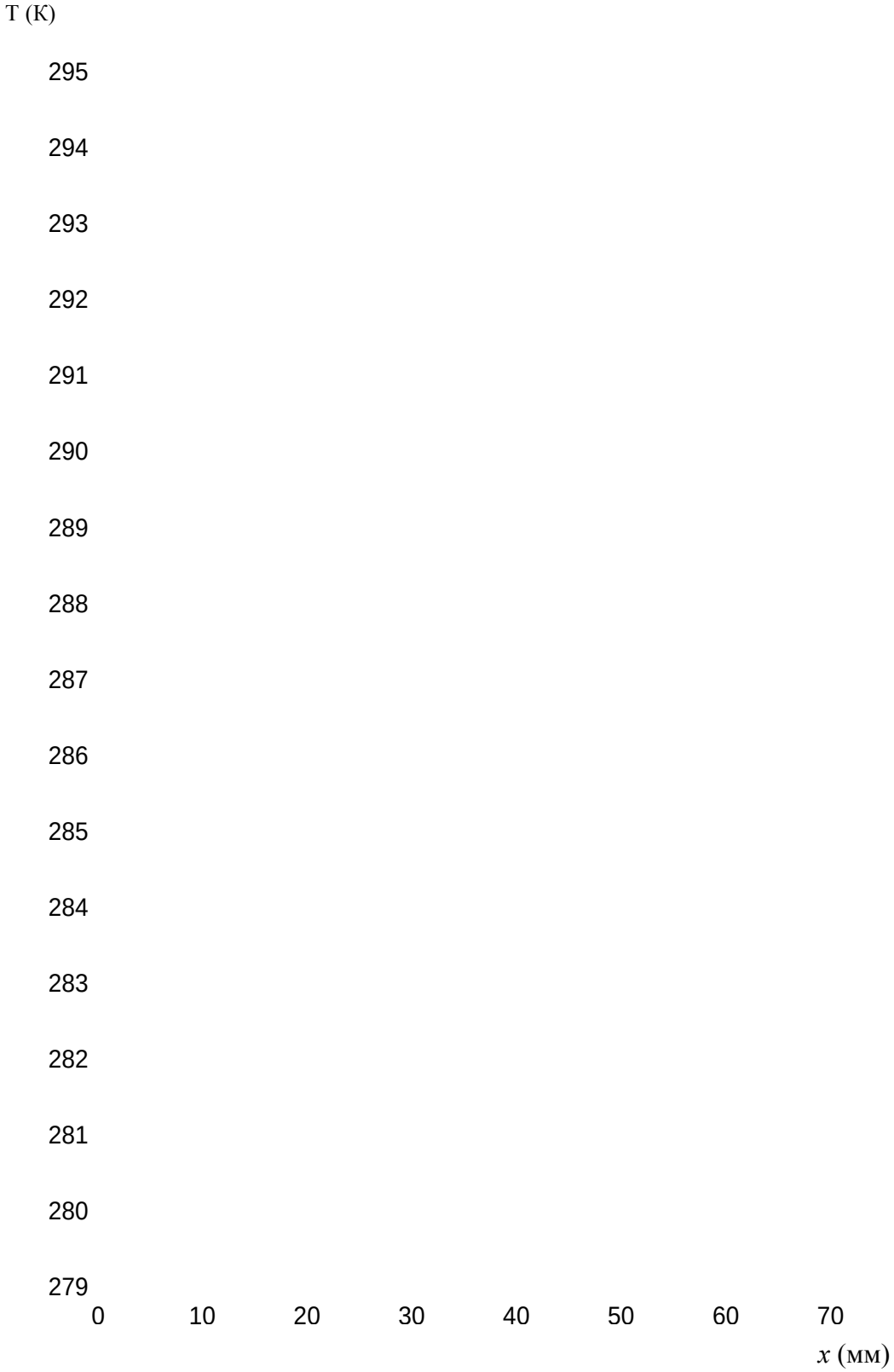


Рис.3. Распределение температуры по толщине системы ТЭБ 1-гранулят-стопа-ТЭБ 2 при $q_{ТЭБ1}=q_{ТЭБ2}=-6000$ Вт/м^2

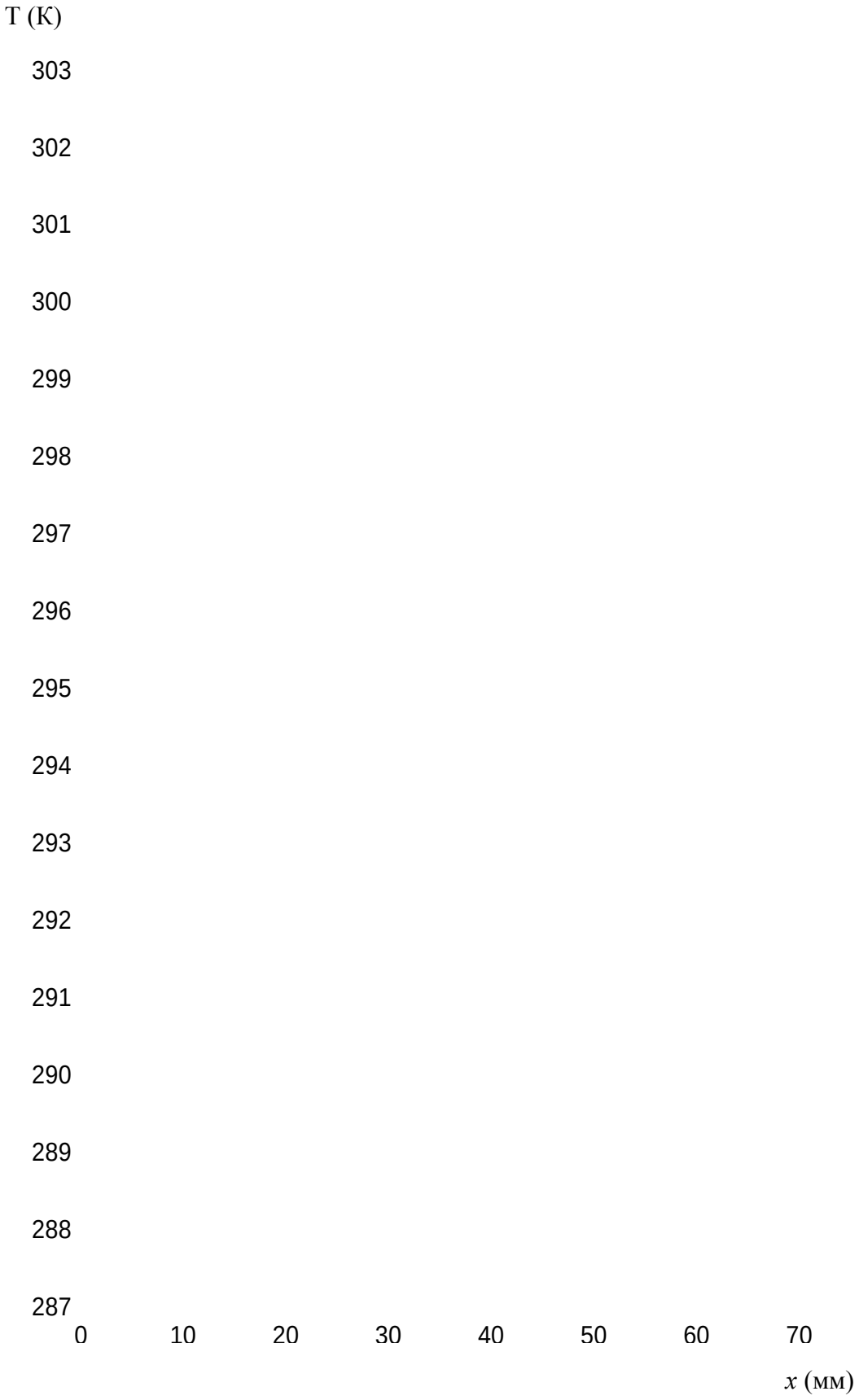


Рис.4. Распределение температуры по толщине системы ТЭБ 1-гранулят-стопа-ТЭБ 2 при $q_{ТЭБ1}$=-6000 Вт/м^2, $q_{ТЭБ2}$=3000 Вт/м^2

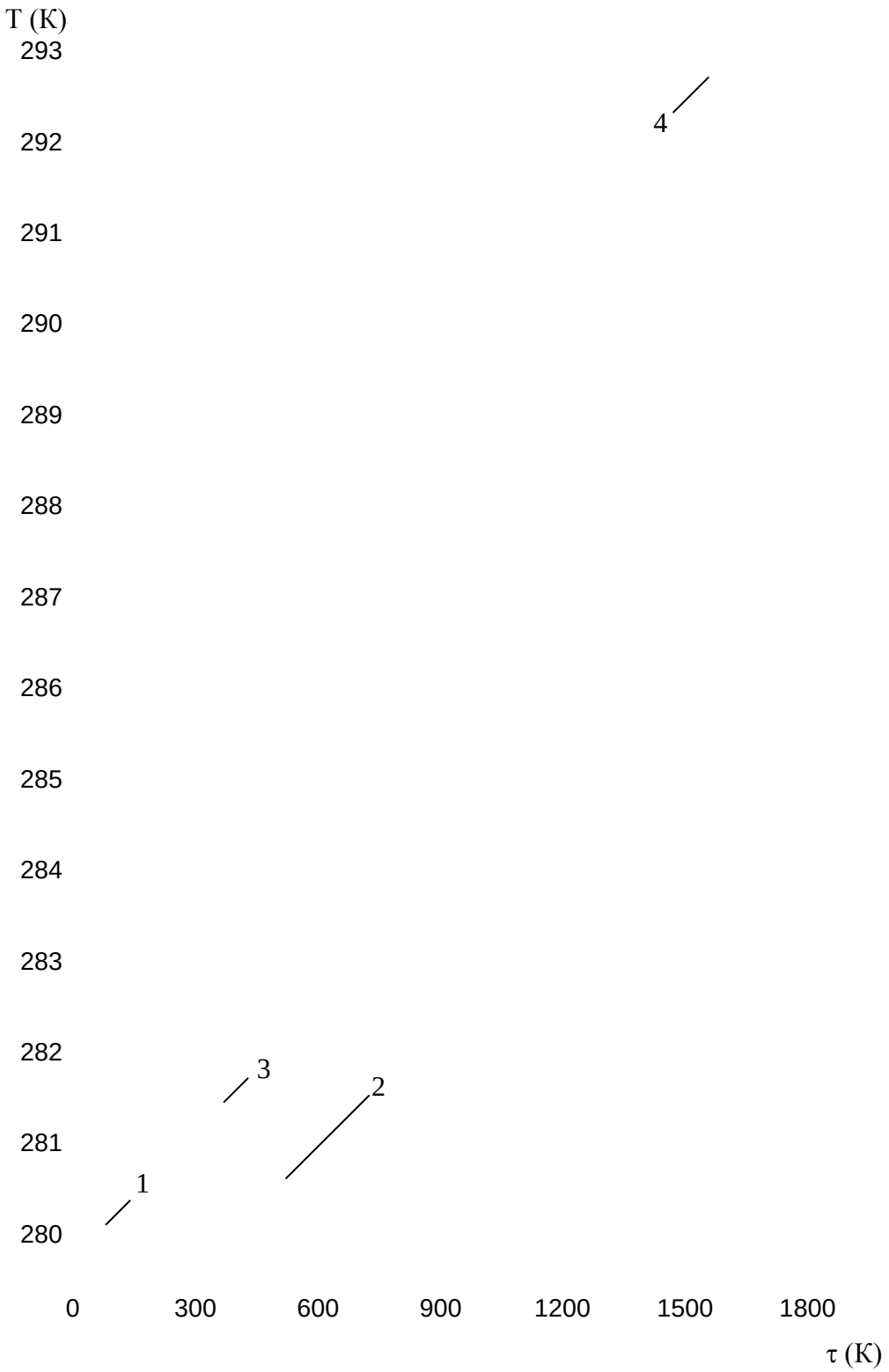


Рис.5. Изменение температуры системы ТЭБ 1-гранулят-стопа-ТЭБ 2 во времени при $q_{ТЭБ1}=q_{ТЭБ2}$=-6000 Вт/м^2.
1 – температура холодных спаев ТЭБ 1,
2 – температура на поверхности гранулята,
3 - температура стопы,
4 – температура горячих спаев ТЭБ 1

При наличии на противоположных поверхностях различных по направлению и величине тепловых потоков перепад температуры по толщине стопы уже значителен. При

этом угол наклона прямых, определяющих распределение температуры по толщине стопы, тем больше, чем выше значение тепловых потоков на ее противоположных поверхностях.

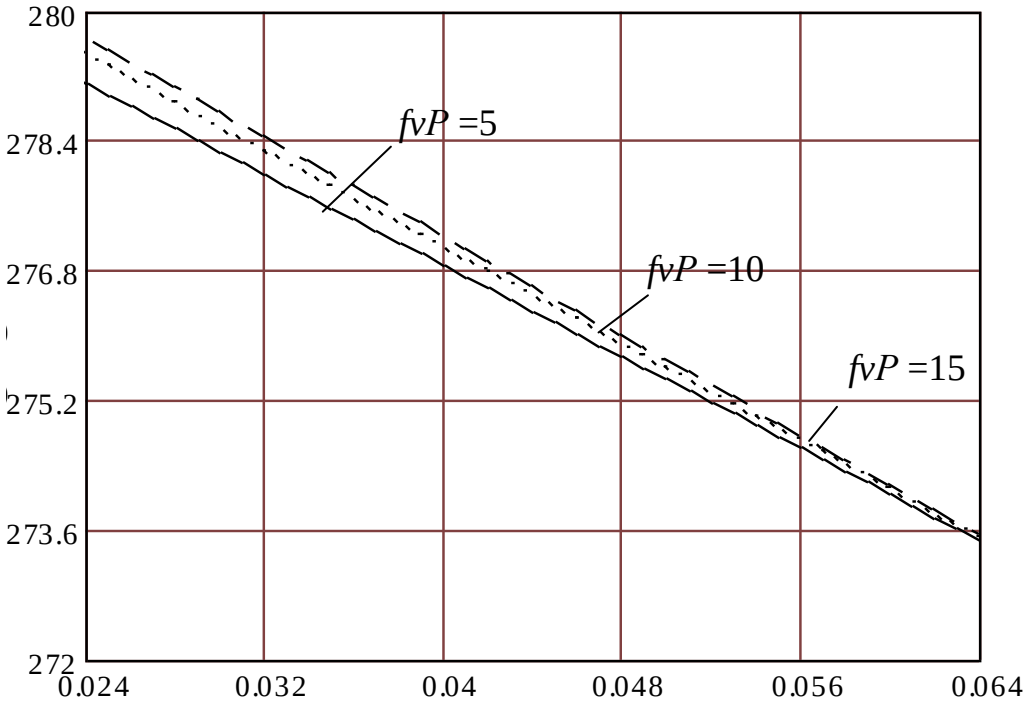


Рис.6. Распределение температур по толщине стопы при различных значениях *fvP*

На рис.5 представлено изменение различных точек системы во времени. Согласно представленным данным продолжительность выхода в стационарный режим всех точек системы не превышает 15 мин., что дает возможность сделать вывод об удобстве проведения медицинских процедур с использованием рассматриваемого термоэлектрического прибора.

Так как проведение процедур с использованием термоэлектрического прибора сопровождается перемещением стопы по поверхности гранулята (механический массаж), важным является учет «неплотности» их контакта. В рассматриваемой модели устройства учет этого обстоятельства произведен введением в граничное условие (7) дополнительного члена fvP, величина которого определяет потери тепла, возникающие при не плотном (скользящем) контакте двух поверхностей. На рис.6 приведена зависимость температуры стопы от координаты x при тепловом потоке с обеих поверхностей стопы, равном –3000 Вт/м^2, и различных значениях произведения fvP. Как следует из рисунка, с увеличением значения fvP температура стопы повышается (при увеличении fvP в 3 раза температура увеличивается примерно на 1°С). Таким образом, помимо потерь тепла в слое гранулята, обусловленных тепловым сопротивлением, имеет место потеря мощности из-за его неплотного контакта со стопой. Поэтому при осуществлении дозированного теплового воздействия на стопу необходимо учитывать данные потери при подборе ТЭБ.

Работа выполнена в рамках Государственного контракта № П2281 от 13.11.2009г. ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013гг.

Библиографический список

1. Ши Д. Численные методы в задачах теплообмена. Пер. с англ. М.: Мир, 1988.
2. Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Хазамова М.А. Математическая модель полупроводникового термоэлектрического устройства для теплового воздействия на стопу человека / Известия вузов. Приборостроение. -2004. - №7.

УДК 621.362: 537.322

А.П. Адамов, С.Ш. Гаджиев, А.В. Магомедова

КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

A.P.Adamov, S.Sh.Gadgiev, A.V.Magomedova

THERMOELECTRIC SEMI-CONDUCTOR DEVICES FOR COOLING AND THERMOSTABILIZATION OF ELEMENTS RADIOELECTRONIC EQUIPMENT

Авторами настоящей работы предлагаются к рассмотрению ряд конструкций термоэлектрических устройств для отвода тепла и термостабилизации элементов РЭА.

Рассматриваются термоэлектрические устройства для отвода тепла от элементов РЭА с повторно-кратковременными тепловыделениями, термостабилизации электронных плат, термостабилизации малогабаритных РЭА большой мощности.

Ключевые слова: *охлаждение РЭА, термостабилизация электронных плат, термоэлектрический модуль.*

The authors of this work proposed to review a number of constructions of thermoelectric devices for heat and temperature stabilization of the elements of the REA. Considered thermoelectric device for the dissipation of heat from the elements of the Rea with the re-short-term heat evolution, temperature stabilization of the electronic circuit boards, thermal stabilization of small-sized Russian great power.

Keywords: *cooling REA, the thermal stabilization of electronic boards, thermoelectric module.*

Развитие многих радиоэлектронных комплексов в последние десятилетия характеризуется включением в их состав теплонагруженных радиоэлектронных приборов. Постоянно расширяется диапазон изменения температуры среды, окружающей объект размещения прибора, усложняются другие условия эксплуатации объектов, вместе с там растут требования к стабильности характеристик комплексов. Работа многих теплонагруженных приборов должна проходить в условиях значительных внутренних и внешних тепловых воздействий, колебаний температуры окружающей среды, а параметры приборов при этом должны оставаться в заданных пределах.

Продолжительной, устойчивой работы приборов удается добиться, лишь создав им необходимые температурные условия. Как правило, температурные условия работы теплонагруженных приборов обеспечиваются специальными системами охлаждения. Последние весьма разнообразны, сложны, могут иметь значительные габариты, массу, энергопотребление [1].

Среди существующих в настоящее время систем обеспечения необходимого температурного режима теплонагруженных радиоэлектронных приборов все большее развитие приобретает термоэлектрическое охлаждение, позволяющее осуществить охлаждение и термостабилизацию малогабаритных элементов радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) [2]. Основными достоинствами такого типа охлаждения являются возможность миниатюризации, отсутствие хладагентов, способность перехода от режима охлаждения в режим нагрева, возможность регулирования температуры по заданной программе, высокое быстродействие и конструктивная пластичность.

Авторы настоящей работы предлагают к рассмотрению ряд конструкций термоэлектрических устройств для отвода тепла и термостабилизации элементов РЭА, разработанных ими в лаборатории термоэлектричества Дагестанского государственного технического университета за последнее время.

Устройство для охлаждения элементов радиоэлектронной аппаратуры с повторно-кратковременными тепловыделениями

В настоящее время одним из эффективных средств отвода тепла от элементов РЭА, работающих в импульсном режиме, является применение в устройствах для их охлаждения и термостабилизации плавящихся рабочих веществ, обладающих относительно большой теплотой фазовых превращений и надежной многократной обратимостью фазовых превращений. К наиболее распространенному типу таких конструкций относятся конструкции, у которых охлаждаемые элементы РЭА располагаются вне объема с рабочим плавящимся веществом на плоской поверхности разделяющей герметичной оболочки и имеют с ней хороший тепловой контакт [3]. Обычно на термостабилизируемой поверхности устройства устанавливаются мощные транзисторы, диоды, различные типы интегральных микросхем, отдельные электронные устройства и приборы. При этом как наружная, так и внутренняя поверхности герметичной оболочки могут иметь оребрение для интенсификации теплообмена соответственно с рабочим веществом и окружающей средой. При эксплуатации РЭА основная часть рассеиваемого ею тепла поглощается за счет скрытой теплоты плавления рабочего вещества. После окончания работы аппаратуры происходит остывание рабочего вещества и его затвердевание вследствие теплообмена с окружающей средой.

Важной особенностью охлаждающего устройства такого типа является значительное превалирование длительности перерыва между включениями аппаратуры над временем работы элемента РЭА в «пиковом» режиме, что является существенным недостатком при необходимости отвода тепла от элемента РЭА с незначительным временем перерыва в работе.

Нами разработано устройство, позволяющее использовать систему охлаждения с плавящимися веществами при незначительных промежутках времени в перерывах работы циклически работающей аппаратуры.

Конструкция предлагаемого устройства показана на рис.1. Устройство состоит из тонкостенной металлической емкости 1, заполненной рабочим веществом 2, на которую устанавливаются с обеспечением хорошего теплового контакта тепловыделяющие элементы РЭА 3. К противоположной стороне металлической емкости припаяна своим холодным спаем термоэлектрическая батарея (ТЭБ) 4, снабженная для съема тепла с горячего спая воздушным радиатором 5.

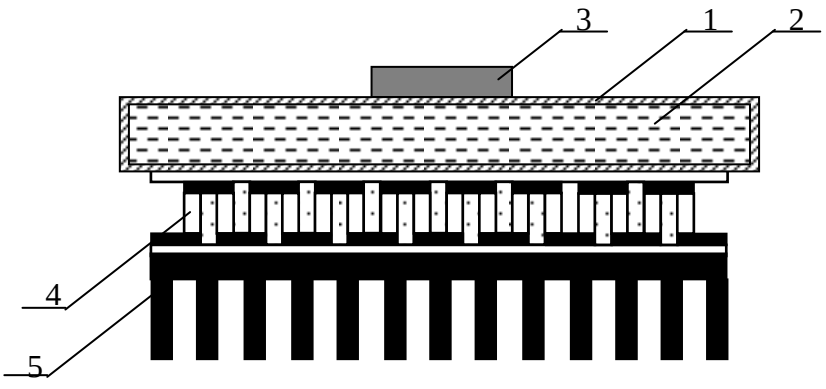


Рис.1. Конструкция устройства для охлаждения элементов РЭА с повторно-кратковременными тепловыделениями

Остывание и затвердевание рабочего вещества при таком конструктивном исполнении в «паузе» работы РЭА осуществляется за счет отвода тепла ТЭБ. Уменьшение времени затвердевания рабочего вещества достигается за счет увеличения интенсивности теплоотвода.

Исследования показали, что применение для отвода тепла от рабочего агента ТЭБ с величиной отводимой мощности 5 – 6 Вт позволит сократить время его охлаждения в 3 – 4 раза по сравнению с использованием естественного теплообмена с окружающей средой. При этом величина потребляемой электроэнергии составит менее 15 Вт, а масса охлаждающей системы повысится на 0,2 – 0,25 кг. Учитывая, что в ряде ситуаций снижение времени затвердевания рабочего агента является решающим фактором, необходимость питания ТЭБ электрическим током и некоторое увеличение массы охлаждающего устройства могут оказаться не существенными.

Важной особенностью предложенного устройства является возможность применения его в случаях меняющегося значения длительности «паузы» в работе РЭА. В этом случае изменения скорости затвердевания рабочего вещества можно добиться изменением величины тока, питающего ТЭБ. При этом имеет смысл рассчитывать батарею не на предельную, наиболее «тяжелую» скорость охлаждения, а на какую-то среднюю, при которой среднее потребление мощности по времени работы при различных температурах будет минимальным. Пиковая, наиболее тяжелая нагрузка может компенсироваться увеличением тока и переходом к режиму максимальной холодопроизводительности.

Устройство для отвода тепла и термостабилизации электронных плат

Использование полупроводниковых термоэлектрических преобразователей позволяет применить неравномерное охлаждение, при котором различные элементы и узлы РЭА в зависимости от выделяемого тепла охлаждаются с различной степенью интенсивности [4]. В этом случае уровень теплосъема с отдельных тепловыделяющих участков РЭА определяется в соответствии с выделяемой ими тепловой мощностью. Характерной чертой такого способа охлаждения является его высокая экономичность.

В лаборатории термоэлектричества Дагестанского государственного технического университета разработано устройство, позволяющее реализовать такой способ охлаждения применительно к печатным узлам, электронным платам, микросборкам или любым другим конструкциям, представляющим собой плоскую поверхность с установленными на ней элементами РЭА [5].

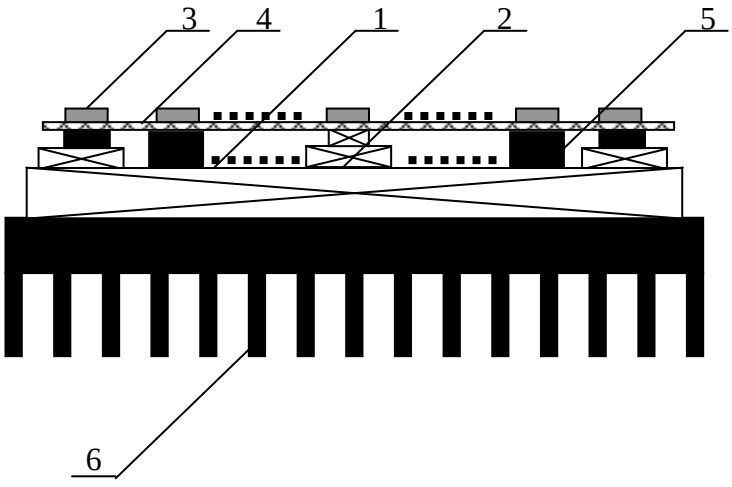


Рис.2. Принципиальная схема устройства для охлаждения электронной платы

Принципиальная схема устройства приведена на рис.2.

Основной частью устройства является каскадная ТЭБ, рассчитанная на минимальное потребление мощности. Она состоит из базовой ТЭБ 1, составляющей нижний каскад, и дополнительных ТЭБ 2, образующих верхние каскады. Система неравномерного

теплоотвода организуется таким образом, чтобы съем тепла с наиболее тепловыделяющих элементов 3 электронной платы 4 осуществлялся наиболее холодными каскадами ТЭБ, съем тепла с менее тепловыделяющих элементов – менее холодными и т.д. При таком подходе наиболее тепловыделяющие элементы электронной платы помещаются на каскадах ТЭБ с более высоким уровнем охлаждения, элементы и узлы с меньшими тепловыделениями располагаются на каскадах с более низким уровнем охлаждения. Теплопереходы 5 служат для организации теплового контакта теплопоглощающего спая ТЭБ с элементом электронной платы. Радиатор 6 предназначен для отвода тепла от горячего спая каскадной ТЭБ в окружающую среду.

Исследования, проведенные нами, показали, что применение подобной схемы охлаждение позволяет в значительной степени повысить экономичность отвода тепла, а также снизить габаритные размеры охлаждающего устройства. При этом максимальный выигрыш в потреблении электрической энергии может быть получен при использовании последовательной схемы питания каскадов, а максимальное снижение габаритных размеров устройства можно добиться, применяя режим минимальной массы.

Устройство для термостабилизации элементов радиоэлектроники большой мощности

Работа большинства современных приборов и устройств РЭА существенно зависит от систем обеспечения требуемых температурных режимов их работы, которая, как правило, связана с необходимостью отвода значительных теплот от тепловыделяющих элементов. При этом существует целый класс радиоэлектронных элементов, у которых оптимальный режим работы достигается при температурах, превышающих на несколько десятков градусов температуру окружающей среды. С целью повышения эффективности их работы важно термостабилизировать такие элементы при оптимальной рабочей температуре.

В литературе [6] описаны устройства с развитой поверхностью теплообмена, отводящие теплоту от тепловыделяющих элементов РЭА под действием естественной разности температур. В качестве них широко используют радиаторы различных типов. Для интенсификации теплопередачи радиаторы снабжают дополнительными гофрированными вставками, выполняют ребра радиаторов обтекаемыми, со сквозными отверстиями и т. п. Все эти конструктивные признаки применяют с целью создания турбулентности воздушного потока, обтекающего ребра радиатора, для увеличения интенсивности теплопередачи. Однако такие устройства мало эффективны, когда температура эффективной работы элемента РЭА превышает температуру окружающей среды, но сам элемент в процессе эксплуатации разогревается значительно сильнее. Кроме того, радиаторы в этих случаях имеют значительные габариты, что делает устройство громоздким.

Часто практикуются решения, согласно которым к охлаждаемому элементу РЭА непосредственно присоединяется с обеспечением теплового контакта ТЭБ [2, 7]. Несмотря на то, что в этом случае достигается значительное снижение габаритных размеров устройства, возникают сложности, связанные с обеспечением необходимого уровня отвода тепла от элемента РЭА. Так как площадь основания охлаждаемого прибора мала, то это не позволяет присоединить к нему значительное количество термоэлектрических элементов и, соответственно, обеспечить необходимый уровень охлаждения. В этой ситуации часто приходится использовать каскадные ТЭБ с числом каскадов более трех, что в значительной степени сказывается на энергетической эффективности охлаждающего прибора.

В [8] рассматривается устройство, содержащее батарею ТЭМ, термодатчик, расположенный на охлаждаемом элементе, блок автоматического регулирования

температуры, теплообменник и тепловой демпфер, изготовленный из высокотеплопроводного материала. В нем для повышения эффективности и снижения габаритов охлаждающей системы используется тепловой демпфер, выполненный в виде многогранника, на малом основании которого предусмотрена площадка для установки в тепловом контакте охлаждаемого элемента, а к большему основанию которого присоединены «холодные» спаи батареи ТЭМ. Предлагаемая конструкция позволяет повысить эффективность охлаждения и снизить габариты теплоотводящего устройства. Однако использование ее для обеспечения высокоточной термостабилизации тепловыделяющих элементов РЭА не представляется возможным.

Нами разработано устройство, которое наряду с высокой надежностью и малой массой позволяет не только эффективно отводить тепло от тепловыделяющего объекта, но также стабилизировать его температуру на оптимальном уровне с высокой точностью.

Конструкция прибора показана на рис.3. Устройство содержит тепловой демпфер в виде усеченной четырехугольной пирамиды 1, на малом основании 2 которой находится выемка с размещенным в ней кожухом 3, заполненным термостабилизирующим веществом 4, точка фазового перехода которого совпадает с температурой термостабилизации радиоэлектронного элемента 5. Радиоэлектронный элемент 5 помещен в камеру 6, находящуюся в тепловом контакте с кожухом 3 и теплоизолированную от окружающей среды. На большом основании 7 демпфера 1 в тепловом контакте с ним установлена своими «холодными» спаями батарея ТЭМ 8, к горячим спаям которой присоединен с обеспечением теплового контакта теплообменник 9. Блок управления 10 осуществляет контроль сопротивления вещества, заполняющего кожух 3, и питает электрической энергией батарею ТЭМ 8. Демпфер 1, кожух 3 и теплообменник 9 выполнены из высокотеплопроводного материала.

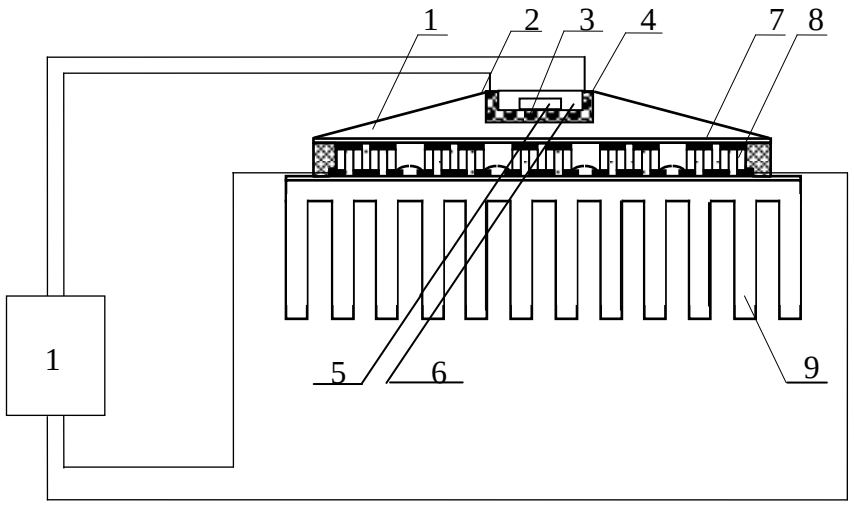


Рис.3. Конструкция устройства для термостабилизации элементов РЭА большой мощности

Суть работы устройства состоит в следующем. Известно, что фазовый переход кристаллических веществ происходит при строго определенном значении температуры. Это значение у некоторых кристаллических материалов находится в диапазоне 30 - 50° С (например у галлия ≈ 30°). Если поместить в непосредственный тепловой контакт с таким материалом, находящимся в состоянии фазового перехода, тепловыделяющий элемент РЭА, то можно осуществить его термостабилизацию с очень высокой точностью. При этом возникает проблема отвода тепла, выделяемого элементом РЭА, от термостабилизирующего вещества, находящегося в состоянии фазового перехода. В предлагаемом решении такой отвод избытка тепловыделений осуществляется посредством батареи ТЭБ. Контроль состояния термостабилизирующего вещества реализуется измерением его сопротивления.

Устройство работает следующим образом. Если сопротивление термостабилизирующего вещества 4 отличается от допустимого значения, то блок управления 10 подает необходимый ток питания на батарею ТЭМ 8. В результате батарея ТЭМ 8 отводит избыток тепла от термостабилизирующего вещества 4, сохраняя при этом необходимую температуру элемента РЭА 5. Избыток тепла от горячих спаев батареи ТЭМ 8 отводится теплообменником 9. При установлении сопротивления термостабилизирующего вещества 4 на необходимый уровень, блок управления 10 отключает батарею ТЭМ 8.

Термоэлектрическая система для термостабилизации элементов радиоэлектронной аппаратуры с высокими тепловыделениям проточного типа

В настоящее время одним из распространенных методов отвода тепла от элементов РЭА с высокими тепловыделениями является принудительное жидкостное охлаждение. При использовании этого метода отвод тепла от элементов РЭА производится за счет прокачивания охлаждающей жидкости через каналы в узлах охлаждаемого прибора. Довольно часто используется схема охлаждения [1], в которой теплообмен между тепловыделяющим элементом РЭА и жидкостью происходит в условиях вынужденной конвекции в замкнутом контуре. При этом отвод тепла от контура осуществляется с помощью теплообменника, а движение жидкости - с помощью нагнетателя.

Недостатком указанных систем охлаждения является невозможность поддержания температуры элемента РЭА на определенном уровне с высокой точностью (осуществления термостабилизации элемента РЭА) вследствие большой ошибки термостатирования охлаждающей жидкости.

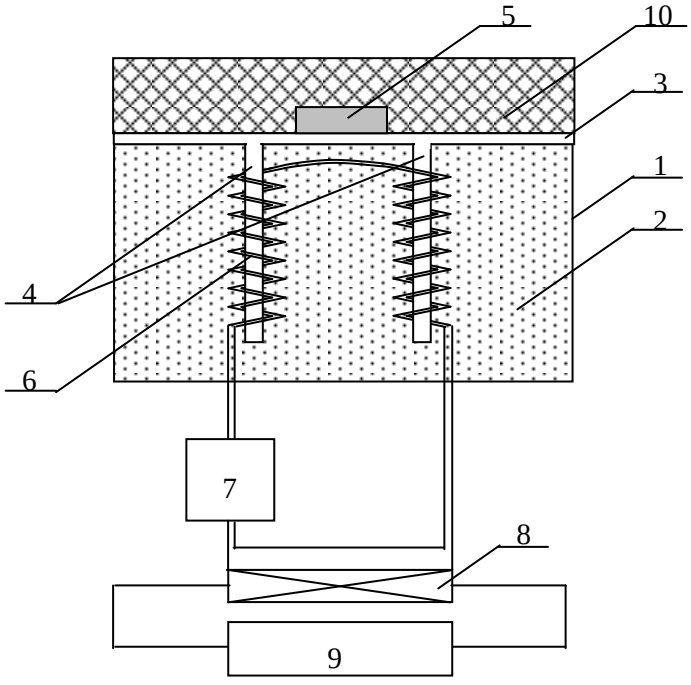


Рис.4. Конструкция термоэлектрической система для термостабилизации элементов радиоэлектронной аппаратуры с высокими тепловыделениям проточного типа

Для повышения точности термостабилизации элементов РЭА, а также уменьшения габаритных размеров и упрощения конструкции предлагается устройство, изображенное на рис.4. Устройство содержит тонкостенный металлический контейнер 1 с плавящимся рабочим веществом 2, крышка 3 которого выполнена в виде плоской поверхности, с внутренней стороны которой расположены металлические штыри 4, погруженные в плавящееся рабочее вещество, а с внешней – элемент РЭА 5, теплообменник 6, представляющий собой тонкостенную металлическую трубку, по которой протекает охлаждающая жидкость. Та часть теплообменника, которая находится в контейнере с плавящимся рабочим веществом, выполнена в форме спирали,

окружающей металлические штыри крышки с зазором между трубкой и штырем 10-15 мм. Протекание жидкости по теплообменнику осуществляется посредством нагнетателя 7, охлаждение жидкости – термоэлектрической батареей 8, питаемой от источника электрической энергии 9. Для снижения до минимума влияния колебаний температуры окружающей среды применяется теплоизоляция 10.

Устройство работает следующим образом. Тепло, поступающее от элемента РЭА, передается на крышку, штыри и через поверхность соприкосновения рабочему веществу. Далее одновременно происходит прогрев плавящегося рабочего вещества до температуры плавления и процесс плавления. При плавлении рабочего вещества температуры крышки и соответственно температура элемента РЭА будет поддерживаться при постоянном значении, равном температуре плавления рабочего вещества. При этом охлажденная термоэлектрической батареей жидкость, протекающая через теплообменник, не будет давать рабочему веществу расплавиться полностью, тем самым сохраняя необходимый температурный режим элемента РЭА на сколь угодно длительное время.

Библиографический список:

1. Дульнев Г.И. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Высшая школа, 1984.
2. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. Киев: Наукова думка, 1979.
3. Алексеев В.А. Охлаждение радиоэлектронной аппаратуры с использованием плавящихся веществ. М.: Энергия, 1975.
4. Исмаилов Т.А., Аминов М.С., Гаджиев Х.М. Термоэлектрические устройства для теплоотвода и термостатирования радиоэлектронных систем. Махачкала: ДГТУ, 2000.
5. Евдулов О.В. Охлаждение и термостабилизация электронной аппаратуры на основе термоэлектрических модулей. – Изв. Вузов. Приборостроение, 2000, №5.
6. Аксенов А.И., Глушкова Д.Н., Иванов В.И. Отвод тепла в полупроводниковых приборах. М.: Энергия, 1971.
7. Патент РФ №2133084 Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для отвода теплоты и термостабилизации микросборок. /Исмаилов Т.А., Гаджиева С.М./ Б.И. №19, 1999.
8. Патент РФ №2133560 Термоэлектрический интенсификатор теплопередачи преимущественно для отвода тепла от импульсных источников и элементов радиоэлектроники большой мощности. /Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Гаджиева С.М., Мамедов К.А./ Б.И. №20, 1999.

УДК 621.362: 537.322

Б.А. Билалов, Т.Э. Саркаров, А.Б. Сулин

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

B.A.Bilalov, T.E.Sarkarov, A.B.Sulin

RESEARCH OF SYSTEM OF COOLING OF ELEMENTS OF THE RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT WORKING IN A MODE OF REPEATEDLY-SHORT-TERM THERMAL EMISSIONS

Рассмотрена система охлаждения компонентов микроэлектронной аппаратуры, работающих в режиме повторно-кратковременных тепловыделений, реализованная путем совместного использования плавящихся рабочих веществ и термоэлектрических батарей. Приводится математическая модель системы, результаты расчетов и эксперимента.

Ключевые слова: *система охлаждения, элемент радиоэлектронной аппаратуры, повторно-кратковременные тепловыделения, плавящееся рабочее вещество, термоэлектрическая батарея*

The system of cooling of elements of the radio-electronic equipment working in a mode of repeatedly-short-term thermal emissions, realized by sharing fusion working substances and thermoelectric batteries is considered. The mathematical model of system, results of calculations and experiment is resulted.

Keywords: *cooling system, radio-electronic equipment element, repeatedly-short-term thermal emissions, fusion working substance, thermoelectric battery*

При проектировании микроэлектронной аппаратуры (МЭА), предназначенной для работы в широком диапазоне температур, приходится учитывать влияние температуры на ее характеристики и параметры. Если последние выходят за пределы, допустимые для ее нормального функционирования, прибегают к тем или иным методам охлаждения и температурной стабилизации.

В настоящее время в практике проектирования используются воздушные, жидкостные, кондуктивные, испарительные, термоэлектрические и некоторые специальные методы обеспечения ее тепловых режимов [1].

Перспективным для охлаждения МЭА, работающей в режиме повторно-кратковременных тепловыделений, является метод, основанный на использовании плавящихся рабочих веществ со стабильной температурой плавления. Устройства, реализующие указанный метод, выполняются в виде контейнера, заполненного плавящимся рабочим веществом, на который помещается МЭА [2]. Во время работы основная часть тепла, рассеиваемого элементом или блоком аппаратуры, поглощается за счет скрытой теплоты плавления вещества. После окончания работы аппаратуры рабочее вещество охлаждается и затвердевает вследствие теплообмена с окружающей средой.

Главным недостатком таких систем, ограничивающим их применение для охлаждения элементов МЭА с высокими мощностями рассеивания, является необходимость поддержания рабочего вещества в состоянии фазового перехода на протяжении всего цикла работы электронного прибора. Так как радиоэлемент во время

работы выделяет значительные мощности, во многих случаях теплоаккумулирующей способности рабочего вещества оказывается недостаточно для обеспечения требуемого температурного режима на протяжении всего цикла его работы (рабочее вещество полностью расплавится к концу цикла работы радиоэлектронного элемента). В результате этого необходимый температурный режим аппаратуры нарушается, прибор выходит из строя. В связи с этим при охлаждении мощных компонентов с применением плавящихся рабочих веществ целесообразно использование дополнительной охлаждающей системы для отвода избытка тепла от рабочего агента. Исходя из соотношения энергетических и массогабаритных показателей, наиболее эффективно использовать в качестве такой дополнительной системы охлаждения термоэлектрическую батарею (ТЭБ).

Для движения границы раздела фаз от крайнего верхнего до крайнего нижнего слоя рабочего вещества необходимо постоянное превышение температуры верхней оболочки устройства относительно температуры плавления на величину, определяемую термическим сопротивлением объема плавящегося агента. Это снижает эффективность отвода тепла системы охлаждения от элемента МЭА, также являясь недостатком систем охлаждения на основе плавящихся тепловых аккумуляторов. Для снижения влияния этого эффекта на теплообмен в емкости с рабочим веществом необходимо предусмотреть специальные конструктивные меры.

В целях устранения имеющихся недостатков средств обеспечения тепловых режимов МЭА, выполненных на основе плавящихся тепловых аккумуляторов, авторами разработана и исследована охлаждающая система [3], структурная схема которой приведена на рис. 1, а внешний вид – на рис. 2. Контейнер *1* разделен металлическими перегородками *2*, расположенными параллельно плоскости установки охлаждаемых элементов *3*, на изолированные отсеки *4*, заполненные плавящимися наполнителями с температурами плавления, возрастающими в направлении к плоскости установки охлаждаемых элементов. К плоскости металлической емкости *1*, противоположной размещению охлаждаемых радиоэлементов *3*, присоединена своими теплопоглощающими спаями ТЭБ *5*, приведенная своими тепловыделяющими спаями в тепловой контакт с радиатором *6*.

Для рассмотренной системы охлаждения разработана математическая модель и проведен натурный эксперимент.

При построении математической модели исследуемой системы охлаждения элементов МЭА рассмотрен процесс плавления (затвердевания) наполнителей, а также уравнения теплового баланса, описывающие теплообмен в системах элемент – контейнер с наполнителями и ТЭБ – контейнер с наполнителями.

Ввиду сложности описания процессов плавления–затвердевания в многослойной

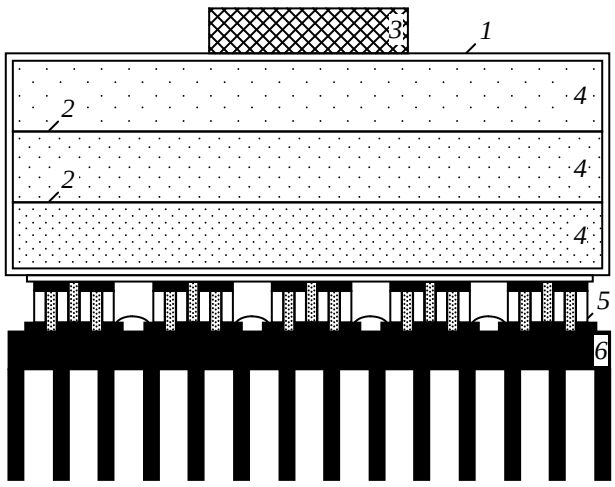


Рис. 1

Рис. 2

системе, каждый из слоев которой находится в состоянии фазового перехода, введены упрощения:

1. Предполагалось, что в системе единовременно осуществляется плавление только одного наполнителя.

2. Первым начинает плавиться наполнитель, находящийся в самом нижнем отсеке. После его полного расплавления – наполнитель, помещенный во второй снизу отсек, затем наполнитель, находящийся в третьем отсеке и т. д. вплоть до отсека, непосредственно контактирующего с элементом МЭА.

3. Общая продолжительность стабильной работы элемента МЭА складывается из времени, необходимого для прогрева контейнера с наполнителями до температуры плавления нижнего рабочего вещества и продолжительности полного расплавления всех наполнителей.

4. Предполагалось, что последующий наполнитель начинает плавиться сразу же после полного расплавления предыдущего. При этом полагалось, что продолжительность плавления предыдущего наполнителя всегда больше времени, необходимого для прогрева последующего наполнителя до его температуры плавления.

5. Анализ проводился в предположении, что на плавление каждого наполнителя тратиться вся теплота, поступающая от элемента МЭА. Данное допущение занижало оценку продолжительности стабильной работы МЭА, поэтому полученные результаты явились оценкой сверху.

В соответствии с указанными допущениями можно ограничиться рассмотрением процесса плавления (затвердевания) только в одном отсеке при условии наличия на его верхней поверхности теплового потока, а общую длительность расплавления всех наполнителей определить суммированием длительностей плавления (затвердевания) наполнителей в каждом отсеке.

Решение задачи теплообмена при плавлении (затвердевании) вещества получено методом Л. С. Лейбензона, заключающимся в том, что функции распределения температур в жидкой фазе $T_1(x,\tau)$ и в твердой фазе $T_2(x,\tau)$ подбираются таким образом, чтобы они удовлетворяли начальным и граничным условиям. Подобранные таким образом функции подставляются в условие сопряжения на границе раздела фаз, полученное дифференциальное уравнение решается относительно координаты границы раздела фаз ξ.

Для случая плавления наполнителей решение получено в виде системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} dT_{\text{об}}/d\tau = \left[1/\left(c_{\text{об}}\rho_{\text{об}}\delta_{\text{об}}\right)\right]\left[q_{\text{РЭА}} + k_{\text{ср}}\left(T_{\text{ср}} - T_{\text{об}}\right) + \left(\lambda_{\text{ж}}/\xi\right)\left(T_{\text{кр}} - T_{\text{об}}\right)\right]; \\ \dfrac{d\xi}{d\tau} = \dfrac{(1/2)c_{\text{ж}}\rho_{\text{ж}}\xi\left(dT_{\text{об}}/d\tau\right) + \left(\lambda_{\text{ж}}/\xi\right)\left(T_{\text{кр}} - T_{\text{об}}\right)}{c_{\text{ж}}\rho_{\text{ж}}\left(T_{\text{кр}}/2 - T_{\text{об}}\right) - c_{\text{тв}}\rho_{\text{тв}}\left(T_{\text{кр}} - T_{2R_0}\right)\left[\left(\xi - R\right)/\left(\xi_0 - R\right)\right] - \rho_{\text{тв}}r}, \end{cases} \quad (1)$$

где $T_{\text{об}}$ – средняя массовая температура оболочки контейнера; τ – время; $c_{\text{об}}$, $\rho_{\text{об}}$, $\delta_{\text{об}}$ – теплоемкость, плотность и толщина оболочки контейнера соответственно; $q_{\text{РЭА}}$ – количество теплоты, выделяемое элементом РЭА в единицу времени; $k_{\text{ср}}$ – коэффициент теплообмена с окружающей средой; $T_{\text{ср}}$ – температура окружающей среды; $c_{\text{ж}}$, $\rho_{\text{ж}}$, $\lambda_{\text{ж}}$ – теплоемкость, плотность и теплопроводность жидкой фазы наполнителя; $c_{\text{тв}}$, $\rho_{\text{тв}}$ – теплоемкость и плотность твердой фазы наполнителя; ξ – толщина расплава; $T_{\text{кр}}$ – температура плавления наполнителя; T_{2R_0} – температура в сечении $x = R$ при $\tau = \tau_0$; R – толщина отсека с одним наполнителем; ξ_0 – толщина расплава при $\tau = \tau_0$; r

– теплота плавления наполнителя; τ_0 – время, при котором начинает наблюдаться линейное изменение температуры T_{2R} от времени τ.

Решение системы (1) производилось численно.

Для охлаждающих устройств, имеющих малую толщину оболочки, перегородок и незначительную массу элементов МЭА, без особого ущерба для точности расчетов можно пренебречь теплом, идущим на нагрев металлической оболочки и перегородок по сравнению с теплоаккумулирующей способностью наполнителя (или учесть эту составляющую в суммарном балансе введением дополнительной толщины расплава или условного увеличения теплоемкости жидкой фазы). В этом случае $c_{об}\rho_{об}\delta_{об} \to 0$.

Если на перегородке поддерживается постоянный тепловой поток, а теплообменом с окружающей средой можно пренебречь по сравнению с теплом, выделяемым аппаратурой, полное время плавления слоя наполнителя определится из соотношения:

$$\tau = \tau_0 + \frac{(R-\xi_0)\left[(\xi_0 - R)\left(c_ж \rho_ж \lambda_ж T_{кр} + 2\rho_{тв} r \lambda_ж\right) - 2c_{тв}\rho_{тв}\lambda_ж R\left(T_{кр} + T_{2R_0}\right)\right]}{2q_{РЭА}\lambda_ж(\xi_0 - R)} +$$

$$+ \frac{\left(R^2 - \xi_0^2\right)\left[c_{тв}\rho_{тв}\lambda_ж\left(T_{кр} - T_{2R_0}\right) + (3/2)c_ж\rho_ж q_{РЭА}(\xi_0 - R)\right]}{2q_{РЭА}\lambda_ж(\xi_0 - R)}. \qquad (2)$$

Как указано ранее, общая продолжительность стабильной работы элемента МЭА равняется сумме времени, необходимого для прогрева контейнера с наполнителями до температуры плавления нижнего рабочего вещества и продолжительности полного расплавления всех наполнителей. Время полного расплавления каждого отсека с соответствующим наполнителем определяется по формуле (2), а продолжительность прогрева емкости с наполнителем до температуры плавления рабочего вещества, находящегося в нижнем отсеке – из соотношения $\tau_{пр} = (1/q_{РЭА})(T_{кр1} - T_{ср})(m_1c_1 + m_2c_2 + ... + m_nc_n)$, где $T_{кр1}$ – температура плавления (кристаллизации) наполнителя, находящегося в нижнем отсеке, m_1, m_2, …, m_n и c_1, c_2, …, c_n – массы и теплоемкости рабочих веществ соответственно, причем индекс 1 соответствует нижнему отсеку, а индекс n – отсеку, находящемуся в тепловом контакте с элементами РЭА.

Расчеты произведены при следующих исходных данных: наполнители

- – парафин ($\rho_ж = 760$ кг/м^3, $\rho_{тв} = 780$ кг/м^3, $c_ж = 3680$ Дж/(кг·К), $c_{тв} = 2350$ Дж/(кг·К), $\lambda_ж = 0.27$ Вт/м^3, $r = 156\cdot10^3$ Дж/кг, $T_{кр} = 313$ К);
- пальмитиновая кислота ($\rho_ж = 845$ кг/м^3, $\rho_{тв} = 855$ кг/м^3, $c_ж = 2730$ Дж/(кг·К), $c_{тв} = 1800$ Дж/(кг·К), $\lambda_ж = 0.17$ Вт/м^3, $r = 214\cdot10^3$ Дж/кг, $T_{кр} = 336$ К);
- азотнокислый никель ($\rho_ж = 1980$ кг/м^3, $\rho_{тв} = 2050$ кг/м^3, $c_ж = 2140$ Дж/(кг·К), $c_{тв} = 1800$ Дж/(кг·К), $\lambda_ж = 0.56$ Вт/м^3, $r = 155\cdot10^3$ Дж/кг, $T_{кр} = 329.7$ К).

$T_{ср} = 293$ К, $k_{ср} = 10$ Вт/(К·м^2);

$c_{об}\rho_{об}\delta_{об} = 2.5\cdot10^3$ Дж/(м^2·К), $q_{РЭА} = 2500$ Вт/м^2, $\xi_0 = 0.002$ м, $\tau_0 = 20$ с.

Расчеты производились при общей высоте устройства $R = 0.03$ м, в случае применения двух наполнителей (пальмитиновая кислота и парафин) толщина каждого слоя составляла $R = 0.015$ м, при использовании трех наполнителей (пальмитиновая кислота, азотнокислый никель, парафин) толщина слоев $R = 0.1$ м.

Расчетные данные приведены на рис.3 и 4 в виде кривых, маркерами здесь же показаны результаты эксперимента. На рис. 3 представлена зависимость температуры оболочки устройства от времени при плавлении вещества для случая использовании одного наполнителя (пальмитиновой кислоты) (кривая *1*), двух наполнителей (пальмитиновой кислоты и парафина) (*2*) и трех наполнителей (пальмитиновой кислоты, азотнокислого никеля и парафина) (кривая *3*). На рис. 4 показана зависимость времени полного проплавления рабочих веществ для случая использования в охлаждающем устройстве одного наполнителя (кривая *1*) и двух наполнителей (кривая *2*) от мощности, выделяемой элементом на единицу площади.

Расчетные кривые демонстрируют зависимость температуры оболочки и длительности плавления рабочего вещества от величины тепловой нагрузки на охлаждающее устройство, типа рабочего вещества, а также условий теплообмена с окружающей средой. Так как при отсутствии конвективных потоков в жидкой фазе процесс теплообмена является нестационарным процессом теплопроводности, температура оболочки устройства все время возрастает. Скорость роста зависит от подводимого к оболочке тепла (величины $q_{\text{РЭА}}$), толщины слоя и теплопроводности вещества. Увеличение значения $q_{\text{РЭА}}$ значительно повышает температуру оболочки и элемента МЭА, а также скорость плавления вещества (например после 1.5 часов работы элемента МЭА при изменении его мощности рассеяния с 1000 до 3000 $\text{Вт}/\text{м}^2$ температура оболочки повышалась с 317 до 367 К, а скорость плавления увеличивалась с 10^{-6} до $3.7\cdot10^{-6}$ м/с). Повышение температуры оболочки устройства связано, в том числе, с увеличением теплового сопротивления жидкой фазы рабочего вещества, которое растет с увеличением расплавленного слоя. Согласно полученным данным (см. рис. 3, 4) следует, что температура оболочки устройства поддерживалась наиболее стабильной при применении трех наполнителей. При этом рост температуры в интервале от 200 до 3600 с от начала процесса плавления составлял не более 17 К, в то время как при использовании одного наполнителя его величина превышала 55 К. С другой стороны, длительность эффективной работы устройства не зависела от количества слоев рабочего вещества.

Таким образом, результаты расчетов подтверждают эффективность разбиения емкости на несколько отсеков, заполненных разными рабочими веществами, имеющими температуру плавления, возрастающую по направлению к плоскости установки элемента МЭА.

При затвердевании наполнителей решение задачи теплообмена получено в виде:

$$\begin{cases} dT_{\text{об}}/d\tau = \left[1/\left(c_{\text{об}}\rho_{\text{об}}\delta_{\text{об}}\right)\right]\left[q_{\text{ТЭБ}} + k_{\text{ср}}\left(T_{\text{ср}} - T_{\text{об}}\right) + \left(\lambda_{\text{тв}}/\xi\right)\left(T_{\text{кр}} - T_{\text{об}}\right)\right]; \\ \dfrac{d\xi}{d\tau} = \dfrac{\lambda_{\text{тв}}\left(T_{\text{кр}} - T_{\text{об}}\right)}{\rho_{\text{ж}} r - (1/2)c_{\text{тв}}\rho_{\text{тв}}\left(T_{\text{об}} - T_{\text{кр}}\right) - c_{\text{ж}}\rho_{\text{ж}}\left(T_{1R_0} - T_{\text{кр}}\right)\left[\left(R-\xi\right)/\left(\xi_0 - R\right)\right]}, \end{cases}$$

где $q_{\text{ТЭБ}}$ – холодопроизводительность ТЭБ; $\lambda_{\text{тв}}$ – теплопроводность жидкой фазы

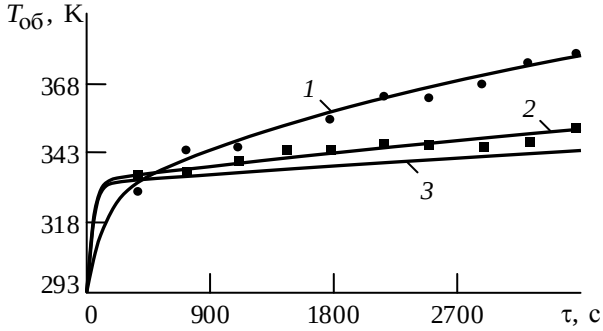


Рис. 3

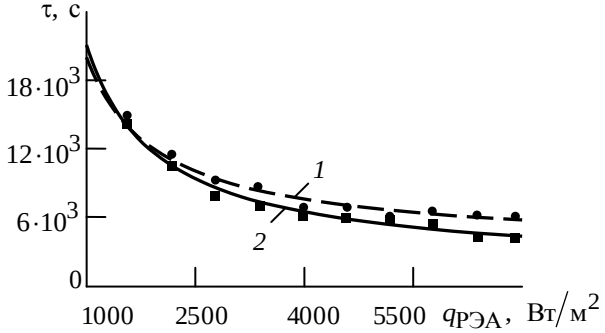


Рис. 4

наполнителя.

На рис. 5 приведены расчетные зависимости координаты раздела границы фаз от времени в процессе затвердевания рабочего вещества при использовании ТЭБ с $q_{\text{ТЭБ}} = 2000$ Вт/м^2 (*1*) и естественного воздушного охлаждения за счет теплообмена с окружающей средой характеризуемой $k_{\text{ср}} = 10$ Вт/(м$^2 \cdot$К) (*2*). Как следует этих зависимостей, время остывания рабочего вещества и оболочки устройства при использовании ТЭБ в несколько раз меньше их времени остывания при естественном теплообмене с окружающей средой (для парафина, это отношение составило два раза). Отсюда следует, что при использовании ТЭБ снижаются ограничения на соотношение времени цикла работы элемента МЭА и времени перерыва между его включениями. Таким образом, если при естественном теплообмене оболочки охлаждающего устройства с окружающей средой период работы элемента МЭА должен быть значительно меньше паузы, то при использовании ТЭБ перерыв между двумя последовательными циклами работы МЭА может быть в значительной мере уменьшен.

Продолжительность процесса затвердевания вещества может быть существенно снижена при использовании дополнительного теплоотвода с боковой поверхности контейнера с веществом. Это проиллюстрировано на рис. 6, где представлена зависимость времени полного расплавления рабочего вещества при использовании дополнительного теплосъема с боковой поверхности контейнера от мощности ТЭБ, приходящейся на единицу площади для различных наполнителей (кривая *1* – парафин, *2* – пальмитиновая кислота, *3* – азотнокислый никель). Согласно расчетным данным использование дополнительного теплосъема с мощностью $q = 6000$ Вт/м^2 совместно с основной ТЭБ с мощностью $q_{\text{ТЭБ}} = 1500$ Вт/м^2 позволяет снизить время полного затвердевания для парафина до 1200 с, азотнокислого никеля до 2000 с, пальмитиновой кислоты до 2400 с. При этом, если принять, что время полного затвердевания системы, состоящей из нескольких веществ, имеющих разные температуры плавления и теплофизические характеристики, определяется временем затвердевания вещества, имеющего наибольшую продолжительность этого процесса, то целесообразным будет применение неравномерного дополнительного охлаждения. Наиболее эффективным будет охлаждение отсеков с наполнителями, имеющими бóльшую продолжительность затвердевания, более мощной ТЭБ.

По известным значениям $q_{\text{ТЭБ}}$ может быть осуществлен подбор соответствующих стандартных ТЭБ. При представленных в статье расчетах использовались ТЭБ ТВ-127-1,0-2,0, серийно выпускаемые ИПФ "Криотерм"[1], количество, а также токи и напряжения питания которых подбирались по предоставленной изготовителем расчетной программе.

С целью подтверждения адекватности математических моделей и правильности

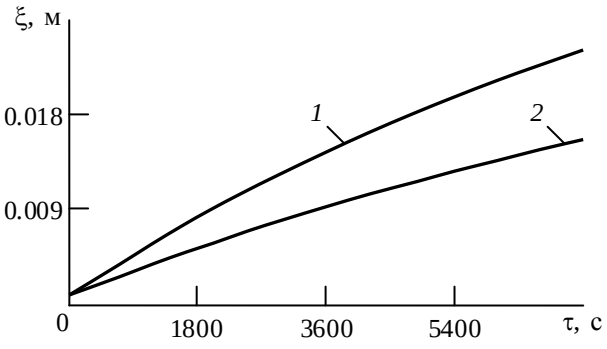


Рис. 5

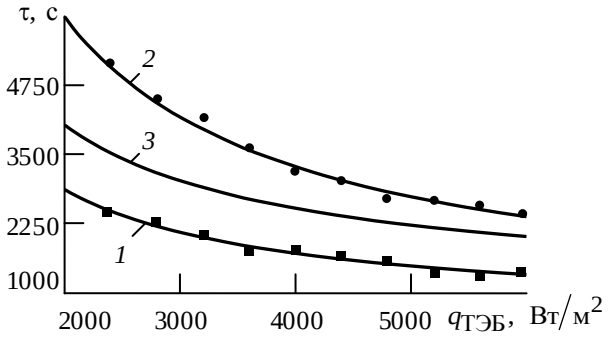


Рис. 6

сделанных на их основе выводов проведены экспериментальные исследования охлаждающей системы. Объектом экспериментальных исследований являлся опытный образец системы охлаждения элементов МЭА с повторно-кратковременными тепловыделениями с двумя рабочими веществами.

Опытный образец охлаждающей системы представлял собой емкость, выполненную в виде цилиндра, боковая поверхность которого изготовлена из фторопласта для исключения перетоков тепла по боковой поверхности, а торцы – из алюминиевых пластин. Емкость разделялась в горизонтальной плоскости алюминиевой перегородкой на два отсека, заполненных рабочими веществами (пальмитиновой кислотой и парафином). Толщина каждого наполнителя составляла 1.5 см. Для компенсации изменения объема рабочих веществ при плавлении предусмотрены отводные трубки. При исследовании процесса плавления на торцевую поверхность, имевшую контакт с парафином, устанавливался источник тепловыделений, в качестве которого использовался плоский нагреватель, питавшийся от источника электрического тока.

В целях сравнительного анализа систем охлаждения с одним и несколькими наполнителями кроме опытного образца, содержащего два рабочих вещества, изготовлен макет, содержащий один наполнитель – парафин. Конструкция указанного образца аналогична описанной выше. Толщина наполнителя – 3 см.

Для определения основных параметров исследуемого опытного образца при испытаниях замерялись напряжение и ток на электронагревателе и ТЭБ; температура на верхней и нижней торцевой поверхности опытного образца, температуры на горячем спае ТЭБ. Результаты исследований получены в виде графиков зависимостей изменения температуры оболочки опытного образца во времени при плавлении и затвердевании рабочего вещества, а также продолжительности полного расплавления (затвердевания) рабочего агента от подводимой (отводимой) мощности. Измерения производились при различных значениях мощности электронагревателя и токах питания ТЭБ.

Эксперимент полностью подтвердил правомерность разработанных теоретических положений. Полученные экспериментальные данные подтвердили приемлемую точность математической модели системы и полученных теоретических положений. Максимальное расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышало 8…10 % во всем диапазоне измерений.

Библиографический список

1. Сушко В. Ю., Кораблев В. А., Шарков А. В. Метод выбора параметров многослойной защиты электронного устройства от мощного теплового воздействия // Изв. вузов. Приборостроение. 2006. т. 49, № 3.

2. Алексеев В. А. Охлаждение радиоэлектронной аппаратуры с использованием плавящихся веществ. М.: Энергия, 1975.

3. Пат. РФ №2214701. МПК^{7} H05K7/20. Охладитель радиоэлектронной аппаратуры / Т. А. Исмаилов, О. В. Евдулов, М. М. Абдурахманова (РФ). Опубл. 20.10.03, Бюл. № 29.

УДК 681.3:621.396:536.2

Е.Н.Меркухин

МЕТОД РАСЧЕТА ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ПЛАТ МИКРОБЛОКОВ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

E.N. Merkuchin

METHOD OF CALCULATION OF THE THERMAL MODE OF PAYMENTS OF MICROBLOCKS ELECTRONIC EQUIPMENT

В статье предлагается модель и методика расчета температурного поля для плат микроблоков электронной аппаратуры. Модель построена на основе обоснованных допущений, а методика расчета состоит из последовательных этапов. Сначала определяется температура корпуса с использованием известных инженерных методов расчета, а затем рассчитывается температурное поле каждой платы численным методом верхних релаксаций. Далее используется электротепловая аналогия для вычисления температуры каждого электронного элемента.

Ключевые слова: *микроблок, модель, тепловой режим, численный метод верхних релаксаций, электротепловая аналогия, температурное поле платы.*

In article the model and a design procedure of a temperature field for payments of micro-blocks of electronic equipment is offered. The model is constructed on the basis of well-founded assumptions, and me-todika calculation consists of consecutive stages. At first the temperature of the case with use of known engineering methods of calculation is defined, and then the field of each payment a numerical method of the top relaxations pays off temperatures ths. Further the electro-thermal analogy for calculation of temperature of each electronic element is used.

Keywords*: the microblock, model, a thermal mode, a numerical method top relak-satsy, electrothermal analogy, a temperature field of a payment.*

В настоящее время вопросы детального расчета температурных полей электронных аппаратов остаются проблематичными, так как отсутствует универсальная методика их расчета. Это объясняется большим разнообразием конструкций и условий теплоотвода, что не позволяет предложить некую универсальную тепловую модель. Поэтому имеются универсальные методики теплового расчета, позволяющие оценить усредненные значения перегревов блоков, но нет универсальных методик детального расчета перегревов электронных элементов.

В данной работе предлагается тепловая модель, позволяющая реализовать методику детального расчета температурного поля для микроблочных конструкций электронной аппаратуры.

Конструкция микроблока изображена на рис. 1. Она собирается из типовых конструктивных элементов, каждый из которых представляет собой алюминиевый каркас (1) с закрепленной на нем печатной платой (3). Печатные платы являются многослойными керамическими и могут иметь теплопроводные медные шины (6), на которые непосредственно устанавливаются микросхемы (5), выделяющие наибольшее количество тепла. Типовые конструктивные элементы складываются в виде этажерки и стягиваются шпильками (2), образуя корпус микроблока. Крышки могут иметь перфорацию. Печатные платы могут крепиться к каркасам различными способами: по контуру, по широким сторонам, по узким сторонам, по трем сторонам. Способ крепления определяет вариант теплового контакта между платой и корпусом.

В такой конструкции большая или значительная часть тепла отводится от источников через элементы конструкции, то есть печатную плату и теплопроводы, а часть путем конвекции. Отводом тепла путем излучения можно пренебречь, так как при рабочих температурах электронных элементов оно незначительное и, кроме того, имеют место переотражения из-за небольших расстояний между платами. Поэтому такое допущение вполне оправдано. Принимается также допущение о том, что перепад температуры по толщине платы незначителен.

Принятые допущения позволяют рассчитывать температурное поле платы как двумерную задачу, которая описывается дифференциальным уравнением в частных производных вида:

$$\nabla [\lambda (x,y) \nabla T (x,y)] + F(x,Y) - 2\alpha_c(T(x,y) - T_c) = 0 \qquad (1)$$

где $\lambda(x,y)$ - функция коэффициента теплопроводности;

T(x,y) - искомая функция температуры; F(x,y) - функция, определяющая мощность тепловыделения в каждой точке области;

α_c - среднее значение коэффициента теплоотдачи с поверхностей микроплаты;

T_c- средняя температура среды, окружающей микроплату.

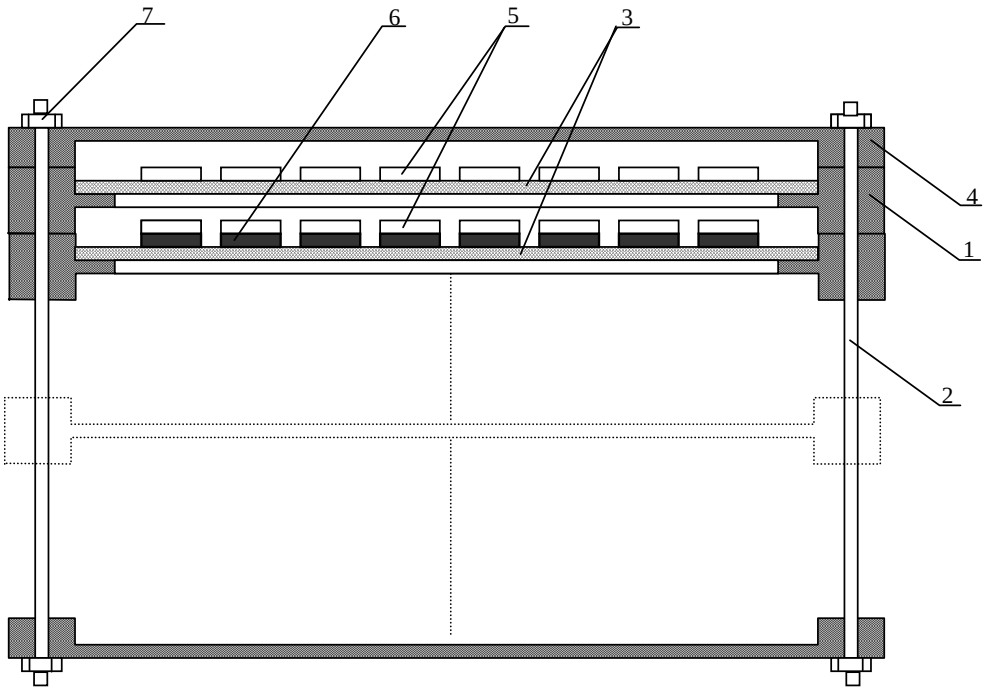


Рис. 1. Конструкция микроблока.
1 – каркас, 2 – шпилька, 3 – керамическая многослойная плата,
4 – крышка, 5 – микросхема, 6 – теплопровод, 7 – гайка.

На границе области (микроплаты) задаются граничные условия, получаемые после расчета температуры корпуса. В качестве тепловой физико-математической модели корпуса используется макромодель /1/, которая позволяет определить интегральные (усредненные) значения температуры корпуса. Для участков границы, имеющих тепловой контакт с корпусом микроблока, задается температура (граничные условия первого рода):

$$T_г = P_{ск} S_{тк} R_{тк} + T_к \ , \qquad (2)$$

где $P_{ск}$ - доля суммарной мощности, стекающая с микроплаты на корпус за счет кондуктивного механизма теплопередачи;

$S_{тк}$ - площадь теплового контакта микроплаты с корпусом;

$R_{тк}$- удельное тепловое контактное сопротивление соединения микроплаты с корпусом;

$T_к$ - температура корпуса в месте соединения с микроплатой.

Участки границы области, не имеющие теплового контакта с корпусом, считаются теплоизолированными:

$$\lambda_{\text{г}}[dT/dn] = 0 \qquad (3)$$

Уравнение (1) с граничными условиями (2), (3) решается численным методом верхних релаксаций. Вычислительная формула имеет вид:

$$T_{i,j}^{(k+1)} = T_{i,j}^{(k)} + \alpha_m(4(AT_{i+1,j}^{(k)} + BT_{i-1,j}^{(k+1)} + CT_{i,j+1}^{(k)} + DT_{i,j-1}^{(k+1)} + 2(W_{i,j} + A_1)/F - 4T_{i,j}^{(k)}) \quad ;$$

где к - номер итерации;

$$F = \lambda_{i+1,j} + \lambda_{i-1,j} + 4\lambda_{i,j} + \lambda_{i,j+11} + A_2; \quad C = (\lambda_{i,j+1} + \lambda_{i,j})/F; \quad A = (\lambda_{i+1,j} + \lambda_{i,j})/F;$$

$$B = (\lambda_{i-1,j} + \lambda_{i,j})/F; \; D = (\lambda_{i,j-1} + \lambda_{i,j})/F; \quad A_1 = A_2(T_{ck} - T_{ср})/2 + T_k; \quad A_2 = 4\alpha_c \Delta x^2.$$

$\lambda_{i,j}$ - значение коэффициента теплопроводности в узле (i,j);

T_{ck} - средняя температура корпуса микроблока;

$T_{i,j}^{(\hat{e})}$ – температура в узле (i,j) на к-той итерации; Δx - шаг дискретизации;

$T_{ср}$ – средняя температура микроплаты.

Параметр релаксации α_m вычисляется по формуле (см. /2/):

$$\alpha_m = 0.5(1 + ([(\text{Sin}(\pi/2N))^2 + (\text{Sin}(\pi/2M))^2][2 - (\text{Sin}(\pi/2N))^2 - (\text{Sin}(\pi/2M))^2])^{0.5});$$

где M и N - количество узлов по широкой и узкой стороне области решения (микроплаты).

После расчета температурного поля микроплаты вычисляется температура каждого элемента.

В качестве модели используется электротепловая аналогия. В зависимости от конструктивного варианта исполнения микроплаты и способа установки элементов возможны следующие варианты тепловой модели (рис. 2).

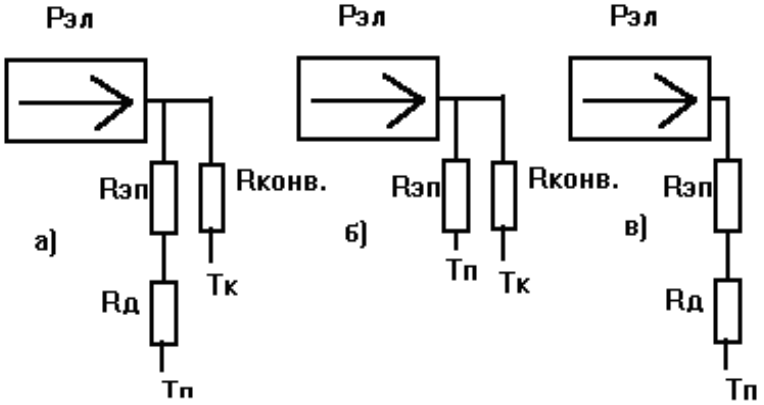


Рис. 2. Модели электротепловой аналогии.

$P_{эл}$ - мощность, рассеиваемая элементом;

$R_{эп}$, $R_д$, $R_{конв.}$ – тепловые сопротивления: «элемент-плата», «диэлектрического слоя» и «элемент-корпус микроблока» соответственно.

Модель а) рис. 2 соответствует случаю, когда конвективный и кондуктивный тепловые потоки соизмеримы; б) – подавляющая часть тепловой энергии отводится конвекцией;

в) - подавляющая часть тепловой энергии отводится кондукцией через плату. На рис. 3 приведена более детально физическая интерпретация модели а) рис. 2.

На основе предложенной модели разработана методика расчета, реализованная в виде пакета прикладных программ. Расчет ведется для максимального количества точек по широкой стороне платы – 100 (сетка 100х100, если плата квадратная). Мощность рассеяния распределяется равномерно по всем узлам, попавшим на посадочное место микросхемы. Каждому узлу сетки приписывается коэффициент теплопроводности. Для узлов попавших на теплопроводы рассчитывается коэффициент теплопроводности по формуле (4).

$$\lambda_{ут} = \frac{\lambda_т Z_т + \lambda_д Z_д}{Z_т + Z_д} \quad , \tag{4}$$

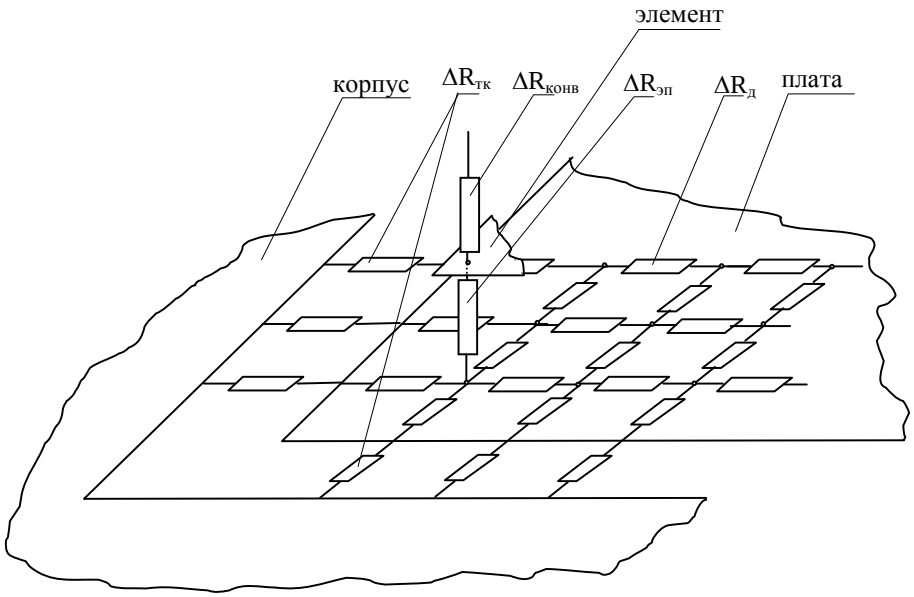


Рис. 3. Детальная физическая интерпретация модели.

где $\lambda_{ут}$ - коэффициент теплопроводности узла, попавшего на теплопровод;

$\lambda_т$ - коэффициент теплопроводности материала теплопровода;

$\lambda_д$ - коэффициент теплопроводности материала платы (диэлектрика);

$Z_т$ - толщина теплопровода;

$Z_д$ - толщина платы.

На рис. 4 по результатам расчета приведен трехмерный график температурного поля печатной платы, установленной в микроблоке.

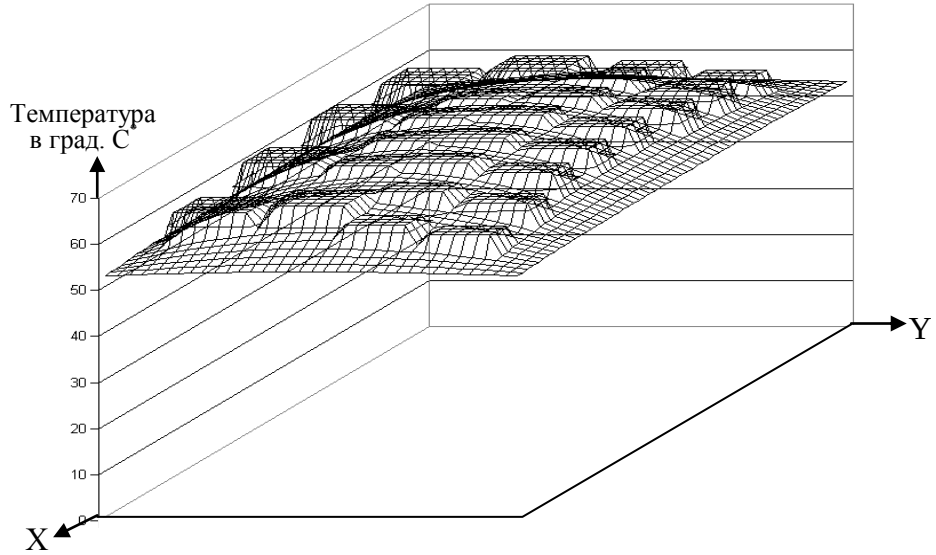


Рис. 4. Температурное поле печатной платы.

Расчет проведен для платы с размерами X=127 мм, Y=72 мм, изготовленной из алюминиевой пластины покрытой эмалью. На плате установлено 26 интегральных микросхем. Двадцать микросхем имеют размеры корпуса 7 мм х 10 мм и шесть микросхем – 10 мм х 12 мм. Суммарная мощность, рассеиваемая микросхемами 7,85 вт. Для уменьшения теплового сопротивления микросхемы ставятся на теплопроводную пасту. Плата установлена горизонтально в микроблоке с внешними габаритными размерами 130 мм х 80 мм х 60 мм. Перфорация корпуса микроблока 40%, температура окружающей среды + 25 $^{\circ}$C. Шаг дискретизации равен 2,0 мм.

Окончание расчета определяется по максимальной разности температур в точках сетки на текущей и предыдущей итерации. Как показывает практика, разность 0,001 ^{o}C достигается при количестве итераций в пределах 200 – 300. В качестве температуры элемента принимается максимальная температура из всех узлов, попавших на него. Точность расчета оценивалась экспериментально и составляет 15 – 18%. Повышению точности препятствует проблема достоверности исходных данных, которая пока не имеет решения.

Библиографический список:

1. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре. - М.: Высш. шк., 1984.
2. Методы решения сеточных уравнений/А.А. Самарский, В.С. Николаев. - М.: Наука, 1978.

ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 546.621

Т.А. Джаппаров, А.Р. Базаев, Б.К. Карабекова

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ СКОРОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ АЛИФАТИЧЕСКИХ СПИРТОВ

T.A. Djapparov, A.R. Bazaev, B.K. Karabekova

ESTIMATION OF VALUE OF THERMAL DECOMPOSITION RATE OF WATER-ALIPHATIC ALCOHOL SOLUTION

Исследована термическая стабильность алифатических спиртов(метанол, этанол, 1-пропанол и 1-бутанол) и их водных растворов в диапазоне температур 513.15–643.15 К. Определены температуры начала термического разложения молекул спиртов в зависимости от их концентрации. По росту давления в системе (ΔP/Δτ) оценена величина скорости разложения в зависимости от температуры и состава, предложен полином для описания этой зависимости.
Ключевые слова: *термическая стабильность, термическое разложение, скорость термического разложения, полиномиальное уравнение.*

Thermal stability of pure aliphatic alcohols (methanol, ethanol, 1-propanol, 1-butanol) and their aqueous solutions is researched using method of volume constant piezometer in the range of temperatures 563.15 K – 643.15 K. Starting temperatures of thermal decomposition of alcohols were defined according to their concentration in water. Using method of pressure increasing (ΔP/Δτ) in a closed system rate of thermal decomposition of mixtures was determined according to temperature and concentration. To describe this relation polynomial equation is offered.
Key words*: thermal stability, thermal decomposition, rate of thermal decomposition, polynomial equation.*

Введение

Водные растворы алифатических спиртов находят широкое применение как экологически чистые растворители в технологических процессах типа сверхкритического водного окисления (СКВО) и сверхкритической флюидной экстракции (СКФЭ) [1]. Они могут быть использованы в качестве рабочих веществ во вторичном контуре тепловой схемы энергоустановок для повышения их эффективности [2].

Одним из основных требований, предъявляемых к растворителям в процессах СКВО и СКФЭ, а также к рабочим веществам энергоустановок, является их термическая стабильность, т.е. способность сохранять свой химический состав под действием рабочей температуры в течение всего технологического процесса или же термодинамического цикла[3]. В научной литературе приводятся противоречивые результаты исследований термического разложения молекул алифатических спиртов и их водных растворов, полученные различными методами [4-11]. Так, например, автор работы [4], исследуя p,v,t – зависимость этанола при температурах до 573 К, не обнаружил термического разложения молекул спирта. В [5] утверждается, что термическое разложение спиртов начинается еще при докритических температурах. В работе [6] авторами исследовано фазовое равновесие в системе вода – этанол и установлено хроматографическим анализом

термическое разложения молекул спирта при температуре 548 К. В работе [7] методом проточного реактора исследовано термическое разложение молекул метанола и этанола в сверхкритической воде при температурах 597 – 797 К и давлении p=315 бар. Работы [8-10] посвящены исследованию механизма кинетики термического разложения метанола и этанола при высоких температурах (900 – 1200 К) в проточном реакторе. В [11] исследовано термическое разложение молекул метанола при температуре 573.15 К с образованием продуктов: формальдегид (5.16% масс.), диметиловый эфир (1.19% масс) и газы (водород, метан). В [2] экспериментально установлено, что разложение молекул этанола до температур 673.15 К не зависит от материала рабочей ячейки (сталь 12Х17Н10Т, сплав ХН77ТЮР-ВД, сплав ВТ3-1).

Данная работа посвящена исследованию термического разложения молекул как чистых алифатических спиртов так и растворенных в воде в диапазоне температур 513.15 – 643.15 К, включающем двухфазную, околокритическую и сверхкритическую области параметров состояния, методом роста давления при постоянной температуре опыта [12]. Для этого нами была сконструирована и реализована пьезометрическая экспериментальная установка, описание которой и методика работы приводятся в [13].

Результаты эксперимента и их обсуждение

Значения температур начала термического разложения молекул спиртов в растворе в зависимости от состава приведены в таблице 1. Рис 1 и 2 иллюстрируют характер данных зависимостей. Как видно, величина температуры начала термического разложения молекул спирта в водном растворе постоянного состава растет с ростом числа атомов углерода (молярной массы) и убывает с ростом его концентрации.

Табл.1. Температуры начала термического разложения для систем вода- спирт

Концентрация спирта: x, мол. доли	Температура, К	Рост давления ΔP, МПа	Время выдержки, час
	Вода – метанол		
1	518.15	0.055	48
0.8	523.15	0.074	48
0.5	533.15	0.072	48
0.2	548.15	0.070	48
	Вода – этанол		
1	528.15	0.058	48
0.8	533.15	0.072	48
0.5	543.15	0.074	48
0.2	558.15	0.072	48
	Вода – 1-пропанол		
1	543.15	0.056	48
0.8	548.15	0.074	48
0.5	558.15	0.072	48
0.2	573.15	0.075	48
	Вода – 1-бутанол		
1	558.15	0.060	48
0.8	563.15	0.062	48
0.5	573.15	0.070	48
0.2	588.15	0,068	48

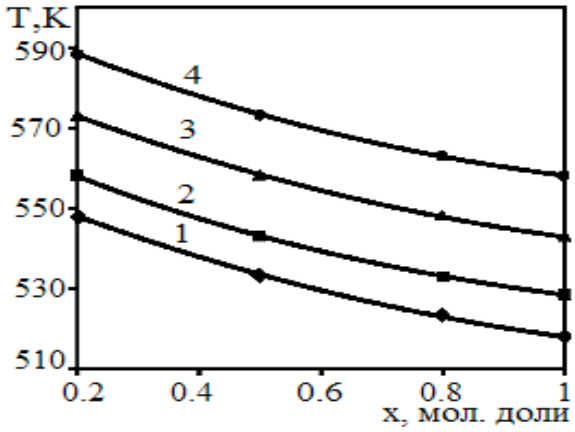


Рис.1. Зависимость температуры начала термического разложения молекул спиртов в водных растворах от концентрации спирта *x*: 1 – вода – 1-бутанол, 2 – вода – 1-пропанол, 3 – вода – этанол, 4 – вода - метанол

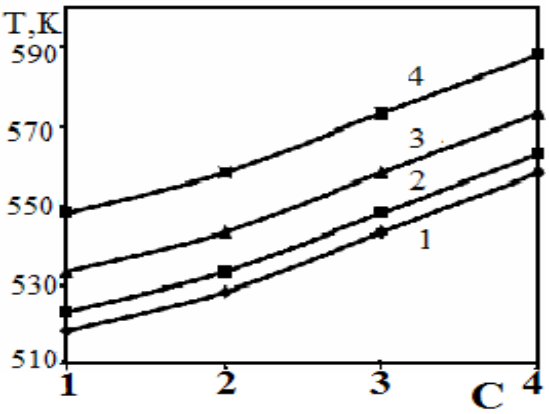


Рис.2. Зависимость температуры начала термического разложения молекул спиртов в водных растворах от числа атомов углерода для различных концентраций спирта *x*, мол. доли: 1 – 1; 2 – 0.8; 3 – 0.5; 4 – 0.2

Зависимость температур начала термического разложения молекул спиртов в их водных растворах от концентрации и числа атомов углерода в молекуле спирта (рис.1) может быть описана полиномом второй степени вида:

$$T(x) = ax^2 + bx + c, \qquad (1)$$

где Т-температура, x – мольная доля спирта, a, b, c - коэффициенты

Коэффициенты a, b, c уравнения (1), определенные методом наименьших квадратов, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Значения коэффициентов *a, b, c* уравнения (1)

Коэффициенты	Вода-метанол	Вода-этанол	Вода–1-пропанол	Вода–1-бутанол
a, K	23.622	23.622	23.622	23.622
b, K	-65.617	-65.617	-65.617	-65.617
c, K	560.263	570.263	585.263	600.263

Как видно из таблицы 2, коэффициенты *a* и *b* постоянны для всех смесей, т.е. не зависят от числа атомов углерода в молекуле спирта, а коэффициент *c* растет. Эта зависимость может быть описана полиномом вида:

$$c(C) = 6.378C^2 + 28.826C + 544.258, \qquad (2)$$

где *c* – коэффициент уравнения (1), *N*-число атомов углерода.

Следовательно, зависимость температур начала термического разложения молекул спиртов в их водных растворах от концентрации и числа атомов углерода может быть рассчитана следующим полиномом:

$$T(x,N) = 23.622x^2 - 65.617x + 6.378\cdot 10^{-3}N^2 + 28.826\cdot 10^{-2}N + 544.258 \qquad (3)$$

На рис.3 представлена величина относительного отклонения значений температур начала термического разложения молекул спиртов в их водных растворах от концентрации, рассчитанных по уравнению (3) от экспериментальных.

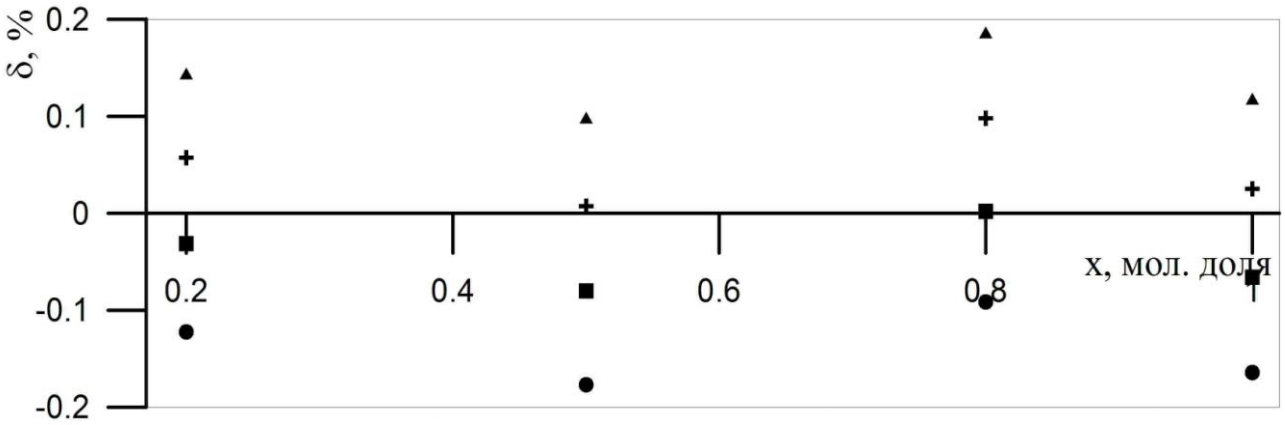


Рис.3. Концентрационная зависимость относительного отклонения расчетных значений температур начала термического разложения молекул спиртов в их водных растворах от экспериментальных : ✂ –вода–метанол,🖃 –вода–этанол, 🖃 –вода–1-пропанол ; ✉– вод –1-бутанол

Скорость термического разложения молекул спиртов оценивали по росту давления в системе в единицу времени ($\Delta P/\Delta\tau$, Па/сек). В таблице 3 приведены значения скорости термического разложения молекул метилового спирта в зависимости от его концентрации в растворе для различных значений температуры, а рис 4 иллюстрирует эту зависимость. Как видно, скорость разложения возрастает с ростом температуры и убывает с уменьшением концентрации спирта. Аналогичный же характер зависимости скорости термического разложения наблюдается для этанола, 1-пропанола и 1-бутанола.

Таблица 3. Зависимость скорости термического разложения молекул метанола от состава раствора для различных значений температуры.

x, мол.доли метанола	T=563,15 K	T=583,15 K	T=603,15 K	T=623,15 K	T=643,15 K
1	10,28	25,83	58,33	133,33	344,44
0,8	8,33	21,67	45,83	108,05	263,89
0,5	6,11	16,67	31,94	74,17	180,56
0,2	4,44	12,5	20,83	51,39	125,00

Как видно из рис.4, скорость термического разложения увеличивается с ростом температуры и концентрации спирта. Эта зависимость может быть описана полиномиальным уравнением вида:

$$V(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d \qquad (4)$$

В таблице 4 приведены значения коэффициентов *a, b, c, d* уравнения (4) для различных температур, определенных методом наименьших квадратов.

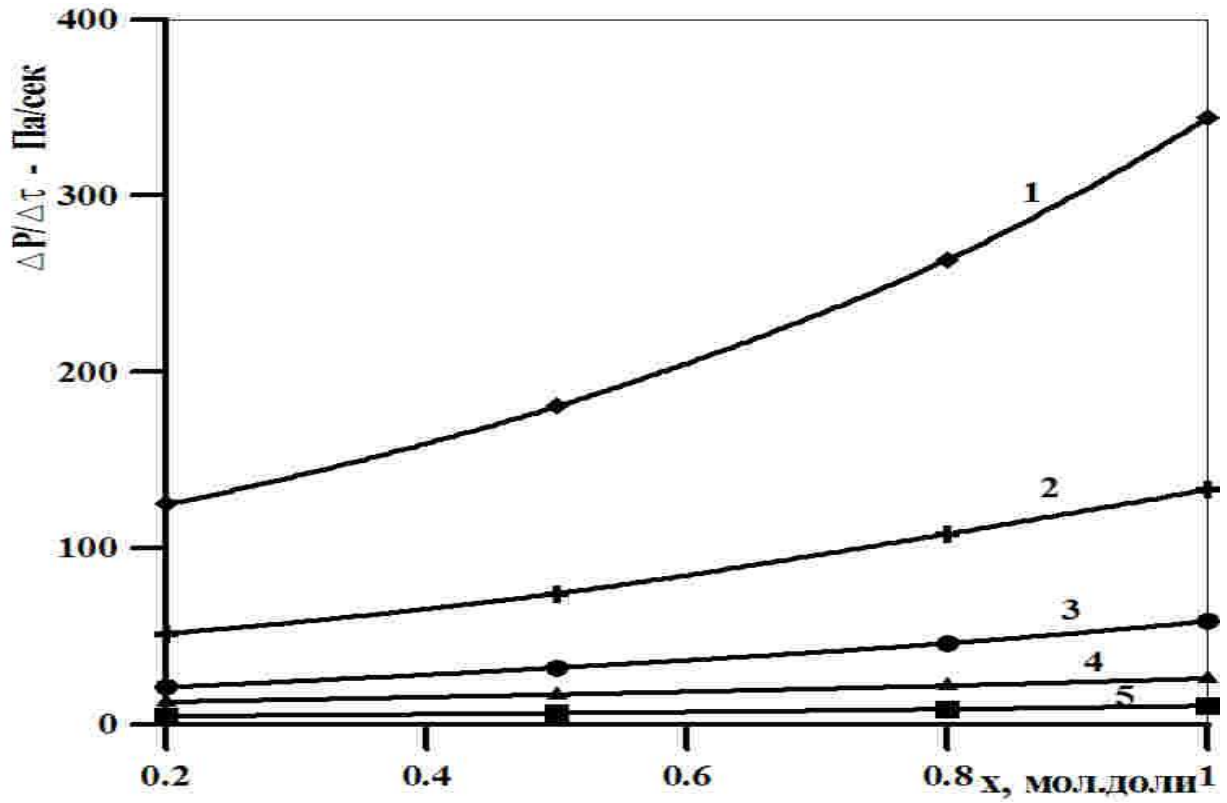


Рис.4. Зависимость скорости термического разложения молекул метанола от состава раствора для значений температуры Т, К: 1- 643,15, 2– 623,15, 3– 603,15, 4– 623,15,5– 643,15

Таблица 4. Значения коэффициентов *a, b, c, d* уравнения (4) для различных температур

Коэф-ты	Т=563,15 К	Т=583,15 К	Т=603,15 К	Т=623,15 К	Т=643,15 К
a	2,0555	4,5694	21,1944	-43,4167	119,6111
b	-0,0278	-2,2431	-16,3472	126,7917	-25,1389
c	4,7844	13,6881	40,2105	4,1117	156,1489
d	3,4678	9,8155	13,2722	45,8433	93,8189

Температурная зависимость коэффициентов *a, b, c, d* уравнения (4) рассчитана по полиномам:

$$a(T) = 0{,}000105T^4 - 0{,}251741T^3 + 225{,}600388T^2 - 89791{,}321812T + 13392234{,}724105$$
$$b(T) = -0{,}00016183T^4 + 0{,}38749209T^3 - 347{,}64374245T^2 + 138508{,}72053780T - 20678055{,}09791530$$
$$c(T) = 0{,}0000862T^4 - 0{,}2061835T^3 + 184{,}8195985T^2 - 73580{,}0610233T + 10977479{,}1134986 \quad (5)$$
$$d(T) = -0{,}0000119T^4 + 0{,}0289128T^3 - 26{,}2894038T^2 + 10608{,}0274224T - 1602885{,}9045175$$

Таким образом, уравнение для расчета скорости термического разложения молекул метилового спирта от его концентрации в воде, имеет вид

$$V(x,T) = a(T)x^3 + b(T)x^2 + c(T)x + d(T) \qquad (6)$$

На рис.5 приведено относительное отклонение расчетных значений скорости термического разложения молекул метанола в воде от экспериментальных в зависимости от состава раствора и температуры.

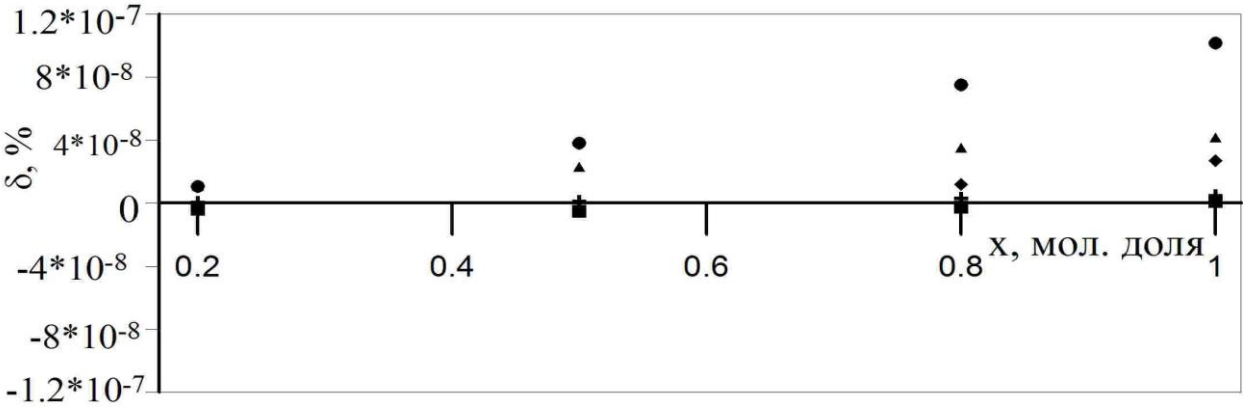


Рис.5. Концентрационная зависимость относительного отклонения расчетных значений скорости термического разложения молекул метанола в растворе от экспериментальных для значения температуры Т, К: ✂– 563.15; 🖃– 583.15; 🖃– 603.15; ✉– 623.15; 🕮–643.15

Выводы.

1. Процесс термического разложения молекул алифатических спиртов начинается при температурах выше критических значений
2. Алифатические спирты менее стабильны, чем их водные растворы при одинаковых температурах. Температуры начала термического разложения спиртов ниже, чем их водных растворов, т.е. вода подавляет процесс термического разложения молекул спиртов.
3. Температура начала термического разложения молекул спиртов, растворенных в воде, зависит от состава раствора: уменьшается с ростом концентрации спирта, увеличивается с ростом числа атомов углерода.
4. Скорость термического разложения молекул спиртов повышается с ростом температуры и с ростом концентрации его в водном растворе.

Библиографический список

1. Kalinichev A.G. Theoretical modeling of geochemical fluids under high- pressure, high-temperature conditions//High Pressure Research. - 1991.- V. 7.- P.378–380.
2. Базаев Э.А.. Базаев А.Р.. Абдурашидова А.А. Экспериментальное исследование критического состояния водных растворов алифатических спиртов// ТВТ. – 2009. – Т 47. №2. – С. 215-220.
3. Бабиков Ю.М.. Рассказов Д.С. Органические и кремнийорганические теплоносители. - М.: Энергоатомиздат. 1985.- 152 с.
4. Калафати Д.Д.. Рассказов Д.С.. Петров Е.К. Экспериментальное исследование pvt-зависимости этилового спирта//Теплоэнергетика. – 1967. – Т.14.– С. 77-84.

5. Никитин Д.Е. Критические свойства термонестабильных веществ: методы измерений. некоторые результаты. корреляции//ТВТ.– 1998.– Т.36. №2.– С.322-337.
6. F. Barr-David and B. F. Dodge. Vapor-liquid equilibrium at high pressures// Chem. Eng. Department. Yale University. New Haven. Conn. –1959.– №2.–P.107 – 121.
7. Walter H., David A., Steven J. Methanol and Ethanol Decomposition in Supercritical Water //Zeitschrift für Physikalische Chemie. – 2005. – Vol.219,№ 3. - p. 367 - 378.
8. Aronowitz D., Naegeli D.W., Glassman I. Kinetics of the pyrolysis of methanol.// J. Phys. Chem. - 1977. – V. 81. № 25. - P.2555 – 2559.
9. Juan Li., Kazakov A., Dryer F.L. Ethanol pyrolysis experiments in a variable pressure flow reactor.// Int. J. of Chemical Kinetics. - 2001.- V.33. № 12. - P.859-867.
10. Juan Li. Kazakov A., Dryer F.L. Experimental and Numerical Studies of Ethanol Decomposition Reactions.// J. Phys. Chem. A. - 2004. - V 108. № 38. - p 7671 – 7680.
11. Базаев А. Р., Базаев Э. А., Алирзаев Б. А., Рабаданов Г. А. PVT измерения метанола в критической и сверхкритической областях параметров состояния// Фазовые переходы. критические и нелинейные явления в конденсированных средах:. Сб. тр. междунар. конф. 11-14 сентября 2002г.
12. Straty G. C., Palavra A.M., and Bruno T.J. PVT properties of methanol at temperatures to 300 ^{0}C //Int. J. of Thermophysics.– 1986.– №5.– P.1077 – 1089.
13. Джаппаров Т.А., Базаев. А.Р. Исследование скорости термического разложения алифатических спиртов.// Вестник Дагестанского технического университета.- 2010. № 1 (16). С.34-39.

УДК 621.436

А.К. Юсупов, Г.М. Муртазалиев

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАДАЧИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СРЕД

A.K.Yusupov, G.M.Murtazaliev

TEMPERATURE OBJECTIVES OF MULTICOMPONENT ENVIRONMENTS

В статье приводятся основные зависимости термо-вязко-упругих много компонентных трехмерных сплошных сред в различных системах координат, пригодных для решения широкого круга конкретных практических задач. Эти зависимости получены на основе довольно простых исходных гипотез для широкого диапазона изменения значений внешних воздействий, конструктивных особенностей и различных видов напряженно-деформированного состояния.

Ключевые слова: *термо-вязко-упругость, многокомпонентная среда, перемещения, деформации, напряжения*

This article explains the dependence of the thermo-visco-elastic many component of the three-dimensional continuum in different coordinate systems, suitable for solution of a wide range of specific practical tasks. These dependences are obtained on the basis of relatively simple initial hypotheses for a wide range of change of values of external influences, design features and different kinds of stress-strain state.

Key words*: thermo-visco-elasticity, multi-component environment, displacement, deformation, voltage*

1 .Основные положения. Уравнения термо-вязко-упругости в декартовых координатах

Рассмотрим многокомпонентную трехмерную сплошную среду. Пусть единичный кубик этой среды содержит n-компонентов. Объем каждой компоненты в элементарном кубике равен v_K (к=1, 2, ... п). Отношение:

$$\nu_к = \text{Vк} \; / \; \sum_{k=1}^{n} Vm$$

характеризует долю объема к-ой компоненты в пределах элементарного единичного кубика. v_K - безразмерная величина, кроме того

$$\sum_{k=1}^{n} \nu_k = 1 \qquad (1.1)$$

Выпишем физические зависимости [I] термоупругости для однокомпонентной среды:

$$\sigma_{ij} = 2\mu\varepsilon_{ij} + (\lambda\theta - \gamma T)\delta_{ij} \qquad (1.2)$$

Где символ Кронекера:

$$\gamma = \alpha(3\lambda + 2\mu) \qquad (1.3)$$

$T, \alpha -$ соответственно температура и термический коэффициент линейного

μ, λ - расширения;

$\sigma_{ij}, \varepsilon_{ij}$ - коэффициенты Ляме,
напряжения и деформации (i, j = 1,2,3).

Далее введем предположение (гипотезу), что интегральная физико-механическая характеристика единичного элементарного кубика распределяется (дифференцируется) между отдельными компонентами прямо пропорционально их объемам.

Применительно к параметрам, входящим в (1.2), эта гипотеза (математически) записывается так:

$$\lambda = \sum_{k=1}^{n} \lambda_k \nu_k; \qquad \mu = \sum_{k=1}^{n} \mu_k \nu_k; \qquad \alpha = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k \nu_k \tag{1.4}$$

Параметр γ запишется в виде:

$$\gamma = 3\sum_{k=1}^{n} \alpha_k \lambda_k \nu_k + 2\sum_{k=1}^{n} \alpha_k \mu_k \nu_k \tag{1.4a}$$

Это предположение является отправным для рассматриваемых здесь математических моделей.

Далее предполагается, что параметры, входящие в (1.4) являются дифференцируемыми (хотя бы один раз) функциями пространственных координат и температуры.

1. Выпишем уравнения движения в декартовых координатах:

$$\sum_{j=1}^{3} \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + X_i = p\ddot{U}_i \tag{1.5}$$

Геометрические соотношения имеют вид:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right) \tag{1.6}$$

где i, j =1,2,3; Xj-объемные силы;
плотность единичного многокомпонентного кубика:

$$\rho = \sum_{k=1}^{n} \rho_k \nu_k$$

Подставляя (1.6) в (1.2), затем полученные в (1.5) с учетом (1.4), получай уравнения в перемещениях:

$$\begin{aligned}
&\left[\sum_{k=1}^{n} \nu_k(\lambda_k + \mu_k)\right]\frac{\partial \theta}{\partial X_1} + \left(\sum_{k=1}^{n} \mu_k \nu_k\right)\cdot \nabla^2 U_1 + \frac{\partial}{\partial X_1}\left(\sum_{k=1}^{n} \lambda_k \nu_k\right)\cdot \theta + \\
&+ 2\frac{\partial}{\partial X_1}\left(\sum_{k=1}^{n} \mu_k \nu_k\right)\frac{\partial U_1}{\partial X_1} + \frac{\partial}{\partial X_2}\left(\sum_{k=1}^{n} \mu_k \nu_k\right)\cdot\left(\frac{\partial U_1}{\partial X_2} + \frac{\partial U_2}{\partial X_1}\right) + \\
&+ \frac{\partial}{\partial X_3}\left(\sum_{k=1}^{n} \mu_k \nu_k\right)\cdot\left(\frac{\partial U_3}{\partial X_2} + \frac{\partial U_1}{\partial X_3}\right) - \gamma_i \frac{\partial T}{\partial X_1} - \frac{\partial \gamma_i}{\partial X_1}\cdot T + X_i = \rho \ddot{U}_1
\end{aligned} \tag{1.7}$$

здесь *y* определяется по (1.4);

$$\theta = \frac{\partial U_1}{\partial X_1} + \frac{\partial U_2}{\partial X_2} + \frac{\partial U_3}{\partial X_3}$$ - объемная деформация.

Температура отсчитывается от некоторого исходного состояния, при котором напряжения отсутствуют. Два других уравнения записываются аналогично.

Уравнения типа (1.7) справедливы, если температура меняется в небольших пределах. В общем случае термические коэффициенты линейного расширения $a_{1к}$ *и* характеристики Ляме к-ой компоненты зависят и от самой температуры [2]. Для этого учета введем функции:

$$\begin{aligned} \alpha_{t,k} &= \alpha_{1,k}(X_1, X_2, X_3)\cdot\alpha_{2,k}(T); \\ \mu_k &= \mu_{1,k}(X_1, X_2, X_3)\cdot\mu_{2,k}(T) \\ \lambda_k &= \lambda_{1,k}(X_1, X_2, X_3)\cdot\lambda_{2,k}(T); \\ T &= T(X_1, X_2, X_3, t); \end{aligned} \qquad (1.8)$$

где *t* - координата времени.

Тогда (1.3) можно представить в виде:

$$\gamma_{t,k} = \gamma_{1,k}(X_1, X_2, X_3)\cdot\gamma_{2,k}(T) + \gamma_{3,k}(X_1, X_2, X_3)\cdot\gamma_{4,k}(T) \qquad (1.9)$$

где введены следующие обозначения:

$$\begin{aligned} \gamma_{1,k}(X_1, X_2, X_3) &= 3\alpha_{1,k}\cdot\lambda_{1,k}; \\ \gamma_{2,k}(T) &= \alpha_{1,k}\cdot\lambda_{2,k}; \\ \gamma_{3,k}(X_1, X_2, X_3) &= 2\mu_{k,1}\cdot\alpha_{1,k}; \\ \gamma_{4,k}(T) &= \mu_{2,k}\cdot\alpha_{2,k} \end{aligned} \qquad (1.10)$$

Правые части этих равенств представляют функции, входящие в (1.8).

Теперь уравнения типа (1.7) принимают вид:

$$\begin{aligned} &\left[\sum_{k=1}^{n}\left(\lambda_{1,k}\cdot\lambda_{2,k}\cdot\nu_k + \mu_{1,k}\cdot\mu_{2,k}\cdot\nu_k\right)\right]\frac{\partial\theta_1}{\partial X_1} + \left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k\mu_{1,k}\mu_{2,k}\right)\nabla^2 U_1 + \left(\sum_{k=1}^{n}\frac{\partial\lambda_{1,k}}{\partial X_1}\cdot\nu_k\cdot\lambda_{2,k}\right)\cdot\theta + \\ &+\left(\sum_{k=1}^{n}\frac{\partial\lambda_{2,k}}{\partial T}\cdot\frac{\partial T}{\partial x_1}\nu_k\lambda_{1,k}\right)\theta + 2\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k\mu_{2,k}\frac{\partial\mu_{1,k}}{\partial x_1}\right)\cdot\frac{\partial U_1}{\partial x_1} + 2\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k\mu_{1,k}\frac{\partial\mu_{2,k}}{\partial T}\cdot\frac{\partial T}{\partial x_1}\right)\cdot\frac{\partial U_1}{\partial x_1} + \\ &+\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k\mu_{2,k}\frac{\partial\mu_{1,k}}{\partial x_2} + \sum\nu_k\mu_{1,k}\frac{\partial\mu_{2,k}}{\partial T}\cdot\frac{\partial T}{\partial x_2}\right)\cdot\left(\frac{\partial U_1}{\partial x_2} + \frac{\partial U_2}{\partial x_1}\right) + \\ &+\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k\mu_{2,k}\frac{\partial\mu_{1,k}}{\partial x_3} + \sum\nu_k\mu_{1,k}\frac{\partial\mu_{2,k}}{\partial T}\cdot\frac{\partial T}{\partial x_3}\right) - \gamma_t\frac{\partial T}{\partial x_1} - \frac{\partial\gamma_t}{\partial x_1}T + X_1 = \left(\sum\rho_k\nu_k\right)\ddot{U}_1. \end{aligned} \qquad (1.11)$$

Два других уравнения получаются круговой перестановкой индексов. В уравнениях (1.7) и (1.11) функция температуры. $T(x_1,x_2,x_3t)$ предполагается заранее известной. На самом деле эта функция неизвестна. Для её определения рассмотрим уравнения теплопроводности. Для одномерного тела (стержня) уравнение теплового баланса (в случае переменных теплофизических характеристик) имеет вид [3]:

$$\frac{\partial}{\partial t}(cpT)=\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)_x+\frac{\partial F(x,t)}{\partial t}, \qquad (1.12)$$

где F(x,t) - плотность теплового выделения в единице объема с координатой «X» в момент времени t;

к - коэффициент теплопроводности; *с* - удельная теплоёмкость материала; *р* - плотность материала;

Предыдущее уравнение легко обобщается и для случая трехмерного тела (с учетом зависимости типа (1.4)):

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k k_{1,k}\frac{\partial T}{\partial x_1}\right)'_{x_1}=\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k k_{2,k}\frac{\partial T}{\partial x_2}\right)'_{x_2}+\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k k_{3,k}\frac{\partial T}{\partial x_3}\right)'_{x_3}+\frac{\partial F}{\partial t}$$

Здесь

$k_{1,k}k_{2,k}k_{3,k}$ - коэффициенты теплопроводности k-й компоненты с учетом термической анизотропии материала.

Если материал термически изотропный, то очевидно:

$$k_{1,k}=k_{2,k}=k_{3,k}$$

При высоких температурах k-ая компонента среды может изменить свои термические свойства.

Для учета этого, как и заранее введем функции:

Тогда уравнения (1.12) примут вид:

$$\begin{aligned}
c_k &= c_{1,k}(x_1,x_2,x_3)c_{2,k}(T)\\
p_k &= p_{1,k}(x_1,x_2,x_3)p_{2,k}(T)\\
k_{1,k} &= \varpi_{1,k}(x_1,x_2,x_3)\Omega_{1,k}(T)\\
k_{2,k} &= \omega_{2,k}(x_1,x_2,x_3)\Omega_{2,k}(T)\\
k_{3,k} &= \omega_{3,k}(x_1x_2x_3)\Omega_{3,k}(T)
\end{aligned} \qquad (1.13)$$

$$\sum_{k=1}^{n}\nu_k c_1 p_{1,k}\frac{\partial}{\partial t}(c_{2,k}p_{2,k}T)=\sum_{k=1}^{n}\nu_k\Omega_{1,k}\left(\omega_{1,k}\frac{\partial T}{\partial x_1}\right)_{x_1}+$$
$$+\sum_{k=1}^{n}\nu_k\Omega_{2,k}\left(\omega_{2,k}\frac{\partial T}{\partial x_2}\right)'_{x_2}+\sum_{k=1}^{n}\nu_k\Omega_{3,k}\left(\omega_{3,k}\frac{\partial T}{\partial x_3}\right)'_{x_3}+\frac{\partial F}{\partial t} \qquad (1.14)$$

Три уравнения типа (1.11) и одно уравнение (1.14) составляют разрешающую систему четырех уравнений. К этой системе должны быть присоединены граничные и начальные условия для функций U_1, U_2 , U_3 и температуры, которые зависят от конкретных условий рассматриваемой задачи.

Многие материалы обладают релаксационными свойствами. Рассмотрим температурную задачу для упруго-вязкого многокомпонентного материала. Зависимости (1.2) для многокомпонентной среды представляются в виде интегральных операторов Вольтера:

$$\sigma_{ij} = 2\sum_{k=1}^{n} \nu_k \int_{-\infty}^{t} a_k(t-\tau)\frac{\partial \varepsilon_{ij}}{\partial l}\partial\tau + \delta_{ij}\cdot\left[\sum_{k=1}^{n} \nu_k \int_{-\infty}^{t} z_k(t-\tau)\frac{\partial T}{\partial \tau}\partial\tau\right] \qquad (1.15)$$

Как и в случае зависимостей (1.8) учтем влияние температуры не только на упругие свойства материалов, но и на вязкость материала. По аналогии с (1.8), (1.9), (1.10) введем следующие ядра релаксации каждой k-ой компоненты:

$$\begin{aligned} a_k &= a_{1,k}(x_1, x_2, x_3, t-\tau)a_{2,k}(T); \\ b_k &= b_{1,k}(x_1, x_2, x_3, t-\tau)b_{2,k}(T); \\ z_k &= z_{1,k}(x_1, x_2, x_3, t-\tau)z_{2,k}\left(T\left[3b_{1,k}(x_1, x_2, x_3, t-\tau)b_{2,k} + 2a_{1,k}(x_1, x_2, x_3, t-\tau)a_{2,k}T\right]\right) \end{aligned} \qquad (1.16)$$

Здесь T=T (x,, x_2, x,, t) Введем еще такие обозначения:

$$\begin{aligned} z_{1,k}(t-\tau) &= 3\eta_{1,k}b_{1,k}; \\ z_{2,k}(t-\tau) &= \eta_{2,k}b_{2,k}; \\ z_{3,k}(t-\tau) &= 2\eta_{2,k}a_{1,k}; \\ z_{4,k}(t-\tau) &= \eta_{2,k}a_{2,k}; \end{aligned} \qquad (1.17)$$

Подставляя (1.16) в (1.15), а полученные при этом зависимости в (1.5) с учетом (1.17), получаем уравнение:

$$\begin{aligned} &\int_{-\infty}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[b_{1,k}(t-\tau)b_{2,k}(T)+a_{1,k}(t-\tau)a_{2,k}(T)\right]\nu_k\frac{\partial^2\theta}{\partial\tau\partial x_1}\partial\tau\Big| + \int_{-\infty}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[\nu_k a_{1,k}(t-\tau)a_{2,k}(T)\frac{\nabla^2 U_1}{\partial\tau}\right] + \\ &+\frac{\partial b_{1,k}(t-\tau)}{\partial x_1}\frac{\partial^2 U_1}{\partial\tau\partial x_1} + \nu_k b_{2,k}(T)\frac{\partial\theta}{\partial\tau} + \frac{\partial b_{2,k}}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial x_1}\nu_k b_{1,k}(t-\tau)\frac{\partial\theta}{\partial\tau}\Big]\partial\tau + \\ &+2\int_{-\infty}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[\nu_k a_{2,k}(T)\frac{\partial a_{1,k}(t-\tau)}{\partial x_2} + \nu_k a_{1,k}(t-\tau)\frac{\partial a_{2,k}}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial x_2}\right]\left(\frac{\partial^2 U_1}{\partial\tau\partial x_2} + \frac{\partial^2 U_2}{\partial\tau\partial x_1}\right)\partial\tau - \\ &-\int_{-\infty}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[\nu_k z_{1,k}(t-\tau)z_{2,k}(T) + \nu_k z_{3,k}(t-\tau)z_{4,k}(T)\right]\frac{\partial^2 T}{\partial\tau\partial x_1}\partial\tau - \int_{-\infty}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[\nu_k z_{2,k}(T)\frac{\partial z_{1,k}}{\partial x_1} + \right. \\ &\left.+\nu_k z_{1,k}(t-\tau)\frac{\partial z_{2,k}}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial x_1}\right]\partial\tau + X_1 = \left(\sum_{k=1}^{n} p_k\nu_k\right)\ddot{U}_1 \end{aligned} \qquad (1.18)$$

Остальные два уравнения получаются из (1.18) круговой перестановкой индексов. Три уравнения (1.18) и уравнение теплопроводности (1.14.) составляют разрешающую систему четырех уравнений. Решив эту систему уравнений при заданных граничных и начальных условиях, можно найти все три перемещения Uj и функцию и температуры T.

В работе [3] сформулирован феноменологический критерий разрушения для огнеупорных материалов:

$$\frac{\sigma}{\sigma_u} = \left[-\frac{1}{3} + \frac{\sigma^B\left(\sigma_u^k - \sigma_u^p\right)}{\sigma_u^B\left(\sigma_u^k - \sigma_u^B\right)}\right]\frac{\left(\sigma_u^p - \sigma_u\right)\left(\sigma_u^k - \sigma_u\right)}{\left(\sigma_u^k - \sigma_u^p\right)\left(\sigma_u^k - \sigma_u^B\right)} \pm \frac{1}{3}\frac{\sigma_u^k - \sigma_u}{\sigma_u^k - \sigma_u^p},$$

здесь $\sigma_u^{B},\ \sigma_u^{p},\ \sigma_u^{c},\ \sigma_u^{k},\ \sigma_u^{cд}$ - интенсивности напряжений при разрушениях

соответственно в следующих опытах:
- растяжение пластины с выточкой; растяжение и сжатие цилиндрического образца.

Для случая длительного воздействия температуры В.М.Панферов предлагает

$$\frac{\sigma}{\sigma_u}=\left[-\frac{1}{3}+\frac{\sigma^{-B}\left(e_u^{-k}-e_u^{-p}\right)}{\sigma\left(e_u^{-k}-e_u^{-B}\right)}\right]\frac{\left(e_u^{-p}-e_u\right)\left(e_u^{-k}-e_u\right)}{\left(e_u^{-k}-e_u^{-p}\right)\left(e_u^{-p}-e_u^{-B}\right)}+\frac{1}{3}\frac{e_u^{-k}-e_u}{e_u^{-k}-e_u^{-p}};\qquad \sigma\geq 0.$$

$$\frac{\sigma}{\sigma_u}=\left[-\frac{1}{3}+\frac{\sigma^{-cд}\left(e_u^{-k}-e_u^{-c}\right)}{\sigma_u^{-cд}\left(e_u^{-k}-e_u^{-cд}\right)}\right]\frac{\left(e_u^{-c}-e_u\right)\left(e_u^{-k}-e_u\right)}{\left(e_u^{-c}-e_u^{-k}\right)\left(e_u^{-c}-e_u^{-cд}\right)}-\frac{1}{3}\frac{e_u^{-k}-e_u}{e_u^{-k}-e_u^{-c}};\qquad \sigma<0.$$

вариант критерия прочности в виде: $\sigma_u^{-cд},\ \sigma_u^{-cд},\ \sigma_u^{-B},\ \sigma_K^{-B},\ e_u^{-k},\ e_u^{-p},\ e_u^{-cд},\ e_u^{-B},$

Для измерения величин

в момент разрушения в соответствующих опытах предложена определенная зависимость.

$$\left.\begin{aligned}\sigma_u^2&=\frac{3}{2}\left(\sigma_{ij}-\sigma\delta_{ij}\right)\left(\sigma_{ij}-\sigma\delta_{ij}\right)\\ e_u^2&=\frac{3}{2}\left(e_{ij}-e\delta_{ij}\right)\left(e_{ij}-e\delta_{ij}\right)\end{aligned}\right\}$$

В формулах (1.19) приняты следующие обозначения:
- первые инварианты;
- вторые инварианты

$\sigma_d^3=\det\left(\sigma_{ij}\right);\ \ e_d^3=\det\left(e_{ij}\right)$ - третьи инварианты

$\det\left(e_{ij}\right)$

$$\left(e_{ij}\right)=\begin{pmatrix}e_{11}&e_{12}&e_{13}\\ e_{21}&e_{22}&e_{23}\\ e_{31}&e_{32}&e_{33}\end{pmatrix}.$$

- детерминант матрицы

Индексы:
«С» - сжатие, «Р» - растяжение.
«К» - кручение, «СД» - сжатие при всестороннем давлении,
«РД» - растяжение при всестороннем давлении,
«КД» - кручение при всестороннем давлении,
«Г1» - пластинка, «Ц» - цилиндрические тела,
«Б» - брус.

$$\sigma_{ij}=2\mu\varepsilon_{ij}+\left(\lambda\theta-\gamma\mathrm{T}\right)\sigma_{ij},\qquad (2.1)$$

2. Основные уравнения термо - вязко - упругости в цилиндрических координатах

а) физические соотношения:

$$\mu = \frac{E}{2(1+\nu)}; \qquad \lambda = \frac{\nu E}{(1+\nu)(1+2\mu)};$$

где

$\gamma = \alpha(3\lambda + 2\mu)$ - термохарактеристика;

δ_{ij} - символ Кронекера.

$$\theta = \varepsilon_{ij}\delta_{ij} = \varepsilon_r + \varepsilon_\theta + \varepsilon_z = \frac{1}{r}\cdot\frac{\partial}{\partial r}(rU) + \frac{\partial V}{\partial \varphi} + \frac{\partial W}{\partial z};$$

Объемная деформация:

$$\varepsilon_r = \frac{\partial U}{\partial r}; \qquad \gamma_{r\varphi} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial U}{\partial \varphi} + \frac{\partial V}{\partial r} - \frac{V}{r}\right);$$

$$\varepsilon_\varphi = \frac{U}{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial \varphi}; \qquad \gamma_{\varphi z} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{1}{r}\frac{\partial W}{\partial \varphi}\right);$$

$$\varepsilon_z = \frac{\partial W}{\partial z}; \qquad \gamma_{rz}\frac{1}{2}\left(\frac{\partial U}{\partial z} + \frac{\partial W}{\partial r}\right). \qquad (2.2)$$

б) геометрические соотношения:

$$\omega_r = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial W}{\partial \varphi} - \frac{\partial V}{\partial z}\right); \quad \omega_\varphi = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial V}{\partial z} + \frac{1}{r}\frac{\partial W}{\partial r}\right); \quad \omega_z = \frac{1}{2r}\left(\frac{\partial W}{\partial z} - \frac{\partial V}{\partial \varphi}\right); \qquad (2.2a)$$

где *U , V, W* - компоненты вектора перемещений на оси координат.

$$\begin{aligned}
&\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\sigma_r - \sigma_\varphi}{r} + R = 0, (\rho\ddot{U});\\
&\frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial \sigma_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{\varphi z}}{\partial z} + \frac{2\tau_{r\varphi}}{r} + \Phi = 0, (\rho\ddot{V});\\
&\frac{\partial \tau_{rZ}}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial \tau_{\varphi z}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\tau_{rz}}{r} + Z = 0, (\rho\ddot{W});
\end{aligned} \qquad (2.3)$$

в) уравнения равновесия (движения):

где R, Φ, Z и $\rho\ddot{U}, \rho\ddot{V}, \rho\ddot{W}$ - проекции объемной статической или динамической силы на оси координат.

Представим уравнения (2.3) в форме метода перемещений с учетом переменности характеристик материала:

$$\left(\lambda+2\mu\right)r\frac{\partial\theta}{\partial r}-2\mu\left[\frac{\partial\omega_z}{\partial\varphi}-\frac{\partial}{\partial z}\left(z\omega_\varphi\right)\right]+\gamma\frac{\partial U}{\partial r}+2\frac{\partial\mu}{\partial r}\frac{\partial U}{\partial r}+\frac{\partial\lambda}{\partial r}\theta-\frac{\partial\gamma}{\partial r}\mathrm{T}+\frac{\partial\mu}{r\partial\varphi}\gamma_{r\varphi}+$$
$$+\frac{\partial\mu}{\partial z}\gamma_{zr}+R=\rho\ddot{U};$$

$$\left(\lambda+2\mu\right)\frac{1}{r}\frac{\partial\theta}{\partial\varphi}-2\mu\left(\frac{\partial\omega_z}{\partial z}-\frac{\partial\omega_z}{\partial r}\right)+\gamma\frac{\partial\mathrm{T}}{r\partial\varphi}+2\frac{\partial\mu}{r\partial\varphi}\left(\frac{U}{r}+\frac{1}{r}\frac{\partial U}{\partial\varphi}\right)+$$
$$+\frac{\partial\lambda}{r\partial\varphi}\theta-\frac{\partial\lambda}{r\partial\varphi}\mathrm{T}+\frac{\partial\mu}{\partial r}\gamma_{r\varphi}+\frac{\partial\mu}{\partial z}\gamma_{\varphi z}+\Phi=\rho\ddot{V};\qquad(2.4)$$

$$\left(\lambda+2\mu\right)r\frac{\partial\theta}{\partial z}-2\mu\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(z\omega_\varphi\right)-\frac{\partial\omega_r}{\partial\varphi}\right]+\gamma\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial z}+2\frac{\partial\mu}{\partial z}\frac{\partial W}{\partial z}+\frac{\partial\lambda}{\partial z}\theta-\frac{\partial\gamma}{\partial z}\mathrm{T}+$$
$$+\frac{\partial\mu}{\partial z}\gamma_{r\varphi}+\frac{\partial\mu}{\partial z}\gamma_{rz}+\frac{\partial\mu}{r\partial\varphi}\gamma_{\varphi z}+Z=\rho\ddot{W}.$$

$$\sum_{k=1}^{n}\nu_k\left(\lambda_k+2\mu_k\right)r\frac{\partial\theta}{\partial r}-2\sum_{k=1}^{n}\mu_k\nu_k\left(\frac{\partial\omega_z}{\partial\varphi}-r\frac{\partial\omega_\varphi}{\partial z}\right)-\gamma\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial r}+2\frac{\partial}{\partial r}\left(\sum_{k=1}^{n}\mu_k\nu_k\right)\frac{\partial U}{\partial r}+$$
$$+\frac{\partial}{r\partial\varphi}\left(\sum_{k=1}^{n}\mu_k\nu_k\right)\gamma_{r\varphi}+\frac{\partial}{\partial z}\left(\sum_{k=1}^{n}\mu_k\nu_k\right)\gamma_{rz}+\frac{\partial}{\partial r}\left(\sum_{k=1}^{n}\mu_k\nu_k\right)\theta-\frac{\partial\gamma}{\partial r}T+R=\sum_{k=1=\rho}^{n}p_k\nu_k\ddot{U}.\qquad(2.5)$$

С учетом (1.4.) уравнения (2.4) записывается в виде:

$$\left[\sum_{k=1}^{n}\left(\lambda_{1,k}\lambda_{2,k}\nu_k+2\mu_{1,k}\mu_{2,k}\nu_k\right)\right]r\frac{\partial\theta}{\partial r}-2\sum_{k=1}^{n}\nu_i\mu_{1,k}\mu_{2,k}\left(\frac{\partial\omega_r}{\partial\varphi}-r\frac{\partial\omega_\varphi}{\partial r}\right)+$$
$$+\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k\mu_{2,k}\frac{\partial\mu_{1,k}}{\partial r}\right)\frac{\partial U}{\partial r}+2\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k\mu_{1,k}\frac{\partial\mu_{2,k}}{\partial\mathrm{T}}\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial r}\right)\frac{\partial U}{\partial r}+\qquad(2.6)$$
$$+\gamma_{r\varphi}\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k\mu_{2,k}\frac{\partial\mu_{1,k}}{r\partial\varphi}+\sum_{k=1}^{n}\nu_k\mu_{1,k}\frac{\partial\mu_{2,k}}{\partial\mathrm{T}}\frac{\partial\mathrm{T}}{r\partial\varphi}\right)+\gamma\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial r}-\frac{\partial\gamma}{\partial r}\mathrm{T}+R=\sum_{k=1}^{n}\rho_k\nu_k\ddot{U}.$$

Аналогично записываются и два других уравнения.
С учетом соотношения (1.8), (1.9), (1.10) уравнения (2:5) примут вид:

В случае представления зависимостей (1.2) в виде (1.15) с учетом (1.16) и (1.17) уравнения для многокомпонентной термо-вязко-упругой среды в цилиндрических координатах примет следующий вид:

$$\int_{-\infty}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[b_{1,k}(t-\tau)b_{2,k}(\mathrm{T})+\alpha_{1,k}(t-\tau)\alpha_{,k}(\mathrm{T})\right]\nu_k r\frac{d^2\theta}{\partial r\partial\tau}\partial\tau+$$
$$+\int_{-\infty}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[\nu_k\alpha_{1,k}(t-\tau)\alpha_{2,k}(\mathrm{T})\left(\frac{\partial\omega_r}{\partial\varphi}-r\frac{\partial\omega_\varphi}{\partial_r}\right)+\frac{\partial e_{1,k}(t-\tau)}{\partial r}\cdot\nu_k\cdot e_{2,k}(T)\frac{\partial\theta}{\partial\tau}+\frac{\partial b_{2,k}}{\partial r}\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial r}\nu_k b_{1,k}(t-\tau)\frac{\partial\theta}{\partial\tau}\right]dr+$$
$$+2\int_{-\infty}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[\nu_k\alpha_{2,k}(\mathrm{T})\frac{\partial\alpha_{1,k}(t-\tau)}{\partial r}\frac{\partial^2U}{\partial r\partial\tau}+\nu_k\alpha_{1,k}(t-\tau)\frac{\partial\alpha_{2,k}}{\partial\mathrm{T}}\frac{\partial\mathrm{T}}{\partial r}\frac{\partial^2U}{\partial r\partial\tau}\right]dr+$$
$$+\int_{-\infty}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[\nu_k a_{2,k}(T)\frac{\partial a_{1,k}(t-\tau)}{\partial z}+\nu_k a_{1,k}(t-\tau)\frac{\partial a_{2,k}}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial z}\right]\frac{\partial\gamma rz}{\partial\tau}d\tau- \qquad (2.7)$$
$$-\int_{}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[\nu_k z_{1,k}(t-\tau)\cdot z_{2,k}(T)+\nu_k z_{3,k}(t-\tau)z_{4,k}(T)\right]\frac{\partial^2T}{\partial\tau\partial r}d\tau-\int_{-\infty}^{t}\sum_{k=1}^{n}\left[\nu_k z_{2,k}(T)\cdot\right]$$
$$\cdot\frac{\partial z_{1,k}(t-\tau)}{\partial r}+\nu_k\cdot z_{1,k}(t-\tau)\frac{\partial z_{2,k}}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial r}+\nu_k z_{4,k}(T)\frac{\partial z_{3,k}(t-\tau)}{\partial r}+$$
$$+\nu_k z_{3,k}(t-\tau)\frac{\partial z_{4,k}}{\partial T}\frac{\partial T}{\partial r}\ ]d\tau+R=\left(\sum_{k=1}^{n}p_k\cdot\nu_k\right)\ddot{U}$$

Уравнение теплопроводности (1.12) принимает вид:

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\sum\nu_k c_k\rho_k T\right)=\left(\sum\nu_k\nu_{2k}\frac{\partial T}{\partial t}\right)+\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k k_{2,k}\frac{\partial T}{r\partial\varphi}\right)'_{\varphi}+\left(\sum_{k=1}^{n}\nu_k k_{3,k}\frac{\partial T}{\partial z}\right)'_{z}+ \qquad (2.8)$$
$$+\frac{\partial F(r,\varphi,z,t)}{\partial t}.$$

С учетом (1.13) уравнение (2.8) принимает вид:

$$\sum_{k=1}^{n}\nu_k c_{1,k}p_{1,k}\frac{\partial}{\partial t}\left(c_{2,k}p_{2,k}T\right)=\sum_{k=1}^{n}\nu_k\Omega_{1,k}\left(\omega_{1,k}\frac{\partial T}{\partial r}\right)'_{r}+\sum_{k=1}^{n}\nu_k\Omega_{2,k}\left(\omega_{2,k}\frac{\partial T}{r\partial\varphi}\right)'_{\varphi}+ \qquad (2.9)$$
$$+\sum_{k=1}^{n}\nu_k\Omega_{3,k}\left(\omega_{3,k}\frac{\partial T}{\partial z}\right)'_{z}+\frac{\partial}{\partial t}F(r,\varphi,z,t).$$

Три уравнения (2.7) и одно уравнение (2.9) вместе с соответствующими граничными и начальными условиями составляют разрешающую систему для определения U, V, W и функции температуры T. В случае осесимметричной задачи уравнения (2.4) принимают вид:

$$(\lambda+2\mu)r\frac{\partial\theta}{\partial r}+2\mu\frac{\partial}{\partial z}(r\omega_\varphi)-\gamma\frac{\partial T}{\partial r}+2\frac{\partial\mu}{\partial r}\frac{\partial U}{\partial r}+\frac{\partial\lambda}{\partial r}\theta-\frac{\partial\gamma}{\partial r}T+\frac{\partial\mu}{\partial z}\gamma_{rz}+R=\rho\ddot{U};$$
$$(\lambda+2\mu)r\frac{\partial\theta}{\partial r}-2\mu\frac{\partial}{\partial r}(r\omega\varphi)-\gamma\frac{\partial T}{\partial z}+2\frac{\partial\mu}{\partial z}\frac{\partial W}{\partial z}+\frac{\partial\lambda}{\partial z}\theta-\frac{\partial\gamma}{\partial z}\tau+\frac{\partial\mu}{\partial z}\gamma_{rz}+Z=\rho\ddot{W}. \qquad (2.10)$$

В данном случае V=0, а U, W не зависят от φ.

$$\omega_r = \frac{1}{2r}\left(\frac{\partial W}{\partial \varphi} - r\frac{\partial V}{\partial z}\right) = 0;$$
$$\omega_z = \frac{1}{2r}\left(\frac{\partial}{\partial r}(rV) - r\frac{\partial U}{\partial \varphi}\right) = 0;$$
$$\omega_\varphi = \frac{1}{2r}\left(\frac{\partial U}{\partial z} - \frac{\partial W}{\partial r}\right) = 0;$$
$$\theta = \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{U}{r} + \frac{\partial W}{\partial z} = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rU) + \frac{\partial W}{\partial z}. \qquad (2.11)$$

В случае R=Z=0 и для случая равновесия:

$$(\lambda + 2\mu)r\frac{\partial \theta}{\partial r} + 2\mu\frac{\partial}{\partial z}(r\omega_\varphi) - \gamma\frac{\partial T}{\partial r} + 2\frac{\partial \mu}{\partial r}\frac{\partial U}{\partial r} + \frac{\partial \lambda}{\partial r}\theta - \frac{\partial \gamma}{\partial r}T + \frac{\partial \mu}{\partial z}\gamma_{rz} = 0;$$
$$(\lambda + 2\mu)r\frac{\partial \theta}{\partial r} - 2\mu\frac{\partial}{\partial r}(r\omega_\varphi) - \gamma\frac{\partial T}{\partial z} + 2\frac{\partial \mu}{\partial z}\frac{\partial W}{\partial z} + \frac{\partial \lambda}{\partial z}\tau + \frac{\partial \mu}{\partial z}\gamma_{rz} = 0. \qquad (2.12)$$

3. Основные уравнения термо-вязко-упругости в сферических координатах (рис. 1)

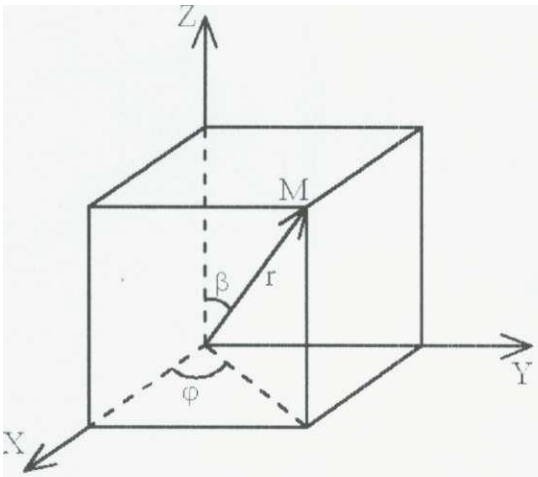


Рис.1.

$$x = r\cos\varphi\sin\beta;$$
$$y = r\sin\varphi\sin\beta; \qquad (3.1)$$
$$z = r\cos\beta.$$

а) физические уравнения:

$$\sigma_{ij} = 2\mu\varepsilon_{ij} + (\lambda\theta - \gamma T)\sigma_{ij} \qquad (3.2)$$

б) геометрические соотношения:

$$\varepsilon_r = \frac{\partial U}{\partial r}; \quad \varepsilon_\beta = \frac{U}{r} + \frac{1}{r}\frac{\partial V}{\partial \beta};$$
$$\varepsilon_\varphi = \frac{U}{r} + \frac{V}{r}ctg\beta + \frac{1}{r}\frac{\partial W}{\partial \varphi}\frac{1}{\sin\beta}; \qquad (3.3)$$

в) уравнения равновесия (движения):

$$\frac{\partial\sigma}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\tau_{r\beta}}{\partial\beta}+\frac{1}{r\sin\beta}\frac{\partial\tau_{r\varphi}}{\partial\varphi}+\frac{1}{r}\left(2\delta_r-\delta_\beta-\delta_\varphi+\tau_{r\beta}ctg\beta\right)+R=0,\ \left(\rho\ddot{U}\right);$$

$$\frac{\partial\tau_{r\beta}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\delta_\beta}{\partial\beta}+\frac{\partial\tau_{\varphi\beta}}{r\sin\beta\partial\varphi}+\frac{1}{r}\left[\left(2\delta_\beta-\delta_\varphi\right)ctg\beta+3\tau_{r\beta}\ \right)\right]+\beta=0,\left(\rho\ddot{V}\right); \qquad (3.4)$$

$$\frac{\partial\tau_{r\varphi}}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial\tau_{\beta\varphi}}{\partial\beta}+\frac{1}{r\sin\beta}\frac{\partial\delta_\varphi}{\partial\varphi}+\frac{1}{r}\left[3\tau_{r\varphi}+2\delta_{\beta\varphi}ctg\beta\right]+\Phi=0,\ (\rho\ddot{W}).$$

Уравнения термоупругости в перемещениях в сферических координатах имеют вид (исходные соотношения):

$$\left(\lambda+2\mu\right)\frac{\partial\theta}{\partial r}-\frac{2\mu}{r\sin\beta}\left[\frac{\partial\left(\omega_\varphi\sin\beta\right)}{\partial\beta}-\frac{\partial\omega_\beta}{\partial\varphi}\right]-\gamma\frac{\partial T}{\partial r}+R=0,\ (\rho\ddot{U});$$

$$\left(\lambda+2\mu\right)\frac{1}{r}\frac{\partial\theta}{\partial\beta}-\frac{2\mu}{r\sin\beta}\left[\frac{\partial\omega_r}{\partial\varphi}-\frac{\partial\left(r\omega_\beta\right)}{\partial r}\sin\beta\right]-\gamma\frac{\partial T}{r\partial\beta}+\beta=0,\ \left(\rho\ddot{V}\right); \qquad (3.5)$$

$$\left(\lambda+2\mu\right)\frac{1}{r\sin\beta}\frac{\partial\theta}{\partial\varphi}-\frac{2\mu}{r}\left[\frac{\partial\left(\omega_\beta r\right)}{\partial r}-\frac{\partial\omega_r}{\partial\beta}\sin\beta\right]-\gamma\frac{\partial T}{r\sin\partial\varphi}+\Phi=0,\ (\rho\ddot{W}).$$

где λ,μ,γ определяются по (1.4) и (1.4):

$$\theta=\frac{1}{r^2\sin\beta}\left[\frac{\partial\left(r^2U\right)}{\partial r}\sin\beta+r\frac{\left(v\sin\beta\right)}{\partial\beta}+\frac{\partial W}{\partial\varphi}\right]. \qquad (3.6)$$

4. Граничные и начальные условия

$$\omega_r=\frac{1}{2r\sin\beta}\left[\frac{\partial\left(W\sin\beta\right)}{\partial\beta}-\frac{\partial v}{\partial\beta}\right];\quad \omega_\beta=\frac{1}{2r\sin\beta}\left[\frac{\partial U}{\partial\varphi}-\frac{\partial\left(rW\right)}{\partial r}\sin\beta\right];$$

$$\omega_\varphi=\frac{1}{2r}\left[\frac{\partial\left(rv\right)}{\partial r}-\frac{\partial U}{\partial\beta}\right]. \qquad (3.7)$$

Оператор Лапласа имеет вид:

$$\nabla^2=\frac{\partial^2}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial}{\partial r}+\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial\beta^2}+\frac{\cos\beta}{r^2\sin\partial\beta}+\frac{1}{r^2\sin^2\beta}\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2}. \qquad (3.8)$$

К уравнениям равновесия (движения) следует присоединить граничные и начальные условия.

Пусть на части границы S_u заданы перемещения:

$$U_i=U_i^0\left(x_i,t\right)\qquad \text{на } S_u \qquad (4.1)$$

На другой части могут быть заданы внешние поверхностные силы R которые

$$R_{ij}=\lambda\left(\frac{\partial U_1}{\partial x_1}+\frac{\partial U_2}{\partial x_2}+\frac{\partial U_3}{\partial x_3}\right)\delta_{ij}l_j+\mu\left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j}+\frac{\partial U_j}{\partial x_i}\right)l_j\qquad \text{на } S_0 \qquad (4.2)$$

$$U_i = f_i(x_i,0); \qquad \frac{\partial U_i}{\partial r} = \varphi_i(x_i,0) \tag{4.3}$$

должны быть представлены в перемещениях:

В начальный момент $t=0$ должны быть заданы перемещения и скорости:

$$\mathrm{T}(x_i,0) = f(x_i); \tag{4.4}$$

Граничные и начальные условия должны быть сформулированы и для уравнения

$$\left(\frac{\partial \mathrm{T}}{\partial U}\right)_{..} = \frac{\mathrm{K}}{\Lambda}(\vartheta - \mathrm{T})_{S_2} \tag{4.5}$$

теплопроводности.
Пусть известно начальное распределение температуры:
Если кроме того имеет место теплообмен, то по закону Ньютона:

Три уравнения равновесия в перемещениях (1.18, 2.7 или 3.5) и одно уравнение (4.1÷4.5) теплопроводности (1.14, 2.9) вместе с соответствующими граничными условиями (1, 5.5) составляют разрешающую систему четырех уравнений для определения компонент вектора перемещения U,V,W и функции температуры Т.

Библиографический список:

1. Постригач Я.С., Ломакин В.А., Колянов Ю.М.: Термоупругость тел неоднородной структуры - М.: Наука, 1984г.-368 с.
2. Боли Б., Уэйнер Дж.: Теория температурных напряжений - М.: Мир, 1980г.- 517 с.
3. Коренев Б.Г.: Задачи теории теплопроводности - М.: Наука, 1980г.- 400 с.
4. Ломакин В.А.: Теория упругости неоднородных тел - М.:, Издательство МГУ, 1976г.- 367 с.
5. Новацкий В. « Теория упругости » - М.: Мир, 1975г.- 872 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.713

В.Б. Мелехин, А.М. Бахмудов

НЕЧЕТКАЯ СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

V.B. Melehin, A.M. Bahmudov

ILL-defined network model of the presentation of the knowledges of the intellectual system for planning of instrumental activity

Предлагается оригинальная модель представления знаний интеллектуальных систем в виде активной нечеткой семантической сети, позволяющей планировать инструментальную деятельность в неопределенных условиях проблемной среды.

The original model of the presentation of the knowledges of the intellectual systems is Offered in the manner of active ill-defined semantic network, allowing plan instrumental activity in ambiguity terms of the problem-solving ambience.

Одной из актуальных проблем искусственного интеллекта является организация инструментальной деятельности автономных интеллектуальных систем (ИС) в условиях неопределенности.

Характерной особенностью ИС, способных функционировать в условиях неопределенности, является то, что знания в таких системах должны быть не только структурированы, но и представлены безотносительно к конкретным условиям функционирования. Для описания ситуаций проблемной среды безотносительно к конкретной области можно использовать расплывчатые семантические сети (РСС), имеющие активные и пассивные вершины[1].

Следует отметить, что представление знаний с помощью рассмотренных выше РСС носит декларативный характер, а это снижает возможности применения таких моделей при их использовании интеллектуальной системой, активно действующей в ПС. Обойти отмеченный недостаток рассмотренных РСС, можно следующим образом.

Во-первых, назовем такие расплывчатые семантические сети полуактивными и соответственно используемые в них два типа вершин – пассивными и полуактивными. Во-вторых, для придания полуактивной сети процедурного характера введем в их структуру третий тип вершин, которые назовем вершинами, служащими для представления активно используемых объектов ПС. Активные вершины такого типа $v^{*}_{i27}(a) \in V_1$ в РСС определяются множеством троек $v^{*}_{i27}(a) = \{<X_j , B_j, S>\}$, $j=1,_1$, где X_j- множество характеристик, которыми должны обладать o_j, $j=1,k$ объекты ПС, чтобы была допустимой пометка этой вершины $v^{*}_{i27}(a)$ данными объектами; B_j - действия, которые может выполнить ИС над различными предметами ПС, используя объект o_j в качестве инструмента с целью достижения в среде результата S. Таким образом, активная вершина может быть помечена k различными объектами, обеспечивающими в соответствии со сложившейся в ПС ситуации достижение результата S. Назовем такие объекты $O_S=\{o_j\}$, j=1,k косвенно аналогичными друг другу по результатам их применения ИС в ПС. Другими словами, множество объектов O_S, состоит из k_1 классов аналогичных друг другу

по характеристикам объектов, $k_1<k$ внутри каждого класса [2] и косвенно аналогичных между собой объектов из различных классов. Например, активная вершина может быть описана следующими тремя множествами характеристик: k(1) – множество характеристик, определяющих класс объектов, на которые можно влезть и достать другой объект, находящийся за пределами рабочей зоны ИС по высоте; k(2) – множество характеристик, определяющих класс объектов, которые можно поднять и ударяя ими сбить другой объект ПС, находящийся за пределами рабочей зоны ИС по высоте; k(3) – множество характеристик, определяющих класс объектов, которые можно взять и подбрасывая сбить другой объект ПС, находящийся за пределами рабочей зоны ИС по высоте.

Полученная таким образом модель описания ситуаций ПС позволяет ИС организовать инструментальную деятельность в проблемной среде при наличии в ней хотя бы одного объекта $o_j \in O_S$. Это значительным образом увеличивает функциональные возможности ИС в априори неопределенных средах.

Таким образом, формально активная расплывчатая семантическая сеть является ориентированным нечетким мультиграфом $G_1=(V_1,E_1)$,где $V_1=\{v_{i27}\}$, $i_{27}= 1,n_{27}$ и $E_1=\{e_{i28}\}$, $i_{28}=1,n_{28}$-соответственно, множество вершин и ребер. Вершины $v_{i27} \in V_1$ биективно соответствуют объектам ПС, а ребра - отношениям, складывающимся в среде между этими объектами. Вершины $v_{i27} \in V_1$ могут быть трех типов: свободные v^c_{i27}, занятые v^0_{i27} и активные $v^*_{i27}(a)$. Каждая свободная вершина $v^c_{i27} \in V_1$ определяется множеством характеристик X_{i27}, которыми должны обладать конкретные объекты $o_{i1} \in O$,чтобы была разрешена пометка этой вершины их именами в конкретной (текущей) ситуации ПС. После выполнения такой пометки свободная вершина v^c_{i27} становится пассивной v^0_{i27} и определяется множеством характеристик X_{i1} конкретного объекта, которым она помечена. Иными словами, свободная вершина v^c_{i27} е V_1 помечается объектом $o_{i1}(X_{i1}) \in O$, если выполняется условие $X_{i27} \subseteq X_{i1}$,где запись $o_{i1}(X_{i1})$ означает, что объект o_{i1} описывается множеством характеристик X_{i1}.

Ребра $e_{i28} \in E$ или отношения между объектами ПС задаются тройками $<\mu_{i29}, R^{j5}_{i29}, x_{i29}>$, где R^{j5}_{i29} - расплывчатое значение (терм) лингвистической переменной $R_{i29} \in R^*$; $\mu_{i29} \in [0,1]$ - степень принадлежности количественного значения x_{i29} лингвистической переменой $R_{i29} \in R^*$ интервалу численных значений терма R^{j5}_{i29} ; $R^* \subseteq R$, R^*- множество лингвистических переменных, биективно соответствующих семантическому определению различных отношений.

В рассмотренном случае при описании РСС ограничения, определяемые элементами R^{j5}_{i29} терм-множества $T_{i29}(R_{i29})$ лингвистической переменой R_{i29} и накладываемые на базовые переменные $x_{i29} \in U_{i29}$(множество базовых значений лингвистической переменной) задаются четко и вычисляются, исходя из функционального назначения и возможностей ИС. Иначе говоря, множество базовых значений U_{i29} разбивается на $j_5=1,R_{29}$ непересекающихся открытых справа интервалов согласно заданному на его элементах отношению эквивалентности "находиться внутри j_5 интервала ".

Для перехода от количественных значений отношений, складывающихся между объектами ПС, измеренных при помощи информационно-измерительной системы ИС и определяемых базовыми значениями x_{i29} лингвистических переменных, к качественным их значениям, т.е. к одному из термов R^{j5}_{i29} можно использовать преобразования следующего вида:

$$x_{i29} \Rightarrow \begin{cases} R^1_{i29}\ , \text{если } 0 \le x_{i29} < r_1^*\ ; \\ R^2_{i29} \text{ если } r_1^* \le x_{i29} < r_2^* \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ R^5_{i29}\ , \text{если } r_{i29-1} \le x_{i29} < r_{i29}^*, \end{cases} \qquad (1)$$

где r_{i29-1} и r_{i29} соответственно, нижняя и верхняя граница числовых значений терма R^5_{i29}.

Степень принадлежности μ_{i29} значений базовой переменной x_{i29} множеству числовых значений терма R^{j5}_{i29} может вычисляться из выражения

$$\mu_{i29} = \begin{cases} 1\text{-}x_{i29}/r^*_{j4}, \text{ если } x_{i29} \in R^{*j5}_{i29}; \\ 0, \quad \text{в противном случае} \end{cases} \qquad (2)$$

где R^{*j5}_{i29} - интервал численных значений терма $R^{j5}_{i29} \in T_{i29}(R_{i29})$; r^*_{j4}-верхняя граница числовых значений этого терма. Иными словами, степень принадлежности может определяться как отношение значения базовой переменной x_{i29} к верхнему граничному значению r^*_{j4} интервала численных значений соответствующего терма R^{j5}_{i29}.

Рассмотренный подход определения компонентов μ_{i29} и R^{j5}_{i29} троек описания отношений в РСС при помощи выражений (1) и (2) позволяет легко переходить от количественного значения отношения, определяемого базовой переменной x_{i29}, к качественному значению отношения, выраженному тройкой $< x_{i29}, \mu_{i29}, R^{j5}_{i29}>$, а также осуществлять обратный переход от качественного значения к количественному при функционировании в конкретных условиях ПС.

В общем случае, семантическая интерпретация термов определяется при проектировании ИС или выявляется путем обучения ИС человеком-оператором, исходя из класса решаемых ею задач.

Для сравнения двух значений отношений между собой, заданных тройками $< x^1_{i29}, \mu^1_{i29}, R^{1j5}_{i29}>$ и $< x^2_{i29}, \mu^2_{i29}, R^{2j5}_{i29}>$ введем характеристический показатель степени равенства (близости) $\rho(\mu^1_{i29}, \mu^2_{i29})$, которая может вычисляться следующим образом:

$$\rho(\mu^1_{i29}, \mu^2_{i29}), = \begin{cases} 1, \text{если } (|x^1_{i29} - x^2_{i29}| \le x_0); \\ = \mu^1_{i29} \leftrightarrow \mu^2_{i29}, \text{если } ((|x^1_{i29} - x^2_{i29}| > x_0) \& (R^{1j5}_{i29} = R^{2j5}_{i29})); \\ 0, \text{если } R^{1j5}_{i29} \ne R^{2j5}_{i29}, \end{cases}$$

где x_0 - параметр, определяющий требуемое значение точности операции сравнения величин одноименного отношения; $\leftrightarrow$ операция расплывчатой эквивалентности, определяемая по формуле[3]: $\text{in}(\text{ax}(\mu^1_{i29}, 1\text{-}\mu^2_{i29}), \text{ax}(\mu^2_{i29}, 1\text{-}\mu^1_{i29}))$.

Таким образом, два значения одноименных отношений в сравниваемых $РСС_1$ и $РСС_2$ - $e^1_{i28} = < x^1_{i29}, \mu^1_{i29}, R^{1j5}_{i29}>$ и $e^2_{i28} = < x^2_{i29}, \mu^2_{i29}, R^{2j5}_{i29}>$ равны между собой, если они попадают в интервал численных значений терма R^{j5}_{i29} в окрестность одной и той же точки, определяемую значением параметра x_0; два количественных значения x^1_{i29} и x^2_{i29} расплывчато равны между собой, если они принадлежат интервалу численных значений одного и того же терма R^{1j5}_{i29} и, наконец , значения x^1_{i29} и x^2_{i29} не равны между собой, если они попадают в интервалы численных значений различных термов лингвистической переменной R_{i29}.

Отсюда, степень различия $\rho^{-1}(\mu^1_{i29}, \mu^2_{i29})$ двух значений одноименных отношений в сравниваемых РСС может определяться следующим образом:

$$\rho^{-1}(\mu^{1}{}_{i29},\ \mu^{2}{}_{i29}) = \begin{cases} 1-\rho(\mu^{1}{}_{i29},\ \mu^{2}{}_{i29}),\ \text{если } R^{1j5}{}_{i29} = R^{2j5}{}_{i29}; \\ j_{15} - j_{25},\ \text{если } R^{1j5}{}_{i29} \neq R^{2j5}{}_{i29}, \end{cases} \quad (3)$$

где j_{15} *и* j_{25} порядковые номера термов $R^{1j5}{}_{i29}$ *и* $R^{2j5}{}_{i29}$ соответственно.

Из выражения (3) следует, что если $\rho^{-1}(\mu^{1}{}_{i29},\ \mu^{2}{}_{i29})>1$, то между значениями одноименного отношения в сравниваемых $РСС_1$ и $РСС_2$ имеется различие, которое требуется устранить для преобразования $РСС_1$ в $РСС_2$.

Определение 1. Если РСС $G_1=(V_1,E_1)$ содержит только занятые вершины $v^{o}{}_{i27} \in V_1$, то такая сеть называется пассивной и определяет конкретную ситуацию ПС.

Определение 2. Расплывчатая семантическая сеть, включающая только одни только свободные $v^{c}{}_{i27} \in V_1$ и активные вершины $v^{*}{}_{i27} \in V_1$, называется нормально активной, т.е. она задана безотносительно к конкретной предметной области.

Таким образом, при пометке вершин $v^{c}{}_{i27},\ v^{*}{}_{i27} \in V_1$ в активной сети G_1 конкретными объектами $o_{i1}(X_{i1}) \in O$ ПС, а ребер конкретными значениями отношений между этими объектами, сеть G_1 становится нормально пассивной и определяет текущую ситуацию среды $s^{t}_{i3} \in S$.

Рассмотрим в качестве примера структуру следующей РСС. Допустим ПС характеризуется текущей ситуацией, имеющей следующее содержание: заготовка лежит на многоярусном стеллаже на высоте h=1,8 м. Стеллаж расположен на расстоянии $a_1 = 1$ м от ИС и $a_2 = 4$ м от металлорежущего станка. Подставка находится на расстоянии $a_3 = 0{,}2$ м от станка и $a_4 = 4$ м от ИС. Интеллектуальная система является мобильной и снабжена манипулятором, рабочая зона которого задается полусферой с радиусом $r^{*}_1=1.3$ м. Зона прямой видимости технического зрения ИС равна $r_2^{*} < 10$ м.

С учетом выражений (1) и (2) мультиграф РСС, биективно соответствующий описанной ситуации ПС, будет представлен следующим образом (см. рис 1).

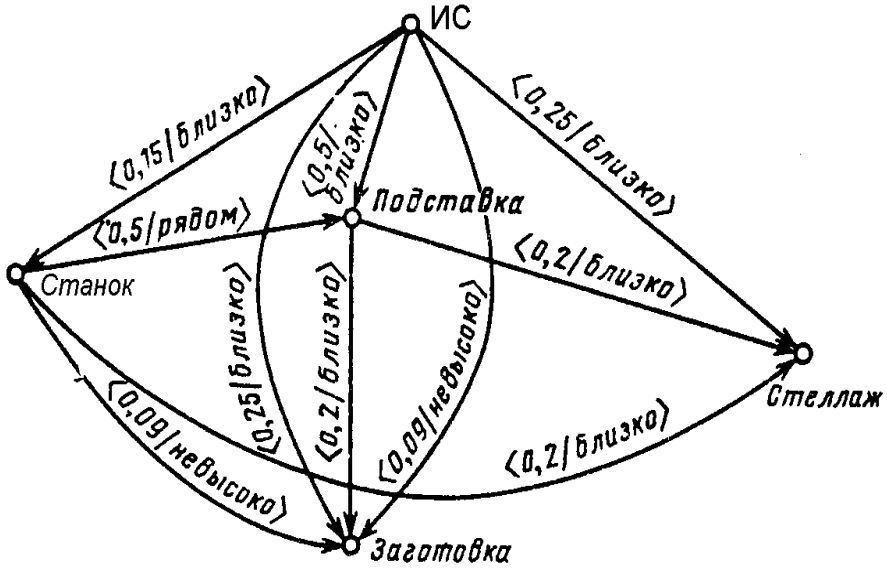


Рис. 1. Структура пассивной расплывчатой семантической сети.

Аналитически этот граф можно описать следующим образом:

ИС((((<<0,09/невысоко><0,25/близко>заготовка>)& (<0,25/близко>стеллаж) &(<0,15/близко>станок>) &(<0,5/близко>подставка) &станок(((<<0,5/рядом>подставка>&<<0,25/близко>стеллаж>)&<0,09/невысоко>заготовка>)&подставка((<<0,2/близко>стеллаж>)&<<0,2/близко>заготовка>), где & - конъюнкция, обозначающая одновременность происходящего события; "рядом", "близко"- термы

лингвистической переменной "расстояние"; "невысоко"- терм лингвистической переменной "высота".

При аналитическом описании РСС выражение, заключенное в фигурные скобки называется отдельным фрагментом сети, а имена объектов, с которых начинаются фрагменты, определяются как ключевые понятия фрагментов. Фрагменты РСС, необходимые для описания ПС достаточного для принятия решений, можно определить эвристическим путем. Например, первый базовый фрагмент строится относительно ключевой вершины сети, помеченной понятием "ИС". Следующие необходимые фрагменты формируются относительно объектов, входящих в структуру заданного на текущий момент времени целевого условия, но над которыми ИС непосредственных действий не выполняет. Третий вид фрагментов строится в процессе функционирования относительно объектов, используемых ИС в качестве вспомогательных инструментов.

Приведенная на рисунке сеть является пассивной и отражает конкретную ситуацию проблемной среды. В структурно-эквивалентной ей активной сети, которую использует ИС для планирования инструментальной деятельности в описанной ситуации ПС, вершины «станок» и «стеллаж» заменяются на вершины «произвольный объект», вершина «заготовка» заменяется на свободную вершину «произвольный объект имеющий вес $\leq m_1$, габаритные размеры $\leq L$», а вершина «подставка» определяется активной вершиной, которая определяется объектом « имеет вес $\leq m_1$; габаритные размеры по высоте - $\leq L_1$, позволяющие влезть на объект; имеет плоскую поверхность s, позволяющую стоять на объекте».

Таким образом, предложенная модель представления знаний позволяет организовать инструментальную деятельность автономной интеллектуальной системы в априори неописанных проблемных средах.

Библиографический список:

1. Берштейн Л.С., Мелехин В.Б. Структура процедурного представления знаний интегрального робота. 1. Расплывчатые семантические сети // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. -1988. -№ 6.

2. Берштейн Л.С., Мелехин В.Б. Определение аналогии между ситуациями проблемной среды для переноса накопленного опыта поведения// Известия РАН. Теория и системы управления. – 1997. - N5.

3. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Экспертные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 2000.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 621.3.011.719

Т.А. Исмаилов, А.А. Тамаев

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФОРМАЛИЗМА ГАМИЛЬТОНА ДЛЯ КАНОНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИСТЕМ КООРДИНАТ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В «ЦЕПЯХ»

Осуществлено математическое преобразование системы координат применительно к традиционной исходной модели, описывающей физический динамический процесс в «цепях» (электронных схем приборостроения, электрических и радиотехнических схем) на примере колебательного контура LC. При этом в новой модели переменные динамического процесса разделены друг от друга (т.е. не связаны между собой), что является принципиально важным как с теоретической, так и с практической точки зрения.

Ключевые слова: *моделирование, формализм Гамильтона, канонические преобразования, система координат, уравнения движения.*

T.A.Ismailov, A.A. Tamaev.

ABOUT THE POSSIBILITY OF THE APPLICATION OF HAMILTON'S FORMALISM FOR CANONICAL TRANSFORMATION OF COORDINATE SYSTEM WHILE MODELING THE DYNAMIC PHYSICAL PROCESSES IN "CIRCUITS"

Mathematic transformation of coordinate system is applied to traditional starting model describing physical and dynamic processes in "circuits" (electronic schemes of instrument-making, electrical and radio and technical schemes) with the oscillatory contour LC taken as a model. At which, variable quantities of dynamic process are separated from each other in a new model (that is they are not connected to each other), and this fact is crucially important from theoretical as well as from practical point of view.

Keywords: *modeling, Hamilton's formalism, canonical (canon) transformations, coordinate system, equation of motion.*

1. Введение. Из литературы известно, что для любых «систем» (включая «цепи») уравнения движения переменных, т.е. модели динамического процесса, могут иметь более простую форму записи в преобразованной системе координат по сравнению с записью в исходной системе координат. Отмеченный фактор является существенным для практики по ряду причин, в частности: а) позволяет устранить некоторые трудности при расчетах сложных «цепей»; б) позволяет разработать более эффективные вычислительные программы для ЭВМ и пр.

Но в подавляющее число математических моделей динамических процессов в «цепях», представленных в обширной литературе по ним [1,2], не позволяют осуществлять на строгих принципах соответствующие преобразования координат. Более того, почти нигде не оговаривается то, что предлагаемая модель расписана в некоторой исходной системе координат (хотя это и подразумевается). И это не случайно. Почти все отмеченные модели по «цепям» хоть и разнообразны по форме, но имеют общую для них научную концепцию (формализм), в рамках которой трудно разработать эффективную строгую математическую теорию преобразования координат. Но существуют в науке и

иные концепции, (формализмы) в рамках которых разработаны добротные теории преобразования координат. Так в данной работе применяется формализм Гамильтона, который широко используется в теоретической физике, аналитической и квантовой механике и иных теориях, например [4].

В большинстве представленных в литературе моделей динамики в «цепях» [1,2] используется в качестве независимых переменных в моделях любых систем лишь одна группа (вектор) величин. Например, в теории «цепей» используется вектор токов или напряжений. Совершенно иная ситуация в формализме Гамильтона, в котором в качестве независимых переменных вводятся две группы (векторов), так называемых канонически-сопряженных величин. В частности благодаря этому в рамках формализма Гамильтона и была разработана математиками теория канонических преобразований координат.

2. Канонические преобразования координат.

а) Уравнения Гамильтона.

Основой формализма Гамильтона являются уравнения Гамильтона. После некоторых авторских выкладок и преобразований (опущенных здесь) выпишем их в матричной форме применительно к «цепям»

$$\begin{bmatrix} \dot{q} \\ \dot{p} \end{bmatrix} = E_c \begin{bmatrix} \frac{\partial H}{\partial q} \\ \frac{\partial H}{\partial p} \end{bmatrix} + E_c \begin{bmatrix} \frac{\partial \Re}{\partial \dot{q}} \\ \frac{\partial \Re}{\partial \dot{p}} \end{bmatrix} + E_c \begin{bmatrix} Ke \\ Ki_{ucm} \end{bmatrix} \qquad (1)$$

где «q» и «p»-подматрицы (вектора) канонически сопряженных переменных (для «цепей» это например соответственно независимые электрические заряды и магнитные потокосцепления); H-функция Гамильтона; E_c-симплектичная (единичная антисимметричная) матрица; e-подматрица ЭДС; K-главная контурная матрица; $\Re$-функция Релея.

Попутно отметим, что из выражения (1), были выведены, после ряда преобразований, расчетные, сравнительно простые выражения, описывающие уравнения Гамильтона для «цепей», удобные для использования в практике. Одно из них приведено в [3].

б) Некоторые положения из теории канонических преобразований.

Преобразования канонически-сопряженных переменных «q» и «p» называются каноническими, если эти преобразования сохраняют форму уравнений Гамильтона. Выпишем эти преобразования в общем виде.

$$Q_k=Q_k(q_1, q_2,\ldots,q_n, p_1, p_2,\ldots, p_n) \qquad (2)$$

$$P_k= P_k(q_1, q_2,\ldots,q_n, p_1, p_2,\ldots, p_n) \qquad (3)$$

$$k = 1, 2,\ldots, n$$

где q, p – старые канонически - сопряженные переменные;

P, Q – новые канонически - сопряженные переменные.

Имеются специальные условия и правила проверки корректности формул канонических преобразований. Мы, ниже, пока используем одно из них, основанное на понятии «скобок Пуассона». (Теория «скобок Пуассона» также является составной частью формализма Гамильтона). Из теории имеем, что преобразование переменных является каноническим, в случае если выполняются следующие условия для скобок Пуассона:

$$(P_r, P_l)_{pq} = (Q_r, Q_l)_{pq}=0; \qquad (4)$$

$$(P_r, Q_l)=\delta_{rl}, \quad \left.\begin{matrix} \delta_{rl} \neq 0, \\ \delta_{rl} = 1, \end{matrix}\right\} \quad \begin{matrix} при \quad r \neq l \\ при \quad r = l \end{matrix} \qquad (5)$$

В целом теория канонических преобразований является довольно сложной, а ее применение для практики («цепей») требует осуществления цепочки различных исследований применительно к сложным «цепям». Поскольку данная работа является одной из первых в этой цепочке исследований, то очевидно, что она не претендует на их

законченность. В работе лишь показывается возможность эффективного использования канонического преобразования координат на примере одного из самых распространенных простых физических устройств, а именно гармонического осциллятора.

в) Каноническое преобразование системы координат применительно к процессу динамики (в виде уравнений «движения») типового гармонического осциллятора.

Типовая модель гармонического осциллятора используется в теории колебаний, в теоретической физике и ее различных прикладных разделах. Например: в механике это колеблющийся маятник, а также закрепленная одним концом пружина, колеблющаяся около положения равновесия; в электронике, электротехнике и радиотехнике это контур из элементов «L» и «C»; в энергосистемах это «качания» электромеханических генераторов; и т.п.

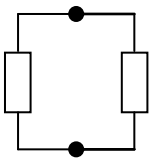


Рис.1

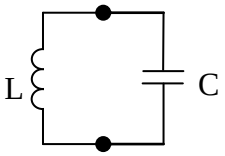


Рис.2

Для общности изображения гармонического осциллятора приведем его в виде схемы на рис.1, а на рис.2 – известный по литературе колебательный электрический контур «LC»:

Причем контур типа «LC», с параметрами «L» и «C» (рис.2) будем также условно считать как обобщенный гармонический осциллятор с обобщенными параметрами «L» и «C» (не обязательно электрическими), см. рис.1, конкретный физический смысл которых определяется конкретной задачей.

Характерной особенностью консервативного гармонического осциллятора является то, что он имеет внутреннюю энергию «W», как сумму энергий кинетической (магнитной) и потенциальной (электрической). Возможны и дуальные соответствия энергий (кинетическая - электрическая, потенциальная – магнитная), что не имеет принципиального значения.

Обозначим условно кинетическую – магнитную энергию как «W_M», а потенциальную – электрическую как «$W_Э$».

Учитывая вышеотмеченное, имеем:

$$W=W_M+W_Э \tag{6}$$

Согласно материалам из [3] для большинства «цепей»:

$$H\equiv W \tag{7}$$

где H- функция Гамильтона.

Итак, согласно формализму Гамильтона, «априори» имеем [3]:

$$W_Э=\frac{q^2}{2C};\qquad W_M=\frac{p^2}{2L}, \tag{8}$$

где«q» и «p» - канонически-сопряженные переменные.

Тогда из (6), (7), (8) следует:

$$H\equiv W=W_Э+W_M=\frac{q^2}{2C}+\frac{p^2}{2L}. \tag{9}$$

Применительно к цепям:

$$q\equiv q_c,\ p\equiv p_L \tag{10}$$

где q_c – электрический заряд; p_L – потокосцепление (магнитное); C – емкость;
L – индуктивность.

г) Вывод уравнений «движения» в исходной системе координат.

Осуществим вывод для типового обобщенного случая, т.е. для обобщенного гармонического осциллятора с условными параметрами L и C.

Используем для вывода уравнений «движения» (динамики) – уравнения Гамильтона (1). Применительно к рассматриваемому примеру второе и третье слагаемое в (1) опускаем, а число n≡1. Тогда выражение (1) с учетом (9) примет вид:

$$\dot{q} = \frac{\partial H}{\partial p} = \frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{p^2}{2L}\right) = \frac{p}{L} \tag{11}$$

$$\dot{p} = -\frac{\partial H}{\partial q} = -\frac{\partial}{\partial q}\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{p^2}{2L}\right) = -\frac{q}{C} \tag{12}$$

Выпишем результирующие выражения (11), (12):

$$\dot{q} = \frac{p}{L}, \quad \dot{p} = -\frac{q}{C} \tag{13}$$

Хотя каждое из выражений (13) в отдельности косвенно известно из обычных теорий, но там они записываются «априори» (по определению), а выше (согласно формализму Гамильтона) они выводятся как одна пара.

д) Вывод новых уравнений «движения» переменных «Q» и «P» в преобразованной системе координат.

В связи с тем, что в данной работе целью является лишь использование некоторого частного канонического преобразования, то мы естественно изберем и частный путь подбора нужного нам канонического преобразования в виде метода «проб и ошибок», т.е. осуществим интуитивный подбор необходимых преобразований, с последующей их проверкой на каноничность с помощью скобок Пуассона (2), (3). Подобный путь подбора канонических преобразований вполне допустим, и имеет определенное распространение в практике, которая применяет теорию формализма Гамильтона, в виду сложности общего подхода, использование которого с общих позиций применительно к простым задачам может выглядеть как «стрельба из пушек по воробьям».

Итак, введем следующие канонические преобразования:

$$Q = \left(\frac{p}{\sqrt{2L}} - j\frac{q}{\sqrt{2C}}\right)\sqrt{\sqrt{LC}} \tag{14}$$

$$\mathrm{P} = j\left(\frac{p}{\sqrt{2L}} + j\frac{q}{\sqrt{2C}}\right)\sqrt{\sqrt{LC}} \tag{15}$$

Введем следующие обозначения:

$$\sqrt{\frac{1}{LC}} = \omega \tag{16}$$

Тогда выражения (14), (15) примут вид:

$$Q = \left(\frac{p}{\sqrt{2L}} - j\frac{q}{\sqrt{2C}}\right)\sqrt{\omega} \tag{17}$$

$$\mathrm{P} = j\left(\frac{p}{\sqrt{2L}} + j\frac{q}{\sqrt{2C}}\right)\sqrt{\omega} \tag{18}$$

Проверим скобки Пуассона (согласно их содержательной стороне, из литературы) по переменным Q и P, с учетом выражений (4), (5). Проведем одну из этих проверок.

$$(\mathrm{P},\mathrm{Q})_{\mathrm{pq}} = \frac{\partial \mathrm{P}}{\partial \mathrm{p}}\frac{\partial Q}{\partial q} - \frac{\partial \mathrm{P}}{\partial q}\frac{\partial Q}{\partial p} = \frac{j}{\sqrt{2L\omega}}\frac{-j}{\sqrt{2C\omega}} - \frac{jj}{\sqrt{2C\omega}}\frac{1}{\sqrt{2L\omega}} = 1 \tag{19}$$

Т.е. условие скобок Пуассона, с учетом выражения (5) удовлетворено. Аналогично проверено и условие по выражению (4). Таким образом, делаем вывод, что преобразования (17), (18) являются каноническими.

Осуществим далее некоторые преобразования.

Первоначально перемножим Q на P . Тогда учитывая (17), (18) получим

$$\mathrm{PQ}=\left(\frac{p}{\sqrt{2L}}-j\frac{q}{\sqrt{2C}}\right)\frac{1}{\sqrt{\omega}}\,j\left(\frac{p}{\sqrt{2L}}+j\frac{q}{\sqrt{2C}}\right)\frac{1}{\sqrt{\omega}}=\frac{j}{\omega}\left(\frac{p^2}{2L}+\frac{q^2}{2C}\right)=-\frac{1}{j\omega}\left(\frac{p^2}{2L}+\frac{q^2}{2C}\right) \quad (20)$$

Выражение (20) с учетом (9) примет вид:

$$\mathrm{PQ}=-\frac{1}{j\omega}H \quad (21)$$

Из выражения (21) следует:

$$H=-j\omega\mathrm{PQ} \quad (22)$$

Теперь мы уже подготовлены к применению уравнений Гамильтона с новыми канонически-сопряженными переменным Q и P. Запишем эти уравнения

$$\dot{Q}=\frac{\partial H}{\partial \mathrm{P}} \quad (23)$$

$$\dot{\mathrm{P}}=-\frac{\partial H}{\partial Q} \quad (24)$$

Выражения (24) и (25) с учетом (23) примут соответственно вид:

$$\dot{Q}=-j\omega Q \quad (25)$$

$$\dot{\mathrm{P}}=j\omega\mathrm{P} \quad (26)$$

где Q и P – преобразованные электрический заряд и магнитное потокосцепление соответственно.

Отметим, что в литературе по аналитической динамике (механике) также приводятся, в какой-то степени подобные преобразования, записанные в указанной форме. Отметим также (что весьма существенно) следующее:

1) величина «ω» есть просто один из сомножителей из выражения (17), (18);

2) величина «ω» (в нашем случае) не есть результат решения уравнений «движения» (динамики), подобно традиционным методам.

Из выражений (25) и (26) очевидно, что их решение имеет следующий вид:

$$Q=Q_0e^{-j\omega t} \quad (27)$$

$$\mathrm{P}=\mathrm{P}_0e^{j\omega t} \quad (28)$$

где Q_0 и P_0 начальные значения переменных Q и P.

Q_0 и P_0 определяются с помощью исходных выражений (17), (18) через начальные значения переменных q и p.

После определения «движения» новых переменных Q и P, «движение» в старых переменных q и p, определяют через обратные преобразования от преобразований (17), (18).

3. Заключение. Выражения (25) и (26) являются «уравнениями движения» (динамики) новых канонически-сопряженных переменных. Ранее «уравнения движения» для старых канонически-сопряженных переменных «q» и «p» (согласно выражению (13) представляли из себя «связанные» по переменным движения, т.е. переменная «$\dot{q}$» зависела от переменной «p», а переменная «$\dot{p}$» зависела от переменной «q». Ныне же в новых «уравнениях движения» переменная «$\dot{Q}$» зависит только от переменной «Q», а переменная «$\dot{\mathrm{P}}$» зависит только от переменной «P», т.е. движения разделены друг от друга.

Иными словами «движение» (динамический процесс) новых канонически-сопряженных переменных Q и P независимы друг от друга в преобразованной системе координат, что является существенным и принципиальным как с теоретической так и с практической позиций.

Библиографический список:

1. Попов В. П. Основы теории цепей. М.: Высш. шк., 2005. 574 с.
2. Данилов П. В., Матханов П. Н., Филиппов Е. С. Теория нелинейных электрических цепей. Л.: Энергоатомиздат, 1990. 251 с.
3. Исмаилов Т.А., Тамаев А.Г., Тамаев А.А. Математическое моделирование, построение теории и исследования динамических и переходных процессов в электрических цепях на основе формализма Гамильтона // Вестн. ДГТУ. Технические науки. 2005. №7. с.66– с.70
4. тер Хаар Д. Основы гамильтоновой механики М.: Наука, 1974. 223 с.

УДК 62.50:531.3

О.М. Омаров, М.Г. Вердиев

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРЕДМЕТНЫХ ЗНАНИЙ В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

O.M. Omarov, M.G. Verdiev

MODEL OF THE PRESENTATION OF THE SUBJECT KNOWLEDGES IN SYSTEM DECISION MAKING

Предлагается модель предметных знаний интеллектуальных систем принятия решений сформированная на основе нечетких множеств, позволяющая эффективным образом описывать, сравнивать между собой и идентифицировать объекты проблемной среды.

Ключевые слова: *предметные знания, модель объектов, интеллектуальная система, проблемная среда.*

Is Offered model of the subject know ledges of the intellectual systems decision making formed on base of the fuzzy sets, allowing efficient image to describe, compare between itself and identify the objects of the problem-solving ambience.

The Keywords: *subject know ledges, model object, intellectual system, problem-solving ambience.*

Одной из актуальных проблем создания интеллектуальных систем принятия решений является разработка эффективной модели представления предметных знаний, позволяющей адекватным образом описывать и распознавать образы проблемной среды (ПС).

Для систематизированного представления предметных знаний все образы ПС по семантическому признаку можно разделить на пять следующих основных множеств[1] :

$O= \{o_{i1}\}$, $i_1=1,n_1$ - множество объектов;

$P= \{p_{i5}\}$, $i_5=1,n_5$ - множество составных частей объектов;

$J=\{j_{i6}\}$, $i_6=1,n_6$ - множество свойств или возможностей объектов;

$L=\{l_{i7}\}$, $i_7=1,n_7$ - множество признаков объектов и их составных частей;

$H=\{h_{i8}\}$, $i_8=1,n_8$ - множество имен объектов и их составных частей.

Определение 2.1. Объектами называются образы и понятия ПС, имеющие законченный, самостоятельный семантический смысл и содержание (например, птица, стол, дерево решений).

Определение 2.2. Частями объектов называются образы ПС, которые являются составными элементами, определяющими структуру объекта (например, крыло птицы).

В самом общем случае одно и то же понятие может определять как категорию объекта ,так и категорию части объекта, например, понятие "ручка" определяет категорию объекта, если речь идет о пишущей ручке ,а не о ручке чемодана и т.д. Иными словами, просматривается многозначность в толковании понятий. Обойти указанную трудность можно, если при представлении объектных знаний ИС многозначные понятия, фактически

определяющие составные части сложных объектов, согласно их смысловому содержанию представлять в виде составных понятий (например, дверная ручка).

Определение 2.3. Под свойствами и умениями объектов и их составных частей следует понимать соответственно их функциональное назначение и действия, которые они оказывают друг на друга.

Функциональное назначение объектов определяется типом инструмента, в качестве которого они могут быть использованы в процессе поведения и каким образом осуществляется применение этого инструмента.

Определение 2.4. Признаками частей объектов, а, следовательно, и признаками самих объектов называются образы ПС(характеристики),которые описывают их форму ,химический состав, цвет, геометрические размеры и т.п.

Определение 2.5. Именами и названиями объектов и их составных частей называются абстрактные биективно соответствующие им понятия выраженные на формальном языке ИС (возможно естественном).

Задаваясь на элементах множества объектов О рода-видовыми отношениями, его можно представить как объединение трех подмножеств

$$O = O_1 \cup O_2 \cup O_3,$$

где $O_1=\{o_{i9}\}, i_9=1,n_9$-множество объектов, определяемых понятием" вид" (например, токарный станок № 3);

$O_2=\{o_{i10}\}, i_{10}=1,n_{10}$ -множество объектов, определяемых понятием" род" (например, птицы);

$O_3=\{o_{i11}\}, i_{11}=1,n_{11}$-множество объектов, определяемых понятием" класс" (например ,животные).

При этом понятие "вид" определяется рядом конкретных индивидуумов, рассматриваемых как идентичные объекты или объекты, различающиеся между собой по несущественным характеристикам.

Согласно определениям 1.1-1.5 каждый объект $o_{i1} \in O$ описывается при помощи соответствующего множества характеристик X_{i1}, состоящего из трех подмножеств P_{i1}, J_{i1} и L_{i1}, т.е. $X_{i1}=P_{i1} \cup J_{i1} \cup L_{i1}$.

Следовательно, объект o_{i1} по характерным только для него элементам этих подмножеств определяет понятие одного вида.

Некоторое множество видов по характерной только для него совокупности описывающих его элементы подмножеств P_{i1}, J_{i1} и L_{i1} объединяется в список и определяет понятие одного рода. Некоторое множество родов по характерному только для него пересечению описывающих его элементы подмножеств P_{i1}, J_{i1}, L_{i1} объединяется в список и определяет понятие одного класса.

Множество составных частей объектов представляет собой объединение следующих трех подмножеств:

$P_1= \{p_{i12}\}$, $i_{12}=1,n_{12}$, $P_1 \subseteq P$ -множество обобщенных частей объектов или частей объектов, состоящих в свою очередь из нескольких сложных элементов;

$P_2=\{p_{i13}\}$, $i_{13}=1,n_{13}$, $P_2 \subseteq P$-множество частей обобщенных частей объектов ;

$P_3=\{p_{i14}\}$, $i_{14}=1,n_{14}$, $P_3 \subseteq P$-множество неделимых частей объектов.

Свойства объектов можно разделить также на три подмножества:

$J_1=\{j_{i15}\}, i_{15}=1,n_{15}$, $J_1 \subseteq J$-прямые свойства, определяющие умение объектов и непосредственные формы их взаимодействия без активного участия ИС;

$J_2=\{j_{j2}\}$, $j_2=1,m_2$, $J_2 \subseteq J$- вспомогательные свойства, характеризующие предварительные формы взаимодействия объектов (например, сближение одного объекта с другим и т.п.).

$J_3=\{j_{j3}\}$, $j_3=1,m_3$, $J_3 \subseteq J$ -инструментальные свойства, которые определяют в качестве какого инструмента могут быть использованы объекты и каким образом их следует для этого применять.

Множество признаков объекта L разбивается на следующие непересекающиеся подмножества:

$L_1=\{l_{i16}\}$, $i_{16}=1,n_{16}$, $L_1 \subseteq$ L- множество признаков, определяющих цвет объектов и их частей ;

$L_2=\{l_{i17}\}$, $i_{17}=1,n_{17}$, $L_2 \subseteq$ L- различные геометрические

формы объектов и их частей;

$L_3=\{l_{i18}\}$, $i_{18}=1,n_{18}$, $L_3 \subseteq$ L- признаки, задающие размеры различных объектов;

$L_4=\{l_{i19}\}$, $i_{19}=1,n_{19}$, $L_4 \subseteq$ L- элементы химического состава объектов;

$L_5=\{l_{i20}\}$, $i_{20}=1,n_{20}$ - прочие признаки объектов.

Каждому объекту $o_{i1} \in O$ можно присвоить абстрактное имя или понятие на языке ИС. Следует различать обобщенные и собственные имена. Обобщенные имена присваиваются некоторому подмножеству объектов (объектов, относящихся к одному виду), а собственные к конкретному индивидууму.

Помимо сказанного ,каждый объект проблемной среды $o_{i1} \in O$ можно охарактеризовать множеством допустимых состояний $F=\{f_{i21}\}$, $i_{21}=1,n_{21}$, которые он может принимать и изменять в результате оказываемых на него внешних и внутренних воздействий.

К одному из эффективных способов структурированного представления объектных знаний можно отнести сетевые модели, которые позволяют достаточно полно в общем виде описывать объекты ПС и осуществлять ассоциативные принципы поиска и выборки необходимых данных в процессе принятия решений. В этом случае каждый объект $o_{i1} \in O$ (O – множество объектов) описывается соответствующей ему семантической макросетью $M_{i1}=\{m_{i22}^{i1}\}$,$i_{22}=1,n_{22}^{i1}$,где каждая микросеть $m_{i22}^{i1} \in M_{i1}$ представляет собой взаимосвязанные между собой элементы множеств характеристик описывающих объект. При этом каждая макросеть M_{i1} может состоять из следующих пяти типов автономных сетей.

1. $E_1^*=\{e_{i23}\}$,$i_{23}=1,n_{23}$ - сеть возможных состояний объектов, для которых микросеть $e_{i23} \in E_1^*$ определяется высказыванием вида $e_{i28}=f_{i21}r_{i2}f'_{i21}$ или высказыванием $e'_{i29}=o_{i1}r'_{i2}f_{i21}$,где роль отношения r_{i2} выполняет элемент из множества свойств или учений объекта, а отношение r'_{i2} задается высказыванием "быть состоянием объекта".

Рассмотрим случай, когда в роли отношения $r_{i2} \in R$ выступает действие ИС $b_{j1} \in B$, преобразующее состояние f_{i21} в состояние f'_{i21} . При этом высказывание $e_{i23}= f_{i21}\, r_{i2}\, f'_{i21}$ заменяется импликативным решающим правилом

$f_{i21}\&b_{j1}^1,b_{j1}^2,...,b_{j1}^k \rightarrow f'_{i21}$.Приведенная запись означает, что если объект находится в состоянии f_{i21}, то действия $b_{j2}^1,b_{j2}^2,...,b_{j2}^k$ при их выполнении в заданной последовательности переводят объект в состояние f'_{i21}. Выполняя операцию композиции над элементами множества $E^*_1 \subset M_{i1}$ можно сформировать цепочку действий следующего вида $f^0_{i21} \,\&\, b^1_{j1} \rightarrow f^1_{i21} \,\&\, b^2_{j1} \rightarrow ... \rightarrow f^*_{i21}$, позволяющую перевести объект из состояния f^0_{i21}, в требуемое состояние f^*_{i21}.

2. $E^*_2=\{e_{i24}\}$, $i_{24}=1,n_{24}$- сеть составных частей объекта. В ней каждая микросеть $e_{i24} \in E^*_2$ определяется высказыванием следующего содержания: $p_{i13}\, r_{i2}\, p_{i14}$, $o_{i1}\, r_{i2}\, p_{i12}$, $p_{i12}\, r_{i2}\, p_{i13}$, где r_{i2} - отношение "быть составной частью".

3. $E^*_3=\{e_{i25}\}$, $i_{25}=1,n_{25}$ - сеть свойств объекта. В

этой сети каждая микросеть $e_{i25} \in E^*_3$ есть тройка вида $o_{i1}\, r_{i2}\, j_{i7}$, а роль отношения r_{i2} могут выполнять высказывания следующего содержания :"обладать способностью","обладать умением" и "выступать в качестве инструмента для ".

4. $E^*_4=\{e_{i26}\}$, $i_{26}=1,n_{26}$ -сеть описания признаков объекта ,где $e_{i26} \in E^*_4$ -высказывание "иметь признак l_{i7}",например,"иметь красный цвет" и т.д.

Введем параметр, определяющий степень $\rho(o_{i1}, o'_{i1})$ аналогичности объектов o_{i1} и o'_{i1}. При этом ,если $\rho(o_{i1}, o'_{i1})$ принимает значение равное не менее заданному порогу h (обычно h>0.5),то считается ,что объекты o_{i1} и o'_{i1} аналогичные между собой. Степень аналогичности объектов можно определить эвристическим путем исходя из условия того, что чем больше мощность макросети $M= M^1_{i1} U M^2_{i1}$, содержащей общие для сравниваемых объектов микросети, тем сильнее аналогия сравниваемых между собой объектов. При этом необходимо учитывать относительное количество одинаковых микросетей m_{i22} к общему их числу, используемому для полного описания сравниваемых объектов. Рассмотренным условиям удовлетворяет степень аналогичности объектов o_{i1} и o'_{i1} вычисляемая следующим образом:

$$\rho(o_{i1},o'_{i1})=[\ |M^1_{i1}| +|M| / 2|M^2_{i2}|]\ ,$$

где $|M^1_{i1}|$- мощность макросети , описывающей объект o_{i1} , т.е. количество микросетей ,определяющих ее <тело>; $|M^2_{i2}|$- мощность макросети , описывающей объект o'_{i1};|M|- мощность макросети $M=M^1_{i1} U M^2_{i2}$. Здесь двойка взята для выполнения условия $\rho(o_{i1}, o_{i1}')=1$ при сравнении одинаковых объектов.

В неопределенных условиях функционирования зачастую невозможно дать подробное четкое описание произвольных объектов ПС, а также количественно оценить параметры ,определяющих их характеристик . Обойти отмеченные трудности можно путем представления множества характеристик ПС субъективным образом в виде нечеткого множества и качественного их описания в содержательной форме.

В этом случае каждый объект ПС $o_{i1} \in O$ будет определяться нечетким множеством характеристик $X_{i1}=<m^{i1}_{j4},x^{i1}_{j4}>$, $j_4=1,m_4$ и обозначаться $o_{i1}(X_{i1})$,где m^{i1}_{j4} е [0.1]- степень присущности характеристики x^{i1}_{j4} к нечеткому множеству X_{i1} или к соответствующему этому множеству объекту. В случае, когда для всех $x^{i1}_{j4} \in X_{i1}$ выполняется условие "$m^{in}_{j4}=1$", т.е. все степени принадлежности равны единице, имеем четкое множество характеристик описания объекта.

В свою очередь ,каждая характеристика объекта ПС может быть задана тройкой $<x^{i1}_{j4},r^{j4}_{i29}, R^{j4,j5}_{i29}>$,где r^{j4}_{i29} - количественное значение параметров характеристики x^{i1}_{j4}; $R^{j4,j5}_{i29}$- качественное значение параметров характеристики, определяемое термом лингвистической переменной $R_{i29} \in R$, описывающей эту характеристику (на практике обычно $j_5=1,5$).

$R= \{R_{i29}\}$, $i_{29}=1,n_{29}$ -множество известных лингвистических переменных, биективно соответствующих семантическому определению известных ИС понятий.

В общем случае каждая лингвистическая переменная может быть представлена набором $R_{i29}=(F_{i29},T_{i29},U_{i29},Z_{i29},N_{i29})$, где F_{i29}- наименование лингвистической переменной, например,"расстояние между объектами ПС "; $T_{i29}=\{R^{j5}_{i29}\}$- терм-множество или множество всех названий лингвистических значений переменной R_{i29}, определяющихся нечеткой переменной со значениями из универсального множества; U_{i29}-универсальное множество значений с базовой переменной r_{i29}; Z_{i29}-синтаксические правила, порождающие название термов лингвистической переменной; N_{i29}-семантические правила ,которые определяют смысловое содержание $N_{i29}(R_{i29})$ нечеткой переменной ,относящейся к R_{i29}.

При этом следует иметь в виду, что множество лингвистических переменных R можно разбить на два подмножества $R_1,R_2 \subset R$ таких, что в R_1 входят только те переменные, которые могут быть оценены как качественно, так и количественно, а в множество R_2 входят только те переменные, которые могут быть оценены лишь качественно, например, лингвистическая переменная "высота" может быть оценена как качественно ,так и количественно, а переменная "красота" может быть оценена только качественно. Таким образом, сравнение качественно оцениваемых переменных может быть выполнено только на содержательном нечетком уровне описания. Следовательно, нечетко сформированная модель представления знаний об объектах ПС является более адекватной и более удобной для распознавания и сравнения образов окружающей среды.

Библиографический список:

1. Берштейн Л. С, Мелехин В. Б. Структура представления декларативных знаний интегрального робота // Управляющие системы и машины. - 1990. -№6.

УДК 550.343.6

А.А. Гаджиев

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ: НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ФОРШОКОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЯПОНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 11.03.2011 г.

Автор осуществил всесторонний анализ форшоковой деятельности Японского землетрясения 11.03.2011г.

В работе утверждается тезис о возможности прогноза сильного землетрясения на основе анализа форшоковой деятельности с применением современных технологий.

Ключевые слова: *землетрясения, форшоковая деятельность, временное развитие форшокового процесса, пространственное развитие форшокового процесса, прогноз землетрясения.*

A.A.Gadgiev

ABOUT THE POSSIBILITY OF PREDICTION OF STRONG EARTHQUAKES: THE EXAMPLE OF ANALYSIS OF THE JAPANESE EARTHQUAKE 11.03.2011 G.

The author has carried out the all-round analysis foreshock activity of Japanese earthquake 03.11.2011.

The thesis affirms as work about possibility of the forecast of strong earthquake on the basis of the analysis foreshock activity with application of modern technologies.

Keywords*: earthquakes, activity, time development foreshock process, spatial development foreshock process, the earthquake forecast.*

1. Постановка задачи

Японское землетрясение (ЗТ) 11.03.2011г. магнитудой М9 – это первое в этом столетии и одно из редких катастрофических ЗТ наивысшей силы, происшедших на Земле.

Пристальное внимание мировой общественности (не только учёных) к этому ЗТ обусловлено его последствиями. Приведём краткий перечень этих последствий:

а) изменение геологической структуры локального участка земной коры (ЗК) – трещины и разрывы большой протяжённости;

б) деформации географии дневной поверхности вблизи эпицентра (ЭЦ) ЗТ, в частности, по сообщениям Института географии Японии:

- о. Хонсю, вблизи которого произошло ЗТ, сдвинулся на 2,5 м, а полуостров Осика на северо-востоке о. Хонсю – на 5,3 м;

- через неделю после главного толчка (ГТ) (11.03.) на 25 см сдвинулась кора под г. Ямада и на 17 см – под г. Тёси;

в) возникновение цунами с высотой волны 15 м, которая привела к огромным инфраструктурным разрушениям: остановке множества крупных промышленных предприятий, разрушению энерго-, газо- и водоснабжения;

г) выход из строя четырёх из шести реакторов АЭС «Фукусима-1», расположенной в зоне активного действия ЗТ и цунами с сохраняющейся угрозой радиоактивного заражения прилежащих территорий;

д) общий экономический ущерб, по оценке представителей японского правительства, более 300 млрд. долл., но ещё до конца точно не установленный; и, наконец,

е) огромные человеческие жертвы – по официальным данным, которые ежедневно уточняются, на 25.03. погибло более 10 тыс. чел., и 17541 чел. считаются пропавшими без вести, следовательно, число жертв будет увеличиваться;

ж) в зоне бедствия полностью разрушено более 18 тыс. зданий, из которых свыше 5 тыс. – жилые дома; значительный ущерб нанесён ещё более 130 тыс. домам.

Как последствие этого ЗТ в мировом масштабе следует отметить и тот факт, что оно оказало своё влияние на энергетическую политику многих стран мира – общественность и руководства ряда высокоразвитых и развивающихся стран поставили под сомнение целесообразность дальнейшего планирования строительства АЭС и развития атомной энергетики.

Возникает естественный вопрос: можно ли было спрогнозировать Японское ЗТ 11.03.2011г. и минимизировать ущерб, причинённый им?

Анализ форшоковой (ФШ) деятельности этого ЗТ, проведённый на основе наших исследований последних лет и сейсмологических данных Геологической службы США, дал положительный ответ на этот вопрос.

Ниже мы попытаемся обосновать тезис о возможности и необходимых условиях для успешного прогноза сильного ЗТ на примере Японского ЗТ 11.03.2011г.

2. Статистический анализ временного развития ФШ деятельности ЗТ

На основе данных сейсмологических наблюдений ГС США мы рассматриваем ФШ деятельность на промежутке времени с 1.01.2011г. по 10.03.2011г., на котором были отмечены 77 событий:

- в январе произошло 22 события с M4,2 – M5,3;
- в феврале – 19 событий с M4,3 – M5,5;
- с 1 по 8 марта наблюдалось сейсмическое «затишье»;
- 9.03. произошло 26 событий, из которых умеренно сильных 23 события с M4,7 – M5,7, сильных – 2 события с M6,0 и одно очень сильное – с M7,3;
- 10.03. произошло 10 событий с M4,6 – M5,6.

По классификации японского учёного К. Моги ФШ процессы подразделяют на два типа – прерывные (П-тип) и непрерывные (Н-тип) [1]. Приведённое развитие ФШ процесса показывает, что японское ЗТ 11.03 соответствует Н-типу.

Если в январе-феврале из 59 были отмечены как сейсмически активные 32 сутки, а остальные – по1,2,3 и 4 сутки события приведённых выше значений магнитуд не фиксировались. По общепринятой практике регистрации сейсмические события с M3 и ниже, как слабые по энергетическому содержанию, не всегда регистрируются. По нашему мнению, это обстоятельство исключает возможность полного описания качества геофизических процессов, поскольку этих классов события в определённой степени оказывают влияние на физическое состояние вещества аномальной зоны (АЗ), где происходит подготовка очага будущего сильного ЗТ [2].

Наибольшей динамикой геофизических процессов были отмечены 9.03. и 10.03. В табл. 1 и 2 приведены данные почасового развития интенсивности ФШ процесса в эти сутки.

Таблица 1. Данные о почасовом развитии ФШ процесса 9.03.

02-03ч.	03-04	04-05	05-06	06-07	07-08	08-10	10-11	11-12	12-14	14-18	18-21	21-23	23-01ч.	Кол. соб.
2	2	5	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	26

Таблица 2. Данные о почасовом развитии ФШ процесса 10.03.

01-04	04-07	07-08	08-09	09-11	11-16	16-21	21-22ч.44м.	Кол. соб.
2	1	2	1	1	1	1	1	10

Данные о ФШ деятельности 9.03 и 10.03 по интенсивности и энергетическому содержанию свидетельствуют о грядущем очень сильном ЗТ, о возникшей настоятельной необходимости почасового контроля развития ФШ процесса.

Главный толчок (ГТ) произошёл в 05ч. 46 мин.11.03, т.е. после последнего события 10.03 (22ч. 44мин.) до ГТ 11.03 (05ч.46мин.) был ещё резерв времени 7 часов, в течение которого были возможны оперативный анализ сложившейся сейсмической ситуации и принятия решения о прогнозе сильного ЗТ на уровне экспертов-сейсмологов и организации оперативных действий на уровне правительства страны.

Заметим особо, что эффективным инструментом, использованным нами для временного анализа ФШ процесса, является применение компьютерных технологий для визуализации статики и динамики его развития по эпицентрам в 2D представлении и гипоцентрам в 3D представлении процесса [3,4].

3. Анализ пространственного развития ФШ деятельности ЗТ

Зона ФШ деятельности в январе-феврале ограничена координатами: по широте φ min=32,33° с.ш., φ max=43,06° с.ш., $\Delta\varphi = 10{,}73^{c}$; по долготе λmin=142,37° в.д., λmax=146,02° в.д., $\Delta\lambda = 8{,}67^{c}$; в км соответственно $\Delta\varphi \times \Delta\lambda$=1191$\times$ (704-814) (км2).

Зона ФШ деятельности ЗТ 9.03 и 10.03 ограничена координатами: по широте φ min=38,25° с.ш., φ max=38,87° с.ш., $\Delta\varphi = 0{,}62^{c}$; по долготе λmin=142,42° в.д., λmax=143,47° в.д., $\Delta\lambda = 1{,}05^{c}$; в км соответственно $\Delta\varphi \times \Delta\lambda$=68,8$\times$85,2 (км2).

Обратим внимание на тот факт, что точка с координатами ГТ φ =38,29° с.ш. и λ=142.4° в.д. располагается в нижнем левом углу прямоугольника зоны ФШ деятельности (9-10).03, т.е. зоны очага ГТ, как мы покажем это ниже в табл.3.

Таблица 3. Распределение ГЦ ФШ событий по глубине

	Глубина, км	Январь-февраль (41 событие)	(9-10).03 (36 событий)
Мелкофокусные ЗТ (МФ)	0-30	18	31
Среднефокусные ЗТ (СФ)	30-50	13	5
Глубокофокусные ЗТ (ГФ)	>50	10*	0

Примечание к табл.3:*) – из отмеченных 10 ГЦ 6 событий расположены на глубине h>100км (103$\leq h \leq 284$).

Данные табл.3 дают наглядное представление о характере динамики ФШ деятельности по мере приближения момента совершения ГТ: за двое суток (9-10.03) не были зарегистрированы ГФ события, более чем в два раза уменьшилось число СФ событий, и почти в двукратно увеличилось число МФ событий. Если в январе-феврале

сейсмическая активизация характеризовалась как почти равномерно распределённая по глубине, то 9-10.03 ГЦ событий были сосредоточены на глубинах ближе к дневной поверхности. При более внимательном анализе МФ событий можно выделить три группы событий, расположенных соответственно: на первой критической глубине $h1кр<20$км, $N1кр=19$ событий, на второй - $15\leq h2кр\leq20$ (км), $N2кр=7$, и на третьей критической глубине (т.е. на глубине ГЦ ГТ) $h3кр=19$км, $N3кр=3$, из которых 2 события произошли 10.03. (В качестве критической глубины мы рассматриваем глубину расположения ГЦ ГТ $hгт=19$ км).

Таким образом, динамика ФШ деятельности 9-10.03 характеризуется тенденцией к формированию очага ГТ и постепенной концентрацией ГЦ событий около ГЦ ГТ.

Приведённые выше соображения, мы считаем, являются ключевыми для решения задачи прогноза времени и места совершения ожидаемого сильного ЗТ. Технология решения этой очень сложной (и трудной) задачи кажется очевидной – отслеживать с помощью компьютерных технологий динамику ФШ деятельности, особенно на конечном участке, с визуализацией пространственного (в 2D и 3D представлениях) и временного развития процессов.

4. Анализ энергетики ФШ деятельности ЗТ

В п.п. 2 и 3 мы показали, как в результате ФШ деятельности формируется сначала аномальная зона (АЗ), которая обусловливает образование очаговой зоны (ОЗ), где интенсивно развиваются геофизические процессы, приводящие в конечном счёте к созданию ГЦ будущего сильного ЗТ.

С физической точки зрения АЗ – это пространство некоторого объёма V, где давление p и температура T вещества в результате ФШ деятельности от почти статического (естественного) состояния переходит в изменчивое, так как происходит разрядка поля механических напряжений в геологической среде, сопровождающаяся высвобождением энергии и выделением тепла.

На конечном участке времени ФШ деятельности в результате более интенсивного высвобождения сейсмической энергии в небольшом объёме АЗ вещество переходит в критическое состояние – формируется ОЗ как неравновесная термодинамическая система (ТДС) с другими параметрами – объёмом V0, давлением p0 и температурой T0. В результате интенсивной ФШ деятельности в ОЗ при почти постоянном значении объёма V0 значения давления и температуры вещества становятся существенно отличными от значений давления и температуры окружающей ОЗ вещества. Это, в свою очередь, в некоторый момент приводит к движению вещества из окружающей среды в ОЗ, что и представляет собой момент совершения ГТ, сопровождающееся дислокациями окружающей геологической среды и высвобождением огромного количества энергии и тепла. Так ГЦ (и ЭЦ) ГТ возникает на границе ОЗ и не разрушенной окружающей среды.

Как нами установлено, приведённая здесь модель подтверждается ФШ деятельностью ряда сильных ЗТ, происшедших за последние десять лет.

К сожалению, эти вопросы – механизмы изменения физических свойств вещества – в сейсмологии, в частности, теории прогнозирования ЗТ, изучены недостаточно глубоко.

Ниже приводятся сравнительные данные по энергетике Японского ЗТ 11.03.2011г. (табл.4).

Таблица 4. Энергетическая оценка ФШ деятельности Японского ЗТ 11.03.2011г.

	Количество событий	Энергия E, Дж	Эквивалент тепла Q, ккал
Январь	22	2,9528·1013	7,06·109
Февраль	19	6,0328·1013	14,42·109

9.03	26	593,1048·1013	1417,0·109
10.03	10	4,4740·1013	10,69·109
∑	77	6,066·1015	1,45·1012
ГТ	1	1,585·1018	378,5·1012

Примечание к табл.4. Значительно высокие (на два порядка больше) значения энергии и эквивалента тепла событий 9.03 по отношению к этим же значениям на других интервалах времени связано с одним событием с М7,3, которое произошло 9.03.

При Японском ЗТ 11.03.2011г. с М9 высвободилось сейсмической энергии Ея=1,585·1018 Дж. в течение 10-15 сек. Это – взрыв колоссальной силы. С чем его можно сравнить?

а. При взрыве 103 ктонн тринитротолуола выделилась бы энергия Е=4,2·1015 Дж. 6 августа 1945 г. на г. Хиросима была брошена атомная бомба мощностью 20 ктонн. Простой арифметический расчёт показывает, что энергия Японского ЗТ эквивалентна энергии взрыва 18870 атомных бомб, брошенных на Хиросиму.

б. Установленная мощность четырёх агрегатов Чиркейской ГЭС Р=1100МВт. При непрерывной работе всех агрегатов в течение одного года Чиркейская ГЭС выработала бы энергии Ечгэс=9,636·1012 Втчас=34,69·1015 Дж. Следовательно, энергия Японского ЗТ эквивалентна энергии выработки на полной мощности в течение года гипотетических 45 Чиркейских ГЭС, но высвобождаемой в течение 10-15 сек.

Эти оценки подтверждают те катастрофические геологические и разрушительные последствия Японского ЗТ 11.03.2011г., с которых мы начали эту статью.

5. Некоторые заключительные соображения о возможности прогноза сильного ЗТ

Место локализации ОЗ, её формы и масштабы, как правило и как показано выше, обусловлены событиями ФШ деятельности. Контуры ОЗ Японского ЗТ 11.03.2011г. были окончательно очерчены событиями последних двух суток – 9 и 10.03.

Оперативно построенное визуальное трёхмерное изображение пространственно временного распределения ГЦ ФШ событий позволяет, как показано на примере Японского ЗТ 11.03, успешно осуществлять прогноз места и времени совершения сильного ЗТ.

Мы не рассматриваем задачу прогноза третьего параметра ЗТ – силы ЗТ – по следующим соображениям.

Во-первых, сила ЗТ (магнитуда или энергетический класс) зависит: а) от глубины расположения очага ЗТ, следовательно, от объёмной силы тяжести массы столба вещества, простирающегося до дневной поверхности; б) от физических свойств вещества АЗ (затем и ОЗ) на этой глубине, т.е. свойств вещества осадочного, гранитного или базальтового слоя ЗК; в) от накопленной в течение длительного времени после предыдущего сильного ЗТ механической (сейсмической) энергии; и, наконец, г) от интенсивности и мощности геофизических процессов в ОЗ в результате данной ФШ деятельности (т.е. в данной ТДС).

Во-вторых, ЗТ с магнитудой в диапазоне М6,4(15,5 кл.) – М7(16,6 кл.) и более можно всегда рассматривать как разрушительные. Если события с магнитудой в этом диапазоне значений происходят в течение ФШ деятельности, то, естественно, следует ожидать ГТ с более высокой магнитудой, как это происходило перед Японским ЗТ 11.03.2011г.

Как известно, ФШ деятельность каждого сильного ЗТ характеризуется индивидуальными особенностями, зависящими от геологии и тектоники данного сейсмоактивного района, и является основным источником информации о грядущем ЗТ. Задача состоит в том, чтобы получить эту информацию необходимо осуществлять непрерывный контроль и экспертный анализ ФШ деятельности, где могут быть рассмотрены и учтены приведённые нами выше и много других разных соображений.

Выводы:

1. Необходимо организовать непрерывный мониторинг ФШ деятельности с использованием компьютерных технологий для её визуализации с целью определения:

- начала ФШ процесса; характера ФШ процесса – непрерывного (Н-типа) или прерывного (П-типа); её заключительной части и интенсивности;

- принятия решения о прогнозе ГТ и приведения в действие системы оповещения и защиты систем жизнеобеспечения населения, снижения экономического ущерба.

2. Развитие компьютерных технологий визуализации пространственно-временного распределения ФШ деятельности (в статике и динамике), по-видимому, является эффективным инструментом для разработки методов и успешного решения задачи прогноза места и времени сильного ЗТ.

3. Приведённые выше соображения нами были проверены ранее на Новозеландском ЗТ 21.02.2011г. и ряде других сильных ЗТ, происшедших в разных регионах Земли за период с 1999г. по 2010г.

Библиографический список

1. К. Моги. Предсказание землетрясений. Пер. с англ. – М.: «Мир», 1988. – 382с.

2. Гаджиев А.А. Предсказание землетрясений. Нетрадиционный подход к решению. – Махачкала: издательский дом «Эпоха», 2005. – 406 с.

3. Гаджиев А.А., Газанова Н.Ш., Ахмедова Ф.М. Топологическая модель сейсмического режима локального участка земной коры. //Вестник Дагестанского государственного технического университета, №12, 2009. – С.113-117.

4. Гаджиев А.А.. Ахмедова Ф.М., Газанова Н.Ш. 2D модель пространственно-временного распределения сейсмических событий в зоне Восточного Предкавказья за период 2001-2007 г.г. и задача прогноза места землетрясения. //Материалы Всероссийских научно-технических конференций (Computer-Based Conferences). Декабрь2009г.XVIII ВНТК «Информационные технологии в науке, проектировании и производстве». III ВНТК “Методы и средства измерений физических величин». VI ВНТК «Современные промышленные технологии». Нижний Новгород,2009. – с.7-9.

МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 656.11

Т.Г. Гасанов, М.Р. Гусейнов

К УСТАНОВЛЕНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА СТОЛКНОВЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И НАЕЗДА НА ПРЕПЯТСТВИЕ

В статье рассматриваются процессы столкновения транспортных средств между собой и наезда на неподвижное препятствие. Устанавливаются основные факторы, влияющие на величину разрушения (деформации), время его протекания и методы их оценки. Приводится схема и график изменения коэффициента восстановления (К) по мере протекания фаз соударения автомобилей.

Ключевые слова: *удар, деформация, столкновение, фаза, коэффициент восстановления, скорость.*

T.G. Gasanov, M.R. Gusejnov,

TO THE ESTABLISHMENT OF CHARACTERISTICS OF DYNAMICS PROCESS OF COLLISION VEHICLES AND ARRIVAL ON THE OBSTACLE

In clause processes of collision of vehicles among themselves and arrival on a motionless obstacle are considered. The major factors influencing size of destruction (deformation), time of its course and methods of their estimation are established. The scheme and the schedule of change of factor of restoration (K) in process of course of phases of impact of cars is resulted.

Keywords: *impact, deformation, collision, a phase, factor of restoration, speed.*

Введение. При столкновении автомобиля с транспортными средствами или препятствиями между ними происходит взаимодействие, называемое ударом. При реконструкции механизма столкновения необходимо выяснить динамические явления, протекающие в процессе удара, определить параметры, характерные для данного явления, по состоянию и положению транспортного средства (ТС) после столкновения. Для этого нужно установить потери кинетической энергии, возникшей при ударе двух автомобилей или автомобиля с препятствием. Процесс столкновения автомобилей происходит в течение десятых, а иногда и сотых долей секунды. Основными факторами, влияющими на величину разрушения (деформации) и его время протекания, являются конструкция и скорость движения.

Постановка задачи. Исследовать столкновения транспортных средств в отличие от исследования удара однородных твердых тел, труднее, потому что транспортное средство является анизотропным телом с различными физическими свойствами в различных сечениях. Помимо этого ТС состоит из множества сред (элементов, деталей, узлов и агрегатов), резко ограниченных пространственной, прочностной конфигурацией материалов от других, соприкасающихся или взаимодействующих сред. Анизотропность ТС обуславливает нелинейных характер зависимостей при соударении автомобилей – между напряжением и деформацией, скоростью и деформацией. При небольшой силе удара ТС ведут себя как упругие тела, при значительном ударе возникают необратимые деформации (повреждения). В обоих случаях при деформациях автомобилей имеют место сложные волновые и тепловые процессы сопровождающиеся затратами кинетической энергии.

Основная часть. Удар, как механическое явление, происходящее в механической системе, характеризуется резким изменением скоростей ее точек за очень малый промежуток времени и обусловлено кратковременным действием очень больших сил. Как известно, столкновение автомобиля с препятствием состоит из двух фаз: первая само столкновение (от момента соприкосновения до момента наибольшего сближения) и вторая – последующее перемещение (от момента наибольшего сближения до момента разъединения) автомобиля.

В первой фазе, учитывая, что ТС состоит из упруго – пластических материалов, кинетическая энергия относительного движения переходит в остаточную деформацию и частично в потенциальную энергию упругой деформации, тепловую энергию, энергию звуковых колебаний и др. Во второй фазе – при восстановлении или разъединении потенциальная энергия упругой деформации преобразуется вновь в кинетическую энергию автомобиля. При неупругом ударе явление заканчивается на первой фазе и соударяющиеся автомобили продолжают движение вместе как одно целое с одинаковой скоростью.

Время поглощения энергии (деформации) при скорости соударения ТС около 50 км/ч отдельными элементами конструкции автомобиля (на основании их механических свойств и способов крепления) можно распределить следующим образом: смятие бампера – 0,01 с; фар – 0,002 с; радиатора – 0,003 с; капота – 0,005 с; вентилятора – 0,0008 с; сдвиг двигателя – 0,03 с. Общее время деформации – 0,0588 с.

Прямая, проходящая через точку соприкосновения автомобилей при их столкновении, направленная параллельно относительной скорости их центров тяжести в начале столкновения, обычно называется линией удара или столкновения. Это понятие имеет существенное значение, так как именно по линии удара действует ударный импульс при столкновении автомобилей. Потому как проходит линия удара, мы различаем виды столкновений. Если скорости автомобилей до столкновения параллельны линии удара, то столкновение называют прямыми, а если не параллельны – косым. Столкновение называется центральным, если линия удара проходит через центры тяжести автомобилей, в противном случае оно будет эксцентричным или внецентральным. Следует иметь в виду, что направление линии удара при столкновении автомобилей зависит не только от направления движения, но и от величины скорости движения каждого из них. Если скорости движения автомобилей различны, то линия удара будет расположена под меньшим углом к продольной оси того из них, который перед столкновением имел большую скорость.

На основании закона сохранения количества движения можно записать;

$$m_1 v_{1n} + m_2 v_{2n} = m_1 v_{1n}^1 + m_2 v_{2n}^1 \qquad (1)$$

где m_1 и m_2 – массы первого и второго автомобилей, кг;

v_{1n} и v_{2n} – проекции скоростей на линию удара первого и второго автомобилей перед столкновением, м/с (рис.1);

v_{1n}^1 и v_{2n}^1 – проекции скоростей на линию удара первого и второго автомобиля после столкновения, м/с (рис.1).

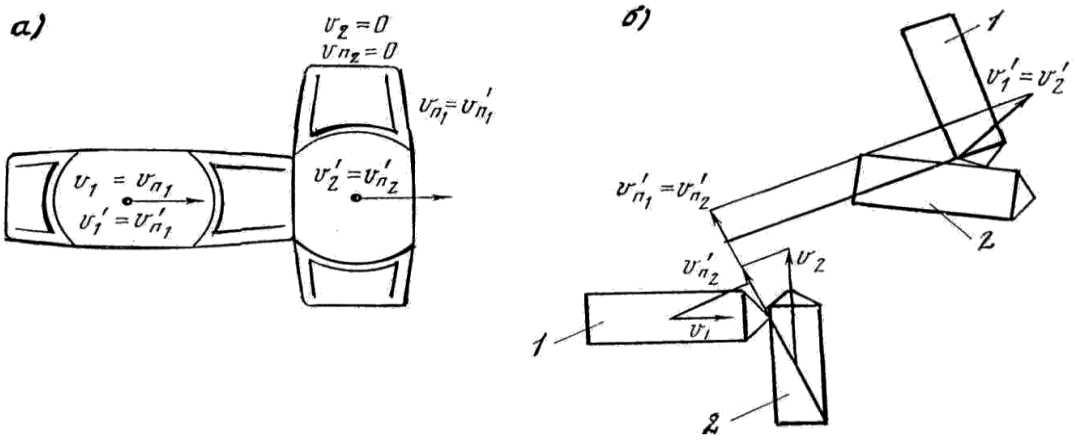


Рис.1. Кинематика соударения автомобилей:
а – прямой удар; б – косой удар.

Степень упругости удара, т.е. рассеивание механической энергии при столкновении на необратимую деформацию автомобилей, нагревание, звуковые колебания и т.п. принято оценивать коэффициентом восстановления К, определяемым как отношение скорости взаимного удара центров тяжести автомобилей после столкновения к скорости их сближения до столкновения в проекции на линию удара.

$$K = \frac{v_{2n}^1 - v_{1n}^1}{v_{1n} - v_{2n}} \qquad (2)$$

При упругом ударе тел происходит восстановление их первоначальной формы за счет накопившейся в них потенциальной энергии упругой деформации.

Столкновение движущихся автомобилей (прямой удар):

$$K = \frac{v_{2n}^1 - v_{1n}^1}{v_{1n}^1} \qquad (3)$$

при $v_{2n}^1 > v_{1n}^1$ – упругий удар; при $v_{2n}^1 = v_{1n}^1$ – неупругий удар.

При косом эксцентричном ударе столкнувшихся автомобилей

$$K = \frac{v_{2n}^1 - v_{1n}^1}{v_{2n} - v_{1n}} = \frac{0}{v_{2n} - v_{1n}} = 0$$ – неупругий удар.

При столкновении автомобилей величина коэффициента восстановления «К» зависит не только от физических свойств деталей и агрегатов автомобилей, но и от скорости соударения и масс сталкивающихся машин. Кроме того, при столкновении одних и тех же автомобилей, движущихся с одной и той же скоростью, величина «К» будет различной, если они сталкиваются между собой различными частями (К=0 – тела абсолютно неупругие; К=1 – тела абсолютно упругие). Так как автомобили представляют собой анизотропные конструкции, то значения коэффициента восстановления находятся в пределах 0<К<1 и например, при лобовом, угловом или попутном столкновении двух автомобилей после фаз упругой и пластической деформаций происходит частичное совместное перемещение. Затем один из них останавливается, и в дальнейшем перемещаются один автомобиль или оба, но с различными скоростями. Их скорости можно определить по следующим зависимостям:

$$v_{1n}^1 = v_{1n} - (1+K)\frac{m_2}{m_1 + m_2}(v_{1n} - v_{2n}), \quad \text{м/с;} \qquad (4)$$

$$v_{1n}^{1} = v_{2n} - (1+K)\frac{m_2}{m_1+m_2}(v_{1n} - v_{2n}), \quad \text{м/с;} \qquad (5)$$

Направление и характер перемещений обоих автомобилей в этом случае зависит от направления удара, зон взаимного контактирования, количества движения контактируемых автомобилей и др.

Исследователями дорожно-транспортных происшествий (ДТП) уделяется много внимания изучению последствий лобовых столкновений легковых автомобилей, для чего на специальных полигонах проводятся испытания разных моделей автомобилей на столкновения. В ходе таких испытаний автомобили получали значительные повреждения узлов и деталей передней части, происходившие обычно в следующем порядке: бампер, крылья, капот, радиатор в который вдавливается вентилятор и водяной насос. Затем в ряде случаев наблюдается прогиб рамы и деформация пола автомобиля. Все эти процессы протекали в течение 0,06…0,08 с.

Кинетическая энергия обычного легкового автомобиля, движущегося с умеренной скоростью, очень велика. Так, автомобиль стандартных размеров, массой 1800 кг., при наезде на неподвижное препятствие со скоростью около 50км/ч обладает кинетической энергией в момент удара равной 16800 Дж. Вся эта энергия, рассеиваемая в виде тепла при нормальном торможении за относительно длительный промежуток времени, при столкновении должна рассеяться за доли секунды. Кинетическая энергия движущегося автомобиля при столкновении должна превратиться в механическую работу, а не в теплоту, как это бывает при обычном торможении. Как правило, эта энергия превращается в работу деформации остова автомобиля и его узлов. Сила удара при столкновении может быть уменьшена, если автомобиль или его элементы в результате удара перемещаются на возможно большее расстояние.

Следовательно, качество легкового автомобиля, с точки зрения безопасности пассажиров, определяется его способностью поглощать энергию удара при столкновении, т.е. проходить после удара такое расстояние, которое могло бы ограничить усилия, действующие на водителя и пассажиров в течение долей секунды после удара. Водитель и пассажиры при столкновении после мгновенной остановки автомобиля еще продолжают двигаться в течение нескольких долей секунды, сохраняя скорость движения, которую автомобиль имел в момент, предшествующий ДТП. Именно в этот отрезок времени происходит большая часть увечий и травм со смертельным исходом в результате удара головой о ветровое стекло или грудью о рулевое колесо.

По данным американских исследователей фирмы «Форд» при лобовом ударе автомобилей, движущихся со скоростью от 34 до 83км/ч, энергия разрушений и деформаций изменялась в пределах 625 – 4420 кДж. Соответственно, сила сминавшая переднюю часть автомобиля на длине 1м, составляла 118–383 кН. Под действием этой силы передняя часть автомобиля сжималась подобно гармошке (упругая и остаточная деформация на длине от 0,33 до 1,33м.)

Имея в виду квадратичную зависимость живой силы автомобиля перед ударом его в препятствие от величины скорости движения, нетрудно предположить, что уже при начальной скорости 100 км/ч последствия удара будут гибельны для находящихся в нем людей. Это подтверждается испытаниями автомобилей на полигоне фирмы «Дженерал моторс». Кривая зависимости поглощаемой кинетической энергии, полученная экспериментально, показывает, что по истечении 0,03с. с начала столкновения мощность разрушения передка автомобиля достигла внушительной величины – около 17тыс. л.с.

Перемещение автомобиля после столкновения начинается непосредственно после окончания действия ударных импульсов и поэтому конечные условия фазы самого столкновения являются начальными условиями фазы последующего перемещения автомобиля. В случае одномерного столкновения (например, лобовое или заднее

столкновение, или столкновение о препятствие под углом 90^0 к нему), при котором коэффициент восстановления практически равен нулю, траектория последующего перемещения автомобиля представляет собой поступательное движение автомобилей, участвующих в столкновении, в одном направлении при общей скорости:

$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_1}{m_1 + m_2}, \qquad \text{м/с} \tag{6}$$

В случае двухмерного столкновения момент количества движения автомобиля, который обычно очень мал до столкновения, увеличивается в процессе изменения кинетической энергии автомобилей. Кинетическая энергия в начале второй фазы равна:

$$W_K = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} J \omega^2, \ \text{Дж} \tag{7}$$

где v – начальная скорость поступательного перемещения автомобиля;

J - момент инерции автомобиля относительно оси вращения;

ω - начальная угловая скорость автомобиля после столкновения.

Эта энергия расходуется на сопротивление трения качения шин о поверхность дороги до полной остановки автомобиля. В противоположность очень короткой фазе столкновения эта фаза относительно продолжительна и водитель автомобиля в какой–то степени может влиять на траекторию движения путем использования рулевого управления или тормозов. Поведение ТС при столкновении и при последующем перемещении аналогично поведению твердого тела и поэтому для анализа перемещения автомобиля при обеих фазах столкновения может быть применена теория динамики твердого тела. Кинетическая энергия ТС, которой он обладал до столкновения, расходуется как при самом столкновении, так и при последующем перемещении автомобиля. Количество расходуемой энергии в каждой из этих фаз столкновение не одинаково. В случае одномерного столкновения автомобилей энергия, расходуемая при самом столкновении, составляет

$$\Delta W = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (1 - K^2)(v_{10} - v_{20})^2 \tag{8}$$

При коэффициенте восстановление К = 0

$$\Delta W = \frac{m_1 m_2}{2(m_1 + m_2)} (v_{10} - v_{20}) \tag{9}$$

В случае двухмерного столкновения ΔW будет уже зависеть не только от величины коэффициента восстановления «К», но и от коэффициента трения столкновения между кузовами двух соударяющихся автомобилей, угла удара скоростей автомобилей в момент столкновения, геометрических форм кузовов автомобилей

$$\Delta W = \frac{\left(m_1 v_{10}^2 + m_2 v_{20}^2\right)}{2} - \frac{\left(m_1 v_1^2 + J_1 \omega_1^2\right) + \left(m_2 v_2^2 + J_2 \omega_2^2\right)}{2} \tag{10}$$

где v_1 и v_2 – скорости поступательного перемещения двух автомобилей в конце фазы самого столкновения;

J_1 и J_2 – моменты инерции автомобилей;

ω_1 и ω_2 – угловые скорости автомобилей в конце фазы самого столкновения.

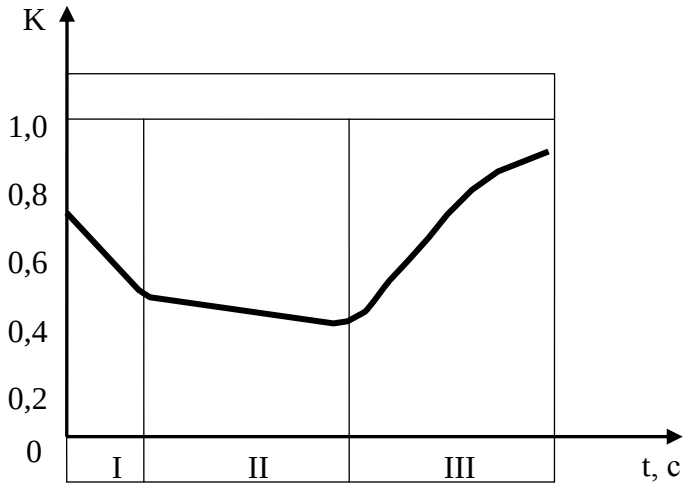


Рис.2. Изменение коэффициента восстановления К во времени**.**

Сочетание этих скоростей в конце фазы самого столкновения дает начальные условия для траектории последующего перемещения автомобилей.

Заключение. Согласно графику (рис.2) изменения коэффициента восстановления во времени для случая, когда 0<К<1, можно проследить следующие характерные зоны фаз для рассматриваемого процесса:

1. в первой фазе (упругая деформация) автомобили сближаются и резко уменьшается деформация. Поскольку эта фаза очень быстротечна, то потери кинетической энергии в ней не значительны.
2. во второй фазе (пластическая деформация) происходит внедрение одного автомобиля в другой до момента максимальной деформации. Она более продолжительна, потери кинетической энергии больше, чем в предыдущей фазе.
3. в третьей фазе после внедрения друг в друге оба автомобиля перемещаются совместно с одновременным восстановлением деформируемых деталей. Деформации увеличиваются от минимального до максимального значения. Эта фаза наиболее продолжительная, потери кинетической энергии, которая расходуется и на преодоление сил сопротивления перемещению, максимальны.

Библиографический список

1. Иларионов В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий. - М., Транспорт,1989. - 255 с.
2. Стуканов В.А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля: учебное пособие. - М. ИД «Форум»: ИНФРА – М., 2007. -368 с.
3. Столяров В.В. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий на основе теории риска: учебное пособие, Саратов, 1996.-176 с.
4. Немчинов М.В. Сцепные качества дорожных покрытий и безопасность движения автомобиля/ М.В. Немчинов.- М.: Транспорт, 1985.-230 с.

УДК 621.951

Р.В.Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА НА СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

R.V. Guseinov, M.R.Rustamova

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF GEOMETRICAL PARAMETERS OF THE TOOL ON THE CUTTING FORCES IN THE PROCESSING OF INTERNAL SURFACES BY A METHOD OF PLANNING OF EXPERIMENTS

Рассматриваются результаты экспериментального исследования влияния геометрических параметров режущего инструмента на силы резания методом планирования экспериментов по плану $2^{3.}$

Ключевые слова: *динамика процесса резания; автоколебания; сверление отверстий.*

The results of experimental investigation of tap influence geometry parameters for cutting force is considered.

Key words: *dynamics of the process of cutting; oscillations; drilling of holes*

Разработка новых конструкций, выбор оптимальных геометрических параметров, рациональных режимов и схем резания при обработке внутренних поверхностей в труднообрабатываемых материалах, особенно в нержавеющих, жаропрочных сталях и сплавах высокой прочности, диктуются низкой работоспособностью инструментов, жесткими требованиями к точности отверстий и качеству поверхностей.

При обычно принятом в исследованиях подходе к изучению силовых факторов не представит труда, изменяя какой-либо параметр, провести измерение сил резания. Но в этом случае мы не можем дать гарантии, что в иных условиях эксперимента это влияние окажется таким же, так как неизвестны корреляционные связи при одновременном действии различных факторов. Исключить при эксперименте ни один из факторов нельзя. Однако ценность таких экспериментальных данных сразу значительно снижается, так как это постоянство «не фиксированное», а следовательно, оно не может быть перенесено в другие условия, на другой станок, на другую деталь.

В связи с этим для исследования сил резания был использован метод планирования экспериментов. Использование этого метода позволяет:

- минимизировать общее число опытов;
- использовать математический аппарат, формализующий многие действия экспериментатора;
- выбирать четкие логические обоснованные процедуры, последовательно выполняемые экспериментатором;
- одновременно варьировать многими параметрами и оптимально использовать факторное пространство;
- организовать эксперимент таким образом, чтобы выполнялись многие исходные предпосылки регрессионного анализа;

- получать математическую модель, имеющую лучшие в некотором смысле свойства по сравнению с моделями, построенными из пассивного эксперимента;

- рандомизировать условия опытов, т.е. многочисленные мешающие факторы превращать в случайные величины;

- оценивать элемент неопределенности, связанный с экспериментом, что дает возможность сопоставлять результаты, получаемые разными исследователями.

При планировании эксперимента число уровней варьировании факторами (геометрическими параметрами метчика) выбрано с учетом характера их влияния на отклик (крутящий момент) и значительного возрастания количества опытов при увеличении числа уровней варьирования, а следовательно, трудоемкости эксперимента.

При выборе независимых факторов были учтены требования, предъявляемые к таким переменным. Они должны непосредственно воздействовать на объем, быть действительно независимыми, измеряемыми,

управляемыми.Требование независимого воздействия на объем возникает в связи с тем, что трудно управлять фактором, если он является функцией других. Необходимо иметь возможность менять в некоторых пределах каждый фактор, не затрагивая остальных. Под управляемостью фактора подразумевается возможность установки и поддержания нужного уровня фактора в выбранном диапазоне постоянным в течение всего опыта или его изменение по заданной программе.

Анализ работы метчиков показал, что наибольшее влияние на силы резания оказывают передний γ, задний α углы инструмента и угол заборного конуса φ_3. От угла заборного конуса зависит толщина среза. Эти три геометрических параметра были приняты в качестве независимых переменных.

Каждый выбранный фактор имеет область своего определения. Границы этой области могут задаваться либо принципиальными ограничениями, которые не могут быть нарушены ни при каких обстоятельствах (выкрошивание режущей кромки при обработке уже первого отверстия), либо технико-экономическими соображениями, либо условиями в каждом конкретном случае.

После выбора области определения находим локальную область для проведения эксперимента. Выбор области эксперимента – плохо формализованная задача, хотя некоторые рекомендации здесь существуют. Обычно её решают в каждом конкретном случае исходя из содержательного смысла задачи. Эта процедура включает выбор уровней варьирования факторов. В общем случае уровней может быть любое число, расстояние между ними может быть одинаковым или нет. Число уровней определяется конкретной постановкой задачи, видом фактора, предполагаемой сложностью изучаемого объекта. Нами поставлена задача построения линейной модели, и в этом случае достаточно двух уровней.

В табл.1 предоставлены факторы и уровни варьирования факторов.

Таблица 1

Факторы	Уровни Варьирования факторов
Угол заборного конуса φ_3, град.	9,6
Задний угол α, град.	7,4
Передний угол γ, град.	10,4

При выборе верхнего и нижнего предела изменения факторов учитывались собственные исследования, результаты исследований других авторов, а также справочные материалы.

Полный факторный эксперимент позволяет построить модель вида

$$\gamma = \sum b_1\alpha_2\beta \ldots K_\omega \cdot X_1^\alpha X_2^\beta \ldots X_k^w,$$
$$0 \leq \alpha \leq (S-1)$$
$$0 \leq \beta \leq (S-1)$$
$$0 \leq \omega \leq (S-1)$$

где к – число факторов;

S – число уровней варьирования факторов; индексы $\alpha, \beta \ldots \omega$ у номера фактора означают $\alpha, \beta \ldots \omega$ раз по 1, 2 ….. к.

В этой модели члены X_i, X_i^2, X_i^3…. и коэффициенты при них называют главными эффектами, остальные – эффектами взаимодействий.

Модель, которую можно построить из полного факторного эксперимента 2^3, включает восемь членов и имеет вид

$$\gamma = \sum b_1\alpha_2\varphi_3$$
$$0 \leq \alpha \leq 1$$
$$0 \leq \varphi_3 \leq 1$$
$$0 \leq \gamma \leq 1$$

Далее осуществляем центрирование, т.е. перенос начала координат факторного пространства в точку с координатами $X_{i\,0}$, X_{20}……$X_{k0,}$ где

$$X_{i0} = \frac{X_{imax} - X_{imin}}{2}$$

Точку 0 называют центром эксперимента. Теперь удобно сделать так, чтобы в кодированном масштабе максимальный (верхний) уровень соответствовал +1, минимальный -1, а средний (основной) – нулю. Для этого воспользуемся формулами, связывающими значения факторов в кодированном масштабе с (X_i). их значениями в натуральном масштабе ($\bar{X}_i$).

$$\bar{X}_i = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}_{io}}{\Delta \bar{x}_i}$$
$$\bar{X}_i = \bar{X}_{io} + \Delta \bar{X}_i x_i$$

где $\Delta \bar{X}_i = X = \frac{\bar{x}_i max - \bar{x}_i min}{2}$ – интервал варьирования.

Результаты экспериментов (средние из трех опытов) приведены в последнем столбце табл.2.

План и результаты опытов

Таблица 2

№ опыта	Кодовый масштаб			Натуральный масштаб			M_{kp}(Нм) Сталь 45
	X_1	X_2	X_3	X_1 φ_3, град	X_2 α, град	X_3 γ, град	
1	+	+	+	9	7	16	7,8
2	-	+	+	6	7	16	6,7
3	+	-	+	9	4	16	8,9
4	-	-	+	6	4	16	6,95
5	+	+	-	9	7	4	8,4
6	-	+	-	6	7	4	8,9

7	+	-	-	9	4	4	6,5
8	-	-	-	6	4	4	4,2

В данном случае построить модель

$$\gamma = b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ij} x_i x_j + b_{123} X_1 X_2 X_3$$

$$1 \le i \le 3 \qquad 1 \le i \le j \le 3$$

Для расчета коэффициентов этой модели в табл. приведена расширенная матрица планирования и результаты опытов.

Члены модели в зависимости от значений $\varphi_3, \alpha, \gamma$ указаны в табл.3.

Таблица 3

α	0	1	0	0
φ_3,	0	0	1	0
γ	0	0	0	1
Члены модели	b_0	$b_1 x_1$	$b_2 x_2$	$b_3 x_3$
α	1	1	0	1
φ_3	1	0	1	1
γ	0	1	1	1
Член модели	$b_{12} x_1 x_2$	$b_{13} x_1 x_3$	$b_{23} x_2 x_3$	$b_{123} x_1 x_2 x_3$

Расширенная матрица плана 2^3

Таблица 4

№ опыта	0	1	2	3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$	M_{kp} (Нм)γ
1					+	+	+	+	7,8
2					-	-	+	-	6,7
3					-	+	-	-	8,9
4					+	-	-	+	6,95
5					+	-	-	-	8,4
6					-	+	-	+	8,9
7					-	-	+	+	6,5
8					+	+	+	-	4,2

Необходимо отметить, что при использовании регрессивного анализа требуется выполнение следующих исходных предпосылок:

1) зависимая переменная (отклик) – случайная величина с нормальным законом распределения;

2) дисперсия в определении этой переменной не зависит от ее абсолютной величины;

3) факторы измеряются с пренебрежительно малой ошибкой по сравнению с ошибкой в определении отклика;

Исходя из этого, все метчики, используемые в экспериментальном исследовании, подвергались тщательному контролю по основным параметрам.

Коэффициенты подсчитали по формуле

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^{N} x_{iu} y_u}{N}, \; i = 0,1,2\ldots..к,$$

где i – номер фактора ;

$b_0 = 7,29$; $b_1 = 0,606$; $b_2 = 0,656$ $b_3 = 0,293$;

$b_{12} = - 0,456$; $b_{13} = 0,156$; $b_{23} = -0,993$ $b_{1,2,3} = 0,243$

Итак, после реализации полного факторного эксперимента 2^3 получено следующее уравнение регрессии.

$y = 7,29 + 0,61X_1 + 0,656X_2 + 0,293 X_3 – 0,456 X_1X_2 + 0,156 X_1X_3 – 0,993 X_2 X_3 + +0,243 X_1 X_2X_3.$

Все x_i в данное уравнение входят в кодовом масштабе.

Гипотезу об адекватности модели проверяли по F – критерию при уровне значимости 0,05.

Анализ полученного уравнения регрессии позволяет сделать следующие выводы:

- Однофакторный экспериментальный анализ как метод исследования, неприемлем для оптимизации геометрических параметров режущего инструмента, так как существенны корреляционные связи при одновременном действии этих факторов.
- Существуют значительные корреляционные связи между геометрическими параметрами режущей части инструмента и толщиной среза.
- При оптимизации геометрических параметров метчика необходимо учитывать «фактор толщины среза».

Библиографический список

1. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. М.: Машиностроение, София:Техника, 1980.

2. Гусейнов Р.В. Выбор оптимальных значений геометрических параметров машинных метчиков при нарезании резьб в высокопрочных нержавеющих сталях. Межвузовский сб.научных трудов «Оптимизация процессов резания жаро- и особопрочных материалов». Уфа, УАИ, 1988.

УДК 621.882.085/.086.004

Н.М. Вагабов, М.Г. Вердиев, Т.Э. Саркаров

СПОСОБ УМЕНЬШЕНИЯ СБОРОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ВТУЛОК ЦИЛИНДРОВ (ВЦ) ПУТЕМ ИСПРАВЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ФОРМЫ БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОЯСКОВ БЛОК-КАРТЕРА

N.M. Vagabov, M.G. Verdiyev, T.E. Sarkarov

WAY TO REDUCE THE ASSEMBLY DEFORMATION OF CYLINDER BUSHINGS (CC) BY CORRECTING THE ERRORS OF THE FORM OF BASE SURFACES OF BLOCK-CRANKASE BELTS.

Приведены результаты исследования напряженно-деформированного состояния втулок цилиндров судового дизеля. Разработан метод уменьшения деформаций деталей цилиндро-поршневой группы путем исправления погрешностей формы базовых поверхностей поясков блок-картера. Показаны факторы, влияющие на отклонение макрогеометрии цилиндров при сборке. Даны рекомендации по уменьшению деформаций втулок цилиндров технологическим способом.

Ключевые слова: *цилиндро-поршневая группа, блок-картер, коленчатый вал, компенсатор, дизель.*

The results of investigation of the stress-strain state of marine diesel cylinder bushings aregiven. A method to reduce the deformation of parts of the cylinder-piston group by correcting errors in the form of base surfaces of the block crankase belts is developed. The factors affecting on the deflection of cylinders macrogeometry during assembly is shown. Recommendations on reduce of the cylinder bushings deformations technological by method are given means.

Keywords: *cylinder-piston group, block-crankcase, crankshaft, the compensator, diesel.*

Введение. В конструкциях большинства судовых дизелей втулки цилиндров, головки цилиндров, коленчатый вал с блок-картером образуют групповые резьбовые и прессовые соединения. Силы затяжки, передаваемые на детали через силовые шпильки, должны создавать равномерные контактные давления по всему периметру стыка деталей и обеспечивать надежность соединения деталей в узле.

Постановка задачи. Результаты проведенных испытаний показали, что одним из постоянно действующих факторов, влияющих на неравномерную деформацию ВЦ при сборке является неравномерная деформация посадочного пояска блок-картера. Указанная неравномерность является следствием переменной жесткости его верхней опорной плиты. Поэтому, для повышения геометрической точности ВЦ был разработан способ, основанный на исправлении погрешностей формы базовых поверхностей поясков блока, на операциях механической обработки.

Основная часть. Практическая реализация данного способа заключается в следующем:

- блок цилиндров, соединенный с коленчатым валом, поступает на операцию чистовой расточки отверстий; момент затяжки опор этого вала Мзат=100Нм,

соответствующий техническим требованиям (ТТ) на сборку дизеля, приводит к деформациям блока и его посадочных поясков;

- производят чистовую расточку поверхностей посадочных поясков и тем самым исправляют их форму, искаженную деформациями блока;
- блок с отверстиями подается на сборку; после снятия технологического вала отверстия в блоке приобретают форму обратную той, которая возникает у них при сборке дизеля;
- окончательно собирают узел блок-картер — втулки цилиндров— коленчатый вал — головки цилиндров, в котором преднамеренно искаженная форма отверстий блока выполняет роль компенсатора его неравномерной сборочной деформации от усилий затяжки

подшипников коленчатого вала и уменьшает деформации.

Использование описанного способа обработки и сборки дизеля 4Ч8,5/11 позволило уменьшить неравномерность деформаций втулок цилиндров с 0,035 мм до 0,015мм, т. е. более чем в 2 раза.

Выполненные в исследования влияния сил и последовательности затяжки шпилек ГРС на деформацию втулок цилиндров совпадает с результатами исследований, выполненных для автомобильных двигателей А.Г. Кесарийским [1]. Использованные им лазерно-интерференционные методы позволили измерить и представить картину перемещений не только в виде пространственных полей, но и в виде временных последовательностей. На рис.1 приведены результаты эксперимента с применением лазерно-интерференционных методов: фотография панорамной голографической интерферограммы зеркала цилиндра, панорамная развертка срединных линий интерференционных полос, выполненная в прямоугольных координатах, и профиль формоизменения сечения цилиндра. На рис. 2 показана серия графических изображений, приведенная в работе [1] и отражающая изменения сечения цилиндра двигателя ЗМЗ 406 по мере увеличения числа затянутых болтов, при штатной сборке головки с блоком цилиндров. Это свидетельствует о необходимости учета фактора последовательности и точности усилий затяжки силовых шпилек при исследовании формирования геометрической точности цилиндров после сборки дизеля.

Учитывая фактор влияния последовательности и сил затяжки шпилек ГРС на формирование точности формы цилиндров, представляет научный и практический интерес для более подробного исследования вопроса о возможности применения заданного уровня неравномерности затяжки в целях управления НДС исследуемого узла, что открывает новые возможности повышения точности сборки ГРС без внесения изменений в его конструкцию, т.е. технологическим способом.

Заключение. Выполненное исследование точности и механической напряженности втулок цилиндров и блок-картера в процессе сборки судовых малоразмерных дизелей позволило сделать следующие выводы:

1. Разработанная методика исследования напряженно-деформированного состояния рассматриваемого ГРС, основанная на тензометрировании деформаций и напряжений показала свою эффективность и информативнось. Погрешность измерений не превысила 8%.

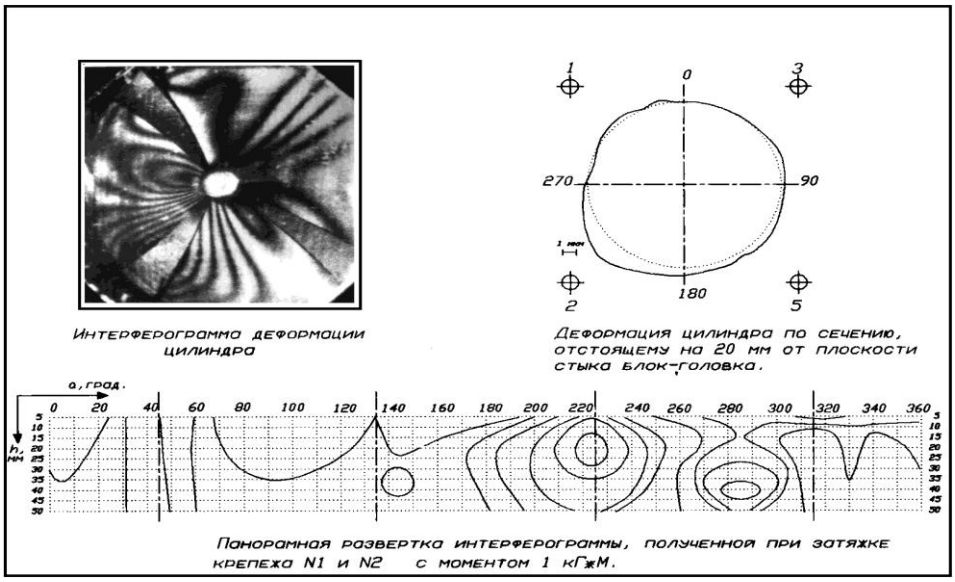


Рис.1 Результаты исследования деформации зеркала цилиндра при затяжке крепежа головки блока цилиндров

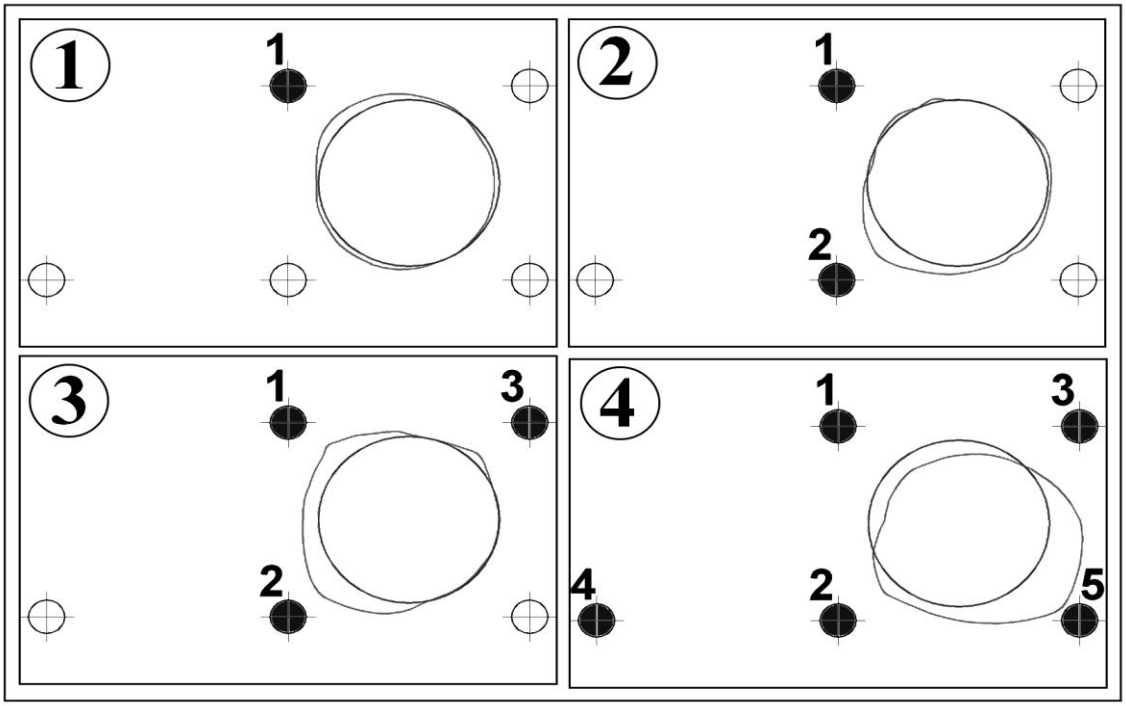


Рис. 2 Формоизменение сечения цилиндра при затяжке крепежа головки цилиндров и блок-картера

2. Влияние на деформацию ВЦ оказывает как затяжка крепежа головок цилиндров, так и опор коленчатого вала. Все ВЦ после сборки деформируются неравномерно и характер их деформации соответствует данным, полученным при статистическом анализе результатов измерения втулок серийных дизелей и результатов предварительных расчетов.

3. Овальность втулок находилась в пределах от 0,005 до 0,035мм при наибольших значениях в третьем и втором цилиндрах. Большие оси овалов располагаются в плоскости качания шатуна, т.е. совпадают с направлением овальности посадочных поясков блока

при их измерении без втулок.

4. На деформацию втулок цилиндров большее влияние оказывает искаженная форма отверстий посадочных поясков, с которыми сопрягается цилиндровая втулка, а деформация втулки от приложения изгибающего момента Мизг к опорному торцу менее значительна.

5. Анализ результатов исследования процесса сборки дизеля с втулками цилиндров и без них показал значительное влияние жесткости самих втулок на деформацию деталей сопряжения Б-Г-ВЦ.

6. Втулки цилиндров деформируются от усилий затяжки крепежа главным образом до тех пор, пока поверхности сопрягаемых деталей полностью прилегают друг другу, т.е. до полной выборки всех технологических зазоров между деталями.

7. Для повышения геометрической точности ВЦ разработан новый способ, основанный на исправлении погрешностей формы базовых поверхностей поясков блока на операциях механической обработки, что позволило уменьшить неравномерность деформаций втулок цилиндров с 0,035 мм до 0,015мм, т. е. более чем в 2 раза.

8. Учитывая установленную весомость фактора влияния на деформацию ВЦ неравномерной жесткости верхней опорной плиты блок-картера, необходимо провести более детальные исследования жесткости и разработать конструкторско-технологические способы, повышающие точность формы ВЦ и качество сборки дизелей.

Библиографический список:

1. Кесарийский А. Г. Разработка лазерно-интерференционных средств исследования напряженно- деформированного состояния деталей и узлов ДВС. диссертация…кандидата технических наук. 05.05.03. Х.; Павлоград, 2005. —241 стр.

2. Гинцбург Б.Я. О приспособляемости поршневых колец к деформациям цилиндров. - Тр./ЦИАМ, 1946, № 101

3. Бочкарев В.Н., Яхьяев Н.Я. Расчетно-экспериментальные модели напряженно-деформированных деталей сложной конструкции Монография/ АН СССР, Даг. ФАН, Даг. книгоиздат.- Махачкала, 1988. — 173с., ил.

4. Бочкарев В.Н., Яхьяев Н.Я. Технологическая наследственность в управлении качеством судовых: лиши и механизмов. Монография/ АН СССР, Даг. ФАН, Даг. книгоиздат.- Махачкала, 1990. — 200с., ил.

5. Искрицкий Д.Е. Строительная механика элементов машин. - Л., «Судостроение», —1970, 448 с.

6. Королевский Ю.А. Экспериментальная проверка напряженного состояния втулок рабочих цилиндров двигателей марки 8НВД-36: Отчет/Гипрорыбфлот; Тема 1327.— Л., 1996.

7. Гурвич И.Б. Исследование путей повышения износостойкости цилиндров, поршней и поршневых колец автомобильных двигателей. - Сб.: Повышение износостойкости деталей двигателей внутреннего сгорания. - М., «Машиностроение», 1972.

8. Булатов В.П., Рохлин А.Г., Яхьяев Н.Я. Аналитическое и экспериментальное определение напряжений и деформаций в сопряжении гильза цилиндра - моноблок при сборке судовых дизелей типа М400 и М401. [Текст] //Двигателестроение, 1979, №12, с.45-47.

УДК621.43.002.4

Н.А. Гутиева З.А. Хизриева

О ПРОБЛЕМАХ И КАЧЕСТВЕ СБОРКИ СУДОВЫХ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

В статье рассматривается проблема поиска оптимального компромиссного решения взаимодействия корпусных деталей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) малоразмерных судовых дизелей типа Ч 8,5/11 и Ч 9,5/11 для снижения трения и износа подвижных сочленений.

Ключевые слова: *цилиндропоршневая группа (ЦПГ), напряженно-деформированное состояние (н.д.с.), трение и износ, затяжка болтов и шпилек.*

N.A. Gutieva Z.A. Hizrieva

ABOUT PROBLEMS AND SMALL SHIP QUALITY BUILD DIESEL ENGINES

The paper considers the problem of finding the optimal compromise decision of interaction case details of internal combustion engines (ICE), small size marine diesel engine type Ч 8,5/11 and Ч 9,5/11 to reduce friction and deterioration of moving joints.

Keyword: *cylinder group (CG), intensely deformed state (i.d.s.), friction and wear, tightening of the bolts and studs.*

Введение. Остов малоразмерных судовых дизелей типа Ч 8,5/11 и Ч 9,5/11 образован блок-картером, головками цилиндров (общим для двух цилиндров), втулками цилиндров и крышками коронных опор. Детали остова воспринимают все нагрузки, возникающие при сборке и работе двигателя. При обеспечении необходимой прочности и жесткости на долю деталей остова приходится 50-70% общей массы двигателей.

Постановка задачи. При проектировании двигателей наряду с обеспечением работоспособности деталей остова и удобства обслуживания двигателей необходимо уделять внимание уменьшению их массы и стоимости изготовления. Последнее находится в противоречии с требованием обеспечения высокой жесткости корпуса.

Отсюда возникает проблема поиска оптимального компромиссного решения, так как не жесткость корпусных деталей расстраивает взаимодействие расположенных в них механизмов, вызывая повышенное трение и износ подвижных сочленений, не жесткость валов и опор зубчатых передач нарушает правильное зацепление колес и приводит к быстрому износу зубьев; не жесткость опор подшипников скольжения вызывает повышенные кромочные давления, появление очагов полужидкостного и полусухого трения, перегрев, заедание или снижение срока службы подшипников, не жесткость неподвижных соединений, подверженных действию динамических нагрузок, вызывает фрикционную коррозию, наклон и сваривание поверхностей.

Исследование, анализ и эксперименты. Работоспособность цилиндропоршневой группы (ЦПГ) дизелей во многом зависит от деформации поршней и втулок цилиндров. Эти деформации приводят к неравномерному распределению удельных давлений в контакте юбки поршня с втулкой цилиндра, ухудшают работу поршневых колец и влияют на увеличение удельных расходов топлива и масла. В наиболее неблагоприятных случаях деформации приводят к задирам поршней и возникновению трещин на поршнях и втулках.

Овальность и конусность внутренней поверхности втулки цилиндра также приводим к повышенному расходу масла и как следствие этого – к усиленному нагарообразованию,

пригоранию колец, загрязнению масла коксообразующими частицами и к усиленному износу подшипников коленчатого вала и других трущихся пар.

Нагарообразование ухудшает качество смесеобразования и отвод тепла от нагретых деталей, что вызывает перегрев деталей и более интенсивный их износ.

Количество выгоревшего масла в двигателе является основным показателем, характеризующим техническое состояние цилиндропоршневой группы и определяющим необходимость разборки двигателя. В то же время исследования показывают, что овальность втулок цилиндров после сборки достигает 0,06…0,15мм при исходной технологической овальности 0,03мм, т.е. в процессе сборки овальность втулок цилиндров увеличиваются в 2…5 раз.

В настоящее время многие дизельные заводы принимают поршни со сложной овально-бочкообразной геометрией юбки. Такие поршни лучше приспосабливаются к деформированной поверхности втулки цилиндра и обладают более высокой несущей способностью. Однако из-за отсутствия достаточно достоверных расчетных методик форма и величина овальности и бочкообразности юбки подбираются опытно-экспериментальным путем, при этом чаще всего учитываются значительно реже, а монтажные и технологические деформации вовсе не учитываются.

Нередки случаи недооценки величины усилий, действующих на конструкцию. Очень часто при расчете получают небольшие величины рабочих усилий, а фактически возникают нагрузки, приводящие к потере работоспособности деталей или поломкам. Эти нагрузки могут быть вызваны неточностью монтажа, деформацией недостаточно жестких элементов конструкции, остаточными деформациями, перетяжкой крепежных деталей, повышенным трением и перекосом трущихся поверхностей, усилиями, возникающими при транспортировке и установке двигателя и другими факторами.

Величину деформаций можно рассчитать лишь в простейших случаях методами сопротивления материалов и теории упругости. В большинстве случаев приходится иметь дело с нерасчетными деталями, сечения которых определяются условиями изготовления или имеющими сложную конфигурацию, затрудняющую расчетное исследование деформаций и напряжений.

Втулки цилиндров имеют перекос в блок-картере двигателя вследствие несоосности верхнего и нижнего посадочных поясов, разноглубинности выточки в блоке под опорный бурт втулки, неперпендикулярности нижней плоскости фланца к продольной оси втулки и деформаций блока, вызываемых усилиями затяжки силовых шпилек крепления головки.

Недостатки монтажа и неточность изготовления деталей вызывают неравномерные в окружном направлении давления на втулку цилиндра со стороны посадочных поясов блока и резиновых уплотнительных колец. Эти давления зависят также от деформаций сопряженных деталей втулка-блок, величины зазора между втулкой и поверхностями посадочных поясов, обусловленного степенью точности обработки этих деталей, упругости уплотнительных колец и др.

Нагрузки, возникающие при установке и монтаже цилиндровых втулок с головками весьма значительны и зависят кроме прочего от чистоты обработки сопрягаемых поверхностей, наличия смазки и других факторов. Так на двигателях завода «Дагдизель» усилия затяжки каждого болта крепления головки цилиндров достигает 60…65кН. Усилия, возникающие при монтаже коленчатого вала, также велики и составляют 40…50кН на один болт.

Монтажные нагрузки вызывают в основном местные растягивающие или сжимающие напряжения. Влияние этих нагрузок на изменение геометрии блока, в частности соосности коренных подшипников, довольно существенно. Экспериментальными исследованиями установлено, что изменение соосности опор коленчатого вала при монтаже головок цилиндров достигает ±12 мкм.

Моменты затяжки резьбовых соединений, рекомендуемые в литературе в таблице 1.

Таблица 1

Моменты затяжки резьбовых соединений в малоразразмерных быстроходных дизелях

Резьба	**М6**	**М8**	**М10**	**М12**	**М14**
$M_{зат}$, кгс·м	0,6…0,8	1,5…1,7	3,2…3,5	5,6…6,0	8,2…9,0
Резьба	М16	М18	М20	М22	М24
$M_{зат}$, кгс·м	12…14	16…19	23…26	32…36	42…48

Момент затяжки некоторых ответственных резьбовых соединений в малоразмерных быстроходных дизелях приведены в таблице 2.

Моменты затяжки ответственных резьбовых соединений в дизелях с диаметром цилиндра D=95…105мм.

Таблица 2

Момент затяжки некоторых ответственных резьбовых соединений

№п/п	**Наименование соединения**	**Момент затяжки, кгс·м**
1	Гайки шатунных болтов	11…13
2	Гайки крепления головок цилиндров	18…20
3	Болты крепления маховика	17…19
4	Гайки крепления коренных подшипников	12…14
5	Болт крепления шкива и вала	24…34
6	Гайка крепления форсунки	6…7

Следует отметить относительно невысокую эффективность использования тарированного инструмента на производстве для контроля затяжки резьбовых соединений. При одном и том же моменте затяжки усилие затяжки изменяется в значительных пределах в зависимости от качества поверхностей резьб, торцовых поверхностей гаек или головок болтов, наличия смазки или грязи на контактирующих поверхностях, наличия шайб и других условий.

Другие, более совершенные методы контроля затяжки, например, по величине удлинения болта для производственных условий непригодны, из-за высокой стоимости и необходимости использования специально измерительной аппаратуры.

Для уплотнения газового, жидкостного и масляного стыков в ДВС применяются прокладки, которые должны длительное время выдерживать высокие температуры и быть стойкими против воздействия уплотняемой среды. Кроме того, прокладки должны быть достаточно упругими, чтобы заполнить на опорных поверхностях блока и головки все неровности, остающиеся после механической обработки и компенсировать погрешности изготовления.

В настоящее время, для рассматриваемого класса двигателей наибольшее распространение получили прокладки из асбожелезного полотна, вырезы под камеры сгорания в которых окантовывают медной или мягкой стальной фольгой толщиной 0,15…0,25мм.

Прокладки должны не только выдерживать все колебания температур и давления, но и длительное время работы двигателя сохранить постоянное сжатие уплотняемых поверхностей, обеспечивающее надежное уплотнение. В действительности, в результате воздействия температур, вибраций и других явлений старения происходит постепенное уменьшение толщины прокладки, т.е. прокладка дает усадку. Это ослабляет газовый стык и степень прижатия фланца втулки цилиндра к блоку. Поэтому возникает необходимость в дополнительной затяжки болтов крепления головки цилиндров для восстановления первоначального давления в стыке.

На рис.1 приведена диаграмма сжатия асбожелезного полотна толщиной S=1,5мм.

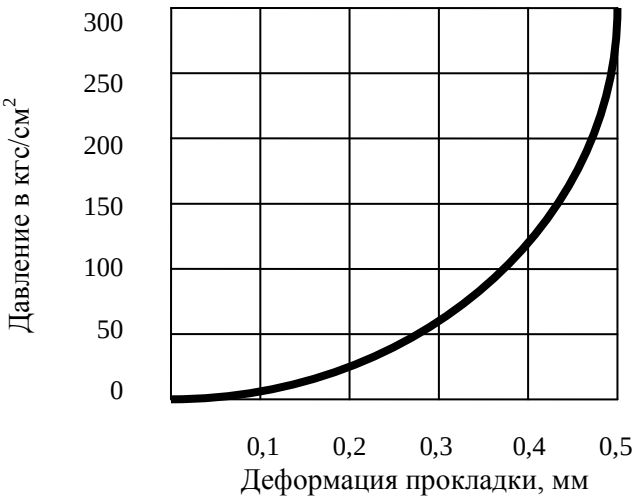


Рис.1. Диаграмма сжатия асбожелезного полотна.

Деформацию сжатия определяют путем измерения толщины свинцовых шайб, заделанных в теле полотна, так как степень упругого восстановления толщины прокладки заранее неизвестны.

От жесткости прокладки и наличие на ней окантовки отверстий во многом зависят деформации уплотняемых деталей при затяжке болтов крепления головки к блоку. С увеличением жесткости прокладки эти деформации уменьшаются. При одном и том же материале прокладки с уменьшением ее толщины жесткость возрастает, а деформации блока, головки и втулки цилиндров уменьшаются. Вместе с тем слишком жесткая прокладка не обеспечивает надежное уплотнение стыка в процессе эксплуатации дизеля.

Момент затяжки $M_{кл}$ приложенный к гайке, вызывает в резьбовом соединении осевые и тангенциальные усилия. В случае переноса осевых поверхностей возникают также изгибающие моменты.

При затяжке шпильки часть момента затяжки остается на гайке, как момент трения на опорной поверхности гайки $M_т$, а другая часть, $M_р$ передается на шпильку. Момент трения в резьбе скручивает шпильку и, вследствие действия клина резьбы, растягивает ее силой Q. Таким образом

$$M_{кл} = M_m + M_p \tag{1}$$

где

$$M_m = Q\frac{f_1}{3}\cdot\frac{D_0^3 - d_0^3}{D_0^2 - d_0^2} \tag{2}$$

$$M_p = Q\frac{tg\alpha + f_2/\cos\beta}{1 - tg\alpha\cdot f_2/\cos\beta}\cdot\frac{d_{cp}}{2} \tag{3}$$

$tg\alpha = S_o / d_{cp}\cdot\pi$ - тангенс угла подъема резьбы;

β- половина угла профиля резьбы;
f_1- коэффициент трения на торце гайки;
f_2- коэффициент трения в резьбе;
$d_{ср}$- средний диаметр резьбы;
S_o- шаг резьбы;
D_o и d_o- диаметры окружностей, ограничивающих поверхность трения на торце гайки.

Из формул (1)…(3) следует, что

$$Q = \frac{M_{кл}}{\frac{tg\alpha + f_2/\cos\beta}{1 - tg\alpha \cdot f_2/\cos\beta} \cdot \frac{d_{ср}}{2} + \frac{f_1}{3} \cdot \frac{D_0^3 - d_0^3}{D_0^2 - d_0^2}} \qquad (4)$$

Отсюда видно, что растягивающая сила Q и момент $M_р$, скручивающий шпильку не зависят от жесткости стягиваемых деталей, а зависят при заданном моменте $M_{кл}$ только от коэффициентов трения и геометрии резьбы. В свою очередь коэффициенты трения зависят от точности изготовления резьбы, качества контактирующих поверхностей, материала деталей, их термообработки, наличия смазки и других факторов и могут колебаться в достаточно широких пределах – от 0,06 до 0,3 и более. Поэтому значение сил и моментов, полученные по формулам (1)…(4), следует рассматривать как первое приближение к истинным значениям Q и $M_р$. Это показывает, что для каждого конкретного резьбового соединения значения силовых факторов должны быть уточнены экспериментальным путем, в частности, путем измерения деформаций.

Так при экспериментальном исследовании шпилек крепления головок цилиндров дизеля СМД-14 (М14х1,5) было установлено, что Q=95…100кН, $M_р$=85…90Н·м, тогда как по формулам (1)…(4) были соответственно получены значения Q=65кН и $M_р$=75Н·м.

Наибольшее затруднение при расчетно-теоретическом исследовании напряженно-деформированного состояния (н.д.с) деталей остова возникают при рассмотрении головки цилиндров. Это связано со сложностью ее конструкции, многообразием действующих нагрузок, нестабильностью и большим разбросом размеров отливок, наличием прокладки и т.п.

Как правило, головки цилиндров объединяют два или четыре цилиндра и редко шесть. По своим характерным размерам и условиям опирания головки следует отнести к балкам или плитам, лежащим на упругом основании.

Наличие многочисленных полостей, каналов, отверстий (газовоздушных, водяных, масляных и др.) приводит к резкому изменению геометрических характеристик сечений по направлениям координатных осей, что сильно затрудняет использование известных методов теории упругости для расчета подобных деталей.

Непрерывно меняющаяся нагрузка от давления газов и неравномерность температурных полей лишь усугубляют эти затруднения. Тем не менее, в качестве первого приближения к истинной картине н.д.с. головку цилиндров можно рассмотреть как балку переменного момента инерции поперечного сечения, лежащую на упругом основании с переменным коэффициентом постели и нагруженную изменяющимися по ее длине и по времени силовыми факторами - монтажными, газовыми и термическими.

Выводы. При затяжке гаек шпилек крепления головки происходит деформация головки, прокладки головки, рис.2, самых шпилек и блок-картера. Задачу определения деформаций и напряжений, возникающих в головке при сборке двигателя можно решить по следующей схеме:

1.Из диаграммы сжатия материала головки определяем объемную жесткость $К_о$=dp/dV, кгс/см^3.

2.Исходя из геометрии перфорированной прокладки, рис.2, определяем дискретные значения ширины прокладки в (х) через небольшие промежутки Δх.

3.Определяем дискретные значения коэффициента постели к(х)=$к_о$·в(х) кгс/см^2.

4.Определяем моменты инерции наиболее характерных поперечных сечений головки (сечения, проходящие через оси цилиндров, через оси клапанов, через оси форсунок, через оси отверстий под шпильки и др.).

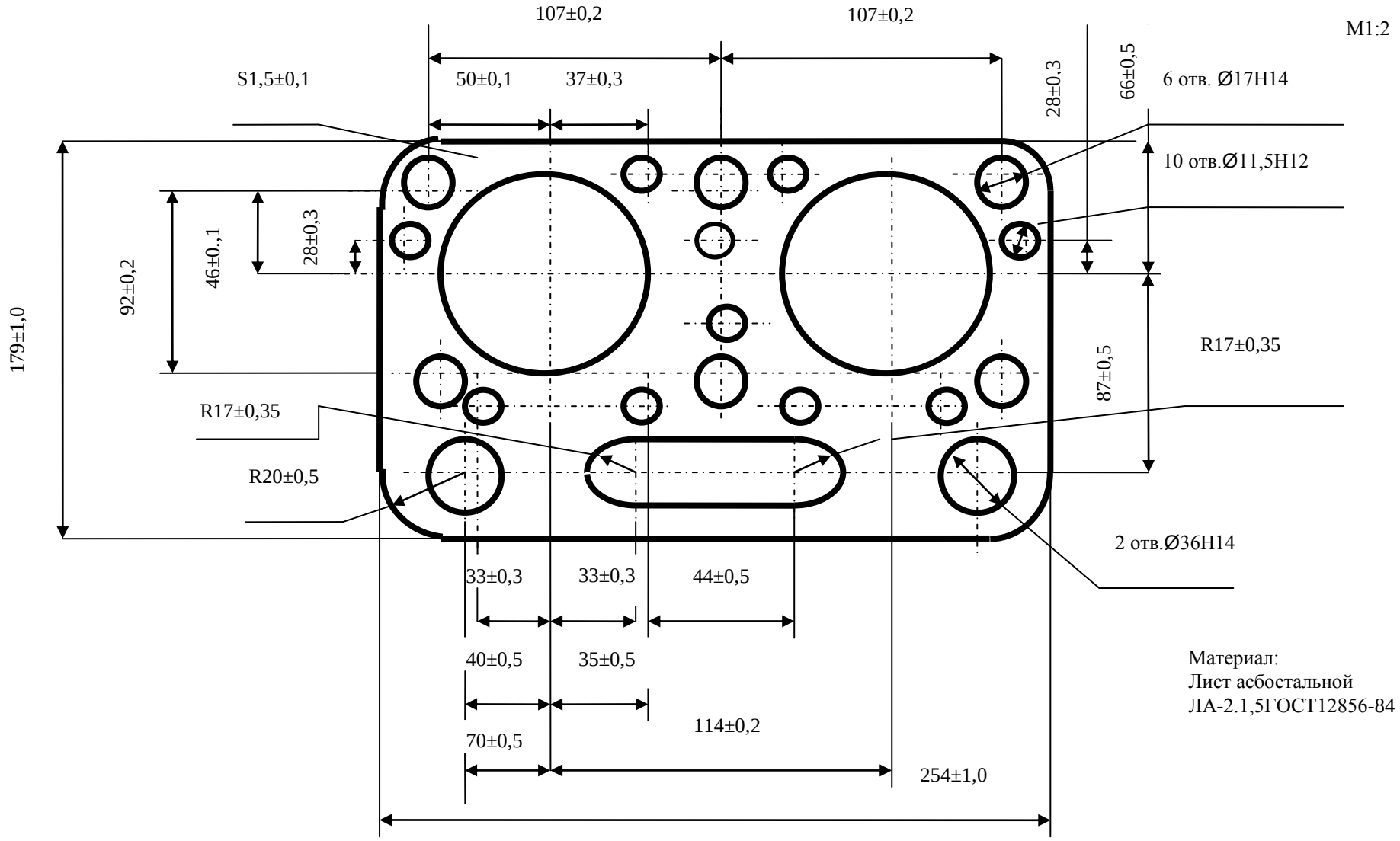


Рис.2. Прокладка головки цилиндров.

5.Приводим балку переменного поперечного сечения J(x) к эквивалентной балке с постоянным моментов инерции J_0, для чего строим эпюру $\alpha_x=J_0/J(x)$ и эпюру изгибающих моментов M_x в основной системе, вычисленную от усилий затяжки шпилек и реактивного давления, в качестве которого в первом приближении принимаем зависимость к(x). Перемножив эпюры α_x и M_x, получим эпюру $M_{экв}$ для эквивалентной балки в первом приближении.

6.Для последующих уточнений результатов в расчет нужно ввести перемещение балки на упругом основании, которые могут быть определены из решения дифференциального уравнения четвертого порядка.

$$EJ_0\frac{d^4y}{dx^4}+\kappa(x)\cdot y=q(x) \qquad (5)$$

где y-осадка балки, пропорциональная давлению на основание;

q(x)-обобщенная внешняя нагрузка.

Решение уравнения (5) известны и приводятся в соответствующей литературе. Трудности вызывает определение четырех постоянных интегрирования (C_1, C_2, C_3, C_4), появляющихся при четырехкратном интегрировании уравнения (5) и зависящих от граничных условий. Однако использование фундаментальных функций акад. Крылова существенно (в 2 раза) облегчают эту задачу.

МЕЛИОРАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 627.132:532.543

А.К.Алибеков

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ХОЛОСТОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ОРОСИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

Работа посвящена поиску оптимальной длины холостой части магистрального оросительного канала, проходящего в выемке и неукрепленном земляном русле с уклоном, равным уклону местности. В качестве критерия оптимальности принят минимальный объем выемки грунта по трассе канала, а для поиска оптимальной протяженности предложена программа для ПЭВМ.

***Ключевые слова**: мелиоративная система, магистральный канал, выемка грунта, оптимизация параметров канала.*

A.K.Alibekov

SEARCH OF OPTIMUM LENGTH OF THE SINGLE PART OF THE MAIN IRRIGATION CANAL

Work is devoted search of optimum length of a single part of the main irrigation canal which is passing in dredging and not strengthened earthen channel with a bias, equal to a district bias. As criterion of an optimality the minimum volume of dredging on a channel line is accepted, and for search of optimum extent the program for computer is offered.

***Keywords**: meliorative system, the main channel, dredging, optimization of parameters of the channel.*

Введение. В южных регионах нашей страны главным условием получения гарантированного урожая является проведение оросительных мелиораций. Для этой цели необходима реконструкция существующих и строительство новых мелиоративных систем. Существенная доля в стоимости их возведения приходится на каналы, проходящие главным образом в неукрепленном земляном русле. Из-за значительной протяженности каналов даже небольшая экономия средств на единице длины канала даст существенный экономический эффект по системе в целом. Поэтому данное направление исследования представляется актуальным.

Цель настоящей работы заключается в определении оптимальной (экономичной) длины холостой части магистрального канала, проходящего в выемке и неукрепленном земляном русле с уклоном, равным уклону местности.

Анализ существующих проектных решений и изучение материалов из учебной и научной литературы показал, что вопросу оптимизации параметров каналов посвящено большое множество работ всемирно известных ученых [2, 3, 5, 6, 10 и др.], а также молодых отечественных исследователей [7, 9 и др.]. Да и сами каналы в разных странах люди начали прокладывать давно и, исходя из практики их эксплуатации, пришли к частичным оптимальным вариантам. Поэтому была произведена предварительная всесторонняя проработка существующих методик проектирования каналов с оптимальными параметрами, включая изучение вопросов фильтрации воды из каналов, размыва и заиления русла, выбора параметров и формы поперечного сечения и др.

Отличительной особенностью при исследовании данного вопроса является и то, что разные научные школы предлагают собственные методики, например, при определении неразмывающих скоростей, выборе критериев оптимизации параметров канала и другим вопросам. С другой стороны наличие большого количества публикаций по рассматриваемой теме у различных научных школ в нашей стране и за рубежом свидетельствует о том, что проектирование каналов с оптимальными параметрами является достаточно сложной задачей, хотя на первый взгляд решение кажется простым и очевидным. Вспоминается выражение всемирно известного ученого в этой области из С.-Петербурского политехнического университета М.А.Михалева: «…из канала еще никто «не вылезал»…». Поясним сказанное.

Стоимость возведения каналов определяют следующие факторы: транспортируемый расход брутто, глубина воды, форма поперечного сечения, уклон местности, уклон дна канала, шероховатость русла, вид грунта ложа русла (степень фильтрации, заложение откосов, зарастаемость), проектирование канала в выемке или полунасыпи, технология производства работ, тип крепления и др. Исследовать многомерную зависимость, где учтено, например, только 8 из указанных факторов, довольно сложно. Действительно, если каждый из восьми факторов варьировать хотя бы на трех уровнях, то необходимое число вариантов при различных всевозможных сочетаниях значений факторов $N = 3^8 = 6561$. Но три уровня варьирования – это совсем мало. При четырех уровнях варьирования факторов необходимое для рассмотрения число вариантов $N = 4^8 = 65\,536$. Очевидно, что проведение такого количества расчетов и их анализ не реальны как по времени, так и по физическим возможностям и на сегодняшний день при ручном счете практически ограничиваются сравнением незначительного количества вариантов. Не рассмотрев все случаи, то есть без полного охвата области изменения факторов, нельзя говорить об оптимальных значениях параметров и искомой функции [1].

Кроме того, в условиях рыночной экономики цены на материалы и работы зависят от региона строительства, сезона, близости карьера, наличия дорог, степени оснащенности современной техникой, энергией и т.д. Это означает, что одно и то же экономичное решение нельзя распространять на все регионы или на все случаи, как это делается на сегодня многими авторами. В этой связи результаты настоящей работы представлены в физических показателях, которые можно умножать на текущие местные цены, а поиск оптимального варианта рекомендуется искать путем выполнения расчетов на ПЭВМ по разработанной программе, которую можно рассматривать как дальнейшее развитие направления автоматизации проектирования мелиоративных объектов.

Таким образом, одним из путей поиска новых решений было выбрано сочетание традиционных методов поиска оптимума и новых информационных технологий, позволяющих выполнить очень большой объем вычислений за короткое время при различных сочетаниях значений определяющих факторов. А проведение исследования путем привлечения методов математического планирования эксперимента позволит, в частности, охватить многомерную область определения параметра оптимизации [1]. В этом состоит один из главных и принципиальных отличий выполненной работы по сравнению с текущим состоянием исследуемого вопроса.

Кроме выбора правильного метода исследования существенное значение имела основная идея настоящей работы. Она основывается на положении о том, что при слабом уклоне местности и дна канала из основной расчетной формулы Шези для случая равномерного движения воды при заданном расходе и постоянных значениях некоторых других факторов площадь сечения канала получается большой, а значит, объем выемки грунта на единице длины канала будет большим. При этом сама длина холостой части магистрального канала является самым наименьшим. И, наоборот, при большом уклоне дна канала площадь сечения уменьшается, что приводит к уменьшению объема выемки грунта на единице длины канала. Однако в этом случае увеличивается протяженность

холостой части, а значит, и объем выемки грунта (рисунок 1). На этом основании был сделан вывод о возможном существовании оптимальной длины холостой части с уклоном, лежащем в диапазоне от наименьшего значения, соответствующего незаиляющей скорости или транспортирующей способности потока, до максимально возможного значения, соответствующего условию неразмываемости неукрепленного земляного русла.

В качестве примера покажем на рисунке 1 план местности, источник забора воды в виде реки и несколько трасс холостой части магистрального канала. Обозначим точкой А конец холостой части канала, а через B_1, …, B_4 - ее начало (точки водозабора). Для представленной топографии местности и плана реки длины холостых участков $AB_1 < AB_2 < AB_3 < AB_4$, а уклоны $i < i_1 < i_2 < i_3 < i_4$. Найдем оптимальную с точки зрения наименьшего объема строительной выемки грунта длину холостой части и соответствующий уклон трассы канала.

Исходными данными для расчета являются: максимальный расход Q, коэффициент заложения откосов m и коэффициент шероховатости грунта ложа русла n [4, 8], длина и уклон по трассе канала, определяемые по топографии участка, форма сечения канала, его размеры и др. Однако с учетом рекомендаций ряда авторов и для удобства выполнения расчетов в примере, рассматриваемом ниже, профиль канала был принят трапецеидальным и гидравлически наивыгоднейшим, хотя гидравлическая выгодность не гарантирует условие минимальной стоимости возведения канала.

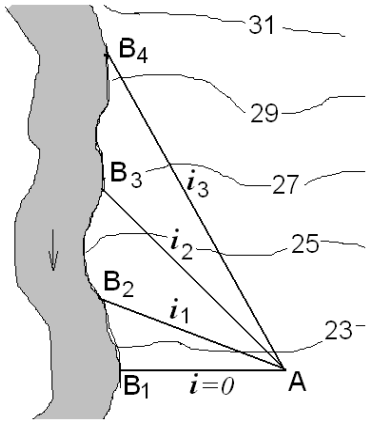


Рисунок 1 – План местности с трасами каналов с различными

В [3, 8, 10 и др.] исходя из условий максимального значения площади живого сечения ω и минимального значения смоченного периметра χ получено следующее выражение для определения гидравлически наивыгодной относительной ширина канала по дну:

$$\beta=\beta_0=b/h = 2\left(\sqrt{1+m^2} - m\right), \qquad (1)$$

где b – ширина канала по дну, кратная ширине ковша экскаватора или другого устройства,

h – глубина потока, соответствующая заданному расходу.

Критерием при поиске оптимальной протяженности канала принят минимальный объем выемки грунта по трассе:

$$W = \omega_в \cdot l = (b + mh_1)h_1 \cdot l = \min, \qquad (2)$$

где h_1 – строительная глубина выемки грунта, $h_1 = h + \Delta$,

l – протяженность холостой части канала,

$\omega_в$ – площадь поперечного сечения выемки,

Δ - превышение бровки канала над максимальным уровнем воды, которая в общем случае зависит от множества факторов [3]: увеличения шероховатости русла, заиления, уменьшения скорости течения при встречном ветре, подпора, осадки дамб после возведения, развевания грунта ветром, разрушения при ездке, смыва грунта при выпадении атмосферных осадков, растрескивания поверхности дамб под влиянием климатических факторов и др. Однако учесть все факторы очень трудно и, используя опыт эксплуатации уже построенных каналов, в [8] дана таблица для определения Δ. При разработке программы для ПЭВМ эти данные для случая каналов без облицовки, с грунтово-пленочным экраном и для сооружений при наличии аэрации или сбойности течения были аппроксимированы зависимостью:

$$\Delta = 0{,}2 + 0{,}008Q - 0{,}00004\,Q^2. \qquad (3)$$

Для решения задачи в соответствии с (2) была разработана программа kholost:

```
REM   ПРОГРАММА KHOLOST РАСЧЕТА ХОЛОСТОЙ ЧАСТИ
REM   МАГИСТРАЛЬНОГО ТРАПЕЦЕИДАЛЬНОГО КАНАЛА
          Q = 5: m = 1: n = .025
          i = .0016: l = 2440
          bt = 2 * ((1 + m ^ 2) ^ .5 - m)
          h = 0
23        h = h + .01
          b = bt * h
          w = (b + m * h) * h
          x = b + 2 * h * (1 + m ^ 2) ^ .5
          R = w / x
          C = R ^ (1 / 6) / n
          Q1 = w * C * (R * i) ^ .5
          IF Q1 < Q THEN GOTO 23
          PRINT "h="; h; " b="; b
          dlt = .2 + .008 * Q - .00004 * Q ^ 2
          h1 = h + dlt
          w1 = (b + m * h1) * h1
          dw = w1 - w
          otw = dw / w
          obg = w1 * l
          dobg = dw * l
          PRINT "h="; h; " b="; b
          PRINT "w="; w; " dw="; dw; " otw="; otw
          PRINT "w1="; w1; "obg="; obg; " otobg="; dobg / obg
          STOP
           END
```

Выходными данными программы kholost являются: глубина воды h, ширина канала по дну b, площадь живого сечения ω, площадь неполезной выемки между уровнем воды и бровкой канала $\Delta\omega$, доля неполезной площади сечения от всей площади сечения выемки $\Delta\omega/\omega$, площадь сечения выемки $\omega_в$, объем выемки грунта по всей трассе W, доля неполезного объема выемки в отношении от величины всей выемки $\Delta W/W$. При выполнении расчетов было принято, что канал проходит в выемке с продольным уклоном дна, равным уклону местности.

Большая часть исходных данных и результатов расчетов, выполненных по представленной программе kholost, приведены в таблице 1 и для большей наглядности изображены на рисунках 2 – 5.

Таблица 1 –

Исходные и расчетные данные по холостой части магистрального канала

Q, м^3/с	m	i	l, м	h, м	ω, м^2	$\Delta\omega$, м^2	$\Delta\omega/\omega$	$\omega_в$, м^2	W, м^3	$\Delta W/W$
5	1,5	0,0002	1000	2,04	8,8	1,8	0,21	10,6	10606	0,17
5	1,5	0,0006	1370	1,66	5,8	1,5	0,26	7,32	9294	0,21

Продолжение Таблицы 1

Исходные и расчетные данные по холостой части магистрального канала

Q, $м^3/с$	m	i	l, м	h, м	ω, $м^2$	$\Delta\omega$, $м^2$	$\Delta\omega/\omega$	$\omega_в$, $м^2$	W, $м^3$	$\Delta W/W$
5	1,5	0,0011	1960	1,48	4,6	1,4	0,3	6,0	10960	0,23
5	1,5	0,0016	2885	1,37	4,0	1,3	0,32	5,3	12894	0,24
10	1,5	0,0002	1000	2,64	14,8	2,8	0,19	17,5	17536	0,16
10	1,5	0,0006	1370	2,14	9,7	2,3	0,23	12,0	15223	0,19
10	1,5	0,0011	1960	1,92	7,8	2,0	0,26	9,8	17958	0,21
10	1,5	0,0016	2885	1,78	6,7	1,9	0,28	8,6	21086	0,22
5	1,0	0,0002	1000	2,1	8,4	1,5	0,17	10,0	9962	0,15
5	1,0	0,0006	1370	1,7	5,6	1,2	0,22	6,8	8686	0,18
5	1,0	0,0011	1960	1,5	4,4	1,1	0,25	5,6	10205	0,20
5	1,0	0,0016	2885	1,4	3,9	1,0	0,27	4,9	12057	0,21

Выводы. Как видно из рисунков 2 и 3 для рассчитанного примера оптимальное значение длины холостой части магистрального канала $l_{опт}$ = 1300 м, а продольного уклона дна $i_{опт}$ = 0,0006. В случае, если аналогичные зависимости для других топографических условий получатся монотонно убывающими, то оптимальными следует считать максимальные значения длины l и уклона i, но не превышающие их значения, найденные при условии равенства средней скорости потока неразмывающей скорости для данного вида грунта. В случае монотонно возрастающих зависимостей оптимальными следует считать минимальные значения длины l и уклона i, но не ниже их значений, найденных при условии равенства средней скорости потока воды в канале незаиляющей скорости.

Характер изменения доли неполезной выемки грунта с ростом длины и уклона дна канала является возрастающим, причем эта тенденция не зависит от расхода и коэффициента заложения откоса (рисунки 4 и 5).

Имеющее место расхождение в числовых данных в зависимости от значений конкретных факторов (уклона дна канала, расхода, коэффициента заложения откосов и др.) указывает на отмеченную выше сложность задачи, обусловленную ее многофакторностью. В таких задачах поиск оптимальных условий рекомендуем осуществлять путем выполнения расчетов на ПЭВМ по вышеприведенной программе по множеству вариантов для конкретной реальной топографии местности (аналогично рассмотренному примеру). При этом обязательным условием остается исследование всей области определения искомой функции.

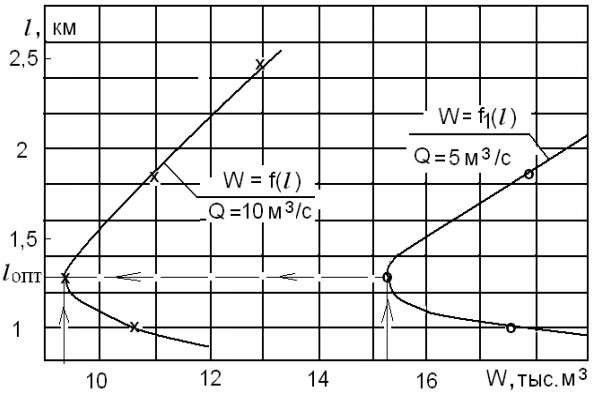


Рисунок 2 – Зависимости *W = f(l, Q)*

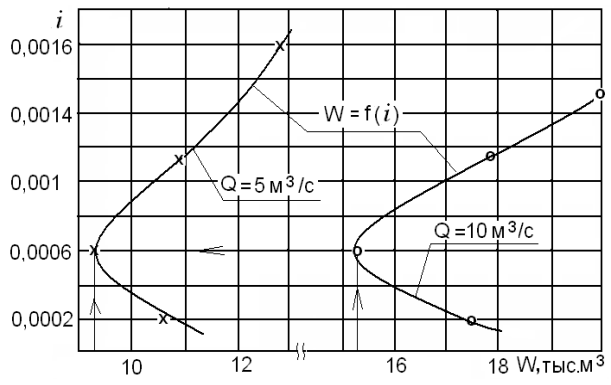


Рисунок 3 – Зависимости *W = f(i, Q)*

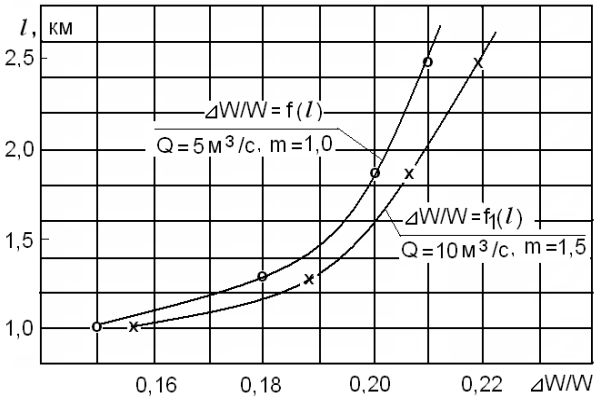


Рисунок 4 – Зависимости *ΔW/W = f(l, Q, m)*

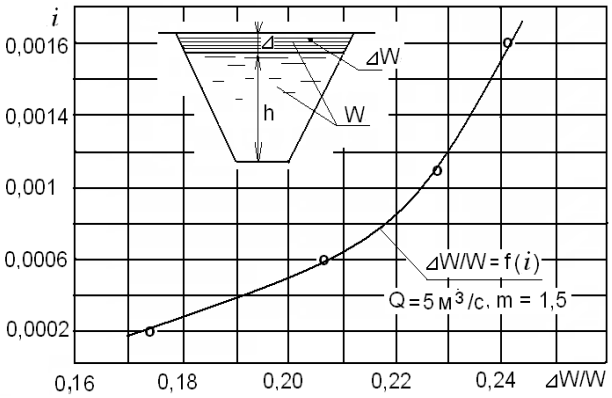


Рисунок 5 – Зависимость *ΔW/W = f(i)*

Библиографический список:

1. Алибеков Н.А., Алибеков А.К. Актуальные вопросы постановки экспериментальных исследований// Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. - 2010. - № 17 (II). – С.85 – 91.

2. Алтунин В.С. Мелиоративные каналы в земляных руслах. – М.: Колос, 1979. – 256 с.

3. Дементьев В.Г. Орошение. – М.: Колос, 1979. – 303 с.

4. Мелиорация и водное хозяйство. 4. Сооружения: справочник/ Под ред. П. А. Полад-заде. – М.: Агропромиздат, 1987. - 464 с.

5. Михалев М.А. Гидравлический расчет необлицованного канала большой пропускной способности. В кн.: Речная гидравлика и русловые процессы. Ч.2. – М.: МГУ, 1976. - С. 85 – 98.

6. Михалев М.А., Рыжаков И.Ю. О форме поперечного сечения канала в несвязных грунтах, обладающих свойством равной прочности. – В сб. «Труды ЛПИ». – Л.: ЛПИ, № 415, 1986. – С. 85 - 89.

7. Патрина М. Ю. Оптимизация параметров трапецеидальных оросительных каналов в земляном русле: Дис. ... канд. техн. наук. – СПб, 1999.

8. СНиП 2.08.03-85 Мелиоративные системы и сооружения/Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986. – 59 с.

9. Чирикина Ю. И. Оптимизация параметров земляных каналов: Автореферат дис. ... канд. техн. наук. – СПб.: СПбГПУ, 1996. - 16 с.

10. Чугаев Р. Р. Гидравлика. – Л.: Энергия, 1982. – 672 с.

УДК 550.981.55/182

Т.М. Умариев

РАЗРАБОТКА НЕФТЕГАЗОВЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ ЗОН КАЧЕСТВЕННО РАЗЛИЧНОГО НАСЫЩЕНИЯ

В статье рассматривается важная в научном и практическом отношениях задача вовлечения в разработку нефти и газа нефтегазовых и нефтегазоконденсатных залежей. Разработка таких залежей осложняется как возможным газогидродинамическим взаимодействием нефте- и газонасыщенных зон с не контролируемыми перемещениями контактов фаз, так и выпадением в газовой шапке конденсата и выделением из нефти растворенного газа.

С учетом этого в статье разработаны новые способы разработки нефтегазовых и нефтегазоконденсатных залежей, новизна которых подтверждена патентами на изобретение.

Ключевые слова: *зоны качественно различного насыщения, купольная часть залежи, гравитационная сегрегация нефти и воды, сплошное водяное зеркало.*

T.M. Umariev

DEVELOPMENT OF OIL AND GAS DEPOSITS BY MEANS OF QUALITATIVE SATURATION ZONES ISOLATION

The article discusses important in both research and practice on the tasks involved in developing oil and gas production and gas and oil and gas deposits. The development of such deposits is complicated by a possible gas-hydrodynamic interaction of the oil-and gas-saturated zones not controlled by the movements of contact between the phases, and precipitation in the gas cap condensation and separation of oil dissolved gas.

In view of this article have developed new ways to develop oil and gas and oil and gas reservoirs, the novelty of which is confirmed by patents for inventions.

Keywords*: zones qualitatively different saturation dome of the reservoir, gravity segregation of oil and water, solid water glass.*

К особенностям нефтегазовых залежей, которые отличают их от чисто нефтяных, относят:

1. наличие дополнительного подвижного раздела «газ-нефть», который ограничивает добывные возможности по скважинам,
2. наличие в интервале вскрытия скважины одновременно газо-, нефте- и водонасыщенных интервалов,
3. пластовое давление близкое к давлению начала конденсации и выделению из нефти растворенного газа.

Способы разработки в режиме истощения пластовой энергии, которые нашли применение в практике разработки нефтегазовых и нефтегазоконденсатных залежей, подразделяются на следующие разновидности :

1. первоочередная разработка нефтяной оторочки с временной консервацией газовой шапки,
2. отбор газа из газовой шапки с попутной разработкой нефтяной оторочки,
3. одновременная раздельная разработка нефтяной оторочки и газовой шапки при медленно понижающемся газонефтяном контакте.

Накопленный нефтепромысловый опыт показывает, что разработка таких залежей в режиме истощения пластовой энергии осложняется как возможным

газогидродинамическим взаимодействием между газовой шапкой и нефтяной оторочкой, так и выпадением в пласте конденсата и выделением из нефти растворенного газа, что дополнительно усложняет фильтрационную картину. Кроме того выпадение в пласте конденсата при снижении в процессе разработки давления ниже давления начала конденсации приводит к безвозвратным потерям последнего на насыщение породы.

Хуже всего обстоит дело том случае, когда нефтяная оторочка повсеместно подстилается подошвенной водой и перекрывается газовой шапкой.

В таких условиях первоочередная разработка нефтяной оторочки с непрерывным отбором нефти из нефтяной оторочки может привести к многочисленным прорывам газа из газовой шапки к интервалам вскрытия добывающих скважин, что в свою очередь сделает невозможным полную выработку нефтяной оторочки.

Отбор газа из газовой шапки с попутной разработкой нефтяной оторочки может привести к значительным потерям нефти на насыщение «сухих песков».

В случае варианта с одновременной и раздельной разработкой нефтяной оторочки и газовой шапки следует указать, что задача удержания горизонтального положения газонефтяного контакта, тем более в процессе его медленного понижения, является чрезвычайно сложной проблемой, которая требует мероприятий по специальному регулированию темпов отбора.

Без такого регулирования разработка залежи будет осложняться локальными прорывами газа или воды к интервалам вскрытия добывающих скважин.

Исходя из изложенного можно сделать вывод, что существующие на сегодняшний день в нефтепромысловой практике способы разработки залежей двухфазного насыщения в режиме истощения пластовой энергии без применения специальных методов по изоляции зон качественно различного насыщения не могут обеспечить приемлемых темпов отбора нефти.

Вследствие этого широкое распространение в отечественной и зарубежной патентно-технической литературе нашли новые приемы повышения эффективности разработки залежей двухфазного насыщения/1/. Многообразие указанных приемов является следствием различия условий залегания объектов рассматриваемого типа. С учетом специфики строения нефтегазовых залежей и в свете вышеприведенных представлений о возможных осложнениях, возникающих при их разработке были выделены способы разработки газо- и нефтенасыщенных зон нефтегазовых залежей с созданием на контакте фаз искусственных экранов. Целесообразность изоляции зон качественно различного насыщения при их одновременно раздельной или поочередной эксплуатации обосновывается в работе /1/.

В числе известных из патентно-технической литературы предложений по разобщению газовой шапки и нефтяной оторочки рассматривается закачка в область газонефтяного контакта тампонирующего материала, установка на контакте фаз цементного моста, разобщение газо- и нефтенасыщенных интервалов с учетом наличия в пределах контакта естественных непроницаемых включений и др.

В техническом решении описанном в работе /2/ предложено создавать экраны закачкой в пласт изолирующего агента. В скважинах пакерами, установленными на уровне газонефтяного(ГНК) и водонефтяного(ВНК) контактов, изолируется нефтенасыщенный интервал, после чего в газо- и водонасыщенную зоны закачивают реагент, снижающий проницаемость коллекторов (например смесь воды и жидких углеводородов) в радиусе 20-25 м вокруг скважины. Одновременно с целью предотвращения проникновения изолирующего материала в нефтенасыщенную зону, в нее закачивают нефть Затем участок фильтра напротив газо- и нефтенасыщенной зон цементируют. Экранирование позволяет в значительной мере затормозить перемещение ГНК и ВНК.

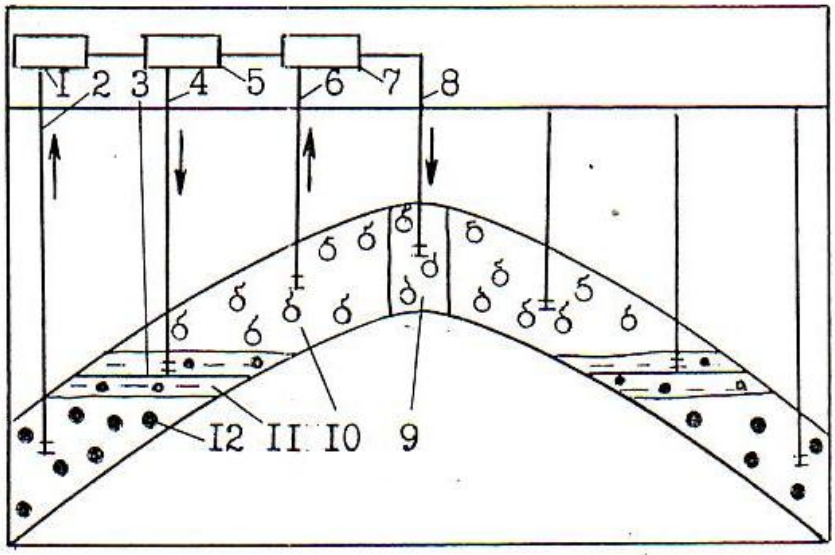


Рис.1. Схема нагнетания жирного углеводородного газа на границе раздела фаз.
1-сепаратор, 2- нефтедобывающая скважина, 3 - начальное положение ГНК, 4 - нагнетательная скважина, 5 – смеситель, 6 – газодобывающая скважина, 7 – газофракционирующая установка, 8 –нагнетательная скважина для закачки сухого газа, 9 – сухой газ, 10 – газоконденсатная часть, 11 – обогащенный (жирный) газ, 12 – нефть.

В другом техническом решении, описанном в работе /3/, предложено закачивать на границе раздела фаз жирный углеводородный газ в объеме 5-15 % от объема нефтенасыщенной части пласта (рис. 1).

Через скважины 2, которые вскрывают нефтенасыщенную зону отбирают нефть с попутным газом, которые разделяют в сепараторе 1. Нефть направляют на нефтеперерабатывающий завод, а попутный газ – в смеситель 5. Туда же направляют жирный газ из газофракционирующей установки 7, который поступает в нее вместе с сухим газом через скважину 6 из газоконденсатной зоны 10. Жирный газ из смесителя закачивают на газонефтяной контакт, а сухой газ из газораионирующей установки через нагнетательную скважину 8 - в купольную часть залежи. Сущность закачки жирного газа в область ГНК состоит в том, что он, растекаясь по нефти, образует надежный барьер, что позволяет вести самостоятельную разработку нефтяной и газоконденсатной частей залежи.

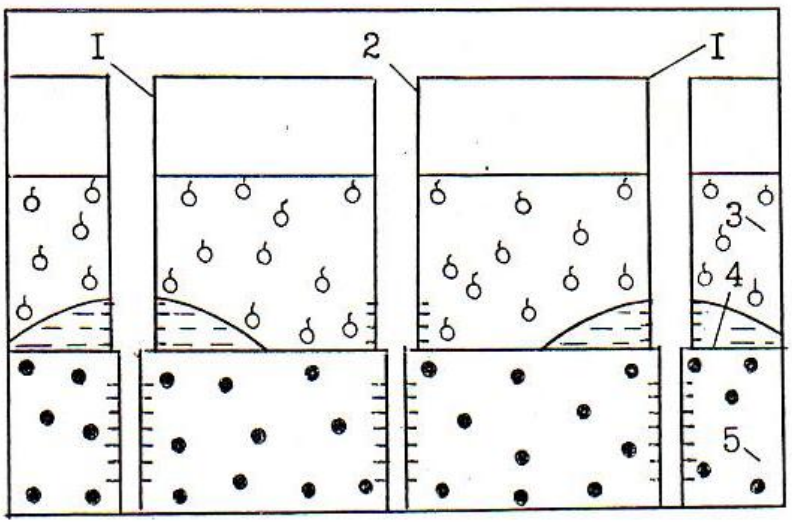


Рис.2. Схема создания жидкостного вязкого барьера
1, 2- соответственно, нефтедобывающая и водонагнетательная скважины, 3 – газовая шапка, 4 – ГНК, 5 – нефтенасыщенная часть пласта.

В работе /4/ рассматривается способ создания жидкостного, вязкого барьера между газом и нефтью (вода, полимерный или щелочной раствор, эмульсии, пены и т.д.) с целью ухудшения условий для прорыва газа в добывающие скважины и вытеснения нефти по всей плоскости слоя за счет сил гравитации для нефтегазовых залежей с нефтяной оторочкой, имеющей гидродинамически совершенный контакт с газовой шапкой по всей площади (рис.2).

В центральные скважины пятиточечных ячеек или в ряд нагнетательных скважин начинают закачивать вытесняющий агент для образования барьера. Закачку производят в газовую шапку через верхний интервал вскрытия. В этот период отбор нефти осуществляют через угловые скважины пятиточечных элементов или из рядов добывающих скважин через нижние интервалы перфорации хвостовика. Отбор продолжается до прорыва газа из газовой шапки в добывающие скважины и достижения предельного газового фактора, после чего функции скважин меняются. Из центральных скважин пятиточечных элементов, через нижние интервалы перфорации начинают отбирать нефть, а в угловые скважины через верхние интервалы перфорации закаливают рабочий агент. Этот период эксплуатации продолжается до прорыва рабочего агента или газа из верхней части пласта в центральные добывающие скважины и достижения определенного заданного газового фактора или содержания рабочего агента в добываемой продукции.

После этого нагнетание рабочего агента вновь переносится на центральные скважины, а отбор нефти - на угловые скважины пятиточечных элементов. В дальнейшем циклы многократно повторяют.

Зачастую контакт «нефть-вода» в залежах двухфазного насыщения не является совершенным, т.е. зоны качественно различного насыщения могут быть разобщены непроницаемыми глинистыми разделами. В таких случаях области с повышенным фильтрационным сопротивлением целесообразно с учетом наличия на указанной границе естественных низкопроницаемых прослоев /5/.

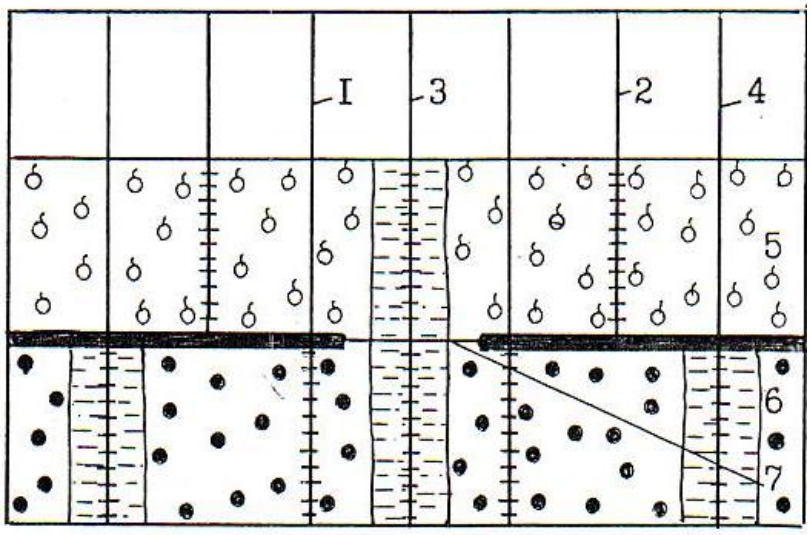


Рис.3. Учет наличия на контакте «нефть-вода» непроницаемых разделов.
1 и 2 - нефте- и газодобывающие скважины, 3 и 4 - скважины для закачки рабочего агента в литологические слияния и воды в нефтяную часть, 5 и 6 – газовая и нефтяная части пласта, 7 – литологическое слияние .

Схема реализации такого приема показана на рис.3. На нефтегазовой залежи размещают две системы скважин для добычи нефти и добычи газа.

Нагнетательные скважины для закачки рабочего агента в газовую и нефтяную части залежи размещают в местах литологических слияний. Нагнетание воды и экранирование

окон слияний позволяет разрабатывать каждую из этих зон самостоятельными сетками скважин.

Все вышеописанные технологии по повышения эффективности разработки нефтегазовых и нефтегазоконденсатных залежей в большинстве своём связаны с дополнительными издержками.

Существенно меньшие затраты обеспечиваются в технологиях /6, 7/, которые были разработаны в рамках исследований по настоящей теме и защищены патентами.

В технологическом приеме по работе /6/ предлагается заводнение нефтегазовой залежи с учетом капиллярных процессов, которые происходят в области газонефтяного контакта. В основе этих соображений лежит то обстоятельство, что газонефтяной контакт не может представлять собой ровную поверхность. Вследствие действия сил капиллярной пропитки между газо- и нефтенасыщенными интервалами формируется слой определенной толщины, нефтенасыщенность которого меньше,чем нефтенасыщенность нефтяной оторочки. В указанном слое фазовая проницаемость для воды в случае ее попадания в этот слой меньше, чем, например, при совместной фильтрации воды и газа или нефти и воды, поскольку движение в этом слое трехфазное. Это обстоятельство и положено в основу, рекомендуемого к натурному внедрению способа. Способ поясняется на рис.1. Нефтегазовую залежь разбуривают нагнетательными 7 и добывающими 8 скважинами. Интервалы вскрытия нагнагнетательных скважин размещают под кровлей 1, а добывающих в нефтяной оторочке 4. Через нагнетательные скважины 7 производят закачку рабочего агента (воды). Добывающие скважины 8 при этом простаивают. Нагнетаемая вода в процессе гравитационной сегрегации нефтью образует вытянутые вниз языки воды 9, которые, достигнув слоя капиллярной пропитки в пределах ГНК, начинают растекаться по нему. В конечном итоге вдоль ГНК образуется сплошное водяное зеркало 10. Далее пускают в эксплуатацию добывающие скважины 8. Эксплуатацию добывающих скважин 8 продолжают до полной выработки нефтяной оторочки, после чего интервалы вскрытия добывающих скважин переносят в газовую шапку 2 и начинают отбор газа из газовой шапки через те же скважины.

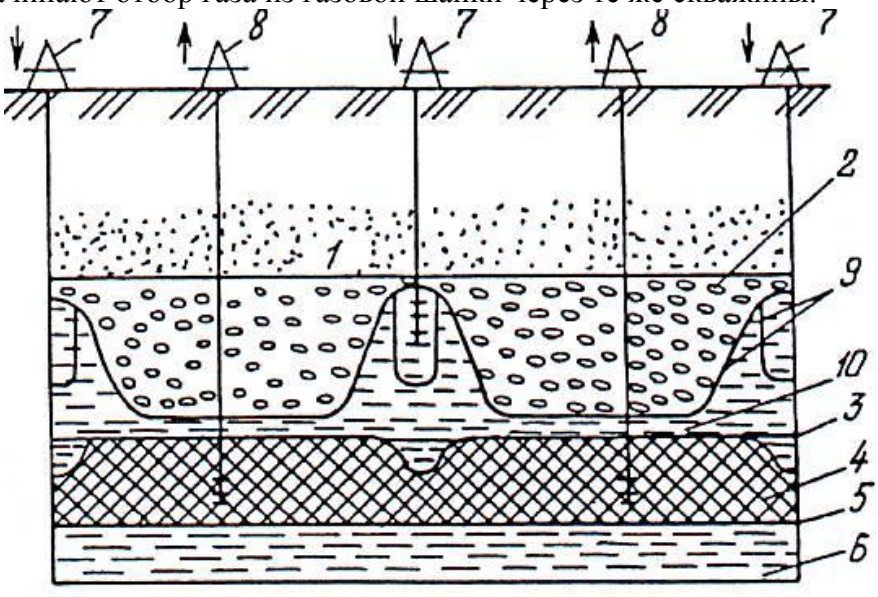


Рис.4. Заводнение нефтегазовой залежи с промежуточным между нефтью и газом слоем естественного происхождения

1 - кровля, 2 – газовая шапка, 3 – газонефтяной контакт (ГНК), 4 – нефтяная оторочка, 5 – водонефтяной контакт(ВНК), 6 – водонефтяной контакт (ВНК), 6 – подошвенная водонасыщенная зона, 7 – нагнетательные скважины, 8– добывающие скважины, 9 – контакт «газ-вода», 10 – зеркало воды.

Преимущество описанного способа создания барьера между нефте- и газонасыщенными интервалами, состоит в том, что для его создания, в отличие от

известных из литературы и практики разработки, не требуются какие-либо дополнительные затраты. Напротив, при значительных глубинах
залегания залежи и большом этаже газоносности снижаются затраты на проходку и строительство нагнетательных скважин, поскольку последние заканчивают непосредственно под кровлей.

Толщина промежуточного слоя и его начальная нефтенасыщенность зависит от интенсивности проявления капиллярных сил, физико-химических свойств породы коллектора, физико-химических свойств насыщающих породу флюидов и др.

Зачастую интенсивность проявления капиллярных сил оказывается недостаточной для формирования промежуточного слоя естественного происхождения достаточной толщины. В таких случаях слой промежуточной нефтенасыщенности формируют искусственным (техногенным) путем.

Вариант разработки с созданием барьера между газовой шапкой и нефтяной оторочкой техногенным путем показан на рис. 2 /7/ .

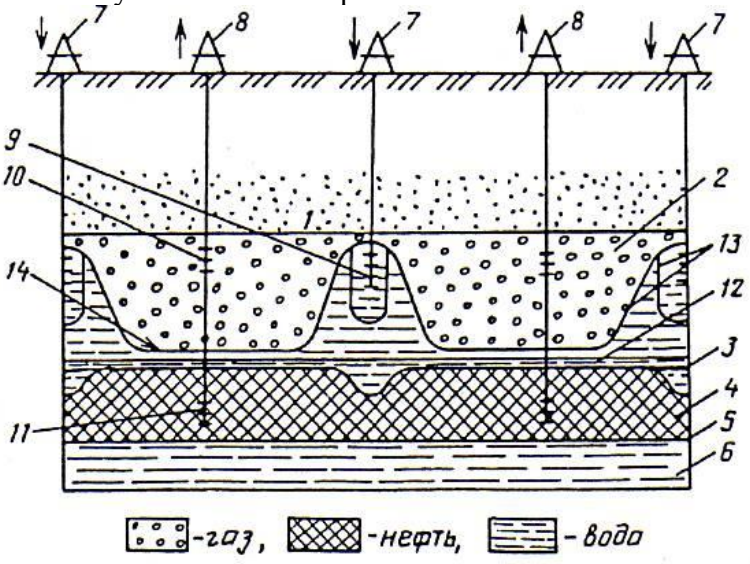


Рис.5. Заводнение нефтегазовой залежи с промежуточным между нефтью и газом слоем техногенного происхождения

1 - кровля, 2 – газовая шапка, 3 – газонефтяной контакт(ГНК), 4 – нефтяная оторочка, 5 – водонефтяной контакт(ВНК), 6 – водонефтяной контакт (ВНК), 6 – подошвенная водонасыщенная зона, 7 – нагнетательные сважины, 8 – добывающие скважины, 9 – интервалы вскрытия нагнетательных скважин, 10 – интервалы вскрытия добывающих скважин в газовой шапке, 11 – интервалы вскрытия добывающих скважин в нефтяной оторочке.

На первом этапе разработки производят закачку воды непосредственно под непроницаемую кровлю 1 через интервал вскрытия 9 нагнетательных скважин 7. Через интервалы вскрытия 11 добывающих скважин 8 производят отбор нефти из нефтяной оторочки в естественном гравитационном режиме. В процессе отбора нефти газонефтяной контакт медленно понижается и между газовой шапкой и нефтяной оторочкой формируется зона остаточной нефтенасыщенности 12. Работа залежи в гравитационном режиме на этом этапе обусловлена необходимостью предотвращения образования газовых конусов и преждевременного загазовывания добывающих скважин. Нагнетаемая вода образует узкие и вытянутые вниз языки 13, которые достигнув первоначального положения газонефтяного контакта 3, начинают растекаться по нему. Последнее связано с тем, что фазовая проницаемость для воды в системе «газ-вода» выше, чем в системе «газ-нефть-фода», и соответственно вода фильтруется в сторону большей проницаемости, т.е. вдоль первоначального газонефтяного контакта и поверх зоны с промежуточной нефтенасыщенностью 12. С этого момента и до образования вдоль первоначального газонефтяного контакта 3 сплошного водяного зеркала 14 отбор нефти из оторочки 4

прекращают. Последнее связано с нежелательностью преждевременного попадания закачиваемой сверху воды в интервалы отбора 11 добывающих скважин 8. По мере растекания языков воды от отдельных скважин и их слияния между собой образуется сплошное водяное зеркало 14. Моментом образования сплошного водяного зеркала считается слияние между собой языков воды от отдельных скважин. Первый этап на этом считается завершенным.

Далее, на втором этапе, закачку воды через нагнетательные скважины 7 прекращают и возобновляют отбор нефти из нефтяной оторочки 4.

Созданный на первом этапе вдоль первоначального положения газонефтяного контакта барьер разобщает газо- и нефтенасыщенную части между собой и исключает образование газовых конусов. Дренирование нефтяной оторочки 4 на втором этапе продолжают до ее полной выработки и появления в продукции добывающих скважин 8 воды. После достижения предельной обводненности добывающих скважин переходят к третьему этапу разработки, на котором отбор нефти через скважины 8 прекращают и начинают полномасштабный отбор газа по всей залежи, которую с этого момента эксплуатируют как чисто газовую. Для этого через верхние интервалы вскрытия 10 добывающих скважин 8 и интервалы вскрытия 9 нагнетательных скважин 7 производят отбор газа.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что независимо от способа изоляции зон качественно различного насыщения можно говорить о специфике разработки залежей двухфазного насыщения, которая предопределяется решающим влиянием на нефтеотдачу геометрических параметров(этажи нефте- и газоносности, расстояние между скважинами), физико-химических свойств насыщающих пласт-коллектор флюидов (плотность, вязкость), геологическим строением залежи и интенсивностью проявления капиллярных сил на контакте «нефть-вода».

Задача эффективной разработки нефтегазовых залежей не имеет универсального решения. Необходим дифференцированный подход с учетом в каждом отдельном случае конкретных геологофизических условий. Вышеописанные способы могут стать основой для таких подходов .

Библиографический список:

1. Мартос В.Н., Умариев Т.М. Проблемы и способы разработки газонефтяных и газонефтеконденсатных месторождений, М., ВНИИОЭНГ, Серия: «Нефтепромысловое дело», 1987г.
2. Батурин Ю.Е. и др. Способ разработки нефтяной залежи. Патент РФ № 650385, М.кл. Е21В43/16, СибНИИНП, 4с.
3. Аллахвердиева Р.Г. и др. Способ разработки нефтегазовой залежи. Патент РФ № 799534, М.кл. Е21В43/16, М., ВНИИ, 1981, 7с.
4. Сургучев М.Л., Юдин Е.М. Способ разработки нефтяных оторочек и нефтегазовых залежей. Патент РФ № 1163673, М.кл. Е21В43/00, М., 1983, 7с.
5. Батурин Ю.Е., Ефремов Е.П. и др. Способ разработки нефтяной залежи с широкой подгазовой частью. Патент РФ №1001716, М.кл. Е21В43/00, СибНИИНП, 1979, 5с.
6. Умариев Т.М., Ибрагимов А.И. Способ разработки углеводородной залежи. Патент РФ № 2334870, М.кл. Е21В43/20, опубл. 27.09.2008 г, бюл. № 27.
7. Умариев Т.М. Способ разработки углеводородной залежи. Патент РФ № 2334869, М.кл. Е21В43/20, опубл. 27.09.2008 г, бюл. № 27.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691.327:666.973.

М.А. Ахматов, М.Н. Кокоев, А.А. Эржибов

ЛЕГКИЕ КЕРАМЗИТОБЕТОНЫ НА ЩЕБНЕ И ПЕСКЕ КЫЗБУРУНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЕРАМЗИТОВЫХ ГЛИН КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

В работе представлены результаты исследования керамзитовых глин Кызбурунского месторождения Кабардино-Балкарской республики в качестве сырья для получения керамзитового щебня и песка. Приведены показатели испытания проб сухим и пластическим методами; способы испытания и оценка прочности керамзитовых заполнителей и их свойства. Подобраны составы легких керамзитобетонов, установлена прочность бетонов при сжатии. Даны рекомендации по применению керамзитобетонов в качестве стенового материала.

Ключевые слова: *Пористые заполнители; легкие бетоны; стеновые материалы.*

M.A. Ahmatov, A.A. Erzhibov

EASY KERAMSIT ON THE GRAVEL AND SAND KYZBURUN'S FIELD KERAMZITE CLAYS KABARDINO-BALKAR REPUBLIC

Expended clay lightweight concrete on the basis of Kyzburun`s field qeavel and sand in the Kabardino-Balkarian republic. The results of the research of Kyzburun`s field of expended clay in KBR. This expended clay is used as raw for making expended clay qeavel and sand. Parameters of test from dry and plastic method, and testing methods and assessment of the strength of expended clay aggregate, and properties of expended clay aggregate are presented in this work. The composition of expended clay lightweight concrete have bee selected. Streught of expended clay lightweight concrete in compession has been installed in this article. Recommendatios of the use of expended clay lightweight concrete have been made for wall materials.

Keywords*: porous fillers; lightweight concrete; wall materials.*

Введение. Применение легких бетонов на пористых заполнителях в замен бетонов на плотных - способствует уменьшению массы зданий и сооружений, снижению стоимости транспортных и монтажных операций, улучшению теплоизоляции, снижению расхода энергии при эксплуатации зданий, повышению огнестойкости, морозостойкости и сейсмостойкости [1].

С учетом повышенной стоимости искусственных пористых заполнителей по сравнению с плотными, даже при расходе условного топлива на производство 1куб. м. пористых заполнителей менее 100кг экономическая эффективность изготовления несущих конструкций из легких бетонов будет на 10-20% выше.

Исследования показали, что для освоения массового производства эффективных наружных ограждающих конструкций из легких бетонов пониженной плотности (800…900кг/м^3), обеспечивающих снижение массы стены до 40%, материалоемкости – до 15%, энергозатрат – до 30%, трудозатрат – до 15%, экономию стали – до 10%, цемента – до 15%, требуется дальнейшее изучение перспективных месторождений для производства и выпуска фракционированных пористых заполнителей типа керамзита с насыпной плотностью 400…450кг/м^3 и прочностью при сдавливании в цилиндре 2-3 МПа[2].

Возрастающие темпы строительства после перестроечных лет в России, является стимулом развития собственной производственной базы строительной индустрии. В последние годы в республике объём жилищного и культурно-бытового строительства в городах и селах непрерывно возрастает. Заметен рост, строительства школьных образовательных учреждений, спортивных комплексов в городских округах и муниципальных районах Кабардино-Балкарии.

Аргиллитовые глины – сырье для получения керамзитового гравия. Основным направлением темпов роста объёмов, как полносборного, так и монолитного строительства, связаны с выпуском и внедрением новых эффективных строительных материалов и конструкций на базе местных месторождений искусственных и естественных пористых заполнителей. Поэтому увеличение мощностей капитального строительства по производству искусственных и естественных пористых заполнителей может быть связано с освоением Кызбурунского месторожденя керамзитовых глин, а так же богатых запасов пористых каменных пород и естественных сыпучих легких материалов вулканического и осадочного происхождения для изготовления лёгких бетонов.

Химический состав глин определялся в лабораторных условиях согласно требованиям ГОСТ 2646.0.71. Было проанализировано 16 проб. Классификация сырья по содержанию суммы окислов алюминия проводилась по ГОСТ 9169-75.Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав Кызбурунского месторождения глин

Отбор проб	Основные компоненты в по весу на высушенное при 110^0С вещество										
	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	Органи ческие вещества	п.п.п.
1.	56,6	20,2	-	6,7	1,1	1,65	-	-	0,34	0,34	9,66
2.	54,73	19,1	0,96	8,57	1,60	2,18	1,90	0,76	0,59	1,77	9,39

Из таблицы 1 установлено, что химический состав глин свидетельствует о том, что они отвечают требованиям, предъявляемым к керамзитовому сырью. Исключение составляет только повышенное содержание железа. Глины по содержанию Al_2O_3 относятся к группе полукислого глинистого сырья. Лабораторные испытания показали, что чёткой картины закономерностей изменения вспучиваемости глин в зависимости от изменения химического состава не выявлено.

Таким образом сырьём для получения керамзитового гравия могут служить легкоплавкие глинистые породы месторождения Кызбурунских аргиллитовых глин, которые были разведаны еще в начале 70-х годов ХХв. нерудной партией КБГЭ [3]. По месторождению, утверждённые запасы составляют 33,5млн. $м^3$ по категории А+В+С, в том числе по категории А-1,06 млн. $м^3$, В-8,94 млн. $м^3$.

3 Оценка качества керамзитового гравия в качестве заполнителя бетона. Испытания проб по сухому методу были проведены в Ростовском домостроительном комбинате. Исследования более крупной пробы сырцовых опудренных гранул производилось пластическим способом в керамзитовом цеху завода «Стройдеталь» Северная Осетия.

Были проведены испытания 17 технологических проб глинистого сырья Кызбурунского месторождения КБР с целью определения пригодности его для производства керамзитового (гравия) щебня [4].

В печь поочерёдно было загружено 3 тонны сырья фракции 10 – 50мм; 2,7 тонны фракции 20 – 50мм; 2,5 тонны фракции 10 – 30мм и 3,8 тонны фракции 10мм и менее.

Общее время обжига сырья заняло 50 – 55 мин., продолжительность вспучивания 5 – 15 мин. При температуре на входе в печь 780 - 795^0, на выходе 920 – 940^0, в зоне обжига 1770 - 1190^0. Оптимальная температура вспучивания колебалась в пределах 1180 – 1220^0 при скорости вращения барабана тепловой подготовки 1,42 об/мин.

Полученный керамзитовый гравий имеет объёмную массу 327 – 391 кг/м^3 с пределом прочности при сжатии в цилиндре 1,5 – 1,8 МПа и водопоглощением по весу 5,4 – 7,0%, что отвечает требованиям ГОСТ 9759-93 на керамзитовый гравий [4].

Для наиболее полной оценки качества керамзитового гравия, полученного при полузаводских испытаниях, при установившемся режиме обжига, отбирались опытные партии керамзитового гравия для определения физико-механических характеристик его и испытания в бетонах различного назначения.

Физико-механические характеристики керамзитового гравия, определенные в соответствии с ГОСТ 9759-86 «Гравий и песок керамзитовые» приведены в таблице 2. В таблице приведены также заводские испытания (поз.3) в керамзитовом цеху ЗЖБИ №2 ОАО «Каббалкпромстрой», на базе которого в последующем выпускались стеновые панели для крупнопанельного домостроения в городах и поселениях Кабардино-Балкарии.

Из таблицы 2 следует, что качество керамзитового гравия, полученного из сырья в естественном составе и с опудриванием сырцовых гранул огнеупорным порошком, почти не отличается, так как указанные заполнители имели почти одинаковую плотность, что обеспечило им одинаковую пористость и водопоглощение.

Таблица 2

Физико-механические характеристики керамзитового гравия Кызбурунского месторождения глин

Наименование пробы	Зерновой состав		Насыпная плотность фракции, кг/м^3	Прочность при сдавливании в цилиндре МПа	Морозостой кость, циклов	Водопоглощение по массе в течении часа, %	Марка заполнителя	
	размер отв. мм	Остатки на ситах, %					по насыпной плотности	по прочности
1.В естественном составе	20 10 5 менее 5	40 51,0 8,4 -	312 (фр.20-40мм) 348 (фр.10-20мм)	1,35 1,94	15 15	16 15	350 350	П50 П75
2. В естественном составе с опудриванием сырцовых гранул огнеупорной глиной	20 10 5 менее 5	40 51,0 1,4 -	312 (фр.20-40мм) 348 (фр.10-20мм) - -	1,20 1,57	15 15	14 14	350 350	П50 П75
3. Керамзит Нальчикский	10...20	20...25	650	2,3...3,0	25	10...17	500	П250

По содержанию глинистой фракции сырьё относится к низкодисперсному и среднедисперсному. По показателю суммы окислов AL_2O_3+TiO_2 пробы относятся к группе полукислого сырья. Глинистое сырье всех проб, представленных на испытание преимущественно вспучиваются в естественном составе. При этом получены образцы гранулы с объемной массой в куске 0,20-0,40г/см^3, при температуре вспучивания 1200-

1250^0С. Интервал вспучивания составил 120-185^0С. Вспучивание сырья двух проб из 17 с объемной массой в куске образцов гранул составил 0,47-0,50г/см^3.

При введении 0,5% мазута в сырье этих проб объемная масса в куске снижается соответственно до 0,20-0,30г/см^3. Относительная температура вспучивания 1230-1250^0С. Интервал вспучивания 155-185^0С. Кривые зависимости объемной массы образцов гранул в куске в зависимости от температуры вспучивания приведены на рис. 1.

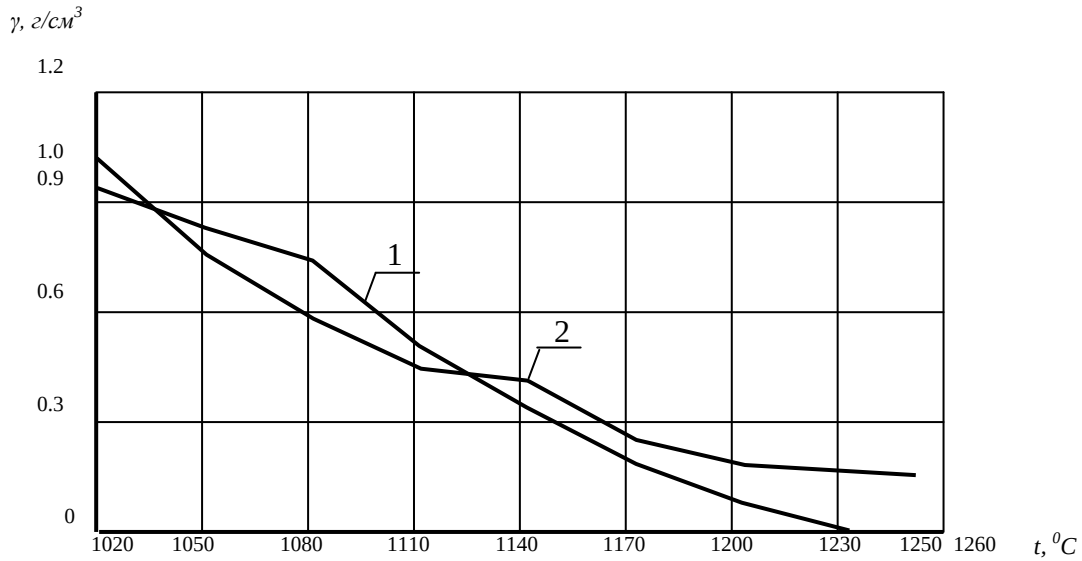


Рис. 1. Кривые зависимости объемной массы образцов гранул в куске от температуры вспучивания:
1- пробы в естественном составе (1205^0С);
2- пробы в естественном составе с опудриванием сырцовых гранул (1205^0С).

Характерной особенностью представленных проб Кызбурунского месторождения глинистого сырья, является то, что начало слипания образцов гранул, с шероховатой поверхностью наблюдается при температуре 1140-1170^0С. Однако с повышением температуры обжига вспучиваемость образцов улучшается и обжиг заканчивается при температуре 1200-1250^0С до начала оплавления гранул.

Для окончательного выяснения пригодности Кызбурунского месторождения глин в качестве сырья для керамзитового гравия были проведены дополнительные полузаводские испытания. Полученный керамзитовый гравий характеризуется следующими физико-механическими свойствами (табл. 3).

Таблица 3

Физико-механические свойства стандартной смеси*

№/№	Основные характеристики керамзитового гравия	Единица измерения	Результаты испытания
1	Объёмная насыпная плотность	кг/м^3	335
2	Масса зерен заполнителя в цементном тесте	кг/м^3	578
3	Пустотность	%	42
4	Водопоглощение за 30мин	%	14

**Стандартная смесь: 60% фракции 20 – 40мм; 40% фракции 10 – 20мм.*

4 Подбор составов легких бетонов и результаты испытания на прочность.

Таблица 4

Характеристика цемента и результаты испытания.

№/№	Наименование показателей	Единица измерения	Результаты испытания
1	Объёмная насыпная масса	кг/м^3	1220
2	Пустотность	г/см^3	3,1
3	Нормальная густота	%	27,8
4	Активность	МПа	58,7
5	Сроки схватывания:		
	Начало	час	2ч. 35мин.
	Конец	час	6ч. 15мин.
6	Равномерность изменения объёма	-	выдержал

Для полной оценки качества керамзитового гравия, полученного в заводских условиях из глинистого сырья Кызбурунского месторождения, проведены были испытания бетонов на полученном керамзитовом заполнителе. Бетон изготовлен на цементе марки 500 «Жигулёвского комбината строительных материалов». Результаты испытания цемента приведены в таблице 4.

В работе использовался Вольский кварцевый песок в соответствии с требованиями ГОСТ 8735-75 объемной насыпной массовой и плотностью соответственно 1590кг/м^3 и 2,63г/см^3. Пустотность песка оказалась 39,6%. При подборе конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона в качестве мелкого заполнителя применялся керамзитовый песок, полученный путём дробления керамзитового гравия в лабораторной щековой дробилке. Объёмная насыпная масса дробленого песка в среднем составила 550кг/м^3, а объемная масса зерен в цементном тесте 1020кг/м^3. По гранулометрическому составу пески характеризуются данными, приведенными в таблице 5.

Таблица 5.

Характеристики свойств песков

Наименование песков	Группа по крупности	Полный остаток по массе на сите, %						Модуль крупности
		2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	менее 0,14	
Вольский	Мелкий	0,5	0,4	0,5	35,2	60,6	2,8	1,34
Керамзитовый Кызбурунского месторождения дробленный	Средний	28	22	17,3	12,8	10,4	10,0	2,2

Определение рациональной области применения керамзитового гравия в бетоне в сравнении с естественными пористыми заполнителями может быть составлено на основе анализа кривых, названные по предложению А. И. Ваганова механическими характеристиками заполнителя.

Из литературных источников известно, что объем крупного заполнителя в бетоне может значительно изменяться. Для легкого бетона этот показатель называемый коэффициентом насыщения r´, составляет 0,4-0,45. Однако на этот счет нет единого мнения.

В исследованиях И.А. Иванова и А.И. Тимофеева максимальный показатель степени насыщения бетона пористым заполнителем оказался r´=0,6. Такой же результат получен Г.С. Агабаляном в работе [6]. Как утверждает Г. С. Агабалян обмазка зерен заполнителя гелевой составляющей зависит от степени насыщения бетона пористым заполнителем, что в свою очередь приводит к разной степени концентрации напряжений по поверхности сцепления [6]. Установлено, что имеется определенная функциональная зависимость, связывающая прочность легкого бетона с прочностью и модулем деформации цементного

камня и крупного заполнителя, а так же с той частью объема бетона, которая заполнена этими составляющими бетонной смеси.

В исследованиях Ахматова М. А. максимальная степень насыщения бетона на естественных пористых заполнителях принят 0,5 [2]. В исследованиях же керамзитобетонов содержание керамзитового гравия Казбурунского месторождения в бетоне было принято во всех случаях неизменным и равным 0,45.

Для построения кривой были использованы результаты испытаний образцов-кубов с размерами ребра 15см из растворных и бетонных смесей разных составов. Осадка растворов по конусу была принята постоянной и равной 4см. Для сохранения пластичности свойств раствора растворных и бетонных образцов и обеспечения постоянной жесткости бетонной смеси (45сек), в бетонную смесь вводилось дополнительное количество воды на поглощение его заполнителем, равное половине получасового водопоглощения керамзитового гравия. После завершения тепловлажностной обработки бетонные образцы-кубы были испытаны на прочность при сжатии. По результатам испытаний кубы с ребрами 15см строился график зависимости $R_{бет}=f(R_{раст})$, который приведен на рис. 2.

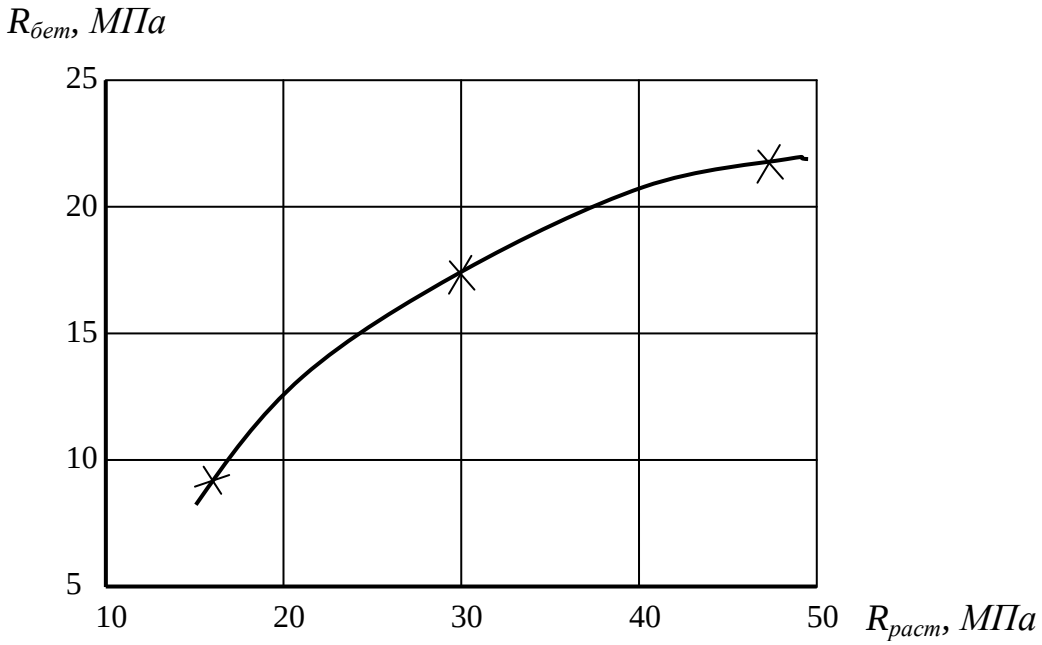


Рис. 2. Зависимость прочности бетона $R_{бет}$ от прочности растворной составляющей $R_{раст}$.

Кривая (рис. 2) позволяет установить возможную рациональную область применения керамзитового гравия в бетоне, полученную на основе глинистого сырья Кызбурунского месторождения в естественном составе. Причем предельной прочностью бетона на данном заполнителе можно считать $R_{бет}$=21МПа, т. е. класс бетона В20. В строительной индустрии всегда ощущается большая потребность в теплоизоляционных крупнопористых и конструкционно-теплоизоляционных легких бетонах.

Задачей подбора составов легких бетонов является получение бетона с минимально возможной объемной массой, обуславливающей заданные свойства изделий и конструкций и заданную прочность. Подбор составов крупнопористого теплоизоляционного легкого бетона производился на фракции щебня 20-40мм из условия получения керамзитобетона с возможно минимальной объемной массой.

Из этой бетонной смеси формовались бетонные образцы с размером ребра 15см с различными расходами цемента. Укладка бетонной смеси в формы производилось с легким трамбованием. По истечении сутки образцы подвергались тепловой обработке по режиму 3+8+3 час при температуре изотермического прогрева 85^0С. После пропаривания

образцы испытывались на прочность при сжатии. Состав бетонов и результаты испытания приводятся в таблице 6.

Таблица 6

Состав крупнопористого керамзитобетона и их свойства

№/№ Составов	Расход материалов на 1м^3 бетона, кг			Объемная масса бетона, кг/м^3		Прочность бетона при сжатии $R_{сж}$, МПа
	Ц	$Щ_{кр}$	В	после пропаривания	после высушивания	
1	100	327	70	495	450	0,7
2	120	327	80	525	470	0,9
3	140	327	85	550	495	1,2

Дальнейшие испытания были направлены на получение конструкционно-теплоизоляционных и конструкционных керамзитобетонов на керамзите Кызбурунского месторождения керамзитовых глин Кабардино-Балкарии. Были подобраны составы конструкционно-теплоизоляционных и конструкционных легких керамзитобетонов, с учетом получения бетона нужной плотности и прочности. Жесткость бетонной смеси для конструкционно-теплоизоляционных бетонов была принята 30-40, а для конструкционных 45сек. Бетонная смесь в том и другом случае готовилась в ручную на металлическом бойке. Из бетонной смеси изготовлялись кубы размером 15х15х15см, которые уплотнялись на лабораторном вибростоле с частотой колебаний 3000кол/мин. Образцы из конструкционного керамзитобетона подвергались уплотнению с пригрузом 50г/см^3. Через сутки все образцы-кубы подвергались пропариванию по той же схеме, что и образцы из теплоизоляционного бетона. Перед испытанием образцы взвешивались и испытывались на прочность при сжатии. Результаты испытания и составы конструкционно-теплоизоляционных керамзитобетонов приводятся в таблице 7.

Таблица 7.

Составы конструкционно-теплоизоляционных бетонов на керамзитовом заполнителе и результаты испытания

№	Расход материала на 1м^3 бетона, кг				Объёмная масса бетона, кг/м^3		Прочность керамзитобетона, МПа
	Ц	$Щ_к$	$П_к$	В, л	после пропаривания	после высушивания	
1	200	335	335	200	1050	900	6,8
2	240	335	289	250	1100	915	8,0

По результатам подбора составов конструкционных бетонов на керамзитовом щебне и кварцевом песке, испытания бетонных кубов на прочность при сжатии, выбраны примерные классы керамзитобетонов плотной структуры, которые приводятся в таблице 8.

Таблица 8

Составы бетонов и результаты испытания контрольных кубов конструкционного керамзитобетона

№/№ Составов	Класс бетона, В	Расход материалов на 1м^3 бетона, кг				Объемная масса бетона, кг/м^3		Прочность бетона при сжатии $R_{сж}$, МПа
		Ц	$К_{кр}$	$П_к$	В	после пропаривания	после высушивания	
1	10	250	270	715	185	1410	1280	11,0
2	15	300	270	670	200	1485	1300	15,5
3	20	350	270	630	220	1465	1320	20,1

5 Вывод. Предварительные исследования и испытания керамзитового гравия в легких бетонах, полученного из глин Кызбурунского месторождения, показали, что на их основе можно организовать промышленный выпуск керамзитового заполнителя для изготовления легких керамзитобетонов для самонесущих крупных стеновых изделий и несущих конструкций из них.

Библиографический список:

1. Ахматов М.А. Применение прогрессивных бетонных и железобетонных конструкций в капитальном и гидротехническом строительстве. Изд-во. «Эльбрус».-1993.-240с.
2. Ахматов М.А. Легкие бетоны и железобетонные конструкции на заполнителях из каменных отходов и рыхлых пористых пород // Монография. Изд-во. КБГСХА им. Кокова В. М. Нальчик-2010.-165с.
3. Трегубов В.В. Отчёт о результатах поисков и детальной разведке Кызбурунского месторождения керамзитового сырья на территории КБАССР.-1962-1963г. г. фонд КБГЭ Нальчик.-1963.
4. Лезина И.Б. Отчёт о результатах детальной разведке Кызбурунского месторождения керамзитовых глин за 1976-1978г. г. Том 1и 2. Нальчик-1978.
5. Иванов И.А. Легкие бетоны на искусственных пористых заполнителях. М.; Стройиздат.-1993.-182с.
6. Агабалян Г.С. Исследования по технологии высокопрочных легких бетонов на пористых заполнителях. Арм.ССР. Автореф. дис. канд. тех. наук. - Минск, 1975.-23с.

УДК 691.32

С-А.Ю. Муртазаев, М.Ш. Саламанова, А.Х. Аласханов

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ПРЕССОВАННОГО МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА[1]

***Аннотация**: в статье раскрываются особенности структурообразования и формирование прочности прессованных мелкозернистых бетонов, полученных с использованием техногенных песков и модифицирующих добавок. Также исследованы типы структур прессованного цементного композита.*

***Ключевые слова:** прессованные мелкозернистые бетоны, трехфазные системы, глобулирование, капиллярное структурообразование, структура композита, тонкодисперсные частицы, контактирование дискретных частиц, межзерновые пустоты.*

S-A.Y. Murtazaev, M.SH. Salamanova, A.A. Alashanov

PARTICULARITIES OF THE STRUCTURIZATION AND SHAPING TO TOUGHNESS PRESSED FINE-GRAINED CONCRETE

***The abstract**: particularities of the structurization open in article and shaping to toughness pressed fine-grained concrete, got with use waste rock and modifying additives. also explored types of the structures pressed cement concrete.*

***The keywords:** pressed fine-grained concretes, three-phase systems, capillary structurization, composite structure, small particles, Interaction of discrete particles, intergrain emptiness.*

В настоящее время мелкозернистые бетоны ввиду наличия специфичных свойств широко используются в различных отраслях строительного производства, в частности, в дорожном строительстве.

Анализ причин разрушения бетонов дорожных покрытий при попеременном замораживании и оттаивании, показал, что основные факторы, определяющие недостаточную морозостойкость бетонов, являются неоднородность структуры бетона и его составляющих и различия в коэффициентах линейно-температурного расширения крупного заполнителя и затвердевшей растворной части.

При попеременном замораживании и оттаивании в бетоне возникают напряжения на поверхности раздела «крупный заполнитель - цементно-песчаный раствор». При величине внутренних напряжений, превышающих прочность бетона на растяжение, происходит образование трещин, приводящих к снижению прочности бетона, а в итоге к его разрушению. А так же, недостаток качественного крупного заполнителя обусловливает применение в бетонах щебня, морозостойкость которого иногда бывает ниже требуемой [1].

Следовательно, для получения долговечных и морозостойких бетонов целесообразно применять мелкозернистые (песчаные) бетоны, в которых отсутствует крупный заполнитель, они обладают более однородной структурой, в качестве заполнителя применяется материал высокой морозостойкости - кварцевый песок.

Интенсивное строительство и благоустройство городов и сел в Чеченской Республике увеличивает потребность в производстве таких строительных изделий из мелкозернистых бетонов, как элементы мощения, плиты бетонные тротуарные, камень

бортовой бетонный, элементы фасадов зданий и др.

Однако мелкозернистые бетоны имеют и специфические недостатки, обусловленные большой поверхностью мелких заполнителей, требующих повышенного на 15-25% расхода цемента и воды для получения необходимой подвижности бетонной смеси и покрытия поверхности зерен заполнителя тонкой пленкой цементного теста.

Слабо закристаллизованная гелеобразная структура цементных частичек и зерен мелкого заполнителя при их недостаточном сцеплении обуславливают повышенные усадки и ползучесть мелкозернистого бетона.

Для уменьшения этих недостатков и улучшения свойств бетона в формовочные смеси вводят различные органоминеральные добавки пластифицирующего и модифицирующего действия, применяют вибросиловое уплотнение бетонной смеси прессованием, штампованием, используют цементы более тонкого помола.

Совокупное применение всех этих технологических мер позволяет снизить расход вяжущего и водоцементного соотношения (В/Ц) бетонной смеси, повысить их плотность, ускорить твердение, увеличить прочность, снизить усадку и ползучесть мелкозернистых бетонов. В связи с этим технология формования изделий прессованием получает все более широкое распространение.

При прессовании изменение свойств исходного бетона связано с особенностями структурообразования и формирования прочности цементного камня. Эти процессы в обычном и прессованном цементном камне имеют отличительные особенности, которые до сих пор в должной мере не изучены. В представленных исследованиях делается попытка выявить некоторые явления, происходящие в цементном камне при его прессовании, а именно изменения его прочности, плотности и пористости.

В трехфазных (твердое тело-жидкость-газ) цементных системах при малых В/Ц, т.е. при неполном заполнении межзерновых пор цементной системы водой, что имеет место при получении изделий способом полусухого прессования, преобладающими силами взаимодействия между цементными частицами и зернами заполнителя в начальный момент после затворения будут являться силы капиллярного сцепления. Поэтому на зависимость прочности затвердевшего материала от влажности сырьевой смеси будут оказывать влияние процессы капиллярного структурообразования. Важнейшим процессом капиллярного структурообразования в таких системах, состоящих из грубодисперсной и тонкодисперсной фракций, к которым относятся смеси заполнителя и минерального вяжущего, является глобулирование, которое выражается в налипании частиц последнего на поверхность крупных зерен песка с образованием агрегатов-глобул [2].

В результате глобулирования концентрация вяжущего у поверхности заполнителей и в контактных зонах между ними будет выше средней концентрации вяжущего в формовочной смеси. В этом одна из причин увеличения прочности и плотности материалов в этих зонах.

Пределы прочности на растяжение при изгибе и сжатие прессованного мелкозернистого бетона при одинаковой плотности по сухому веществу (постоянной пористости) с увеличением влажности сырьевой смеси до определенного предела, характерного для каждого состава смеси, достигают максимального значения, а затем снижаются (рис. 1 и 2). При этих же значениях влажности наблюдается минимум насыпной плотности в пересчете на сухое вещество сырьевых смесей соответствующего состава.

При влажности максимального глобулирования $W_{МГ}$ в результате действия капиллярных сил тонкодисперсные частицы цемента сосредотачиваются на поверхности грубодисперсных зерен песка и в зонах контакта последних, образуя ячеисто-глобулярную структуру. Это обуславливает оптимальную структуру композита, характеризующуюся наибольшей концентрацией вяжущего в зонах контакта заполнителя, и как следствие, повышенной прочностью контактных зон.

Прочность полученного материала с оптимальной структурой при прочих равных

условиях будет наибольшей. Таким образом, жидкая фаза в трехфазной сырьевой смеси при оптимальном содержании может рассматриваться как усиливающий компонент, благодаря которому происходит упрочнение композита [3].

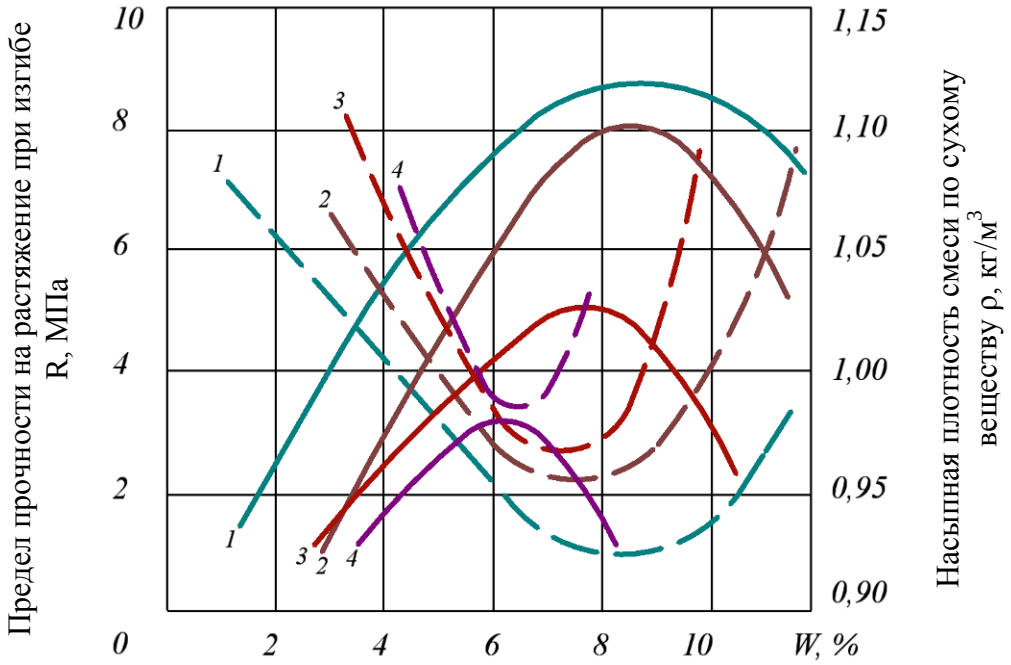


Рис. 1. Зависимости насыпной плотности сырьевой смеси (пунктир) и предела прочности на растяжение при изгибе образцов мелкозернистого бетона (сплошная линия) от влажности сырьевой смеси при постоянной пористости образцов: 1 - состав смеси (цемент: песок) 1:1, 2 - 1:2, 3 - 1:3, 4 - 1:5.

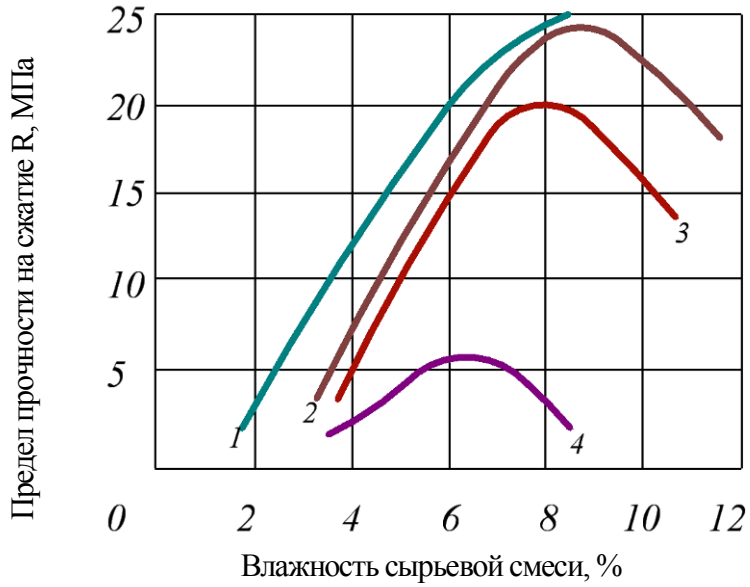


Рис. 2. Зависимости предела прочности на сжатие образцов мелкозернистого бетона от влажности сырьевой смеси при постоянной пористости образцов: 1 - состав смеси (цемент: песок) 1:1, 2- 1:2, 3 -1:3, 4- 1:5.

Соотношение между песком и цементом в сырьевой смеси определяется из следующих соображений. В зависимости от относительного содержания основных элементов твердой фазы материала, которые функционально играют роль упрочняющего

и матричного компонентов, различают порфировый, контактный и законтактный типы структур. Порфировой принято называть структуру, в которой зерна или дискретные частицы разделены толстыми прослойками, т.е. для них характерно "плавающее" расположение в материале. Если зерна или частицы контактируют через тонкие прослойки вяжущего при сохранении ее непрерывности и сплошности, то такую структуру называют контактной. При непосредственном контакте дискретных элементов, когда вяжущего вещества недостаточно для сохранения своей сплошности, говорят о законтактной структуре. Можно выделить следующие оптимальные структуры конгломерата, которые образуются в результате капиллярного структурообразования и оптимального распределения цементирующего вещества, в зависимости от его относительного содержания в объеме материала (рис. 3).

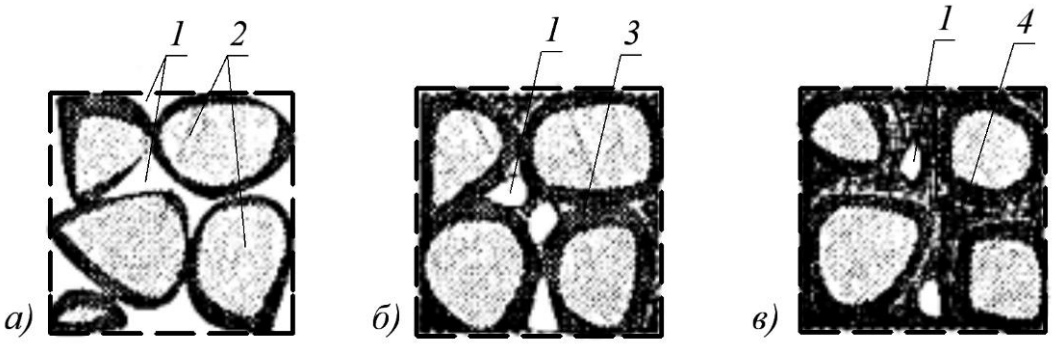


Рис. 3. Виды оптимальных структур композитов. 1 - незаполненные поры; 2 - зерна заполнителя; 3 - контактный слой; 4 - цементирующее вещество в объемном состоянии

Первый тип структуры композита (рис. 3.а) характеризуется относительно небольшим содержанием цементирующего вещества в объеме материала, при котором практически все цементирующее вещество в результате сгущения тонкодисперсных частиц цемента на поверхности грубодисперсных зерен песка и в зонах контакта последних под действием капиллярного сцепления находится в пленочном состоянии в контактных слоях, а в материале имеется большое количество незаполненных пустот. Этот тип структуры нестабилен и весьма критичен по отношению, как к содержанию цементирующего вещества, так и к значению влажности сырьевой смеси. Последнее и определяет наличие резко выраженного экстремума на кривых, показанных на рис. 1 и 2 для смеси состава 1:5. В материале с таким типом структуры количество воспринимающих нагрузки связей мало, а возникающие напряжения концентрируются в точках контакта зерен, что снижает прочность материала.

Второй тип структуры композита (рис. 3.б) характеризуется наличием максимально возможного количества связей при умеренном количестве цементирующего вещества. При этом типе структуры наблюдается контактирование дискретных частиц непосредственно через контактные прослойки цементирующего вещества без опасности прорыва последних, причем в межзерновых пустотах цементирующее вещество находится в объемном, более ослабленном, чем в пленочном, состоянии. Этот тип структуры достаточно стабилен и некритичен в определенных пределах по отношению, как к содержанию цементирующего вещества, так и к значению влажности сырьевой смеси. Последнее обстоятельство и определяет плавные экстремумы на кривых, показанных на рис. 1 и 2 для смесей составов 1:3 и 1:2.

Третий тип структуры (рис. 3.в) формируется при большом количестве цементирующего вещества (из исследованных составов к этому типу относится смесь 1:1). В этом случае контактные прослойки цементирующего вещества на частицах заполнителя могут отдаляться друг от друга, и промежутки между ними начинают занимать более ослабленные зоны матричного компонента, что приведет сначала к замедлению прироста

прочности материала, а затем и снижению прочности. Для данного типа структуры характерна размытость экстремума на зависимости прочности бетона от влажности сырьевой смеси рис. 1 и 2 особенно при превышении оптимального значения влажности (более заметное снижение прочности при малых значениях влажности объясняется недостатком воды для реакций гидратации).[4]

Так же в ходе экспериментов было выявлено влияние прессующего давления на прочность мелкозернистого бетона, изготовленного на ПЦ500 Д0 Чири-Юртовского цементного завода и отсеве дробления щебня Аргунского карьера M_K=3,5. Для этого с помощью специально изготовленной цилиндрической пресс-формы были изготовлены образцы. Образцы-цилиндры прессовали при давлениях 10, 20 и 30 МПа (В/Ц=0,3) и выдавливали из формы с помощью специальных опор. Далее серия образцов сразу испытывалась на сжатие, а другие серии образцов испытывались после твердения в нормальных условиях через 7, 28, 90 суток. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние прессующего давления на прочность бетона

Прессующее давление, МПа	$R_{\tilde{N}\tilde{A}}^{\ddot{I}\ .\hat{O}.}$, МПа	$R_{\tilde{N}\tilde{A}}^{7}$, МПа	$R_{\tilde{N}\tilde{A}}^{28}$, МПа	$R_{\tilde{N}\tilde{A}}^{90}$, МПа
10	0,43	14,08	18,17	22,45
20	0,56	18,06	18,98	25,86
30	0,92	19,81	23,8	36,18

Примечание: $R_{\tilde{N}\tilde{A}}^{\ddot{I}\ .\hat{O}.}$, $R_{\tilde{N}\tilde{A}}^{7}$, $R_{\tilde{N}\tilde{A}}^{28}$, $R_{\tilde{N}\tilde{A}}^{90}$ – соответственно прочность бетона на сжатие непосредственно после формования, в 7, 28 и 90 суточном возрасте.

Результаты, полученные в ходе исследований, подтверждают необходимость интенсивного уплотнения (прессования) мелкозернистой бетонной смеси на основе техногенных песков для получения прочного и долговечного бетона для производства элементов мощения. Повышение прочности бетона при увеличении формовочного давления связано с достижением более плотной структуры материала за счет удаления вовлеченного воздуха. При этом увеличивается сцепление частиц заполнителя с цементным камнем за счет снижения дефектности зоны контакта, которая является наиболее слабым местом в структуре мелкозернистого бетона.

Для исследования влияния химических добавок на пористость и В/Ц прессованных мелкозернистых смесей были выполнены эксперименты, в процессе которых добавки вводились с водой затворения. Введение добавок С-3 и ЛСТ (табл. 2) привело к снижению В/Ц и увеличению прочности. Пористость, определяемая по кинетике водонасыщения в соответствии с ГОСТ 12730.4-78, показала, что введение добавок С-3 или ЛСТ приводит к снижению пористости и прочность мелкозернистых бетонов повышается. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние химических добавок на физико-механические свойства прессованных бетонов

№	Расход материалов, кг/м^3			Добавка, % от m цемента		В/Ц	Общий объем пор, %	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность бетона, МПа в возрасте, сут	
	Ц	П	В	наименование	кол-во				7	28
1	535	1610	165	-	-	0,31	18,2	2310	26	48
2	540	1620	155	ЛСТ	0,2	0,29	17,1	2315	42	59
3	540	1630	150	С-3	0,5	0,28	16,6	2320	46	63

Таким образом, установлено, что введение химических добавок в жесткие цементно-песчаные смеси приводит к снижению начального водосодержания и водоцементного отношения, увеличению прочности бетона с 26 до 42 - 46 МПа в возрасте 7 суток и с 48 до 59 - 63 МПа, в возрасте 28 суток, увеличивается средняя плотность прессованных мелкозернистых бетонов. Кроме того установлено, что происходит изменение характера пористости, а именно - снижение открытой пористости в связи с уменьшением начального водосодержания под действием суперпластификаторов С-3 и ЛСТ на 10-20 %.

Библиографический список

1. Баженов Ю.М. Высокопрочный бетон на основе суперпластификаторов. /Ю.М. Баженов, Ш.Т. Бабаев, А.И. Груз и др.// «Строительные материалы» - 1978 г.- №9 – С.12-14.
2. Баженов Ю.М. Высококачественный тонкозернистый бетон / Ю.М. Баженов // «Строительные материалы» - 2000г. - №2.- С. - 17.
3. Волженский А.В. Пластифицированный песчаный бетон./А.В.Волженский // «Бетон и железобетон» - 1976г - №6 – С.16-17.
4. Грушко И.М. Дорожно-строительные материалы./И.М. Грушко, И.В. Королев, И.М. Борщ - М: Транспорт, 1991г -254 с.
5. Шейкин А.Е. Структура и свойства цементных бетонов. / А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский и др. -М: Стройиздат, 1979г – 185 с.

УДК 691.32

С-А.Ю. Муртазаев, Н. В. Чернышева, С. А. Алиев, Б. Т. Муртазаев

ЦЕМЕНТОБЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ УСЛОВИЙ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА[1]

***Аннотация**:*

Статья посвящена эффективности использования золошлаковых смесей в качестве микронаполнителя в комплексных вяжущих для бетонов и растворов, эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата.

***Ключевые слова:** золошлаковая смесь, механохимическая активация, комплексные вяжущие, условия сухого жаркого климата, гелиотермообработка.*

S-A.Y. Murtazaev, N.V. Chernysheva, S. A. Aliev, B. T. Murtazaev

CONCRETE ON THE BASIS OF TECHNOGENIC СЫРЬЯДЛЯ CONDITIONS OF THE DRY HOT CLIMATE

The summary:

Article is devoted efficiency of use of technogenic raw materials as a filling material complex knitting for concrete and the solutions maintained in the conditions of a dry hot climate.

***Keywords**: technogenic raw materials, complex knitting, conditions of a dry hot climate, gelio heat treatment.*

Важнейшими условиями повышенного спроса на производство строительных материалов, изделий и конструкций являются: обеспечение постоянного роста их эффективности, улучшение качества выпускаемой продукции, усиление режима экономии, а также, ставшиеся в последнее время особо актуальными, решение вопросов охраны окружающей среды и переход на постоянный режим ресурсосбережения.

Актуальность вопросов охраны окружающей среды и ресурсосбережения связано в значительной мере с постоянным увеличением количества промышленных отходов, неудовлетворительной их переработкой, а также ростом мирового энергопотребления с неизменно уменьшающимися запасами природных ископаемых.

Оптимальное решение проблемы состоит в том, чтобы разработать и внедрить в производство мало- и безотходные технологии при одновременном развитии и освоении нетрадиционных и возобновляемых энергоносителей, к числу которых относится и солнечная энергия.

Вовлечение техногенного сырья в производство строительных материалов, с одной стороны, и разработка технологических решений, направленных на удешевление производства строительных композитов путем введения в их состав специальных добавок, улучшающих технологические характеристики, а также применение при их производстве энергосберегающих технологий, с другой стороны, дают как экономический, так и экологический эффект.

Имеется многолетний опыт использования заполнителей из техногенных отходов в качестве сырья для производства строительных материалов и изделий, однако принципы их правильного применения с учетом их химического и вещественного составов в условиях сухого жаркого климата достаточно четко не изучены и не разъяснены [1].

В первую очередь была рассмотрена возможность использования указанных отходов в качестве микронаполнителя после его механохимической активации, т.к. имеющиеся в наличии отвалы техногенных продуктов не полностью удовлетворяют требованиям для их использования в технологии бетонов [2].

В связи с этим авторами были проведены экспериментальные исследования в учебно-научной лаборатории строительного факультета ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова по разработке комплексных вяжущих с наполнителем из золошлаковых смесей (КВЗ) для бетонов и растворов, эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата.

При разработке составов комплексного вяжущего применялся портландцемент Чири-Юртовского цементного завода, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 31108-2003.

В качестве минерального наполнителя использовались шлаковый песок и зола из отвалов ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 Заводского района г. Грозный. В качестве поверхностно активного вещества (ПАВ) использовалась комплексная минерально-химическая добавка «Био-НМ».

Процесс приготовления КВЗ проходило в несколько этапов:

- ✓ сушка золошлаковых смесей (ЗШС);
- ✓ предварительный помол ЗШС;
- ✓ совместный помол ЗШС с портландцементом и ПАВ.

Применяемые в качестве наполнителя ЗШС после сушки до постоянной массы подвергались предварительному помолу в лабораторной роликовой мельнице МЛР-15 (рис. 1), а затем совместному помолу с портландцементом и ПАВ.

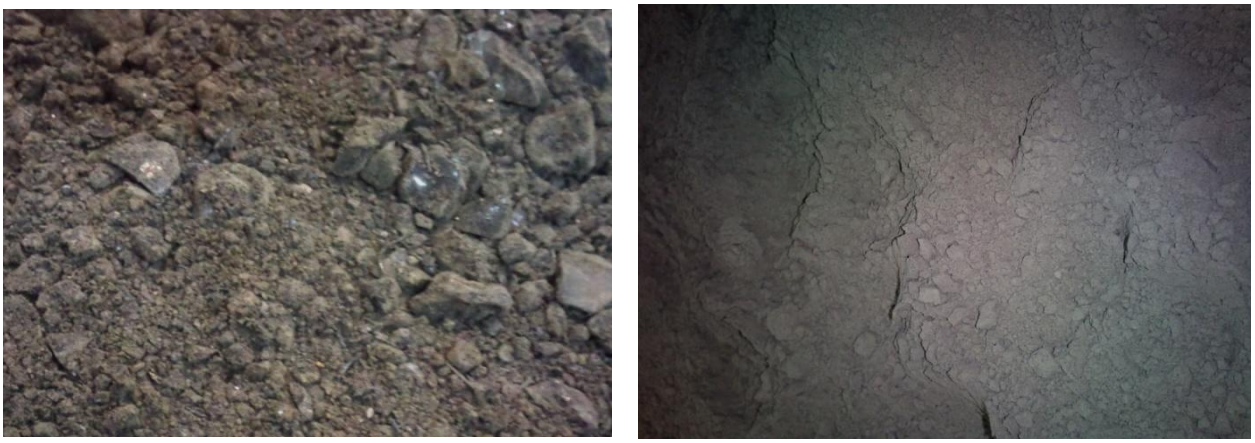


Рис. 1 Золошлаковая смесь:
а - до помола; б - после помола

В целях определения оптимального состава КВЗ для применения в качестве вяжущего в бетонах и растворах, твердеющих в условиях сухого жаркого климата, была проведена серия опытов с изменением расхода компонентов: портландцемента от 30 до 100%; наполнителя 0-70%; ПАВ от 1 до 2% (от массы цемента). Составы и свойства КВЗ приведены в таблице 1.

Таблица 1

Составы и свойства КВЗ

Вид вяжущего	Кол-во цемента, %	Кол-во наполнителя, %	Кол-во ПАВ, % (от массы цемента)	Уд. поверхность, $м^2/кг$
КВ 100	100	-	1	550
КВЗ 70	70	30	2	560
КВЗ 50	50	50	2	580
КВЗ 30	30	70	2	600

Для исследования тепло-массообмена и структурных характеристик бетонов на основе техногенного сырья, твердеющих в условиях сухого жаркого климата, были проведены комплексные исследования. По традиционной технологии были приготовлены

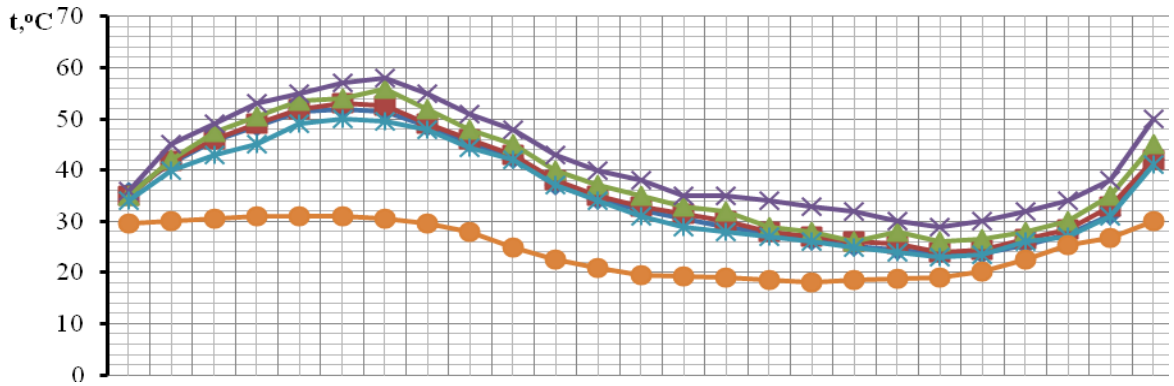
составы бетонов на КВ 100, КВЗ 70, КВЗ 50, КВЗ 30, а также контрольный образец на портландцементе Чири-Юртовского цементного завода составов В:П (вяжущее : песок), равной 1:2,5, при В/Ц=0,3.

Исследования проводились в естественных условиях при температуре 33°С на образцах-кубах с ребром 15 см. На боковых поверхностях гелиоформы была предусмотрена тепловая изоляция из пенопласта толщиной 0,05 м для исключения потерь тепла по этим поверхностям. Гелиоформы сверху плотно накрывались гелиокрышками, представляющие собой деревянные рамы с двумя светопрозрачными покрытиями и двумя воздушными прослойками толщиной δ= 20 мм [3].

Для определения температурного режима твердения в различных сечениях в образцах использовали прибор контроля прогрева бетона «Терем 3.2», с помощью которого были получены кривые прогрева. Исследования показали (рис. 2), что прогрев бетона осуществляется по мягким режимам с подъемом температуры в бетоне до 50-60 °С в течение 4-5 ч, с условной изотермической выдержкой в течение 5-6 ч и медленным остыванием в вечерние и ночные часы со скоростью 2-3 °С/ч.

Кинетика прогрева бетона с использованием солнечной энергии показала, что увеличение количества микронаполнителя в комплексном вяжущем способствует повышению температуры в бетоне.

а)



б)

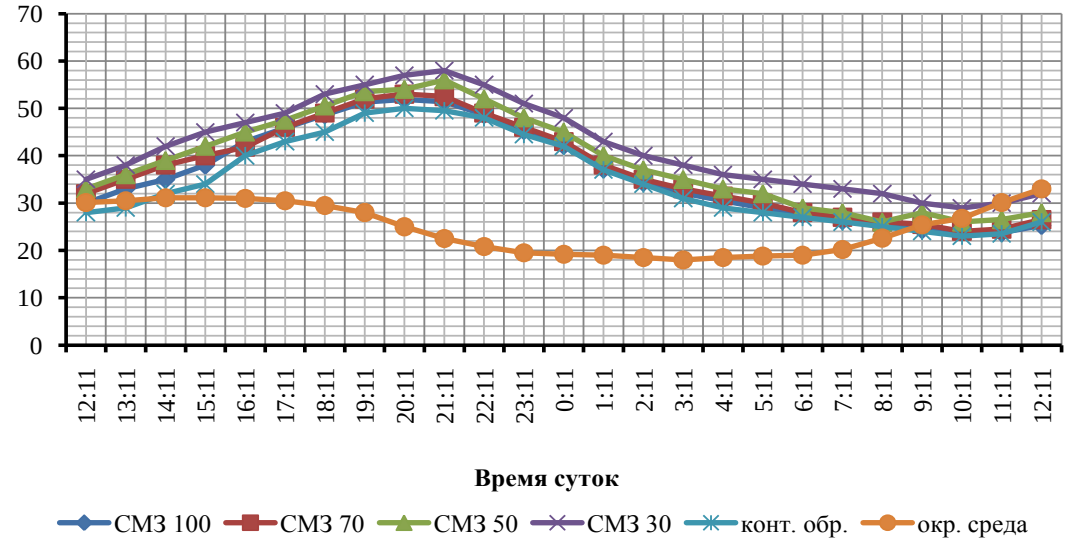


Рис. 2 Кинетика прогрева бетона при гелиотермообработке
а – в 5 мм от верхней поверхности образца; б – в центре образца

К примеру, разница температур максимального прогрева между бетоном на КВЗ 100 и бетоном на КВЗ 30 составляет 3-5 ^{o}С. Это, на наш взгляд, объясняется тем, что измельченная золошлаковая смесь является порошком темного цвета и увеличение его содержание в вяжущем влечет за собой изменение цвета самого бетона, что способствует поглощению большего количества тепла. Суммарное количество градусов-часов, полученное образцами бетонов, составляет: на КВ 100 – 905, КВЗ 70 – 930, КВЗ 50 – 970, КВЗ 30 – 1045, контрольный образец – 867.

С целью изучения зависимости интенсивности влагопотерь от количества наполнителя в составе комплексного вяжущего были проведены исследования, в результате которых было установлено, что интенсивность обезвоживания бетонов на основе техногенного сырья на 0,5 - 1 % меньше чем у контрольного состава и соответственно глубина протекания реакции гидратации вяжущего выше (рис. 3).

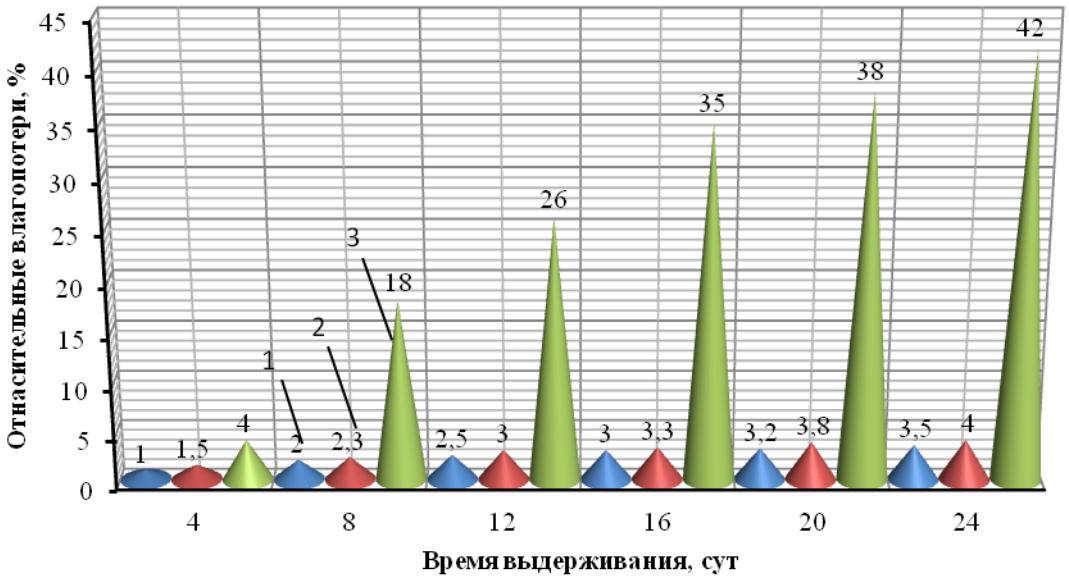


Рис. 3 Кинетика влагопотерь бетона
1– бетон на основе ЗШС в гелиоформе; 2 – обычный бетон в гелиоформе; 3- бетон, твердеющий без ухода

По окончании суточного и 28-суточного циклов выдерживания определяли прочность бетона прибором ультразвукового действия – «Пульсар 1.1» и сжатием на гидравлическом прессе образцов-кубиков (табл. 2).

Таблица 2

Физико-механические свойства бетонов на исследуемых составах

№ серии	Вид вяжущего	Прочность на сжатие, $R_{СЖ}$, МПа,		$E^{x}10^{3}$ в возрасте 28 сут.
		1 сут.	28 сут.	
1	КВ 100	30,2	48,5	34,6
2	КВЗ 70	26,8	47,8	31,8
3	КВЗ 50	20,5	39,6	30,2
4	КВЗ 30	16,8	26,9	29,8
5	Портланд-цемент М 400	22,3	41,5	30,5

Изучение структуры бетонов проводилось в научно-исследовательском центре коллективного пользования «Нанотехнологии и наноматериалы». Исследовались микро- и макроструктуры бетонов на основе техногенного сырья, в том числе микропористость и степень гидратации цементного камня.

Исследования показали, что бетоны на основе техногенного сырья характеризуются меньшей суммарной микропористостью и повышенным содержанием более мелких по размеру пор, чем бетоны на обычном портландцементе (табл. 3).

Таблица 3

Суммарная пористость и распределение пор по размерам

Вяжущее	**Пористость, $см^2/г$**	**Радиус пор, мкм и их содержание, $см^3/г$**			
		Менее 1	**1-0,1**	**0,1-0,01**	**0,01-0,001**
ПЦ	0,118	0,0079	0,0678	0,0289	0,0108
КВ 100	0,0585	0,0018	0,0015	0,0452	0,0092
КВЗ 50	0,0578	0,002	0,0012	0,039	0,0098

Таким образом, проведенные исследования доказывают эффективность использования техногенных отходов в виде золошлаковых смесей в производстве цементобетонных комплексных материалов, позволяющих получить энерго- и ресурсосберегающие композиты в условиях сухого жаркого климата с улучшенными структурными и механическими свойствами.

Библиографический список

1. Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности./Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин// Ростов на Дону, 2007 г – с.104.
2. Баженов Ю.М., Батаев Д.К-С., Муртазаев С-А. Ю. Энерго- и ресурсосберегающие материалы и технологии для ремонтта и восстановления зданий и сооружений, М, изд. «Комтех-Принт», 2006, - 235 с.
3. Заседателев И. Б. Гелиотермообработка сборного железобетона./И. Б. Заседателев, Е. Н. Малинский, Е. С. Темкин// М.: Стройиздат, 1990г. – с. 20.

УДК 665.775:625.855/.857

Б.Ш.Асельдеров, М.И.Лернер, Б.Г.Печеный

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРИГОТОВЛЕНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С РЕЗИНОВОЙ КРОШКОЙ «УНИРЕМ» НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

В статье рассмотрены свойства асфальтобетонных смесей с добавкой резиновой крошки марки РДС, марки ПР, а также резиновой крошки марки «Унирем», полученной упруго-деформационным измельчением отработанной шинной резины. Предложена схема введения составляющих компонентов асфальтобетонной смеси по схеме: щебень → песок → битум → резиновая крошка «Унирем» → минеральный порошок, позволяющая сократить продолжительность перемешивания смеси и получить асфальтобетоны повышенного качества при снижении расхода добавки «Унирем».

Ключевые слова: *асфальтобетон, резиновая крошка, технология приготовления асфальтобетонных смесей, свойства, расход добавки.*

B.Sh.Aselderov, M.I.Lerner, B.G.Pechenyi

EFFECT OF ASPHALT MIXTURES COOKING WITH RUBBER PIECE «UNIREM» ON THE PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE

The summary:

The article deals with the properties of asphalt mixes with the addition of crumb rubber stamps RDS brand PR and crumb rubber brands «Unirem» received by the elastic-deformation grinding the treated tire rubber. Proposed a scheme the introduction of constituents of asphalt concrete mixtures according to the scheme: gravel → sand → bitumen → rubber crumb «Unirem» → mineral powder that reduces the duration of stirring the mixture and get better quality blacktop with a decrease in consumption of supplements, «Unirem».

Keywords: *asphalt, rubber crumb, the technology of preparation of asphalt mixes, properties, flow additives.*

Проблема использования дробленной резиновой крошки в составе асфальтобетонных смесей является предметом исследований многих авторов. Однако как в нашей стране, так и за рубежом массового использования резинобитумноминеральных композиций в дорожном строительстве не наблюдается. Это обусловлено множеством факторов, определяющих качество битумоминеральных композиций с резиновой крошкой, которые не всегда учитываются при строительстве покрытий из этих композиций. Важнейшими из них являются [1] температурные режимы и продолжительность приготовления резинобитумноминеральных композиций; химический, фракционный состав и содержание резиновой крошки; марка, групповой химический состав и содержание битума в композиции; продолжительность пребывания резинобитумноминеральной смеси при высоких температурах после приготовления; условия укладки и уплотнения смеси в покрытии.

Уже с конца 60-х годов отдельные фирмы США, решая злободневную проблему ликвидации и утилизации резиносодержащих отходов, осуществляют промышленную переработку автопокрышек для производства асфальторезиновых смесей, используемых для дорожных покрытий [2]. Измельченный резиновый гранулированный материал добавляют в асфальтобетонную смесь в количестве 20-24%. Полученная асфальтовая смесь подвергается термообработке при 180-230^{0}С, выдерживается, после чего используется в качестве дорожных покрытий. Стоимость такого покрытия вдвое выше обычного асфальтового покрытия, однако, по долговечности оно превосходит обычные

покрытия в три раза [3]. По другим данным, введение в асфальтобетонную смесь 3% резиновой крошки приводит к ее удорожанию на 50%, однако повышение долговечности покрытий примерно в два раза обуславливает высокую экономическую эффективность применения таких композиций [4].

К преимуществам асфальтобетона, модифицированного резиновой крошкой, относятся более высокое сопротивление деформациям и сдвигам при высоких температурах, а также более высокая трещиностойкость и долговечность. Наряду с этим, такие асфальтобетоны имеют некоторые недостатки: более длительное смешение компонентов, прилипание частиц смеси к катку при уплотнении, ограниченная уплотняемость покрытий из-за его упругой отдачи [4].

В исследованных асфальтобетонных смесях, содержащих до 3% резиновой крошки от массы минеральной части асфальтобетона, было установлено повышенное сцепление покрытий с колесом автомобиля, а также более высокая тепло-, трещиностойкость [5].

Существуют различные способы приготовления резинобитумноминеральных композиций. При введении резиновой крошки непосредственно в процессе изготовления асфальтобетонных смесей в минеральную часть свойства композиций получаются хуже, чем при введении в битум [6]. Это объясняется тем, что при введении в минеральную часть резиновой крошки последняя адсорбирует на своей поверхности минеральный порошок и плохо смачивается битумом.

Эффективность введения прямо в асфальтобетон 3-4% резиновой крошки с размером частиц 3,2 мм отмечается шведскими учеными [6] и выражается в уменьшении проскальзывания шин, особенно в условиях обледенения дороги.

Проведены исследовательские работы и выданы предложения по применению резиновой крошки 1 мм помола в верхнем покрытии усовершенствованных асфальтобетонных дорог [7]. Введение всего 1,5-3,0% резиновой крошки повышает сдвигоустойчивость асфальтобетона при повышенных температурах, его деформативную способность при отрицательных температурах, сцепление колеса автомобиля с влажным дорожным покрытием. Однако применение резиновой крошки в дорожном строительстве в настоящее время ограничивается ее высокой стоимостью.

Таблица 1

Свойства резинобитумоминеральных композиций в зависимости от режимов приготовления

Температура перемешивания смеси, ^{0}C	Прочность при сжатии Rc, МПа при			Водонасыщение W, %	Коэффициент водостойкости		Температура растрескивания асфальтобетона, ^{0}C
	50^{0}C	20^{0}C	0^{0}C		кратковременный	длительный	
С добавкой резиновой крошки марки РДС							
225	1,6/0,9	7,5/7,0	15,7/15,6	1,0/1,4	0,99/0,88	0,73/0,74	-46/-46
205	1,5/0,9	7,4/7,0	15,6/15,0	0,9/1,7	0,99/0,89	0,75/0,64	-46/-46
185	1,5/0,3	7,2/6,9	15,6/14,1	0,9/2,3	0,99/0,86	0,73/0,64	-44/-49
165	1,4/0	7,0/4,1	14,7/5,9	1,5/2,4	0,92/0,8	0,61/0,3	-44/-51
С добавкой резиновой крошки марки ПР-1							
225	2,2/1,0	10,5/7,9	20,1/19,0	0,6/1,9	0,92/0,82	0,75/0,7	-42/-43
205	1,6/0,9	9,6/17,3	18,7/17,8	0,5/2,0	0,93/0,81	0,85/0,77	-44/-43

185	1,5/0,4	8,4/6,0	18,7/16,9	0,83/1,8	0,96/0,80	0,87/0,73	-40/-44
165	0,3/0	8,0/4,4	14,5/6,6	1,4/1,9	0,83/0,72	0,76/0,44	-40/-43
150	0,1/0	6,1/4,0	10,9/4,8	1,8/2,2	0,8/0,61	0,72/0,42	-41/-45
Без добавки резиновой крошки							
160	-/1,1	-/4,2	-/14,6	-/2,7	-/0,84	-/0,62	-25/-27

Примечание. В числителе – смесь готовили при перемешивании в течение 1 мин с последующим выдерживанием при 160^{0}С в течение 1 ч. В знаменателе – смесь готовили без выдерживания после перемешивания в течение 1 мин.

Резинобитумноминеральные смеси готовили на дробленом известняковом минеральном наполнителе [8]. Содержание битума марки БН 60/90 относительно массы минерального наполнителя составляло 5,8% а резиновой крошки 2%. Для сравнения испытывали асфальтобетон без добавки резиновой крошки с теми же компонентами при содержаний битума 6,5% (таблица 1). Готовили смесь следующим образом: в нагретую мешалку (вращение вала 60 об/мин) загружали минеральную часть и битум, нагретые до заданной температуры, а затем резиновую крошку, Продолжительность перемешивания составляла 2 мин. Смесь, охлажденную до 140^{0}С, загружали в пресс-форму диаметром 50 мм и готовили образцы прессованием в течение 3 мин под давлением 40 МПа. Через сутки образцы испытывали.

Повышенные температуры перемешивания и выдерживания резинобитумноминеральных смесей после перемешивания обеспечивают высокие показателя прочности образцов при различных температурах, особенно при 50^{0}С. Стандартных значений прочности при 50^{0}С резинобитумноминеральные композиции с резиновой крошкой марки РДС достигают при перемешивании компонентов при температурах более 165^{0}С с выдерживанием при 160^{0}С в течение 1 ч.

В композициях с резиновым порошком марки ПР-1 стандартной прочности при 50^{0}С образцы достигают при температурах перемешивания компонентов более 180^{0}С с последующим выдерживанием смеси при 160^{0}С в течение 1 ч. Без выдерживания при температурах 225^{0}С стандартных значений прочности при 50^{0}С образцы не достигают. Следует обратить внимание на то, что температуры растрескивания композиций мало зависят от температуры перемешивания компонентов. В целом, введение в битумоминеральную композицию резиновой крошки приводит к весьма существенному (на 20-25^{0}С) снижению их температур растрескивания, что позволяет значительно повысить долговечность таких композиций.

Как следует из представленных данных, температурно-временные режимы приготовления асфальтобетонных смесей оказывают решающее влияние на свойства асфальтобетонов.

На свойства асфальтобетонов значительное влияние оказывает состояние поверхности резиновой крошки. В восьмидесятые годы в Институте химической физики АН СССР разработан метод упруго-деформационного измельчения эластомеров [9], основанный на новой схеме нагружения и разрушения материалов. По этой схеме разрушение материала осуществляется с меньшими энергозатратами, а сам порошок отличается развитой поверхностью частиц. Измельченная по такому методу резина отличается от резины, полученной традиционным валковым способом более рыхлой структурой поверхности частиц, что проявляется в более быстром набухании ее в компонентах битумов. При измельчении резиносодержащих отходов по третьему методу – при температурах жидкого азота – частицы резиновой крошки имеют совершенно

гладкую поверхность, что отрицательно отражается на скорости ее набухания и пластификации в компонентах битумов.

Испытания резинобитумноминеральных композиций с добавками резиновой крошки, полученной валковым, упруго-деформационным методом и методом измельчения при температурах жидкого азота показали, что лучшие характеристики имеют образцы с резиновой крошкой, полученной упруго-деформационным методом, а наихудшие – в композициях, содержащих резиновую крошку, полученную измельчением резины при температурах жидкого азота.

В ООО «Уником» г. Подольск, Московской области организовано производство резиновой крошки «Унирем» из отработанных шин методом упруго-деформационного измельчения, которое используется в производстве асфальтобетонных смесей [10,11]. Содержание резиновой крошки «Унирем» по отношению к 100 мас. долей битума зависит от марки битума и составляет ≈8% для марки БНД 40/60, ≈10% для марки БНД 60/90, ≈12% для марки БНД 90/130 и ≈15% для марки БНД 130/200.

Температура асфальтобетонной смеси, модифицированной «Унирем» при выходе из смесителя должна находиться в диапазоне 145-175^{0}С для асфальтобетонов с гранулометрией типа «А», «Б», «В» и ЩМА соответственно. При приготовлении асфальтобетонной смеси добавка «Унирем» вводится в смеситель в последнюю очередь сразу после введенного битума. Процесс перемешивания смеси после введения «Унирем» должен продолжаться не менее 1 минуты, а сама продолжительность перемешивания смеси определяется характеристиками применяемого оборудования. В общем, продолжительность перемешивания асфальтобетонных смесей с добавкой «Унирем» составляет около 2 мин, что в 2-3 раза больше, чем при приготовлении асфальтобетонных смесей без добавки.

Как следует из работы [12], последовательность введения составляющих компонентов асфальтобетонной смеси в смеситель значительно влияет на продолжительность перемешивания смеси и качество асфальтобетона. Показано, что при введении компонентов в асфальтобетонной смеси в последовательности: щебень → песок → битум (перемешивание 15 с) → минеральный порошок (перемешивание 20 с) позволяет получить асфальтобетоны повышенного качества. При традиционной схеме приготовления асфальтобетонных смесей, когда в смеситель загружаются щебень, песок, минеральный порошок и в последнюю очередь битум, происходит в первую очередь объединение битума с минеральным порошком. А это приводит к повышению вязкости битума, что затрудняет дальнейшее покрытие поверхности песчаных и щебеночных фракций, для чего требуется более продолжительное перемешивание смеси или повышение ее температуры.

Можно предположить, что введение в асфальтобетонную смесь резиновой крошки «Унирем» по схеме: щебень → песок → битум → «Унирем» → минеральный порошок создаст лучшие условия смачивания битумом резиновой крошки, ее набуханию, поскольку часть объема битума находится в свободном состоянии.

В связи с изложенным, в настоящей работе было изучено влияние последовательности введения компонентов асфальтобетонной смеси с резиновой крошкой на свойства асфальтобетонов.

Исследования асфальтобетонных смесей проводились на минеральных заполнителях – дробленном гравии Ивановского карьера, минеральном порошке гидрофобизированном Усть-Джегутинского карьера, битуме марки БНД 60/90 Ново-Уфимского НПЗ и измельченной шинной резиновой крошки «Унирем», полученной на установке ООО «Уником».

Гранулометрический состав минеральной части асфальтобетонных смесей типа «Б» и «Г» по ГОСТ 9128-2009 представлен в таблице 2.

Таблица 2.

Гранулометрические составы минеральных заполнителей асфальтобетонных смесей

Тип гранулометрии	Доля частиц размером менее мм, масс.%									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071
«Б»	100	97	80	50,5	46,5	33	24	18,1	12	8,3
«Г»	100	100	100	97,5	75,5	56	39	26,5	17,5	12,0

Гранулометрический состав резиновой крошки «Унирем», определенный с помощью лазерного анализатора микрочастиц « Ласка-1К», представлен на рисунке 1.

Параметры распределения гранулометрического состава резиновой крошки «Унирем», представленные на рисунке 1 и в таблице 3, показывают, что средний диаметр частиц резиновой крошки составил 5,15 мкм при доле частиц диаметром 4,201 мкм 0,9746. Средний диаметр частиц резиновой крошки «Унирем» примерно в 2 раза меньший, чем у минерального порошка [12].

Таблица 3.

Параметры распределения гранулометрического состава резиновой крошки «Унирем»

Диаметр частиц, содержащих более, мкм					Средний диаметр частиц, мкм	Доля частиц, мас., диаметром, мкм	
10%	25%	50%	75%	90%		4,201	14,99
3,016	3,631	4,477	5,579	7,0	5,15	0,9746	0,0254

Содержание битума в асфальтобетонной смеси с гранулометрией типа «Б» составило 6,0%.

При введении резиновой крошки «Унирем» в количестве 2%, содержание битума в смеси составило 5%, при введении резиновой крошки 4%, содержание битума в смеси составило 4%.

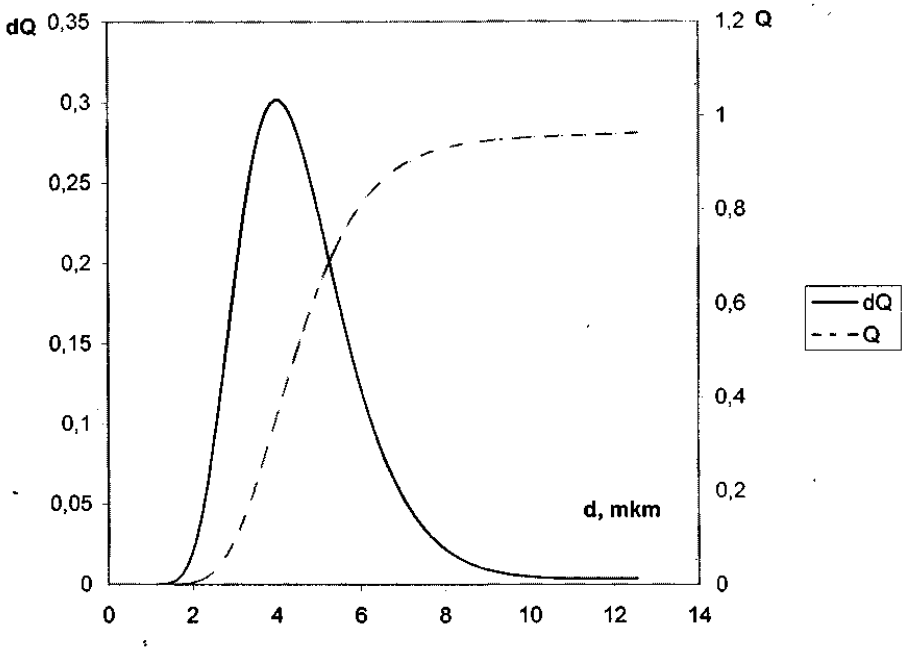


Рис. 1. *Дифференциальная d Q и интегральная Q зависимости гранулометрического состава резиновой крошки «Унирем»*

Оптимальное содержание битума в асфальтобетонной смеси типа «Г» составило 6,7%. При введении резиновой крошки «Унирем» в количестве 2% по отношению к битуму содержание битума было 5,7%, а приведение «Унирем» в количестве 4 % содержание битума было 4,7%. Таким образом введение добавки «Унирем» снижает оптимальное содержание битума в смеси, что подтверждают данные представленные в [11].

Асфальтобетонные смеси с гранулометрией «Б» пригатавливались при температуре перемешивания 155±5ºС; с гранулометрией типа «Г» - при 165±5ºС. Продолжительность перемешивания смесей как без добавки, так и с добавкой «Унирем» при введении компонентов в смеситель по традиционной схеме I составляло 2 минуты. Предложенный режим перемешивания асфальтобетонных смесей без добавки осуществляли при последовательности введения компонентов по схеме II: щебень → песок → битум (перемешивание 15с) → минеральный порошок (перемешивание 20с), а с добавкой «Унирем» - по схеме III: щебень → песок → битум (перемешивание 15с) → «Унирем» (перемешивание 20с) → минеральный порошок (перемешивание 20 с). Асфальтобетонные смеси, приготовленные по всем трем схемам, выдерживали в течении 30 минут при температуре перемешивания, а затем формовали образцы для испытаний по ГОСТ 12801-98. Выдерживание смесей в течение 30 минут после приготовления позволяло примерно моделировать пребывание смесей при высоких температурах в процессе транспортирования их к месту укладки.

Таблица 4

Физико-механические свойства асфальтобетонов с резиновой крошкой «Унирем» в зависимости от режимов приготовления.

Показатели	Схема приго-товления смеси	Содержание вяжущего в смеси, %					
		битум 6,0	битум 5,0 «Унирем»2,0	битум 4,0 «Унирем»4,0	битум 6,7	битум 5,7 «Унирем»2,0	битум 4,7 «Унирем»4,0
		гранулометрия «Б»			гранулометрия «Г»		
Предел прочности при сжатии, МПа, при 50ºС	I	1,0	1,3	1,6	1,7	1,5	1,9
	II	1,2	-	-	1,3	-	-
	III	-	1,5	1,8	-	1,9	2,2
Предел прочности при сжатии, МПа, при 20ºС	I	2,9	3,1	3,4	3,2	3,6	3,9
	II	3,2	-	-	3,6	-	-
	III	-	3,5	3,9	-	3,3	4,2
Предел прочности при сжатии, МПа, при 0ºС	I	12,1	12,9	13,8	13,1	14,2	16,0
	II	12,2	-	-	13,2	-	-
	III	-	14,1	15,0	-	14,8	15,7
Водонасыщение, об. %	I	3,6	3,4	3,1	3,1	2,9	2,7
	II	2,8	-	-	2,5	-	-
	III	-	2,9	2,6	-	2,4	2,2
Водостойкость	I	0,87	0,96	0,98	0,9	0,96	0,97
	II	0,94	-	-	0,97	-	-
	III	-	0,9	0,98	-	0,99	1
Водостойкость при длительном водонасыщении	I	0,78	0,9	0,92	0,8	,97	0,99
	II	0,88	-	-	0,89	-	-
	III	-	0,93	0,96	-	0,98	1,07

Представленные в таблице 3 результаты испытаний асфальтобетонов позволили установить, что приготовление асфальтобетонных смесей без добавки при последовательности введения компонентов в смеситель по схеме II: щебень → песок → битум → минеральный порошок позволяет значительно повысить показатели физико-механических свойств и сократить продолжительность перемешивания смеси.

Аналогичный эффект наблюдается и при приготовлении асфальтобетонных смесей с добавкой резиновой крошки «Унирем». Показатели свойств асфальтобетонов при приготовлении асфальтобетонных смесей с добавкой «Унирем» по технологии, описанной в [10], имеют гораздо лучшие показатели свойств по сравнению с обычными асфальтобетонами. Но значительные улучшения свойств асфальтобетонов с добавкой резиновой крошки «Унирем» достигается при приготовлении асфальтобетонных смесей по предложенной схеме введения компонентов в смеситель (по схеме III): щебень → песок → битум (перемешивание 15с) → «Унирем» (перемешивание 20с) → минеральный порошок (перемешивание 20с). При этом высокие показатели свойств асфальтобетона с добавкой «Унирем» достигаются при значительном снижении расхода добавки.

Библиографический список:

1. Макаров В.М., Дроздовский В.Ф. Использование амортизированных шин и отходов производства резиновых изделий. М.: Химия, 1986. 249с.
2. Humphrey, D.N., Eaton, R.A. Field Performance of Tire Chips as Subgrade Insulation for Rural Roads, Proceedings of the Sixth International Conference on Low-Volume Roads, Transportation Research Board, Washington D.C. 1995. Vol. 2. P. 77-86.
3. Humphrey, D.N., Eaton, R.A. Performance of Tire Chips as an Insulating Layer Beneath Gravel Surface Roads, Proceedings of the Fourth International Cymposium on Cold Region Development. Espoo. Finland. 1994. P. 125-126.
4. Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jorgen Randers. Beyond the Limits. Chelsea Green Publishing Company, White River Junction. Vermont. 1992. P. 92-101.
5. Guidance Manual. Shredded Tires as Alternative Daily Cover at Municipal Solid Waste Landfills. California. October.1997. P. 81-85.
6. Топилин В.М., Карминский В.Д. Использование изношенных шин и продуктов их переработки в народном хозяйстве. Ростов-на-Дону.: Издательство «Юг». 2001. 134 с.
7. Разгон Д.Р., Дроздовский В.Ф. Основные направления комплексной переработки изношенных шин.// Каучук и резина. 1986. №8. С. 35-38.
8. Печеный Б.Г. Битумы и битумные композиции. М.: Химия. 1990. 265 с.
9. Упругодеформационное измельчение термопластов. /Акопян Е.Л., Кармилов А.Ю.,Никольский В.Г., Хачатрян А.М., Ениколопян Н.С.// Доклады АН СССР.1986.Т. 291. №1.С.133-136.
10. Никольский В.Г. «Унирем» и другие модификаторы.//Автомобильные дороги. 2010.№4.С.34-36.
11. Лернер М.И. Материал композиционный на основе активного резинового порошка «УНИРЕМ». Рекомендации по применению. Подольск, Московской обл., «Уником». 2010. 6 с.
12. Печеный Б.Г., Данильян Е.А., Галдина В.Д. Влияние режимов приготовления асфальтобетонных смесей на свойства асфальтобетонов.// Строительные материалы. 2009. №11. С. 36-39

УДК 666.974.2

З.А. Мантуров, М.А.Ахматов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ЖАРОСТОЙКОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА НА СИЛИКАТ-НАТРИЕВОМ КОМПОЗИЦИОННОМ ВЯЖУЩЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

Аннотация:

В работе приведены результаты подбора состава жаростойкого керамзитобетона на силикат-натриевом композиционном вяжущем с использованием ЭВМ. Проведены также результаты исследований по определению температур деформации под нагрузкой и термостойкости разработанного жаростойкого керамзитобетона.

***Ключевые слова**: композиционное вяжущее, силикат-натриевое композиционное вяжущее, жаростойкий керамзитобетон, силикат-глыба.*

Z.A. Manturov

DEFINITION OF RATIONAL STRUCTURE HEAT RESISTING EXPANDED-CLAY CONCRETE ON SILICATE-SODIUM COMPOSITE KNITTING WITH USE OF THE COMPUTER

The summary:

In work results of selection of structure heat resisting expanded-clay concrete gravel on silicate-sodium composite knitting with use of the computer are resulted. Results of researches by definition of temperatures of deformation under loading and thermostability developed heat resisting expanded-clay concrete gravel are lead also.

***Keywords:** composite knitting, silicate-sodium composite knitting, heat resisting expanded-clay concrete, lump of silicate.*

Жаростойкие обжиговые и безобжиговые теплоизоляционные материалы широко применяются в тепловых агрегатах при производстве строительных материалов, черных и цветных металлов, продуктов химической и нефтехимической промышленности, конструкции которых эксплуатируются в широком диапазоне температур.

Однако, высокая энергоемкость традиционных обжиговых жаростойких теплоизоляционных материалов диктуют острую необходимость разработки и реализации новых эффективных жаростойких теплоизоляционных материалов, прежде всего безобжиговых, для высокотемпературной изоляции тепловых агрегатов различного назначения по энерго- и ресурсосберегающим технологиям.

Известно, что применение в тепловых агрегатах различных видов жаростойких бетонов по своим техническим и экономическим показателям в большинстве случаев более эффективны, чем штучные огнеупоры и поэтому имеют большие перспективы развития. Жаростойкий бетон в отличие от огнеупоров не требует предварительного обжига, их окончательный состав и структура формируются в период первого разогрева и эксплуатации в конструкциях тепловых агрегатов.

Особое значение при строительстве тепловых агрегатов приобретают легкие жаростойкие бетоны: их применение дает еще больший экономический эффект за счет сбережения сырьевых, топливно-энергетических ресурсов, уменьшения веса и улучшения теплотехнических характеристик конструкций этих агрегатов [1, 2]. Следует отметить также, что для проектирования конструкций из жаростойких бетонов имеются необходимые нормативные документы [3 - 5].

Пористые заполнители пригодные для легких жаростойких бетонов делятся на щебень или гравий, характеризующиеся насыпной плотностью не более 1000 кг/м^3 , и песок с насыпной плотностью не более 1200 кг/м^3. По происхождению заполнители для жаростойких бетонов подразделяют на природные и искусственные.

Природные пористые заполнители могут эффективно использоваться в легких жаростойких бетонах в тех районах нашей страны, где они являются местными материалами. К таким заполнителям относятся туфы, пемзы, представляющие собой излившиеся горные породы стекловидной структуры. Эти породы обладают весьма высокой жаростойкостью, характеризующейся температурой плавления 1300... 1400 °С. Среднее содержание в пемзе и туфе SiO_2 составляет 66... 72%, $A1_2O_3$ - 12,7... 14,7%, CaO 0,07... 2,6%.

Однако месторождения этих пород не распространены повсеместно и локализованы в сравнительно немногочисленных географических регионах нашей страны. Поэтому широкое применение легких жаростойких бетонов невозможно без использования искусственных пористых заполнителей.

Производство искусственных пористых заполнителей начало развиваться сравнительно недавно – с 50-х годов прошлого столетия. При этом на керамзит приходится больше половины объема выпускаемых в нашей стране искусственных пористых заполнителей [6]. Керамзит представляет собой пористый материал ячеистого строения, получаемый ускоренным обжигом легкоплавких глин при температуре их вспучивания. Промышленность выпускает продукцию со следующими показателями: насыпная плотность керамзита колеблется от 250 до 1000 кг/м^3, прочность при сдавливании в цилиндре от 0,8 до 6,3 МПа, водопоглощение от 8 до 21,5%. Керамзит, пройдя температурную обработку при 1050-1250°С, не содержит вредных для бетона примесей и является жаростойким материалом. Имея высокоразвитую систему закрытых пор, он отличается высокими теплозащитными свойствами. Исследование керамзита и возможности его применения в легких жаростойких бетонах, проведенные многими учеными, показали, что огнеупорность рядового керамзита колеблется от 1200 до 1250°С, редко превышая 1300°С. Его термостойкость составляет 9-30 водных теплосмен при нагреве до 800°С и охлаждении в воде [6 - 8].

Работами В. М. Москвиной, К. Д. Некрасова и др. [9] было установлено, что на основе жидкого стекла с кремнефтористым натрием и нефелиновым шламом в качестве отвердителя могут быть получены жаростойкие бетоны для различных условий эксплуатации. В настоящее время жаростойкие бетоны на основе жидкого стекла нашли широкое применение при эксплуатации не только в условиях высоких температур, но и в различных агрессивных средах. Эти бетоны по сравнению с жаростойкими бетонами на гидравлических вяжущих долговечны, экономичны и обладают лучшими физико-механическими свойствами [10]. Однако, жаростойкие бетоны на жидком стекле содержат его в большом количестве – 300…500 кг на 1 м^3 бетона, что сопряжено также с достаточно высоким водосодержанием бетонной смеси (300 л и более) и необходимостью введения в шихту значительного количества тонкомолотых огнеупорных добавок и добавок-отвердителей (более 500 кг на 1 м^3 бетона). Кроме этого, оксид натрия Na_2O, являясь сильным плавнем, снижает термомеханические свойства жаростойкого бетона.

Все это делает технологию бетонов на жидком стекле энергоемкой. В этой связи большой интерес представляют многолетние научные исследования, проводимые в Дагестанском государственном техническом университете совместно с МГСУ и др. научно-исследовательскими организациями по применению безобжиговых силикат-натриевых композиций для разработки жаростойких бетонов, получаемых по энергосберегающим технологиям [11, 12]. Производство этих бетонов позволяет сэкономить дорогостоящее и дефицитное сырье, снизить расход топливно-энергетических ресурсов и затрат труда. Использование вместо жидкого стекла тонкоизмельченной силикат-глыбы с последующим ее твердением при низкотемпературной тепловой

обработке от 90±5°С до 190±5°С по определенному режиму позволяет: исключить энергоемкую операцию получения из силикат-глыбы жидкого стекла, что характерно для бетонов на жидком; повысить однородность бетонной смеси; улучшить условия формования; снизить количество воды затворения, что обеспечивает существенное повышение когезионной прочности вяжущего.

Известно [11, 12], что использование силикат-глыбы в качестве одного из компонентов композиционного вяжущего открывает широкие перспективы для создания эффективных жаростойких бетонов и позволяет при правильном подборе других компонентов вяжущего синтезировать жаростойкие материалы по своему химическому и фазовому составам, а также по свойствам аналогичные применяющимся на практике обжиговым огнеупорам. Синтез высокоогнеупорных соединений в данном случае, в отличие от обжиговых огнеупоров, происходит непосредственно в самом тепловом аппарате в процессе первого разогрева и эксплуатации.

В данной работе нами приводятся результаты проектирования конструкционно-теплоизоляционного жаростойкого бетона на кремнисто–силикат–натриевом композиционном вяжущем и пористого заполнителя – керамзитового гравия.

Характеристика кремнистой породы. В литературе многократно отмечалось [13, 14] присутствие в палеогеновых и меловых отложениях Дагестана многих разновидностей кремнистых пород: диатомиты, спонголиты, опоки и смешанные разности (карбонатно-кремнистые, кремнисто-карбонатные, глинисто-кремнистые и др.).

В Дагестане обнаружено и частично исследовано 15 проявлений кремнистых пород. Большинство из них находятся в освоенных районах, где имеются автомобильные дороги. Горно-технические условия разработки карьеров хорошие. Кроме того, рядом имеются залежи известняков, бентонитовых глин, мергелей, что создает благоприятные условия для комплексной переработки сырья.

Из кремнистых пород Дагестана описаны и частично изучены диатомиты, трепелы, спонголиты и диатомито-спонголиты. Переходные разности от кремнистых пород к известнякам, мергелям и глинам практически не изучались. Почти во всех кремнистых породах Дагестана наблюдается повышенное содержание *CaO* (в среднем 13-14%) и потерь при прокаливании (8-20%). Исключение составляют несколько образцов чистых диатомитов и спонголитов.

По минеральному составу в кремнистых породах явно преобладает опал; вторым по содержанию идет кальцит. В связи с этим исследованные породы можно называть опалокальцитовыми. Учитывая, что часть опала перекристаллизована в кристобалит, можно говорить об опало-кальцито-кристобалитовых разностях.

Обследование месторождений кремнистых пород Дагестана, рассмотрение технико-экономических аспектов их добычи и переработки показали, что наиболее перспективным для производства конструкционно-теплоизоляционных изделий является карьер кремнистых пород, расположенный в бассейне реки Халагорк Левашинского района. По минеральному составу эти породы относятся к опало-кальцитовым.

Основные характеристики породы: структура органогенно-обломочная; плотность в куске 1400-1900 кг/м^3; истинная плотность 2,56 - 2,59 т/см^3; открытая пористость 22-29%; общая пористость 36-45%; прочность в сухом состоянии 51-69 МПа; прочность в водонасыщенном состоянии 45-59 МПа.

Характеристика силикат-глыбы. В качестве основного компонента вяжущего, обеспечивающего омоноличивание материалов, был использован безводный силикат-натрия с кремнеземистым модулем 2,7-2,9. Этот выбор обосновывается, во-первых, успешным применением такого продукта при изготовлении безобжиговых огнеупоров, во-вторых, достаточно хорошим его растворением в воде и образованием клейкой массы с высокими адгезионными свойствами практически ко всем неорганическим материалам (клеящая способность в 3-5 раз выше, чем у цемента). Наиболее часто силикат-глыбу (силикат натрия) получают сплавлением кварцевого песка с содой или сульфатом натрия

при температуре 1300-1400°С. Химический состав силикат-глыбы, использованной нами в данной работе приведен в табл. 1.

Таблица 1.

Химический состав силикат-глыбы

Силикатный модуль	Содержание оксидов в % по массе					Остальные примеси
	SiO_2	Na_2O	K_2O	Al_2O_3	Fe_2O_3	
2.8	72	26.1	-	1.5	0.07	0.5

С целью изучения физико-химических процессов, протекающих при затворении вяжущего водой и последующей термообработке, нами были исследованы термические превращения и проведен рентгеноструктурный анализ силикат-глыбы в интервале температур 20-1000°С. Рентгеноанализ силикат-глыбы свидетельствовал о ее рентгеноаморфности, т.е об отсутствии в ней практически кристаллических модификаций. Результаты ДТА обнаруживают эндоэффект при 115°С, что объясняется потерей воды, а также возможными α↔β переходами тридимита. Наибольший эндоэффект достигается при 840°С вследствие плавления стеклофазы.

Выбор и характеристика щелочесодержащей добавки. Из обследованных жидких щелочных отходов наиболее подходящим и оказывающим комплексное воздействие на структурообразование материала и его свойства, по нашему мнению, является соапсток.

Соапсток представляет собой основной побочный продукт, получаемый при щелочной рафинации жиров. При обработке жиров водным раствором щелочи происходит нейтрализация их, так как щелочью связываются все вещества, имеющие кислый характер. Образующееся при этом мыло, обладая высокой солюбилизирующей и адсорбционной способностью, извлекает из жира значительную часть различных веществ, что обусловливает сложность и непостоянство их состава.

В зависимости от способа проведения нейтрализации жира с водно-солевой подкладкой или в мыльнощелочной среде происходит разделение фаз соответственно на нейтральный жир – соапсток – подмыльный щелок и нейтральный жир – соапсток, что оказывает существенное влияние на качественный состав и количественный выход соапстока.

Следовательно, соапстоки, получаемые при этом, содержат влагу, мыла, образующееся в результате омыления свободных жирных кислот, нейтральный жир, вовлеченный мылом, избыточную щелочь и др. [15, 16]. Качество соапстока оцениваемое их составом по содержанию нейтрального жира и жирных кислот приведены в табл. 2. С повышением содержания общего жира в соапстоке, связанного со значениями кислотного числа исходного жира, подвергаемого рафинации, увеличивается также содержание в нем жирных кислот и нейтрального жира, при соответствующем понижении содержания воды.

Таблица 2.

Состав соапстоков, получаемых при рафинации жиров различного исходного качества

Кислотное число исходного жира, мг КОН/г	Содержание				
	жирных кислот,%	жирных кислот в пересчете на 18:1,%	нейтрального жира (НЖК), %	Воды, %	НЖ/ЖК
6,8	10,1	18,8	23,3	59,1	2:1
6,8	10,2	18,5	24,1	58,6	2:1
24,8	12,6	24,4	27,9	55,9	2:1

39,0	14,8	32,5	32,1	51,7	2,5:1
39,0	16,4	33,8	32,1	47,4	2:1
49,5	22,1	36,1	38,7	34,7	1,8:1
49,5	23,5	36,5	40,4	32,8	1,8:1

Характеристика применяемого керамзита. Керамзитовый гравий местного производства, используемый в нашей работе как пористый заполнитель для получения жаростойкого керамзитобетона состоял из смеси двух фракций 5-10 мм и 10-20 мм, основные свойства которых приведены в табл. 3.

Проектирование состава керамзитобетона. Принципы подбора состава, справедливые для легких бетонов на традиционных клинкерных вяжущих не могут быть отнесены к легким жаростойким бетонам на кремнисто-силикат-натриевом вяжущем так как принцип омоноличивания их имеет иной характер. В жаростойком керамзитобетоне на силикат-натриевом композиционном вяжущем упаковка зернистых составляющих в зависимости от требуемой плотности обеспечивается контактным омоноличиванием частицами связующего в результате чего формируются тонкие высокопрочные локализованные в пространстве межзерновые клеевые швы. Такая специфическая структура омоноличивания позволяет при малом расходе связующего достичь удовлетворительной прочности при сжатии и растяжении, сохранить эту прочность и другие свойства при эксплуатации в тепловых агрегатах.

Таблица 3.

Основные физико-механические характеристики керамзитового гравия

Наименование показателей	Ед. изм.	Фракции, мм	
		5- 10	10 -20
		Марка по насыпной плотности, кг/м^3	
		600	500
Зерновой состав. Частные остатки на ситах диаметром, мм:			
20	%	-	6
10	%	7	91
5	%	90	3
менее 5	%	3	-
Насыпная плотность	кг/м^3	610	490
Прочность при сдавливании в цилиндре	МПа	5,6	2,3
Потеря массы после 15 циклов замораживания и оттаивания	%	3,2	3,8
Морозостойкость (Мрз), более	циклов	15	15
Водопоглощение	%	16,3	17,2
Потеря массы при кипячении	%	4,1	3,9
Содержание расколотых зерен	%	9,6	7.5
Коэффициент формы зерен		1.5	1,6
Число зерен с коэффициентом формы более 2,5	%	-	2,0
Влажность естественная	%	3,1	2,7

Подбор оптимальных соотношений фракций керамзитового заполнителя и кремнисто-силикат-натриевого композиционного вяжущего проводился с применением математического планирования эксперимента. На основе предварительных опытов назначены основные исследуемые факторы и пределы их изменения:

Композиционное вяжущее: $0{,}10 \le X_1 \le 0{,}30$

Заполнитель:

керамзитовый гравий фр. 10–20 мм $0{,}40 \le X_2 \le 0{,}81$

керамзитовый гравий фр. 5–10 мм $0{,}07 \le X_3 \le 0{,}45$

В качестве зависимых переменных (функции отклика) изучались следующие основные свойства:

Y_1 – предел прочности при сжатии жаростойкого керамзитобетона, МПа;

Y_2 – средняя плотность жаростойкого керамзитобетона, кг/м^3.

Планирование эксперимента проводилось на симплексе [6]. Назначенные ограничения по соотношению компонентов вырезают из полного симплекса ограниченную область, представляющую собой шестиугольник (см. рис.1.–2.). Для каждой из предполагаемых регрессионных моделей нами выбраны различные планы (см. рис. 2): для линейной модели - точки 1-6; для модели второго порядка - точки 1-10. Планы для более высоких порядков здесь не приведены, так как адекватность модели экспериментальным данным соблюдается для модели второго порядка.

Для проведения экспериментов изготавливали образцы кубы 10x10x10 см из различных составов жаростойкого керамзитобетона. Кремнисто-силикат-натриевое композиционное вяжущее нами на основе предварительных исследований принят следующего состава: (кремнистая порода):(силикат–глыба):(водный раствор соапстока) - 75:19:6 в % по массе. Образцы изготавливали вибрированием с последующей термообработкой по режиму: повышение температуры от 20 до 90±5°С - 1 ч, выдержка при 90±5°С - 3 ч, подъем температуры до 190±5°С – 1 ч, выдержка при этой температуре - 2 ч., затем охлаждение до 20°С. План и результаты экспериментов приведены в табл. 4.

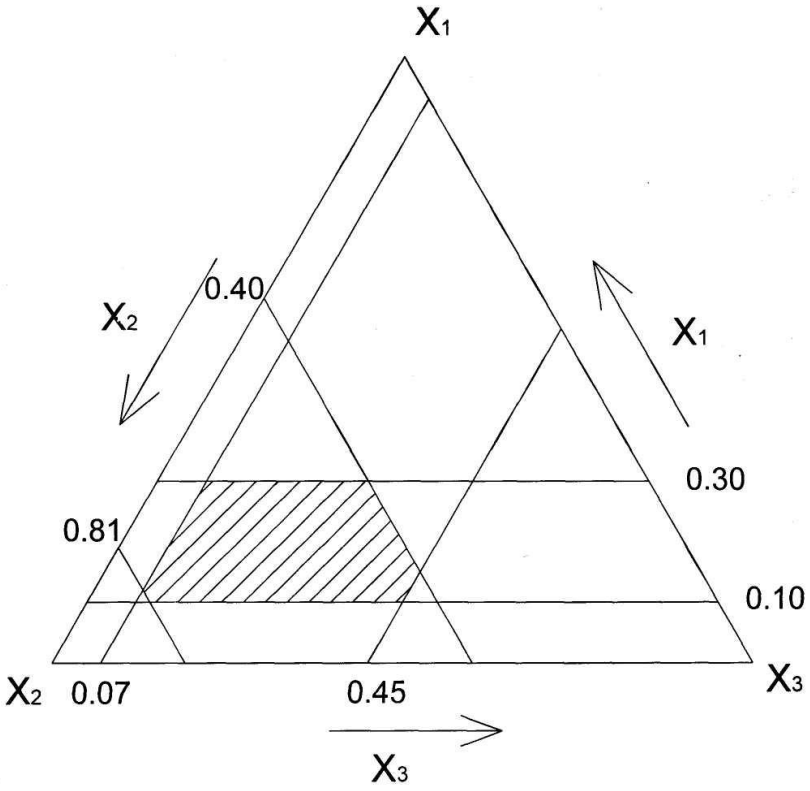


Рис. 1. Исследуемая область

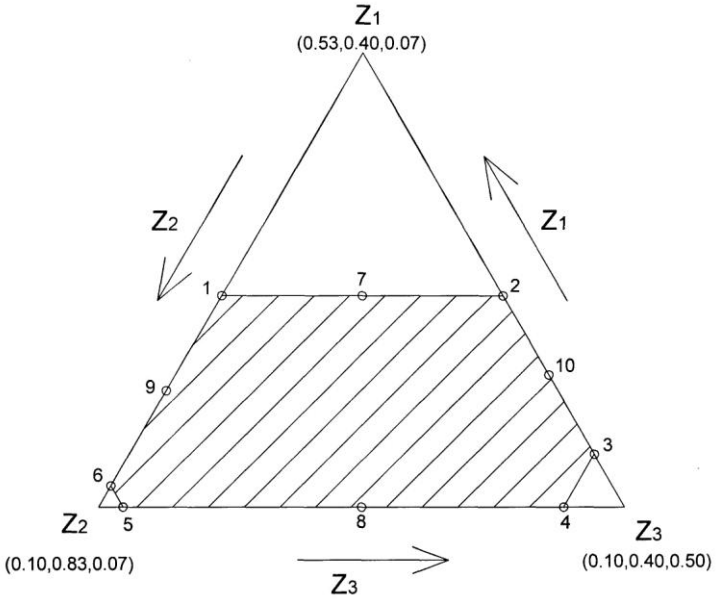


Рис. 2. Схема расположения экспериментальных точек в исследуемой области

Таблица 4.

План и результаты экспериментов

№ п.п.	План эксперимента			Результаты эксперимента	
	X_1, %	X_2, %	X_3, %	Y_1, прочность при сжатии, МПа	Y_2, средняя плотность, г/см^3
1	30	63	7	18,0	1,5
2	30	40	30	4,9	0,7
3	15	40	45	7,0	1,2
4	10	45	45	4,3	1,0
5	10	81	9	3,8	1,6
6	12	81	7	4,3	1,65
7	30	51,5	18,5	11,5	1,1
8	10	63	27	6,5	1,15
9	21	72	7	11,5	1,55
10	22,5	40	37,5	4,6	0,90

Нами составлена программа расчета на ЭВМ коэффициентов уравнений, описывающих свойства жаростойкого керамзитобетона методом наименьших квадратов, а также проверки соответствия (адекватности) полученных уравнений опытным данным. Такая проверка необходима, так как вид зависимости был заранее неизвестен и выбирался по возможности простым. Адекватность проверялась по критерию Фишера.

Первая линейная модель оказалась неадекватной, т.е. сходимость между расчетными и экспериментальными данными недостаточная. При использовании второй нелинейной модели:

$$Y_p = \sum_{1 \le i \le g} \beta_i v_i + \sum_{1 \le i \le j \le g} \beta_{ij} v_i v_j + \ldots,$$

где Y_p - расчетное значение исследуемой функции Y (прочность при сжатии, средняя плотность); β_i β_{ij} - коэффициенты полинома, которые являются линейными комбинациями значений функции Y, наблюденных в соответствующих точках решетки.

по всем показателям получена достаточная сходимость между расчетными и экспериментальными данными, поэтому нами для дальнейших расчетов принята модель второго порядка.

Далее на основе, полученных нами уравнений регрессии второго порядка, построены диаграммы «состав-свойства» для прочности при сжатии $У_1$ (рис. 3) и средней плотности $У_2$ (рис. 4) в шестиугольной области (см. рис. 1, 2). На основе анализа этих графиков нами были выбраны два состава конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона:

– ***состав 1*** со средней плотностью 0,9 г/см^3 и прочностью на сжатие 7,5 МПа (75 кгс/см^2): керамзитовый заполнитель фракции 5-10 мм – 22%; керамзитовый заполнитель фракции 10–20 мм – 53%; кремнисто-силикат-натриевое композиционное вяжущее – 25%.

– ***состав 2*** со средней плотностью 1,1 г/см^3 и прочностью на сжатии 10,0 МПа (100 кгс/см^2): керамзитовый заполнитель фракции 5-10 мм – 26%; керамзитовый заполнитель фракции 10-20 мм – 45% и кремнисто-силикат-натриевое композиционное вяжущее – 29%.

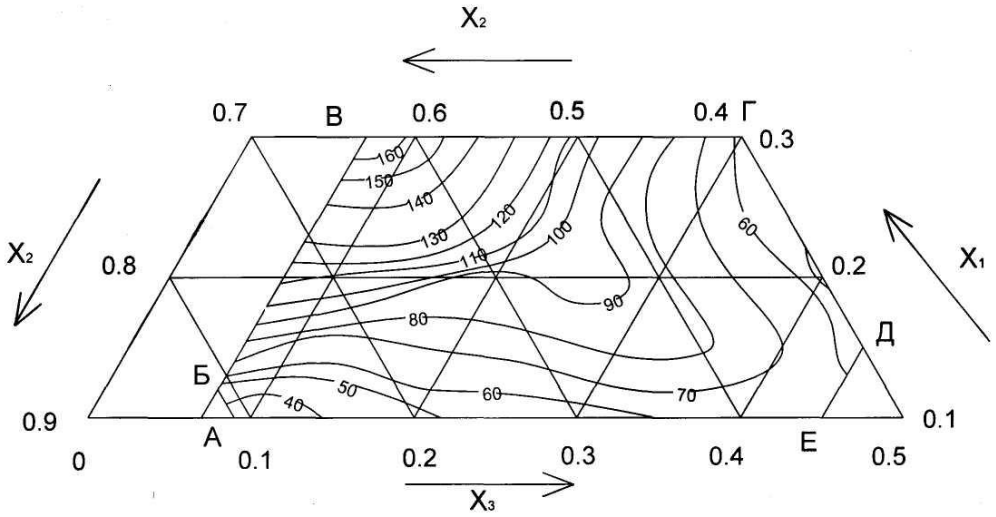


Рис. 3. Изолинии прочности при сжатии после сушки (кгс/см^2) жаростойкого керамзитобетона на силикат-натриевом композиционном вяжущем

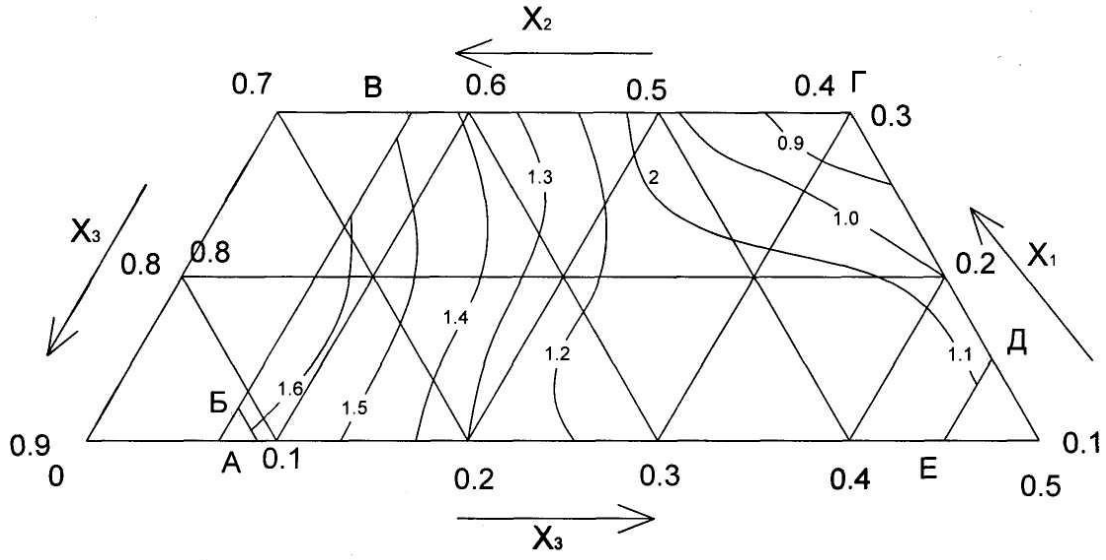


Рис. 4. Изолинии средней плотности (г/см^3) жаростойкого керамзитобетона на силикат-натриевом композиционном вяжущем

В дальнейшем для выбранных нами выше составов жаростойкого керамзитобетона на силикат-натриевом композиционном вяжущем были проведены также высокотемпературные исследования этих составов бетона.

В частности по методике, аналогичной испытанию жаростойкого керамзитобетона на жидком стекле [7], нами была определена прочность на сжатие в нагретом состоянии и температура деформации под нагрузкой исследуемых составов жаростойкого бетона на силикат-натриевом композиционном вяжущем.

Кроме того были определены термостойкости этих составов бетона воздушных теплосмен при 800°С. Анализ результатов определения температуры деформации под нагрузкой показал, что эти составы жаростойкого бетона могут быть использованы в тепловых агрегатах с температурой не менее 900°С. В связи с ограниченностью объема графические зависимости температуры деформации под нагрузкой нами в данной работе не приведены.

Результаты определения термостойкости и прочности на сжатие в нагретом состоянии исследуемого жаростойкого бетона приведены в табл. 5.

Таблица 5.

Термостойкость и прочность на сжатие исследуемого жаростойкого керамзитобетона в нагретом состоянии

Состав бетона	Средняя плотность, кг/м^3	Термостойкость, воздушных теплосмен 800°С	Температура нагревания, °С	Предел прочности при сжатии, МПа	
				в нагретом состоянии	в охлажден. состоянии
Состав 1	900	более 25	400 600 800	7,2 6,7 6,3	7,3 6,5 6,2
Состав 2	1100	более 25	400 600 800	10,1 9,9 8,9	10,0 9,8 8,7
Керамзитобетон на жидком стекле [7]	940	более 25	400 600 800	1,8 1,4 1,7	1,7 1,2 1,8

Таким образом, в результате проведенных исследований нами были выбраны составы жаростойкого керамзитобетона на кремнисто-силикат-натриевом композиционном вяжущем, % по массе:

○ средней плотностью 900 кг/м^3 и прочностью на сжатие после сушки 7,5 МПа – керамзитовый заполнитель фракции 5-10 мм - 22; керамзитовый заполнитель фракции 10-20 мм - 53; кремнисто-силикат-натриевое композиционное вяжущее – 25;

○ средней плотностью 1100 кг/м^3 и прочностью на сжатие 10 МПа – керамзитовый заполнитель фракции 5-10 мм - 26; керамзитовый заполнитель фракции 10-20 мм - 45 и кремнисто-силикат-натриевое композиционное вяжущее - 29.

Опытно-промышленное опробование технологии изготовления разработанного жаростойкого керамзитобетона на кремнисто-силикат-натриевом композиционном вяжущем проведено в условиях действующего опытно-промышленного цеха ЗАО «Опытное научно-производственное предприятие» поселка Новый Тюбе Кумторкалинского района Республики Дагестан.

Библиографический список:

1. Менделев В.Я. Строительство промышленных печей из легких жаростойких бетонов в тресте Союзтеплострой// Монтажные и специальные строительные работы. Реф. сб. ЦБНТИ Минмонтажспецстроя СССР. - М., 1979. - вып.2.- С.5-6.
1. 2. Скобелева Н.В., Авдеева Т.П., Смирнова В.А. Опыт применения жаростойкого бетона в различных отраслях народного хозяйства// Жаростойкие и обычные бетоны при действиях повышенных и высоких температур. - М.: НИИЖБ, 1988. - С.49-53.
2. ГОСТ 20910-90. Бетоны жаростойкие. Технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1991. - 25 с.
3. Инструкция по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. СН 482-76 / Госстрой СССР. - М.: Стройиздат, 1977. - 97 с.
4. Руководство по возведению тепловых агрегатов из жаростойкого бетона. - М.: Стройиздат, 1983. - 65 с.
5. Онацкий СП. Производство керамзита. - М.: Стройиздат, 1987. - 333с.
6. Некрасов К.Д., Масленникова М.Г, Легкие жаростойкие бетоны на пористых заполнителях. - М.: Стройиздат, 1982. - 152 с.
7. Еременко В.В., Масленникова М.Г., Кабанова М.К. Керамзит специального назначения с улучшенными термическими и пиропластическими свойствами// Промышленность керамических стеновых материалов и пористых заполнителей. - Куйбышев: НИИКерамзит, 1972,- вып.3,- С.34-36.
8. Жаростойкие бетоны/ Под ред. К. Д. Некрасова. - М.: Стройиздат, 1974. - 176 с.
9. Тарасова А.П. Жаростойкие вяжущие на жидком стекле и бетоны на их основе. – М.: Стройиздат, 1982. – 133 с.
10. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций. – М.: Стройиздат, 1988. –208 с.
11. Тотурбиев Б.Д., Печеный Б.Г., Мантуров З.А., Тотурбиев А.Б.Теплоизоляционный пенобетон неавтоклавного твердения на бесцементном композиционном вяжущем.- Махачкала: ДНЦ РАН, 2006.- 154 с.
12. Кремнистые породы СССР. Под ред. У. Г. Дистанова. - Казань, Татарское книжное изд-во, 1976. - 412 с.
13. Керимов Г.К. О перспективах выявления месторождений силицитовых пород в Дагестане. Тез.докл. УI конф. по геологии и полезным ископаемым Северного Кавказа, Ессентуки, 1985, с. 309-310.
14. Айлер Р. Химия кремнезема: Пер. с англ.–М.: Мир, 1982. Ч.1.– 416 с., Ч.2.– 712 с.
15. Куколев Г.В., Палагута З.И. Применение поверхностно-активных добавок для уплотнения алюмосиликатных огнеупоров при прессовании. Огнеупоры, №3.- 1965.-С.10-14.
16. Новые идеи в планировании эксперимента/ Под ред. В.В. Налимова.– М.: Наука, 1969.– 334 с.

УДК 699.841

А.Д. Абакаров, Х.Р. Зайнулабидова, Г.М. Абдуразаков

СЕЙСМИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ СО СКАЧКАМИ ЖЕСТКОСТИ В ПРОЦЕССЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

A.D. Abakarov, H.R. Zaynulabidova, G.M. Abdurazakov

ELASTIC-PLASTIC SEISMIC RESPONSE OF SYSTEM WITH RIGIDITY JUMPS IN THE PROGRESS OF SEISMIC OSCILLATIONS

Рассмотрены системы сейсмозащиты зданий с пластическими элементами в комбинации с хрупковыключающимися связями и (или) ограничителями перемещений. Доны уравнения их движения при сейсмическом воздействии представленном в виде нестационарного случайного процесса. Исследовано влияние параметров пластических элементов на перемещения и ускорения колебания рассматриваемых систем и определены их рациональные уровни.
Ключевые слова: *Сейсмозащита, пластические элементы, выключающиеся связи, упругопластическая работа, максимальные перремещения, абсолютные ускорения, рациональные параметры.*

We consider a system of seismic protection of buildings with plastic elements in combination with fragile disengaging brace and (or) displacement limiters. The equations of their motions in the form of non-stationary random process are given for seismic effects. The plastic components parameters influence on displacement and acceleration variations of these systems are investigated; their rational levels are also defined.
Key words: Seismic protection, plastic elements, disengaging brace, elastic-plastic work, the maximum displacement, absolute acceleration, rational parameters.

С целью предотвращения глобального обрушения сооружений с риском для жизни людей, свод правил [1] предусматривает расчеты их проводит на максимальное расчетное землетрясение (МРЗ) формированием расчетных моделей с учетом возможности развития в несущих и ненесущих элементах конструкций неупругих деформаций и локальных хрупких разрушений.

Исследованию неупругой стадии работы конструкций посвящено большое число работ, в результате которых установлено, что к вопросу развития неупругих деформаций в конструкциях следует подойти дифференцированно. Существенные повреждения таких конструкций как, например, колонн стоек, могут привести к потере их прочности, что представляет опасность для обрушения здания в целом. Считается целесообразным проектировать неупруго деформируемыми при сейсмических воздействиях менее ответственные конструкции такие, как ригели, диафрагмы или связи жесткости. Особо эффективными при сейсмическом воздействии оказываются дополнительно вводимые в связи жесткости или диафрагмы металлические конструктивные звенья - пластические элементы, обладающие высокой энергопоглащающей способностью. Конструктивные решения, а также экспериментальные и теоретические исследования рамных систем со связями, имеющими зоны развития пластических деформаций, приведены в работах [1,2].

В принципе, пластические элементы, вводимые в систему для повышения энергопоглощающей способности, также, как и хрупковыключающиеся элементы и

ограничители перемещений, является элементами сейсмозащиты. На рис.1 приведены варианты включения элементов сейсмозащиты в конструктивную систему сооружения и соответствующие им диаграммы деформирования при сейсмических воздействиях. Расчетная динамическая модель системы будет зависеть от варианта сейсмозащиты. Раму только с пластическими резервными элементами будем моделировать упругопластическим осциллятором. А раму с пластическими элементами, выключающими связями или (и) упругими ограничителями перемещений- нестационарным упругопластическим осциллятором. Обозначим через C_1 жесткость упругой рамы без элементов сейсмозащиты. Жесткость рамы с выключающимися связями в начальном состоянии обозначим через $C_{н,}$ а жесткость рамы в состоянии упора об ограничитель перемещений- C_2. Кроме этих на диаграммах деформирования, показанных на рис 1, приняты следующие обозначения: $У_р$- предельный уровень перемещений системы, соответствующий выключению связей, $У_т$ – перемещение, при котором пластические элементы переходят с стадию текучести; Δ- зазор до ограничителей перемещений. Коэффициент потери жесткости рамы при переходе из упругой стадии в пластическую $\varphi = C_1/C_0 \le 1$. В случае $\varphi = 1$ рама сохраняет упругую стадию работы. Перемещение $У_т$ выразим в долях максимального перемещения упругой рамы с жесткостью Со, $У_т = \gamma y_y^{max}$, где γ – коэффициент, принимаемый пределах $0<\gamma<1$, а $у_y^{max}$ - максимальное перемещение системы в состоянии упругой работы пластических элементов. Варьируя коэффициентами γ и φ можно исследовать разные случаи, характерные для систем с билинейной упругопластической диаграммой деформирования.

За основу для составления алгоритма численного расчета примем диаграмму «у-R», соответствующую упругопластической системе с хрупковыключающимися в начале.

Связями, пластическими элементами и упругими ограничителями перемещений, установленных с зазором Δ (см.рис.1.в). Варьируя вышеуказанными параметрами данной диаграммы можно перейти к диаграммам с разными вариантами сейсмозащиты.

Например, при $\Delta \approx \infty$ получим диаграмму, соответствующую для рамы с выключающимися связями и пластическими элементами. Если принять $у_р=0$ и $\Delta \approx \infty$, то получим билинейную упругопластическую диаграмму. А если $у_р=0$, $y_y^{max} <\Delta< у_{y-n}^{max}$, то получим диаграмму, описывающую колебания упругопластической системы с упором об ограничители перемещений. Здесь $у_{y-n}^{max}$ - максимальное перемещение упругопластической системы в уровне верха стоек. Кроме того, принимая $\varphi=1$ можно будет исследовать варианты сейсмозащиты системы без пластических элементов.

Для составления уравнений движения разобьем диаграмму приведенную на рис.1.е. на отдельные участки и составим дифференциальное уравнение колебания системы в состоянии работы на каждом участке .

Участок $0\text{-}0^1$ диаграммы соответствует стадии работы до выключения связей. Система в этом состоянии работает упруго, так как $У_р < Ут$. Дифференциальное уравнение колебаний системы запишем в виде

$$\ddot{y}_0 + \frac{2\pi}{T_н}\alpha\dot{y}_0 + \left(\frac{2\pi}{T_Н}\right)^2 y_0 = -\ddot{y}_{гр}(t). \qquad (1)$$

Здесь и дальше через $\ddot{y}_i, \dot{y}_i, y_i (i = 0,I,2,...)$ обозначены ускорение, скорость и перемещение системы в рассматриваемых участках. Период Тн соответствует периоду собственных колебаний начальной системы с выключающимися элементами. Через α обозначен коэффициент затухания системы.

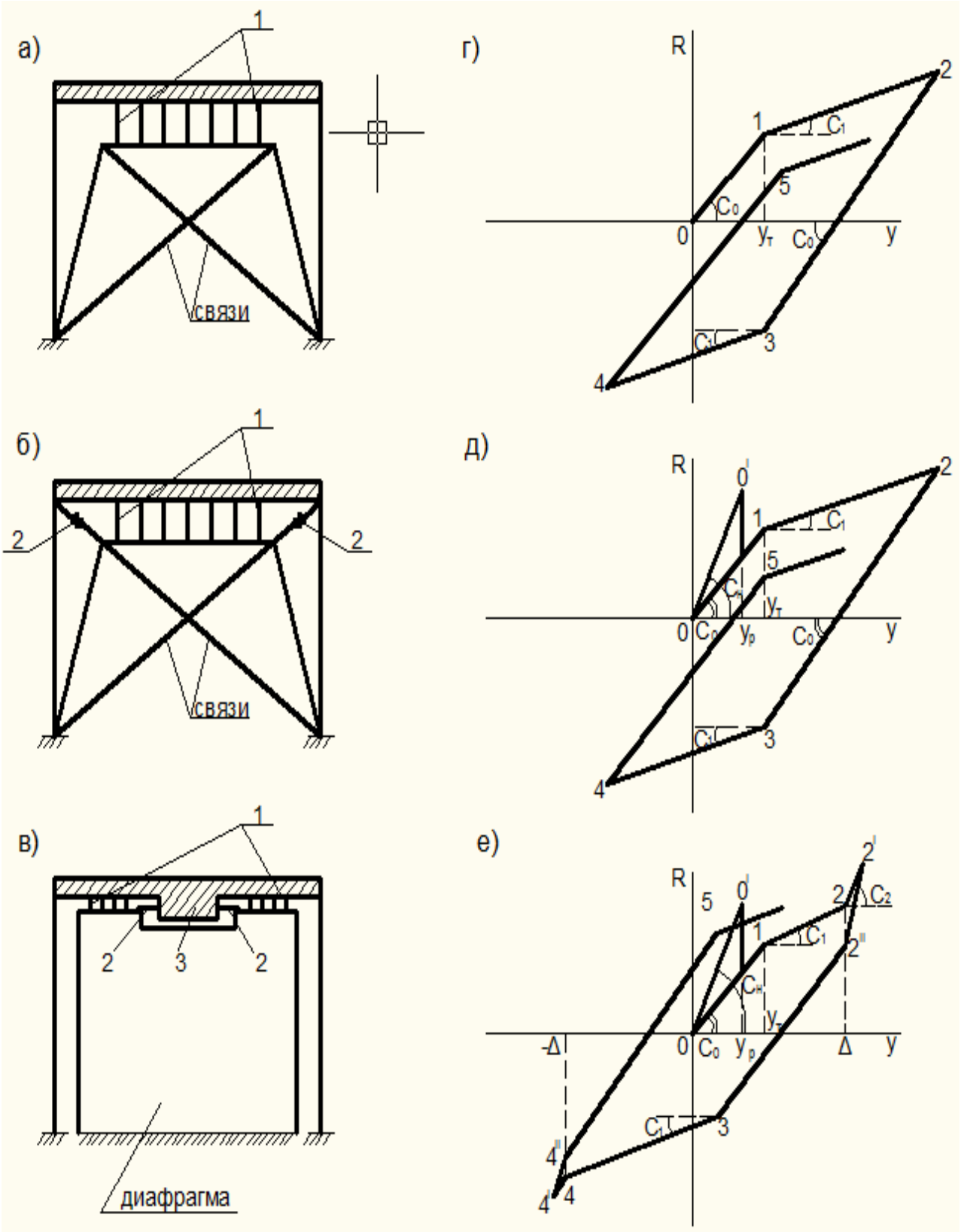


Рис.1. Конструктивные схемы и диаграммы «Перемещение-реакция» рамных систем: а-рама с пластическими элементами (1); б-рама с пластическими элементами (1) и

выключающимися связями (2), в-рама с пластическими элементами (1), выключающимися элементами (2) и ограничителем перемещений (3); г, д, е-диаграммы «Y-R» для рам а, б, в, соответственно.

В момент времени tp, когда перемещение |У0| достигает предельного уровня Ур, связи хрупко выключаются, падает жесткость и система переходит на участок 0-1 диаграммы, сохраняя при этом соответствующие начальные условия.

Уравнение колебаний системы на участке 0-1 имеет вид

$$\ddot{y}_1 + \frac{2\pi}{T}\alpha\dot{y}_1 + \left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2 y_1 = -\ddot{y}_{гр}(t), \qquad (2)$$

где Т- период собственных колебаний рамы в состоянии упругой работы пластических элементов $\mathrm{T} = 2\pi/\omega, \omega = \sqrt{C_0/m}$.

Как только в момент t_1 перемещение y_1 достигнет y_y^{max}, система приобретает новую жесткость, т.е. переходит на участок 1-2.

Это состояние системы описываем дифференциальным уравнением

$$\ddot{y}_2 + \frac{2\pi}{\mathrm{T}}\sqrt{\varphi}\alpha\dot{y}_2 + \left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2 \gamma\ y_{1,y}{}^{max} + \left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2 \varphi\left[y_2 - y_1(t_1)\right] = -\ddot{y}_{гр}(t); t \geq \mathrm{t}_1. \qquad (3)$$

Из участка 1-2 система может перейти на участок $2\text{-}2^1$ если выполнится условие $y_2>\Delta$, или на участок 2-3 (см.рис.1,д), т.е. в стадию разгрузки, если $У_2 \leq \Delta$ и изменится знак скорости колебания, $\dot{y}_{2,t}/\dot{y}_{2,t+1}\langle 0$. В случае обнаружения изменения знака скорости в интервале времени (t+1)-t,в программе расчета делается возврат ко времени t и дробление шага по методу хорд пока разность между новым шагом и предыдущим не будет равна заданной малой величине.

В стадии разгрузки уравнение движения системы принимает вид

$$\ddot{y}_3 + \frac{2\pi}{\mathrm{T}} \quad \alpha \quad \dot{y}_3 + \left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2 \left\{y_3 - y_2(t_2) + \gamma y_{1,y}^{max} + \varphi\left[y_2(t_2) - y_1(t_1)\right]\right\} = \ddot{y}_{гр}(t); t \geq \mathrm{t}_2,$$

(4)

где t_2- момент времени изменения знака скорости системы.

При переходе на участок $2\text{-}2^1$ система приобретает новую жесткость, и уравнение движения принимает вид

$$\ddot{y}_{2^1} + \frac{2\pi}{\mathrm{T}}\sqrt{\Theta}\ \gamma\ \ \dot{y}_{2^1} + \left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2 \left\{\gamma y_{1,y}^{max} + \varphi\left[\Delta - y_1(t_1)\right] + \Theta\left[y_{2^1} - \Delta\right]\right\} = -\ddot{y}_{гр}(t). \qquad (5)$$

Здесь $\Theta = C_2/C_0$, где C_2 – жесткость системы в состоянии упора об ограничитель перемещений на рассматриваемом участке, $C_2=C_1+Cог$, где Сог.

жесткость ограничителя перемещений.

Из участка $2\text{-}2^1$ в момент времени $t_2{}^1>t_2$, соответствующий изменению знака скорости $\dot{y}_2{}^1$,система переходит в стадию разгрузки (участок $2^{I}\text{-}2^{II}$), описываемую дифференциальным уравнением колебаний.

$$\ddot{y}_2^{11} + \frac{2\pi}{\mathrm{T}}\sqrt{\Theta + (1-\varphi)}\alpha\dot{y}_2^{11} + \left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2 \left\{\gamma y_{1,y}^{max} + \varphi\left[\Delta - y_1(t_1)\right] + \left[\Theta + (1-\varphi)\right]\left[y_{2^{11}} - y_{2^1}(t_{2^1})\right] + \right. \qquad (6)$$
$$\left. + \Theta\left[y_{2^1}(t_{2^1}) - \Delta\right]\right\} = -\ddot{y}_{гр}(t); t \geq t_{2^1}.$$

Как только перемещение $У_2{}^{11}$ становится равным Δ система, осуществляет переход на участок разгрузки 2^{11}-3

$$\ddot{y}_3 + \frac{2\pi}{\mathrm{T}}\dot{y}_3 + \left(\frac{2\pi}{\mathrm{T}}\right)^2 \left\{y_3 - \Delta + \gamma y_{1,y}^{max} + \varphi\left[\Delta - y_1(t_1)\right] - \left[y_{2^1}(t_{2^1}) - \Delta\right](1-\varphi)\right\} = -\ddot{y}_{гр}(t). \qquad (7)$$

Переход системы в состояние обратного «упрочнения» (участок 3-4) осуществится, как только перемещение $У_3$ достигнет значения

$$y_3 = \Delta - 2\gamma y_{1,y}^{max} - \varphi\left(\Delta - \gamma y_{1,y}^{max}\right) + \left[y_{2^1}\left(t_{2^1}\right) - \Delta\right](1-\varphi). \quad (8)$$

В случае разгрузки без упора об ограничитель помещений $\left(y_2 \le \Delta\right)$, переход на участок 3-4 происходит при выполнении условия

$$y_3 = y_2(t_2) - 2\gamma y_{1,\gamma}^{max} - \varphi\left[y_2(t_2) - \gamma y_{1,y}^{max}\right]. \quad (9)$$

Обозначим момент времени выполнения условия (8) или (9) через t_3.

Уравнение движения системы при условном «упрочении» в направлении 3-4 имеет вид

$$\ddot{y}_4 + \frac{2\pi}{T}\sqrt{\varphi}\alpha\dot{y}_4 + \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2\left\{-\gamma y_{1,y}^{max} + \varphi\left[y_4 - y_3(t_3)\right]\right\} = -\ddot{y}_{гр}(t); t \ge t_3. \quad (10)$$

Если при этом перемещение системы не превысит зазора до ограничителя $|y_4| \le \Delta$ и скорость изменит знак $\dot{y}_{4,t} / \dot{y}_{4,t+1} \angle o$, то с момента t_4 изменения знака скорости, начинается второе нагружение 4-5 (второй цикл), где уравнение движения принимает вид

$$\ddot{y}_5 + \frac{2\pi}{T}\alpha\dot{y}_5 + \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2\left\{y_5 - y_4(t_4) - \gamma y_{1,y}^{max} + \varphi\left[y_4(t_4) - y_3(t_3)\right]\right\} = -\ddot{y}_{гр}(t); t \ge t_4. \quad (11)$$

В момент времени $t=t_5$, когда перемещение $У_5$ достигает значения

$$y_5 = y_4(t_4) + 2\gamma y_{1,y}^{max} - \varphi\left[y_4(t_4) - y_3(t_3)\right], \quad (12)$$

уравнение (11) преобразуется в уравнение (3).

Если на участке 3-4 рассматриваемой диаграммы перемещение $У_4$ превысит зазор до ограничителя, $|y_4| > \Delta$, то система переходит на участок $4\text{-}4^1$, описываемый уравнением движения

$$\ddot{y}_{4^1} + \frac{2\pi}{T}\sqrt{\Theta}\alpha\dot{y}_{4^1} + \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2\left\{-\gamma y_{1,y}^{max} + \varphi\left(-\Delta - y_3(t_3) + \Theta\left(y_{4^1} + \Delta\right)\right)\right\} = -\ddot{y}_{гр}(t). \quad (13)$$

При этом в стадию разгрузки система перейдет в момент времени t_4, соответствующий изменению знака скорости $\dot{y}_4{}^1$.

Уравнение движения системы на участке $4^I\text{-}4^{II}$ получим в виде

$$\ddot{y}_{4^{II}} + \frac{2\pi}{T}\sqrt{\Theta + (1+\varphi)}\alpha\dot{y}_{4^{11}} + \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 *$$

$$* \left\{-\gamma y_{1,y}^{max} + \varphi\left[-\Delta - y_3(t_3)\right] + \left[\Theta + (1-\varphi)\right]\left[y_{4^{11}} - y_{4^1}\left(t_{4^1}\right) + \Delta\right]\right\} = -\ddot{y}_{гр}(t); t \ge t_{4^1}. \quad (14)$$

Как только перемещение $У_4{}^{II}$ станет равным $-\Delta$, система перейдет на следующий участок разгрузки $4^{II}\text{-}5$, дифференциальное уравнение движения для которого имеет вид

$$\ddot{y}_5 + \frac{2\pi}{T}\alpha\dot{y}_5 + \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2\left\{y_5 + \Delta - \gamma y_{1,y}^{max} + \varphi\left[-\Delta - y_3(t_3)\right] - (1-\varphi)\left[y_{4^1}\left(t_{4^1}\right) + \Delta\right]\right\} = -\ddot{y}_{гр}(t). \quad (15)$$

Здесь также, как и в случае колебания системы без упора об ограничитель перемещений, в момент $t=t_5$, когда перемещение $У_5$ достигнет значения $y_5 = -\Delta + 2\gamma y_{1,y}^{max} - \varphi\left[-\Delta - y_3(t_3)\right] + (1-\varphi)\left[y_{4^1}\left(t_{4^1}\right) + \Delta\right]$, уравнение (15) преобразуется в уравнение (3).

Если иметь в виду, что коэффициент потери жесткости в каждом из циклов колебаний не меняется, то закономерности деформирования системы после момента $t=t_5$ будут такими же, как и при $t_I \le t \le t_5$. При этом перемещение $У_5$ преобразуется в $У_2$, а $У_2$, в

свою очередь, в $У_3$ или в $У_2^1$, и.т.д. Таким образом, каждый цикл колебаний системы будет происходить по закону движения, заданному уравнениями (3) - (7), (10), (11) (13) – (15) и соответствующими условиями переходов из одного участка движения в другой. Данный процесс продолжится до конца сейсмического воздействия, заданного функцией $\ddot{y}_{гр}(t)$.

В программе расчета, разработанной по приведенному алгоритму, предусмотрено интегрирование дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутта 4-го порядка и выдача на печать максимального абсолютного ускорения W_y^{max} и максимального перемещения y_y^{max} упругой системы с периодом собственных колебаний T, а также максимального абсолютного ускорения W_{y-n}^{max}, максимального перемещения $у_{y-n}^{max}$ и остаточной деформации $У_{ост}$ упругопластической системы без элементов сейсмозащиты и с элементами сейсмозащиты при различных значениях коэффициентов γ и φ. Кроме того на печать выдаются отношения $W_{y-n}^{max} / W_y^{max}$, $у_{y-n}^{max} / у_y^{max}$, число циклов колебаний, число упора системы об ограничители перемещений, момент времени выключения хрупких элементов t_p и момент времени реализации максимального ускорения системы.

Результаты расчета оформлены в виде графиков при значениях

γ = 0,25; 0,5; 1,0, φ = 0; 0,25; 0,5; 075; 1,0 Максимальное значение ускорений колебания грунтов принято ровным 400 см/с^2, а продолжительность воздействия – t= 20 сек. Период собственных колебаний системы в упругом состоянии принят изменяющимся в интервале от 0,3с. до 2,1с.

Эффект сейсмозащиты оценивается путем сравнения максимальных параметров сейсмической реакции системы с элементами сейсмозащиты и без них. Выбор рациональных параметров системы проведен по условию минимума максимальных абсолютных ускорений системы при ограничении максимальных перемещений.

Анализ результатов расчета упругопластических систем на сейсмические воздействия с преобладающими периодами T_j, охватывающими интервал от 0,1 с. до 2,1 с., показывает, что они, как и упругие системы, при периодах собственных колебаний T, равных или близких к периодам T_j, совершают резонансные колебания. Резонансные эффекты колебаний упругопластических систем снижаются с уменьшением значения коэффициента φ, особенно при $\varphi \leq 0{,}5$. Это можно заметить в спектрах абсолютных ускорений W^{max}, приведенных для примера на рис. 2, а и построенных для случая T_j = 0,7с. В гибких системах с периодами $T \geq 1{,}1$ с. со снижением коэффициента падения жесткости φ резонансные пики ускорений более резко снижаются чем в жестких, а при $\varphi \leq 0{,}25$ они почти сглаживаются.

Если период T системы существенно отличается от T_j, т.е. $T/T_j \geq 5$и $T/T_j \leq 0{,}5$, то роль элементов пластичности в снижении ускорений оказывается малозначительной по сравнению с эффектом падения ускорений из-за отдаленности периода собственных колебаний системы от преобладающего периода входного воздействия. При этом снижается и число циклов упругопластических колебаний систем. Например, если при γ = 0,25 и φ = 0,5 система с периодом T= 0,3с. при резонансных колебаниях совершает 16 циклов колебаний, то при воздействии с периодом Tj = 1,7с. число циклов колебаний снижается до 7.

Число циклов упругопластических колебаний жестких систем всегда больше чем гибких и возрастет как при резонансных колебаниях, так и с увеличением коэффициента φ. В гибких системах с периодами $T \geq 1{,}3$с. спектральный состав воздействий слабо влияет на число циклов пластических деформаций. В интервале $0 \leq \varphi \leq 0{,}75$ оно не превышает 4-8. Увеличение продолжительности воздействия от 20 с до 30 с приводит увеличению числа пластических циклов в жестких системах 1,5 - 2 раза, а в гибких на 1-2

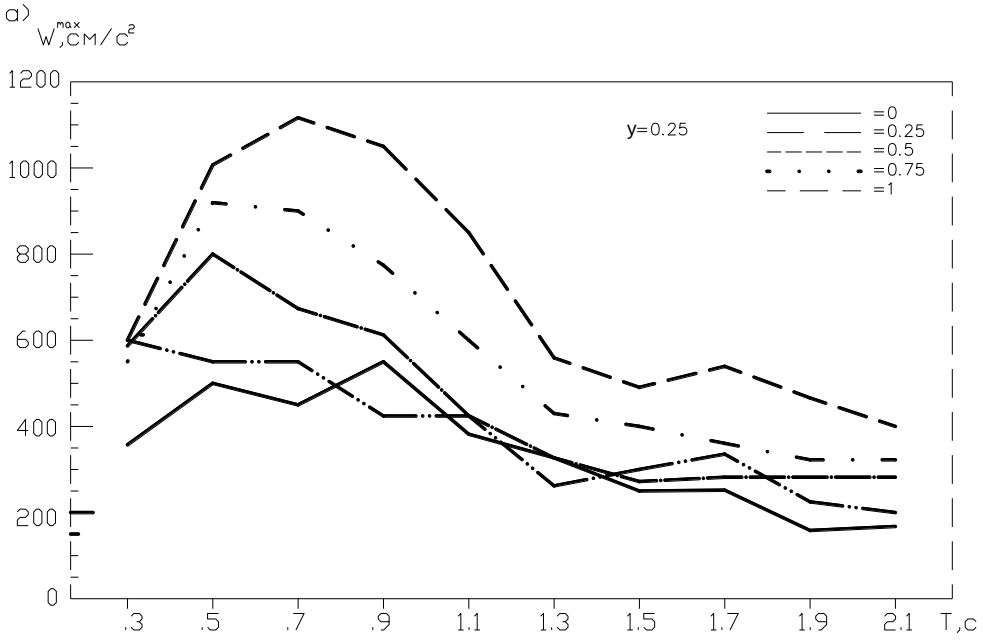
цикла. Это говорит об импульсном характере сейсмического воздействия на гибкие сооружения.

Одним из критериев эффективности применения пластических элементов в сооружениях является отношение максимального абсолютного ускорения упругопластической системы Wy^{max} - п к той же величине упругой системы W_y^{max}. Характерные графики этих отношений для $\gamma = 0{,}25$ в случае сейсмического воздействия с преобладающим периодом $T_j = 0.7$ с. приведен на рис 2,б. Анализ этих и других аналогичных графиков, полученных при различных T_j показывает, что эффективность пластических элементов, возрастает при резонансных или близких к резонансным колебаниях сооружения. Это больше всего связано с долей входных ускорений в абсолютных ускорениях колебаний систем. При резонансных колебаниях преобладают относительные ускорения систем, а при частоте собственных колебаний, отдаленной от преобладающей частоты воздействия – входное ускорение. Анализ влияния коэффициента φ на отношение W_y^{max} - п / W_y^{max} при резонансных колебаний показывает, что оно может быть принято равным 0,5; 0,6 и 0,8 при $\varphi = 0{,}25$; 0,5; и 0,75, соответственно.

Увеличение коэффициента γ приводит к возрастанию отношения W_y^{max}- п / W_y^{max} и к снижению циклов упругопластических колебаний систем. Приблизительно они могут быть приняты равными 0,65 при $\varphi \leq 0{,}25$, 0,7 при $\varphi = 0{,}5$ и 0,85 при $\varphi = 0{,}75$. Значит, увеличение γ приводит к снижению коэффициента пластичности системы. Отсюда следует, что применение пластических элементов с целью снижения максимальных ускорений в случае $\gamma = 0{,}5$ рационально при коэффициенте $\varphi \leq 0{,}5$.

При решении оптимизационных задач в области сейсмостойкости перемещения зданий и сооружений ограничивают в определенных пределах, связанных с максимально допустимыми перемещениями основных несущих конструкций с учетом действующих вертикальных нагрузок. Поэтому, если конструктивные меры принимаемые для снижения сейсмических инерционных сил приводят к недопустимому увеличению перемещений системы, то они не оправдывают себя. На рис. 3,а приведены характерные спектры максимальных перемещений $У_y$- $п^{max}$ билинейной упругопластической системы. Анализ этих спектров и других подобных, полученных при T_j, меняющемся в интервале от 0,1 с. до 2,1 с., показал, что при $\gamma \leq 0{,}25$ в упругопластических системах возможны большие односторонние сноси перемещений из за накопления пластических деформаций. При высокочастотных воздействиях снос перемещений преобладает в гибких системах, при низкочастотных – в относительно жестких.

На рис. 3,б показаны графики отношений $У_y^{max}$- п / $У_y^{max,}$ построенные по системы с периодом Т = 0,7с.



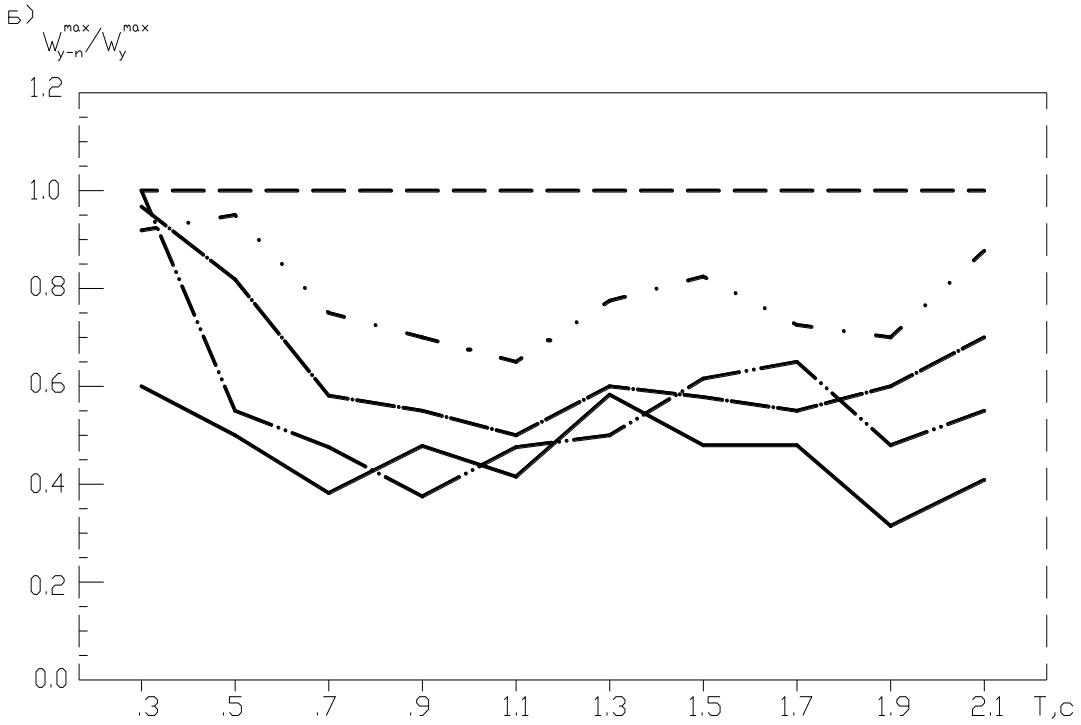
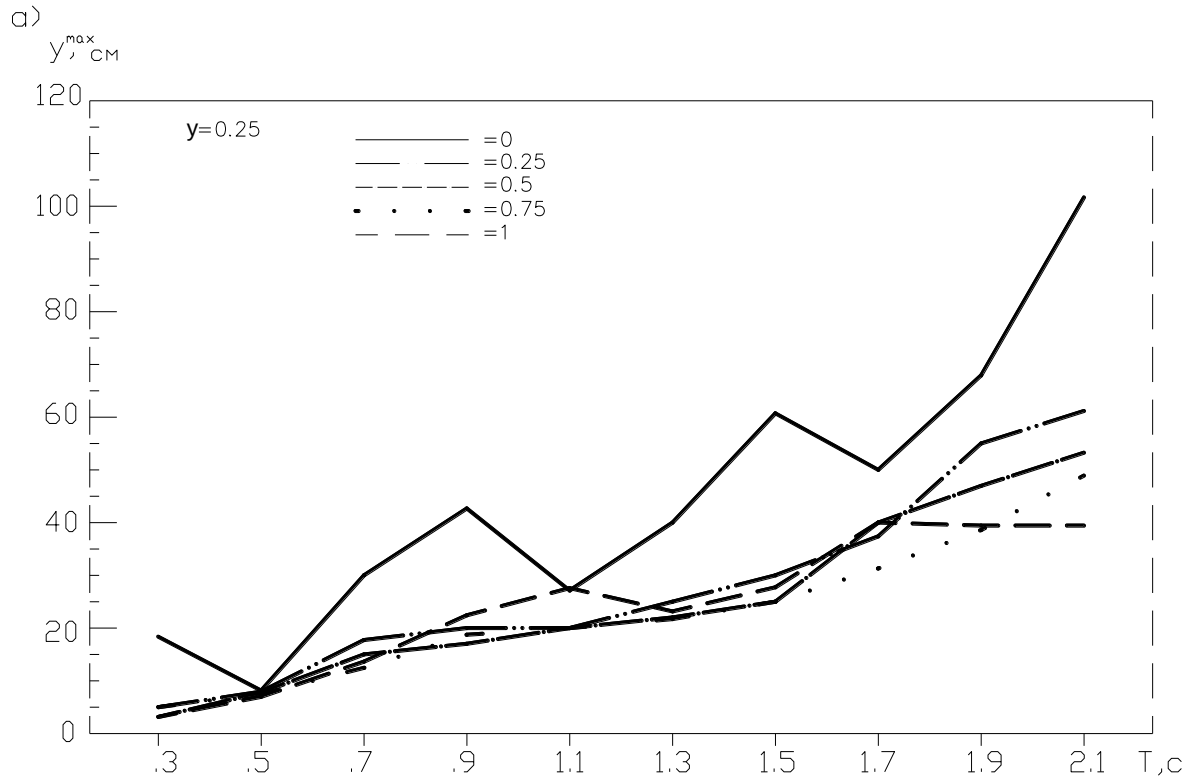


Рис.2 Спектры максимальных абсолютных ускорений (а) и графики $W_{y-n}^{max} / W_y^{max}$,(б) для системы с пластическими элементами при $T_j = 0.7$ с.



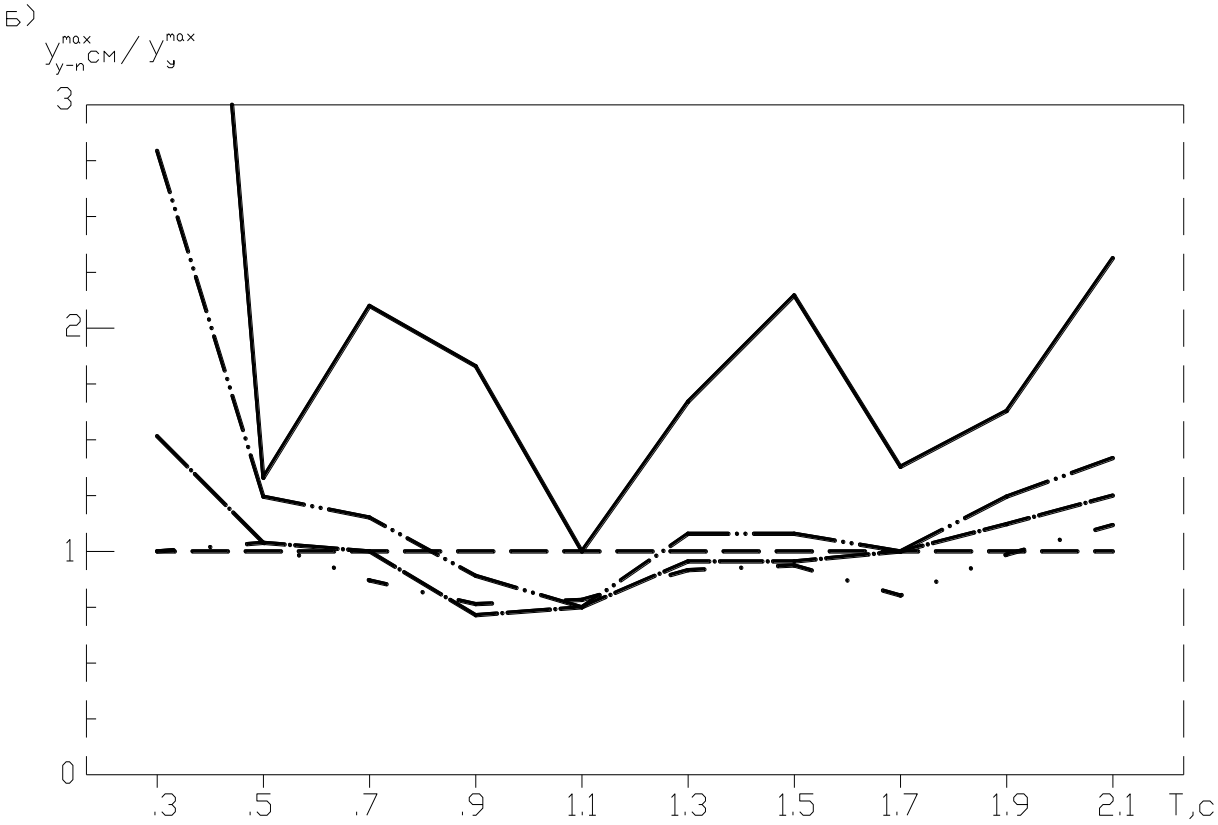


Рис 3. Спектры максимальных перемещений (а) и графики $у^{max}_{y-n}$ / $у^{max}_{y}$, (б) для систем с пластическими элементами при $T_j = 0.7$ с.

В них можно заметить, что при $\varphi \geq 0{,}5$ перемещения упругопластических систем с параметром $\gamma = 0{,}25$ приблизительно равны перемещениями упругих систем. Максимальное отклонение перемещения в большую или меньшую сторону не превышает 1,5 $У_y^{max.}$ При резонансных колебаниях величины отношения $У_y^{max}$- п / $У_y^{max}$ снижаются с увеличением гибкости систем. В случае $\varphi \geq 0{,}5$ они становятся равными или меньшими единицы, т.е. максимальные упругопластические перемещения не превышают максимальных перемещений упругих систем.

Немаловажное значение в оценке несущей способности конструкций и решении вопроса об усилении имеют величины их остаточных перемещений. Остаточные деформации возрастают с увеличением гибкости системы и преобладающего периода сейсмического воздействия. Это подтверждает импульсный характер сейсмических воздействий на гибкие системы. При резонансных воздействиях остаточные перемещения гибких сооружений резко снижаются.

Из данных исследований следует, что рациональным для упругопластической системы с параметрами $0{,}25 \leq \gamma \leq 0{,}5$ и $0{,}25 \leq \varphi \leq 0{,}5$ является интервал периодов $T \leq 0{,}9$ с. Здесь, как максимальные перемещения, так и остаточные при 9-ти балльных воздействиях могут быть в допустимых пределах.

Из результатов исследований следует следующие основные выводы:

- рациональными для рамной системы с пластическими резервными элементами являются значения параметров γ, φ и T, заключенные в интервалах: $0{,}25 \le \gamma \le 0{,}5$; $\varphi = 0{,}75 - \gamma$; $0{,}2с. \le T \le 0{,}9с$. При этих параметрах в рассматриваемом диапазоне изменения преобладающего периода сейсмического воздействия максимальное абсолютное ускорение системы снижается в 1,7 раз, максимальное перемещение упругопластической системы не превышает максимального перемещения подобной упругой системы, а остаточные перемещения остаются низкими.

- введение в рамную систему с пластическими элементами хрупко хрупковыключающихся связей жесткости, при периодах $T_j \le 0{,}9с.$, приводит к существенному повышению эффективности системы сейсмозащиты из за не выключения этих связей при воздействиях с преобладающими длинными периодами, опасных для гибких систем, и исключения упругопластических резонансных колебаний в следствие их выключения при воздействиях с преобладающими короткими периодами. Максимальное абсолютное ускорение системы с пластическими элементами при этом снижается не менее 2,5 раза, а остаточные перемещения, при периоде собственных колебаний конечной системы $T_{кс} \le 1{,}1с.$, не превышают 2-х см;

- колебание рамной системы с упорами об упругие ограничители перемещений вызывает «всплеск» инерционных сил тем больший, чем больше жесткость ограничителя и гибкость рамы. В результате этого эффект снижения максимального ускорения с пластическими элементами и (или) хрупковыключающимися связями сводится на нет. Поэтому ограничители перемещений могут быть введены в системы сейсмозащиты только в виде элементов ограничивающих предельных упругопластических перемещений стоек рамы. В этом случае включение их в работу остановится событием редким.

Библиографический список

1. Свод правил СП 14.13330.2011. Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СН и П II-7 – 81*.- М.: ОАО ЦПП, 2011.- 81с.

2. Бородин Л.А. О расчете упругопластических систем при сейсмическом воздействии // Строительная механика и расчет сооружений.- 1982.-№1-С.68-72.

3. Хачиян Э.Е., Амбарцумян В.А. Динамические модели сооружений в теории сейсмостойкости- М.: Наука, 1981-204с.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 577.35

З.Г. Сулейманова, Э.Ш. Исмаилов

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ АКТИВАЦИИ ДРОЖЖЕЙ

Z.G.Suleymanova, E.Sh. Ismailov

BIOLOGICAL METHODS ACTIVATION YEAST

В статье рассмотрены разработанные авторами способы активации дрожжевых микроорганизмов действием микроволн, биоактиватором экстракта культуры дрожжей (ЭКД) и penta-водой. Эффективность действия используемого фактора определяли по интенсивности брожения и морфологическим показателям клеток. Выявлено активирующее действие использованных способов воздействия.

Ключевые слова: *дрожжевые микроорганизмы, активация, микроволны, ЭКД, penta-вода.*

In this article the authors review methods of activation action of yeast organisms microwaves, bioactivators extract of yeast culture (EKD) and penta-water. The effectiveness of the use factor determined by the intensity of fermentation and morphological indices of cells. Revealed the activating effect of the used methods of influence.

Keywords*: yeast organisms, of activation action, microwaves, EKD, penta-water.*

Введение

Использование биологических объектов для получения пищевых и других продуктов высокого качества является одной из ключевых проблем биотехнологии. При этом современные биотехнологии все шире и глубже применяются не только в пищевом производстве, но и в медицине, сельском хозяйстве и других отраслях для получения необходимых продуктов, а также в энергетике и ряде других направлений. Как правило, в соответствующих производствах ведущим началом выступает сам биологический объект, его участие в соответствующих технологических процессах.

По своим электрическим и магнитным свойствам биологические системы и объекты, живые клетки существенно отличаются от обычной электролитической среды. Внутри- и внеклеточное содержимое во многом представляет собой водный раствор, содержащий органические и минеральные ионы. Молекулярные компоненты биосистем, участвующие в соответствующих биохимических и биофизических реакциях и процессах, образуют надмолекулярные системы, обладающие многими важными функциональными и другими свойствами. К таким системам относятся, например, биомембраны и примембранные слои [1,3].

Весьма примечательно, что в стабилизации структуры и нормальном функционировании биологических мембран, как и всего живого объекта, активную роль играет вода. Она не только выступает в качестве универсального растворителя, внутренней среды биосистем, но и определяет работу ферментативных систем, сама участвует во многих реакциях. Исследователями отечественных и зарубежных ученых и специалистов убедительно показано, что такая уникальная роль воды заложена в ее

природе, в строении молекул H_2O и молекулярной организации воды как химического соединения.

Многолетними исследованиями было установлено, что с помощью мембрано-активных излучений-микроволн МИ и лазерного излучения ЛИ можно активизировать функции полезных микроорганизмов и повысить их продуктивность [2,5,6,7].

В этом плане в прошедшем столетии были предложены различные модели структурной организации жидкой воды и льда и показано, что на нее существенное влияние оказывают растворённые вещества, органические и минеральные ионы. Оказалось, что в зависимости от природы и состава растворённых веществ, условий получения и внешних воздействий вода способна проявлять различную биологическую и иную активность. Поэтому многие исследователи все более активно изучают уникальные свойства воды и стараются разработать эффективные способы получения H_2O, обладающей благоприятным биологическим и даже целебным действием. Одним из наиболее перспективных направлений здесь является, очевидно, исследование орто-пара спин-изомеров H_2O в воде, ее применение в технологиях и определение роли этих изомеров H_2O в живой природе. Так, было выявлено, что обогащение воды орто-изомерами позволяет выращивать кристалл из водного раствора белка лизоцима другой морфологии, а также повышает растворяющую способность воды, например, в отношении почечного камня оксалата кальция [8,9].

Хорошо известно, что для человека, растений и животных и многих микроорганизмов жизненно – важную роль играет качество и состав пищи. В современных условиях возникла и требует своего решения проблема обеспечения безопасности потребляемой пищевой продукции и соответственно создания необходимых новых производств на основе биотехнологий и других перспективных подходов.

Постановка задачи

Основной задачей предлагаемого исследования является разработка новых способов использования мембрано-активных излучений-микроволн и других факторов для активации и повышения продуктивности дрожжевых микроорганизмов, широко применяемых в пищевом производстве.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования взяты дрожжевые микроорганизмы вида *Saccharomyces cerevisiae*, выпускаемые в промышленности в виде сухих дрожжей, используемых в хлебопекарной и других отраслях пищевого производства. Для активации таких дрожжей и повышения их продуктивности использовали действие на эти микроорганизмы микроволн, экстракта культуры дрожжей (ЭКД) и penta-воды. Отметим, что ЭКД – апробированный и используемый в микробиологии препарат.

Облучение объекта микроволнами производили в специально сконструированной коаксиальной ячейке микроволнами тепловой интенсивности на волне 18 см частотой 1667 МГц от генератора Г3-21. Длительность облучения суспензии дрожжей равнялась 10 минутам, интенсивность микроволн составляла 45 мВт/мл.

Экстракт ЭКД готовили в виде водного раствора порошка в 10% концентрации. В суспензию дрожжей добавляли эту биологически активную пищевую добавку в соотношении 1 мл раствора ЭКД на 10 мл суспензии дрожжей.

Для повышения продуктивности и биомассы дрожжевых клеток в опыте была использована также кавитационно-обработанная вода, обогащенная орто-изомерами H_2O (penta-вода), описание которой изложено в работе [8].

Сами дрожжи готовили в виде суспензии в жидкой питательной среде двух составов:

а) простая питательная среда состава: 4 г сахара, 1 г белой пшеничной муки и 1 г сухих дрожжей на 100 мл воды;

б) полноценная питательная среда включающая 4 г сахара, 1 г белой пшеничной муки, 6 мл патоки, 0.015 мл 20 % фосфорной кислоты и 1 г сухих дрожжей на 100 мл воды.

Для определения эффекта действия используемых факторов активность дрожжей определяли по следующим показателям:

а) кинетика образования CO_2 в ходе брожения, с помощью которой определяется так называемая энергия брожения дрожжевых микроорганизмов [4];

б) биомасса дрожжей, определяемая объемным методом;

в) морфологические показатели дрожжей, определяемые микроскопически.

Для сравнения эффекта действия используемых факторов применяли математическую обработку экспериментальных данных по способу малой выборки. При этом использовали следующие обозначения вариантов опытов:

К – обычные опыты без воздействия на простой питательной среде;

О – опыты с использованием активаторов на простой питательной среде.

Результаты эксперимента и их обсуждение

1. Действие микроволн. Как отмечалось, в качестве действующего фактора использовали МИ тепловой интенсивности, существенно повышающей начальную температуру активации дрожжей (на 5°С).

Полученные данные представлены в таблице. Они показывают, что бродильная энергия опытных образцов практически в 1,3 раза выше по сравнению с необлученными образцами. И что очень важно, стимулирующее действие микроволн сохраняется в течение нескольких поколений (генераций) дрожжевых микроорганизмов.

Таблица. Энергия брожения дрожжей вида *Saccharomyces cerevisia* при действии микроволн (образование углекислого газа в ходе процесса брожения, мл.)

Варианты		Длительность брожения, часы								
		1	2	3	4	5	6	7	8	24
Необлученные	$К_1$	2,0	5,4	13,9	21,0	35,3	68,0*	38,0	44,5	68,0
	$К_2$	0,0	0,0	2,5	3,0	3,3	5,0	6,2	8,4	10,3
	$К_3$	3,0	4,3	11,7	18,4	30,1	45,5	68,0*	1,0	36,9
	$К_4$	1,0	3,0	9,8	16,3	27,5	41,0	68,0*	1,0	28,5
	$К_5$	2,8	6,3	13,5	20,0	32,5	47,5	68,0*	1,0	30,5
	$К_{ср}$	**1,8**	**3,8**	**10,2**	**15,7**	**25,7**	**41,4**	**63,2**	**65,6**	**89,2**
Облученные	$О_1$	2,0	4,0	10,7	17,1	28,5	43,3	68,0*	2,0	37,0
	$О_2$	0,0	0,0	6,4	12,5	22,5	35,0	68,0*	1,0	34,2
	$О_3$	12,8	19,6	33,1	36,0	38,5	68,0*	60,0*	2,5	4,0
	$О_4$	2,5	3,4	10,0	16,2	26,9	39,7	68,0*	2,0	42,5
	$О_5$	33,2	44,7	68,0	4,0	8,2	16,5	18,2	22,7	68,0
	$О_{ср}$	**10,1**	**14,3**	**25,6**	**30,8**	**28,5**	**54,1**	**83,6**	**86,1**	**117,2**

Как видно из таблицы дрожжи, облученные микроволнами, существенно повышают бродильную энергию. Причем такое активизирующее действие МИ сохраняется в течение всего времени проведения опыта. Кроме того у облученных клеток биомасса заметно выше, чем у интактных.

2. Действие ЭКД. Экстракт дрожжевой культуры ЭКД является одним из биологически активных препаратов, вырабатываемых промышленностью и используемых в качестве добавки к питательной среде для микроорганизмов. Использование нами этой добавки показало, что в опытных вариантах при использовании экстракта наблюдается заметное повышение бродильной энергии дрожжей, а также увеличение выхода их биомассы. Кроме того микроскопически наблюдается более лучшие морфологические показатели клеток и большее содержание в образцах живых и почкующихся дрожжей.

3. Пента вода. Предварительные опыты с использованием penta-воды, которые пока находятся в начальной стадии. Полученные данные показали, что орто-обогащенный изомер H_2O также существенно увеличивает энергию брожения и повышает жизнеспособность клеток [10]. В дальнейшем планируется более углубленное изучение благоприятного действия орто-изомеров воды на жизнеспособность микроорганизмов и других объектов.

Обсуждение и выводы

Здесь следует напомнить, что процесс брожения отличается от аэробного биологического окисления тем, что при брожениях роль конечного акцептора электронов и атомов водорода играет не кислород, а пировиноградная кислота, как один из продуктов самого анаэробного процесса. Соответственно при брожении запасание энергии, а также восстановление окисленного $НАД^+$ с образованием НАД·Н происходит без участия кислорода. Поэтому для пищевого производства интересно образование продуктов безкислородного спиртового брожения в виде этанола CH_3CH_2OH и углекислого газа CO_2. Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Использование микроволн тепловой интенсивности в период подготовки к брожению оказывает в последующем существенное стимулирующее действие на биохимизм и энергию брожения дрожжей.

2. Использование биологически активного препарата - экстракта дрожжевой культуры в качестве пищевой добавки повышает продуктивность и жизнеспособность клеток.

3. Орто-обогащенная penta-вода, получаемая после кавитационной обработки при использовании в качестве компонента питательной среды, также существенно повышает жизнеспособность дрожжевых клеток, что выражается в увеличении энергии брожения и выхода биомассы дрожжей.

4. Полученные опытные данные определяют возможность:

а) дальнейшего экспериментального исследования благоприятного, стабилизирующего действия мембрано-активных излучений МИ и ЛИ и penta-воды на микроорганизмы и другие живые объекты;

б) разработки новых высоких технологий для пищевого и других видов производств с использованием живых объектов.

Библиографический список

1. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д., Исмаилова Г.Э. Действие физических полей. Неионизирующие излучения. М., Экономика, 2007, 184 с.

2. Захаров С.Д., Исмаилов Э.Ш., Стародуб А.Н. и др. Способ повышения продуктивности микроорганизмов. Патент РФ № 2208049 (2003).

3. Исмаилов Э.Ш., Захаров С.Д., Стародуб А.Н. Использование микроволновых мембрано – активных излучений в биотехнологии. Труды V Российско–Японского семинара «Оборудование, технологии и аналитические системы для материаловедения, микро- и наноэлектроники», т. 1, Саратов, 2007, 500 – 509.

4. Исмаилов Э.Ш., Вагабов М-З., Аливердиева А.А. Определение биологической активности пищевых растительных компонентов. Сб. «Аналитические методы измерений и приборы в пищевой промышленности», М., 2005, с. 246 – 249.

5. Аливердиева А.А., Исмаилов Э.Ш., Наврузова Ш.М. Получение биологически активных экстрактов ореха действием микроволн. Хранение и переработка сельхозсырья, 2007, № 2, 31 – 32.

6. Исмаилов Э.Ш., Гаджиева А.М., Рабаданов Г.А., Гаджиев Я.М-С., Абдулмагомедова З.Н. Выращивание активных штаммов дрожжей. Матер. IV Международной НТК «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке», С – Петербург, 2009, с. 296 – 298.

7. Исмаилов Э.Ш. Новые разработки в биотехнологии. Сб. «Новые технологии газовой, нефтяной промышленности, энергетики и связи», том19, М., 2010, с. 387 – 391.

8. Pershin S.M., Bunkin A.F., Anisimov N.V. and Pirogov Yu. A. Water Enrichment by H_2O *ortho*-Isomer: Four-Photon and NMR Spectroscopy, *Laser Physics*, **19**(3), 2009, pp. 410–413.

9. Бункин А.Ф., Першин С.М., Рашкович Л.Н. Изменение формы спектра комбинационного рассеяния валентных ОН-колебаний молекул воды в ультразвуковом кавитационном поле, Опт. и спектр., **96**(4), 568 (2004); S.M. Pershin and A.F. Bunkin**,** Modication of water in ultrasonic cavitation field, Phys. of Wave Phenomena, 2004, **12**(1), 1-5.

10. Исмаилов Э.Ш., Першин С.М., Минхаджев Г.М., Абдулмагомедова З.Н., Рабаданов Г.А. «Возможности использования кавитационно-обработанной воды в биотехнологии», тезисы докладов симпозиума “Молекулярная структура воды и её роль в механизмах биоэлектромагнитных явлений”, Изд-во Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН, г. Пущино, Моск. обл., 5–8 июля 2011; http://www.biophys.ru.

УДК 663.256

М.Н.Исламов, П.Я.Мишиев, П.Я.Гаджиев, А.Н.Алиева

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ НА ПРОЦЕСС УДАЛЕНИЯ КАТИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ВИНА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

M.N.Islamov, P.Y.Mishiev, P.Y.Gadgiev, A.N.Alieva

THE INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE DRILLING FLUID IN THE PROCESS OF REMOVAL OF HEAVY METAL CATIONS OF WINE BY ELECTRODIALYSIS

Приведены результаты экспериментальных исследований процесса деионизации жидких пищевых продуктов с помощью метода электродиализа. Полученные данные позволили оптимизировать технологические параметры, регулирующие эффективность удаления солей тяжелых металлов, отрицательно влияющих на качество и стабильность напитков. Предложен принципиально новый подход к подбору состава промывочной жидкости электродиализных аппаратов, что делает возможным осуществить избирательный электродиализ жидких пищевых продуктов.

Ключевые слова: *электродиализ, оптимизация процесса, деионизация, стабилизация, виноградные вина, промывочная жидкость, промежуточные камеры*

Results of experimental studies of the process of deionization of liquid food products with the help of the method of electrodialysis. The data obtained on-зволили optimization of technological parameters governing the effectiveness of the UDA of salts of heavy metals, which have a negative impact on the quality and stability of the on-питков. A principally new approach to the selection of the composition of flushing a Jew-bones электродиализных apparatus, which makes it possible to implement the electoral electrodialysis of liquid food products.

Keywords*: electrodialysis, process optimization, deionization, stabilization, grape wines, flush fluid, intermediate camera*

Электродиализная обработка вин нестабильных к металлическим помутнениям, показала [1, 2], что использовать в качестве промывочных жидкостей водопроводную воду не представляется возможным, так как удалить необходимое количество катионов тяжелых металлов, не затрагивая существенно остальной ионный состав, не удается.

Использование различных растворов в промежуточных камерах было проведено рядом авторов. В работах [3, 4] была исследована возможность применения растворов минеральных кислот, оснований, поваренной соли, водопроводной воды.

K.Wucherpfennig и K.Milles [5] предлагали использовать для этой цели вино, сусло, водно-спиртовую смесь. Однако эти работы посвящены, в основном, только тартратной стабилизации или понижению кислотности вин.

Учитывая, прежде всего то, что нежелательно снижение концентрации ионов калия в вине ниже 450-500 мг/дм^3 и титруемой кислотности ниже 6-8 г/дм^3, нами была изучена возможность применения в промежуточных камерах растворов, содержащих ионы калия и винной кислоты различных концентраций.

Для этого в трехкамерном электродиализном аппарате было обработано белое столовое вино при плотности тока 100 А/м^2 и удельной производительности аппарата 75 дм^3/м^2·ч.

Результаты исследования, представленные в таблице 1, подтвердили имеющие данные о зависимости изменения химического состава обрабатываемого вина от типа используемого промывочного раствора.

Так, если в промежуточные камеры подавать водопроводную воду, то в вине, после электродиализа, содержание всех ионов сильно уменьшается. При этом титруемая кислотность и концентрация ионов калия снизились, соответственно, на 1,3 г/дм^3 и 500 мг/дм^3, что может отрицательно сказаться на качестве вина при нормальных исходных величинах этих показателей.

При использовании в качестве электролита раствора хлористого натрия резко (примерно в 5,5 раз) увеличилось содержание ионов натрия в вине, что также нежелательно.

Приведенные в таблицы 1 данные подтвердили также правильность наших предположений о возможности предотвращения избыточного удаления ионов винной кислоты и калия из вина, пропуская через промежуточные камеры растворы, содержащие эти ионы в больших концентрациях, чем в обрабатываемом вине [6-8].

Таблица 1

Влияние состава промывочной жидкости на удаление ионов из вина методом электродиализа

№	Промывочная жидкость	Содержание катионов в обработанном вине, мг/дм^3				Титруемая кислотность, г/ дм^3	pH
		калия	кальция	натрия	железа		
1	Водопроводная вода	102	65	12	8,6	5,5	3,20
2	0,5 %-ный раствор NaCl	105	62	65	7,5	5,3	3,25
3	0,1 %-ный раствор KCl	140	68	11	7,8	5,4	3,15
	0,2 %-ный раствор KCl	210	70	9	9,1	5,3	3,10
	0,5 %-ный раствор KCl	320	63	10	8,9	5,2	3,20
	1 %-ный раствор KCl	560	66	11	8,8	5,4	3,25
4	0,5 %-ный раствор винной кислоты	190	60	12	7,9	5,7	3,25
	1 %-ный раствор винной кислоты	186	58	14	7,6	6,0	3,15
	2,5 %-ный раствор винной кислоты	200	52	10	7,1	6,3	3,20
	5 %-ный раствор винной кислоты	194	54	12	7,1	6,3	3,10
5	1 %-ный раствор KCl + 5 %-ный раствор винной кислоты при pH 2,0	550	61	12	7,8	6,2	3,20
	Исходное вино	620	112	26	26,8	6,8	3,30

Действительно, определение содержания нелетучих органических кислот вина до и после электродиализной обработки, показало (табл. 2), что использование в качестве промывочной жидкости раствора винной кислоты позволяет практически полностью избежать ее удаления из вина при электродиализе, в то время как обработка в аппарате с водопроводной водой в

промежуточных камерах вызывает снижение содержания винной кислоты с 3,75 до 2,10 г/дм^3.

Таблица 2

Влияние электродиализной обработки на содержание органических кислот в вине

Кислоты	Содержание в вине до обработки, г/дм^3	Содержание в вине (г/дм^3) после электродиализа с промывочной жидкостью	
		водопроводная вода	винная кислота
Винная	3,75	2,10	3,63
Яблочная	1,30	1,08	0,86
Молочная	1,50	1,34	1,22
Лимонная	0,23	0,15	0,10
Титруемая кислотность	7,8	6,0	7,2

Титруемая кислотность в последнем случае также снизилась (с 7,8 до 6,0 г/дм^3), в то время как при электродиализе с винной кислотой в промежуточных камерах этот показатель уменьшился всего на 0,6 г/дм^3 за счет удаления, в основном, части анионов яблочной, молочной кислот.

Эти же исследования позволили установить порядок удаления органических кислот вина при электродиализе в зависимости от используемой промывочной жидкости. Например, при обработке с использованием в промежуточных камерах водопроводной воды органические кислоты из вина выводятся в следующем порядке: винная > яблочная > молочная > лимонная, что согласуется с литературными данными [3].

При использовании же раствора винной кислоты в качестве промывочной жидкости, уменьшение количества удаленных анионов винной кислоты возмещается несколько большим удалением анионов других органических кислот.

Проведенные опыты с использованием в промежуточных камерах водопроводной воды, растворов, содержащих ионы калия и винной кислоты различных концентраций, показали, что электродиализная обработка является достаточно универсальным способом для стабилизации вир против кристаллических помутнений, металлических кассов, а также регулирования кислотности.

Так, предотвратить кристаллические помутнения в вине с избыточным содержанием ионов калия и винной кислоты можно, обработав его в электродиализаторе с использованием в качестве промывочной жидкости водопроводную воду. При этом из вина одновременно удаляются и катионы тяжелых металлов.

Для снижения кислотности вин с нормальным содержанием ионов калия нужно при электродиализе в промежуточные камеры аппарата подавать 1 %-ный раствор хлористого калия.

При обработке вин с целью удаления преимущественно солей тяжелых металлов необходимо использовать раствор, в котором концентрация ионов калия и винной кислоты примерно в 5 раз превышает их содержание в вине (табл. 1). В этом случае уменьшение концентрации катионов тяжелых металлов происходит без существенного изменения содержания катионов калия, а титруемая

кислотность вина снижается только на 0,3-0,4 г/дм^3 за счет удаления, в основном, анионов яблочной и молочной кислот.

Если концентрация ионов в промежуточном растворе превышало их концентрацию в обрабатываемом вине более чем в 5 раз, то происходит проникновение этих ионов через мембрану в рабочие камеры, так как в данном случае селективность ионообменных мембран оказывается недостаточной, чтобы предотвратить переход коинов, то есть ионов, заряд которых совпадает со знаком заряда функциональных групп мембран.

Кроме того, была установлена необходимость подкисления промежуточных растворов, содержащих ионы винной кислоты и калия, для исключения возможности образования труднорастворимых виннокислых солей в камерах концентрирования. Выявлено, что понижение pH промежуточного раствора до 2,0÷2,3 добавлением в нее, например, 10 %-ного раствора HCl предотвращает выпадение в осадок указанных солей, так как в растворе с такой величиной pH почти вся винная кислота находится в недиссоциированном состоянии.

Таким образом, проведенные исследования показали, что состав промывочной жидкости, циркулирующей в промежуточных камерах электродиализного аппарата, может оказать заметное влияние на процесс выведения тех или иных ионов из продукта. Выявлено, что соответствующим подбором ее состава можно предотвращать излишнее удаление анионов органических кислот, катионов калия и ионов других компонентов. Вместе с тем, при циркуляционной схеме подачи промывочной жидкости в ней будут накапливаться компоненты обрабатываемого вина или сока, что может оказать определенное влияние на ход последующей обработки.

Исследовали влияние концентрации катионов калия в промывочной жидкости на процесс удаления катионов тяжелых металлов при электродиализной обработке модельных систем на основе водно-спиртовых растворов. Катионы калия могут быть предварительно введены в промывочную жидкость, либо накапливаться в ней в процессе электродиализа, что следует учитывать при изучении динамики переноса катионов через ионселективную мембрану.

Обработке подвергали модельные системы, содержащие 25 мг/дм^3 Fe^{3+} и 500 мг/дм^3 K^+ . Концентрацию катионов калия в промывочной жидкости изменяли в пределах 500-3000 мг/дм^3 с интервалом в 500 мг/дм^3. Выбор концентраций основывался на соизмеримости количеств калия, находящегося в вине и переходящего через мембрану.

Полученные результаты показывают, что количество катионов тяжелых металлов, удаляемых из продукта, увеличивается с повышением концентрации калия в промывочной жидкости (рис. 1).

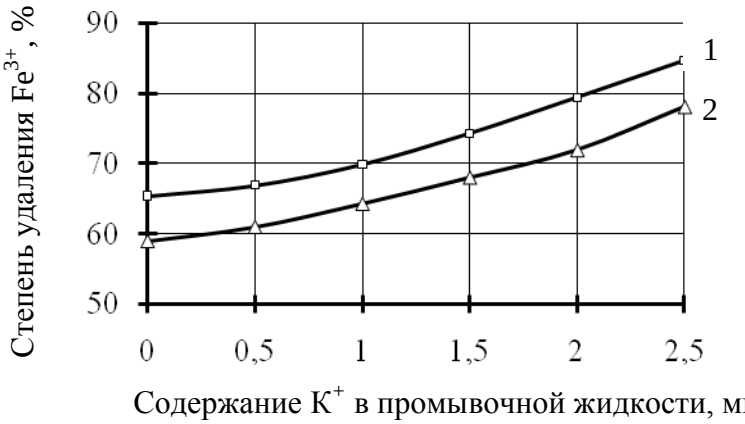


Рис. 1. Влияние концентрации калия в промывочной жидкости на степень удаления Fe^{3+} из модельных растворов при удельной производительности ЭДА, дм^3/м^2·ч: 1–85; 2–100

На наш взгляд, это связано с тем, что создаются более благоприятные условия для прохождения катионов железа через мембрану вследствие улучшения электрофизических свойств промывочного раствора и катионселективной мембраны. При накоплении катионов калия в мембране и промывочной жидкости происходит регенерация мембраны в процессе работы, что способствует улучшению процесса электродиализа.

Аналогичное действие на ход удаления катионов тяжелых металлов оказывает увеличение концентрации катионов натрия в промывочной жидкости. Данное обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что повышение концентрации катионов щелочных материалов в промывочной жидкости за счет их накопления при обработке, позволяет улучшить динамику переноса катионов тяжелых металлов через мембраны и удалить их таким образом дополнительно на 10-15% больше при сохранении постоянных режимов обработки.

Использование промывочной жидкости по замкнутому циклу предполагает, что катионы тяжелых металлов, удаляемые из продукта, будут накапливаться в ней. С течением времени концентрация катионов металлов в промывочной жидкости может превысить их концентрацию в обрабатываемом растворе. Градиент концентраций в таком случае будет направлен в сторону рабочей камеры, т.е. движущая сила процесса электродиализа будет уменьшаться.

Результаты исследований по электродиализной обработке модельных систем с содержанием катионов железа 25 мг/дм^3 и калия 500 мг/дм^3 против промывочных жидкостей с различным содержанием катионов железа подтвердили данное предположение (рис. 2).

Как видно из полученных данных, при концентрации Fe^{3+} в промывочной жидкости порядка 50-60 мг/дм^3 производительность установки падает на 40% по сравнению с первоначальной. На наш взгляд, это можно объяснить усилением компенсирующего действия градиента концентраций, а также тем, что катионы Fe^{3+}, циркулирующие в промывочной жидкости, блокируют активные центры ионселективных мембран со стороны промежуточных камер, затрудняя тем самым удаление катионов из продуктов. Негативные процессы усиливаются с накоплением железа и в промывочной жидкости. Для поддержания требуемой глубины обработки необходима своевременная замена промывочной жидкости или применение более жестких режимов работы установки.

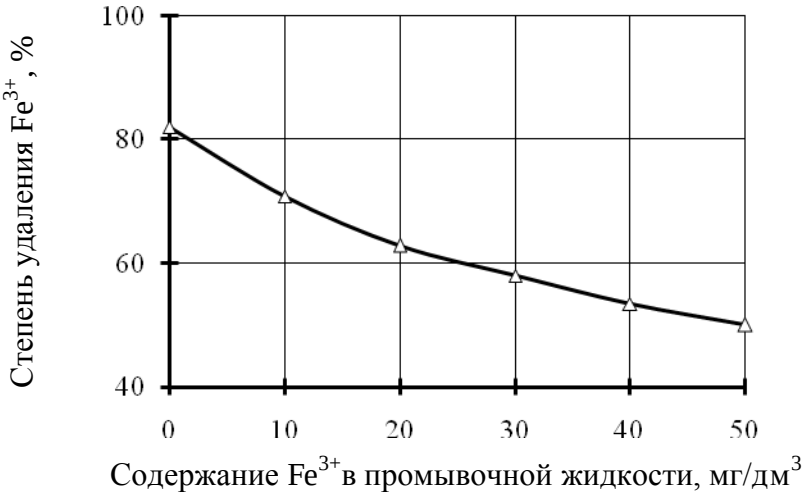


Рис. 2. Влияние содержания Fe^{3+} в промывочной жидкости ЭДА на степень удаления катионов железа из модельного раствора

При электродиализной обработке с целью деметаллизации через анионселективные мембраны будут переходить различные анионы, в том числе и анионы органических кислот соков и вин. Многие из этих кислот обладают комплексообразующей способностью по отношению к катионам тяжелых металлов. Было предположено, что это явление будет оказывать определенное влияние на процесс выведения катионов металлов.

Моделировали электродиализную обработку виноматериалов с высоким содержанием железа против промывочных жидкостей, содержащих определенное количество винной, молочной, яблочной, лимонной кислот. Результаты исследований представлены на рисунке 3.

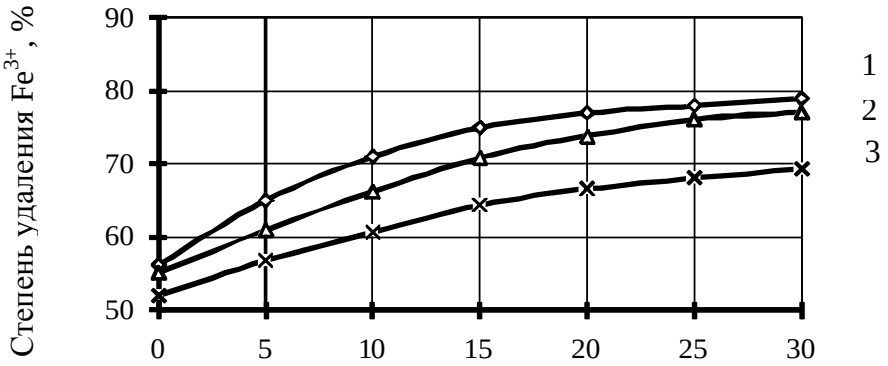


Рис. 3. Повышение эффективности деметаллизации напитков в зависимости от содержания в промывочной жидкости органических кислот: 1–лимонной; 2–винной; 3–яблочной

Полученные данные показывают, что повышение содержания органических кислот в промывочной жидкости действительно способствует усилению процесса перехода катионов через мембрану при сохранении одинаковых режимов обработки. Наиболее ощутимо это изменение при увеличении концентрации лимонной и винной кислот в промывочном растворе. Очевидно, при этом происходит связывание катионов Fe^{3+} с органическими кислотами в комплексы, и таким образом, уменьшается возможность обратной диффузии катионов в обрабатываемый продукт. Исключается также в определенной мере процесс отравления мембран.

С практической точки зрения этот эффект может в определенной степени компенсировать негативные явления, связанные с накоплением катионов тяжелых металлов в промывочной жидкости. Действительно, электродиализная обработка модельного раствора с содержанием железа 25 мг/л против промывочной жидкости, содержащей различные количества винной кислоты, показала, что с увеличением содержания органической кислоты эффективность обработки сохраняется даже при накоплении больших количеств Fe^{3+} в промывочной жидкости (рис. 4).

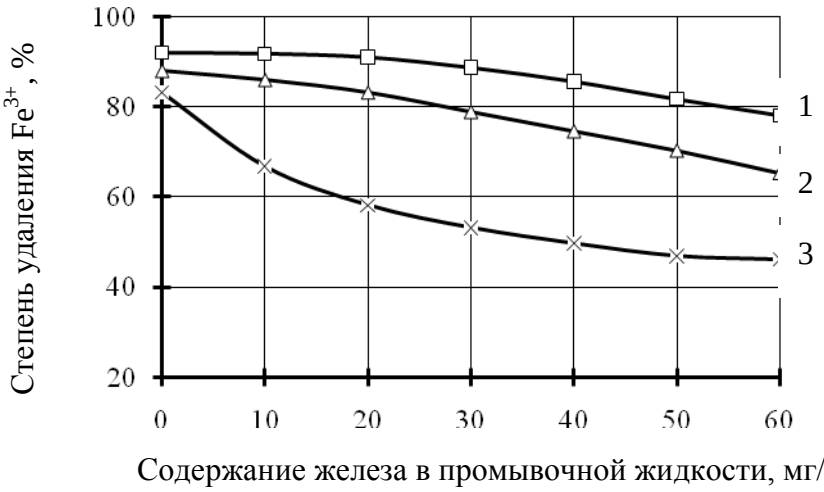


Рис. 4. Зависимость степени деметаллизации от накопления в промывочной жидкости катионов Fe^{3+} при введении в нее винной кислоты из расчета: 1 – 20 г/дм^3; 2 - 10 г/дм^3;

3 – контроль (без добавления винной кислоты)

Аналогичное воздействие оказывает введение в состав промывочной жидкости комплексов, особенно трилона Б и метавинной кислоты. За счет повышения концентрации комплексонов можно достичь 10-15% увеличения количества удаляемого из напитков катионов тяжелых металлов (рис. 5).

Рис. 5. Изменение степени деметаллизации при введении в промывочную жидкость комплексонов: I – метавинной кислоты; II – трилона Б

При этом наиболее эффективно применение метавинной кислоты, позволяющей достичь большей глубины деметаллизации при меньших концентрациях комплексона в промывочной жидкости. Кроме того, необходимо учитывать и такой аспект, как возможность диффузии молекул комплексона через мембрану в продукт. С этой точки зрения метавинная кислота выгодно отличается от других комплексонов тем, что при попадании в продукт она гидратируется со временем до винной кислоты, не нарушая, таким образом, натуральность обрабатываемого напитка.

С целью проверки результатов, полученных при работе с модельными системами, проводили обработку виноматериалов против различных промывочных жидкостей. В

качестве промывочной жидкости использовали водопроводную воду, которую циркулировали в замкнутом контуре с целью накопления в ней определенного количества титруемых кислоты и металлов. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3

Зависимость степени деметаллизации столового виноматериала от накопления тируемых кислот в промывочной жидкости

Промывочная жидкость	Содержание компонентов в обработанном виноматериале		
	Fe^{3+}, мг/дм^3	K^+, мг/дм^3	ТК, г/дм^3
Водопроводная вода	4,6	320	5,7
Та же вода после накопления в ней титруемых кислот 10 г/дм^3	5,2	497	6,3
Та же вода после накопления в ней титруемых кислот 25 г/дм^3	6,2	572	6,6
Та же вода после накопления в ней титруемых кислот 50 г/дм^3	7,8	613	6,8
Исходный виноматериал	23	825	7,7

Результаты исследований подтвердили, что, во-первых, при циркуляции промывочной жидкости в промежуточных камерах электродиализного аппарата происходит накопление значительного количества титруемых кислот, во-вторых, это позволяет поддерживать высокую эффективность процесса на протяжении длительного периода обработки.

Кроме того, накопление кислот в промежуточных камерах позволяет предотвратить чрезмерное раскисление обрабатываемого вина. Учитывая тот факт, что около 40% титруемых кислот промывочной жидкости составляет винная кислота, реальна утилизация этого раствора с целью получения винной кислоты.

Таким образом, проведенные исследования показали существенное влияние химического состава обрабатываемого продукта и промывочной жидкости на процесс удаления катионов тяжелых металлов методом электродиализа.

Наибольшее влияние оказывает содержание в продукте и промывочной жидкости веществ, обладающих комплексообразующим действием по отношению к железу. Наличие их в промывочной жидкости позволяет улучшить процесс удаления Fe^{3+}, поддерживать хорошую работоспособность мембран. Вместе с тем повышение их концентрации в продукте снижает эффективность обработки.

Действие катионов легких металлов обычно связано с улучшением электрофизических свойств электродиализной системы.

При проведении деметаллизации эффективно применение рециркуляции промывочной жидкости. Это позволяет улучшить эффективность удаления катионов металлов, направленно влиять на изменение концентрации кислот и других компонентов, утилизировать отходы производства.

Библиографический список:

1. Повышение стабильности виноградных вин обработкой электродиализом / Р.А.Акопов. и др. // Виноделие и виноградарство СССР, 1975. - № 7. - С. 16-20.

2. Способ стабилизации вин: а.с. 557096 СССР : М. Кл.^{2} С 12 G 1/02 / Р.А.Акопов и др. – № 2142357-13; заявл. 20.06.1975; опубл. 02.07.1977, Бюл. № 17. – 2 с.

3. Гаврилюк В.С. Регулирование кислотности и предупреждение кристаллических помутнений вин методом электродиализа : дис. … канд. техн. наук (05.18.07). - М.: МТИПП, 1981. - 144 с.

4. Шприцман Э.М., Гаврилюк В.С. Регулирование кислотности вин методом электродиализа // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, 1975. - № 4. - С. 25-28.

5. Wucherpfennig K., Milles K. Uber den Einfluss der Electrodialysebehandlung auf den Schwermetallgehalt von Weinen // Weinberg und Keller, 1976. – 23. - N 6. - S. 241-256.

6. Исламов М.Н., Исмаилов Т.А., Кишковский З.Н. Повышение качества виноградных вин с помощью электродиализа // Научно-прикладные аспекты дальнейшего развития и интенсификации виноградо-винодельческой отрасли в связи со вступлением России в ЕС и ВТО: матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Махачкала: НИПТИВСиМ «Агроэкопроект», 2006. – С. 298-302.

7. Исламов М.Н., Исмаилов Т.А., Кишковский З.Н. Стабилизация ионного состава жидких пищевых продуктов методом электродиализа // Хранение и переработка сельхозсырья, 2007. - №10. - С.18-21.

8. Исламов М.Н., Кишковский З.Н. Использование электродиализа в производстве продуктов переработки винограда // Холод – народному хозяйству: тез. докл. Всесоюз. науч.- техн. конф. - Л.: ЛТИХП, 1991. – С. 202-203.

УДК. (075.8)33

В.М. Саркиев

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ SCM ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКЕ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ (НА ПРИМЕРЕ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА).

Аннотация.

В настоящее время все больше используются технологии Управления Цепями Поставок, при которых логистическая цепь делится на отдельные звенья. Определив рентабельность каждого звена можно определить рентабельность всей логистической цепи. В случае создания дополнительной инфраструктуры или транспортно-технологического комплекса необходимо производить моделирование логистической цепи на жизненный цикл объекта перевозок (запасы нефти) либо звена логистической цепи.

Ключевые слова: *управление цепями поставок, рентабельность логистической цепи, танкерная транспортировка.*

V.M.Sarkiev

SOME APPROACHES OF USING SCM TECHNOLOGY IN CRUDE AND OIL PRODUCTS A MULTI-MODAL TRANSPORTATION SYSTEM (AS EXAMPLE, THE CASPIAN REGION).

The summary.

Currently, Supply Chain Management technologies are used more frequent in operations where supply chain is divided into separate units. Having determined the profitability of each unit can be determined the possible rentability of the entire supply chain. In case of creating new infrastructure or transport system is necessary to make the supply chain simulation based on life cycle of an transportation object (oil production) or supply chain units.

Keywords: *supply chain management, supply chain profitability, tanker transportation.*

В последнее время термин SCM (*Supply Chain Management – перев. с анг. Управление Цепями Поставок*) заменяет уже прижившийся термин «логистика». Именно управление цепями поставок, в настоящее время, является основной деятельностью логистических компаний работающих на принципах аутсорсинга. В последнее время компании, которые, казалось бы, не имеют ничего общего с контейнерной либо нефтяной логистикой все чаще обращают свои взоры на отдельные логистические проекты. Так, например, всем известная почтовая компания DHL намерена заняться логистикой нефти и газа, выбрав Африканский материк, в качестве стартапа.

Но так как регионом нашего исследования является Каспий и нефть, добываемая в Каспийском регионе, соответственно, технология SCM будет применяться именно в данном регионе, а также регионах имеющих непосредственное отношение к нему. Как известно Каспий богат своими запасами нефти и газа, и является одним из главных регионов по прогнозам нефтедобычи. В соответствии с данными прогнозами транспортные компании осуществляющие транспортировку нефти по водному, железнодорожному, трубопроводному транспорту определяют свою стратегию и соответственно капиталовложения в ту или иную отрасль. Рациональное проектирование *Supply Chain* или Цепей Поставок, как принято называть сейчас, является основным условием получения прибыли всех компаний задействованных в логистическом процессе. Основным условием в логистической цепи является конечный результат, а конечным результатом здесь является конечная себестоимость продукции, и соответственно возможная прибыль.

Согласно исследованию, конечным пунктом цепи является порт Аугуста расположенный в Италии. В настоящее время резервуары данного терминала заполнены Каспийской нефтью, которая поступает туда из портов Новороссийск (Россия), Супса (Грузия), Джейхан (Турция). Начальным пунктом являются порты Каспия: Актау (Казахстан) и Туркменбаши (Туркменистан). Сложность выстраивания цепи поставок нефти заключается в следующих факторах:

- разносортность добываемой нефти;
- политические отношения между странами, имеющими отношение к Каспийскому региону;
- постоянные задержки на Турецких проливах;
- необходимость использования перевалочных операций (танкер-труба-танкер).

В данной статье мы не будем описывать преимущества и недостатки различных транспортных вариантов, так как на эту тему нами было опубликовано ряд исследований. В данной статье мы попытаемся показать принципы моделирования *SCM* в сложной мультимодальной цепи.

Так как одним из условий обхода Турецких проливов является строительство обходного трубопровода Бургас-Александропулис, исходным значением для моделирования мы приняли средний срок службы нефтепровода – 40 лет. В отличие от инженерных расчетов, расчеты SCM необходимо начинать с конечного звена, а именно с финансового результата при выходе продукции.

Финансовый результат *FR* определяется как разность между годовыми доходами и годовыми эксплуатационными расходами:

$$FR = D_{rev} - AE \ \ \$/\text{год}$$

При сопоставлении вариантов, каждый из которых обеспечивает постоянный годовой грузопоток, т.е. постоянный доход D_{rev}, наивысший финансовый результат достигается в варианте с наименьшими годовыми расходами AE, а значит, с наименьшей себестоимостью перевозки 1 т нефти.

В нашем случае финансовый результат должен быть смоделирован на срок в 40 лет, так как фактический срок службы трубопровода составляет 40 лет ($d_p = 20$). Отсюда идет расчет и строительства танкерного флота, исходя из мировой практики, срок службы танкера варьируется от 15-25 лет. В нашем исследовании срок службы танкера $d_t = 20$ годам.

Соответственно наша формула принимает вид

$$\sum_{d=1,2,3\ldots40}^{ac} FR = \sum_{d=1,2,3\ldots40}^{ac} (D_{rev} - AE)$$

Где ac – годовой цикл транспортировки нефти, принимаем $ac = 350$ дн.

d – период эксплуатации/жизненный цикл, зависит от типа задействованного механизма;

AE - общие эксплуатационные расходы, год;

D_{rev} – годовые доходы, $.

Величина годовых доходов от транспортировки нефти определяется грузопотоком нефти A и тарифами на транспортировку $TC\ i$ -м звене.

$$D_{rev} = TC_i \cdot A$$

В нашем исследовании было принято решение разделить грузопоток нефти на две части: A_{CS} – грузопоток через Каспийское море и A_{BS} – грузопоток через Черное море.

Данные по грузопотоку нефти опираются на данные усредненных прогнозов нефтяных компаний и информационно-аналитических агентств.

Одним из определителей приоритетности того или иного варианта транспортировки нефти является показатель себестоимости транспортировки C_{THC} который определяется по следующей формуле:

$$C_{THC}^{i} = \frac{MC_i}{A_j}$$

где MC_i – затраты на транспортировку в i -м звене, млн. $;

A_j – грузопоток в j -м звене, млн. тонн.

Исходя из данной формулы формула расчета дохода получаемой с одной тонны нефти принимает следующий вид:

$$D_{rev}^{i} = TC_i - \frac{MC_i}{A_j}$$

Тарифы на транспортировку нефти TC в i -м звене берутся исходя из цен на 2010-2011 год, однако был выработан алгоритм удорожания стоимости прохождения груза по транспортно-логистическим звеньям, и средние тарифы на транспортировку нефти будут определяться на основании выработанного алгоритма[2].

Далее имея алгоритм расчета удорожания затрат в каждом логистическом звене, и имея данные по увеличению грузопотока в каждом из рассматриваемых бассейнов, необходимо рассчитать себестоимость транспортировки 1 тонны нефти в каждом звене.

Для этого мы разделили нашу логистическую цепь на три основные стадии:

- танкерная транспортировка;
- трубопроводная транспортировка;
- промежуточные стадии (перевалка нефти, строительство резервуаров и т.д.)

В то время когда стоимость прокачки нефти по трубопроводу Махчкала-Новороссийск известна и составляет $TC_{\text{М-Н}} = 8{,}7\ \$/\text{т}$, стоимость прокачки по нефтепроводу Бургас-Александропулис остается еще не определенной.

Другой проблемой является танкерная транспортировка нефти как в Каспийском так и Черном море. Согласно данным предоставленным агентством Argus стоимость фрахта судна имеет следующие показатели:

Фрахт нефтеналивных судов (темные нефтепродукты)

Маршрут	WS	$/т	
Новороссийск – Аугуста (140 тыс. т)	82,5	6,89	
Новороссийск – Аугуста (80 тыс. т)	85	7,10	
Новороссийск – Аугуста (30 тыс. т)	145	12,11	
Батуми – Аугуста (80 тыс. т)	85	7,49	
Батуми – Аугуста (30 тыс. т)	145	12,77	
Джейхан – Аугуста (140 тыс. т)	77,5	5,34	
Джейхан – Аугуста (80 тыс. т)	82,5	5,68	
		мин. $/т	макс. $/т
Актау – Баку (13 тыс. т)	-	11,5	12,00

[2] См. Способы определения влияния динамики цен нефти на стоимость строительства танкерного флота, как один из способов прогнозирования при построении системы SCM.

Актау – Махачкала (13 тыс. т)	-	11,30	11,50
Актау – Нека (5 тыс. т)	-	14,00	16,00

Но большинство используемых судов, как на Каспии, так и Черном море являются устаревшими и не отвечают возникающим потребностям, связанным с модернизацией портов, и увеличивающимся грузопотоком. В настоящее время все больше говорится об использовании танкеров дедвейтом 63 тыс. т. на Каспии и танкерах класса Suezmax для Черного моря. Уникальность исследования заключается в том, что для Каспийского бассейна мы использовали расчет для однокорпусных танкеров, а для Черного моря для двухкорпусных. Используя различные формуляры по преодолению строительной стоимости танкера, мы разработали свой алгоритм определения строительной стоимости однокорпусного танкера.

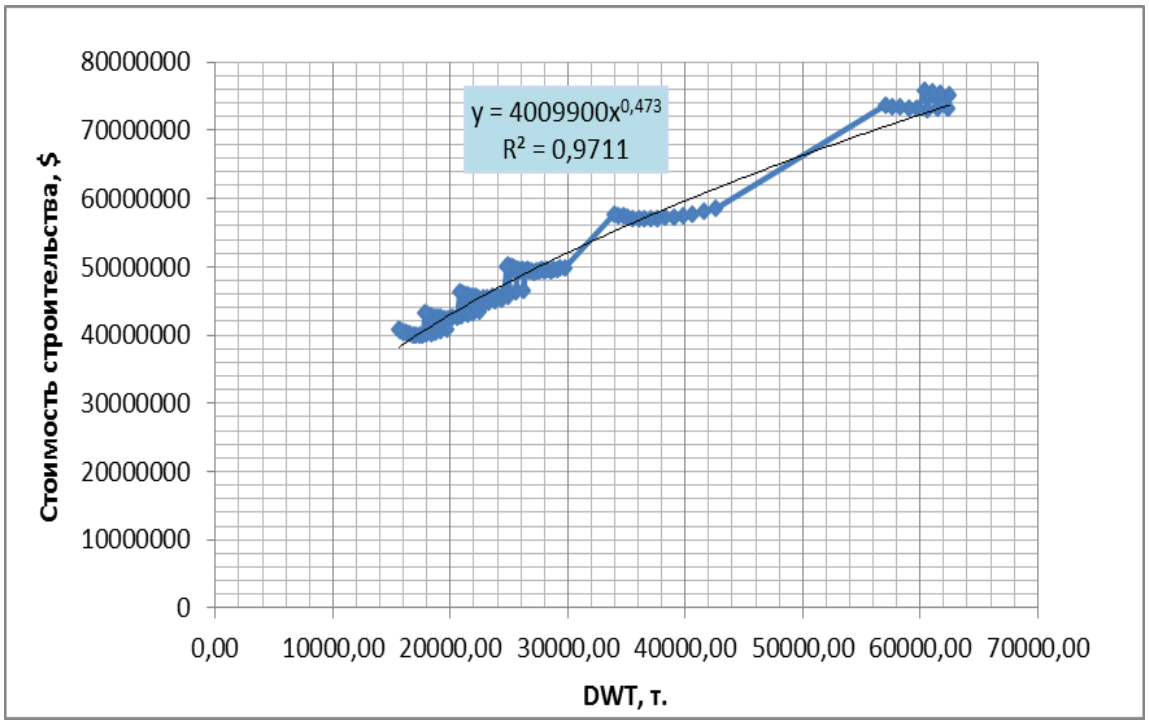


Рис. 1. Зависимость стоимости постройки танкера от его дедвейта

$$C_{sht}^{CS} = 4009900 \cdot DW^{0.475}$$

Где C – стоимость постройки танкера, $;

CS – аббревиатура *Caspian Sea* – Каспийское море;

sht - аббревиатура *Single Hull Tanker* – однокорпусный танкер

DW – дедвейт судна, т.

Для танкеров, использующихся на Черном море, мы применили зависимость удорожания от изменения конструкционных особенностей корпуса.

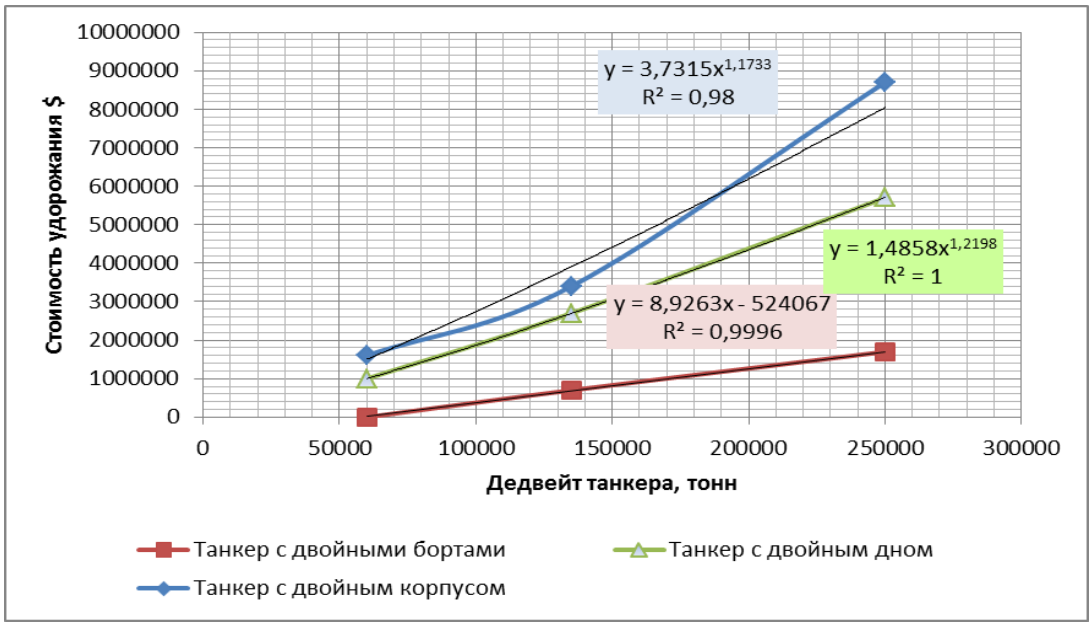


Рис. 2. Зависимость удорожания стоимости строительства танкеров от их конструкционных особенностей

Для танкера с двойными бортами:

$$C_{dst}^{BS} = 8{,}9263 \cdot DW - 524067$$

Функция аппроксимации: $R^2 = 0{,}9996$

Для танкера с двойным дном:

$$C_{dbt}^{BS} = 1{,}4858 \cdot DW^{1{,}2198}$$

Функция аппроксимации: $R^2 = 1$

Для танкера с двойным корпусом:

$$C_{dht}^{BS} = 3{,}7315 \cdot DW^{1{,}1733}$$

Функция аппроксимации: $R^2 = 0{,}98$

где BS – аббревиатура *Black Sea* – Черное море;

dst – аббревиатура *Double-Side Tanker* – танкер с двойными боками;

dbt – аббревиатура *Double Bottom Tanker* – танкер в двойным дном;

dht – аббревиатура *Double Hull Tanker* – танкер с двойным корпусом.

В нашем исследовании мы отталкиваемся от прогнозируемого грузопотока, и в зависимости от грузопотока определяется количество судов на линии. Соответственно, количество танкеров необходимых для перевозки нефти напрямую зависит от их дедвейта. А увеличение дедвейта ведет к снижению суммарных капиталовложений на создание флота, что, естественно, сказывается на себестоимости транспортировки 1 тонны нефти. Так как себестоимость транспортировки нефти зависит от множества факторов, мы лишь приведем данные только по одному маршруту для сравнения.

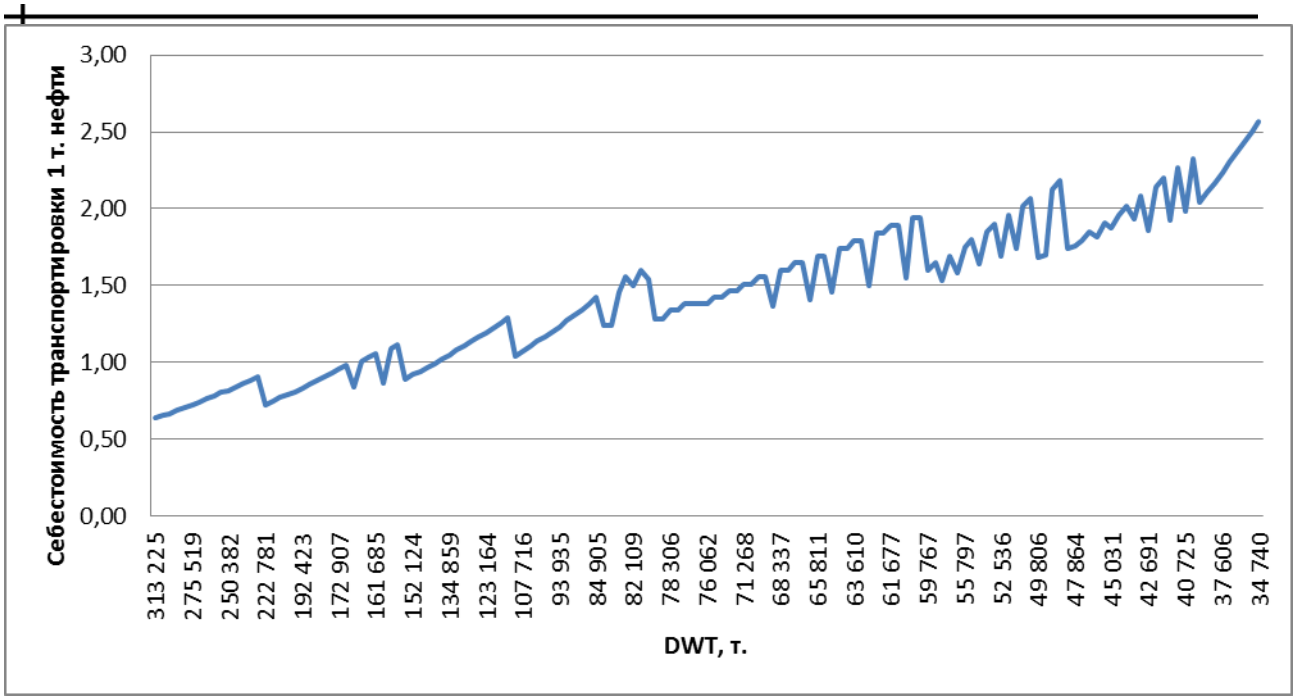


Рис. 3. Зависимость себестоимости транспортировки 1 тонны нефти от дедвейта и узловой скорости танкеров.

Причиной такого скачкообразного движения графика является узловая скорость танкеров. В данном исследовании мы производили исследования для танкеров не только различных дедвейтов, но также и различных узловых скоростей.

После обработки и анализа полученных результатов мы пришли к выводу, что одним из основных способов снижения себестоимости транспортировки нефти, а, следовательно, и увеличения финансового результата, является использование танкеров с большим дедвейтом, и максимальной узловой скоростью допустимой для исследуемых регионов.

Библиографический список

J. Walenkiewicz, Shipping Investment and Asset Management forum 2010. The newbuilding market. State University Minneapolis, 2009. p. 70.

M.G. Kavussanos. Price risk modeling of different size vessels in tanker industry using Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH) models. Logistics and Transp. Rev. 1996. p. 161.

N. Hameed. World Energy Scenarios to 2050: Issues and Options. Minneapolis : Metropolian Journal. 2008

Argus Рынок Каспия. Еженедельный обзор., т. IV, 6, 16 Февраль 2011 г. с. 22.

В.В. Бушуев, А.С. Молачиев. Мировой рынок нефти в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Москва : ИЭС, 2011. стр. 16.

УДК 677.027

Н.А. Шагина, Ф.Ш. Азимова

СПОСОБ КРАШЕНИЯ ШУБНОЙ ОВЧИНЫ РАСТИТЕЛЬНЫМ КРАСИТЕЛЕМ ЗВЕРОБОЯ ПО АЛЮМИНИЕВОЙ ПРОТРАВЕ

В статье рассмотрен способ крашения шубной овчины растительным красителем зверобоя. Показано влияние протравы на процесс крашения, проведен спектральный анализ указанного красителя.

***Ключевые слова**: растительный краситель, спектр, протрава, среда крашения.*

N.A. Shagina, F.Sh. Azimova.

THE WAY TO COLOR OF FUR COAT SHEEPSKIN BY VEGETATIVE DYE OF ST' JOHN'S WORT (HUPERICUM PERFORATUN L) ON ALUMINIUM MORDANT.

The way to color of fur coat sheepskin by vegetative dye of St' John's worth has been considered. The mordent's influence over the process of coloring has been shown; spectrum analysis of specified dye has been hold.

***Keywords:** vegetable dye spectrum, mordant, area of dyeing.*

Введение. Посещая музеи, мы любуемся старинными текстильными изделиями, окрашенными в цветовые тона с нежными и сочными цветовыми оттенками, сохранившими эту окраску до наших дней благодаря своей высокой устойчивости. Эти окраски получены с применением растительных красителей.

Постановка задачи. В работе ставятся следующие задачи:

- Провести исследование химического состава растительного красителя зверобоя;
- Провести спектрофотометрический анализ водной вытяжки зверобоя;
- Изучить влияние вида протравы на изменение цветовых характеристик.

Целью настоящей работы является изучение возможности применения в качестве источника красящих веществ растений Республики Дагестан, в частности зверобоя продырявленного.

Методы испытаний. Зверобой продырявленный – *Hypericum perforatun* L., многолетнее травянистое растение. Из тонкого ветвистого корневища вырастают ежегодно несколько гладких, с двумя ребрышками ветвистых стеблей, достигающих 30 – 60 см. высоты. Листья супротивные, сидячие, продолговатые, тупые, цельнокрайние, гладкие, с рассеянными по листовой пластинке просвечивающими, а по краям черными точками. Они кажутся проколотыми, отсюда и название «продыряленный» – *perforatun.*

Цветки свободнолепестные, правильные, с 5-листной неопадающей чашечкой и 5-лепестным венчиком; лепестки ярко-желтые, продолговато-овальные, наверху косо срезанные, с черно-бурыми точками в три пучка. Пестик с трехгнездной верхней завязью и тремя отогнутыми столбиками. Соцветие – щитковидная метелка. Плод – трехгнездная многосемянная коробочка, расрывающаяся тремя створками. Семена очень мелкие, продолговатые, бурые. Цветет с июня до августа.

Зверобой содержит около 10 -12 % дубильных веществ – производных преимущественно пирокатехина, желтое красящее вещество – гиперицин и другое. Если цветок зверобоя растереть между пальцами или на белой бумаге, то выступит смолистая темно-красная жидкость, которая окрасит бумагу или пальцы в кровяно-красный цвет.

На стебле зверобоя тоже есть красные пятна, а с наступлением осени красный цвет разливается по всему растению, и оно становится кровяно-красным.

Цветы зверобоя служат для крашения, нейтральная вытяжка дает желтые и зеленые краски, горячий настой дает, в зависимости от концентрации, красную и розовую краски[1,2].

Экспериментально были изучены спектральные характеристики растительного красителя зверобоя. На рисунке 1 приведена кривая поглощения водного раствора красителя зверобоя в диапазоне 190 нм – 850 нм.

На кривой наблюдается несколько пиков максимального поглощения в диапазоне волн 500 нм – 600 нм. Положение максимумов зависит от строения молекулы красителя. В зверобое содержится гиперицин – 4, 5, 7, 4, 5, 7 – гексаокси – 2,2 – диметил-мезонафтодиантрон. Он относится к конденсированным производным антрахинона, обладает сильно выраженным фотодинамическим эффектом. Кроме гиперицина в траве содержится второй пигмент – псевдогиперицин. Содержание этих соединений в траве гиперицина составляет 0,1 – 0,4 % [3]. Поглощение вещества в ближнем ультрафиолете и в видимой области связано с возбуждением $\pi \to \pi^*$ или $n \to \pi^*$ переходов. Красители, входящие в состав зверобоя, содержат сопряженный $\succ C = O$ хромофор и $-O-CH_3$ хромофор. Наличие $\succ C = O$ позволяет красителю поглощаться в более длинноволновой области.

Краситель из травы зверобоя без протравы должен дать желтые и зеленые цвета при окрашивании. В случае использования различных протрав и изменения среды крашения зверобой даст целый набор цветов, включая желто-коричневый, табачный, горчичный и даже оттенки синего цвета.

Рис. 1. Спектр водной вытяжки зверобоя продырявленного.

Крашение проводилось протравами – солями алюминия. Атомы d – металлов и хромофор красителя, который должен иметь специфическое строение, образуют комплекс. Эти комплексы устойчивы к действию света, краситель на волокне приобретает меньшую растворимость и тем самым повышается устойчивость окраски к свету и мокрым обработкам. В результате химической модификации хромофора изменяется оттенок окраски, она становится менее яркой [4]. Протравливание проводится в кислой среде.

Для крашения шубной овчины были взяты: водный экстракт зверобоя продырявленного, уксусная, кислота, щелочь, соль алюминия. Крашение проводили при температуре 60 – 65 ^{0}C.

При использовании травы зверобоя для окрашивания шубной овчины по алюминиевой протраве ($AlCl_3$) получаются оттенки синего цвета. Причем среда крашения оказывает влияние на оттенок. Так при крашении в кислой среде получаются более темные цвета, чем при крашении в слабощелочной среде. Цветовые характеристики полученных цветов при крашении шубной овчины зверобоем по алюминиевой протраве приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Цветовые характеристики образцов шубной овчины, окрашенной зверобоем по алюминиевой протраве.

Состав красильной ванны	L	C	H	Полученный оттенок
Отвар травы зверобоя Алюмокаливые квасцы CH_3COOH	69,52	32,66	93,73	Лимонный
Отвар зверобоя $AlCl_3$, NaOH	20,74	19,06	276,16	Голубой
Отвар зверобоя $AlCl_3$, CH_3COOH	19,90	15,69	284,82	Синий

Из данных таблицы следует, что светлота (L) цвета выше у образца, окрашенного с применением алюмокалиевых квасцов, а насыщенность (H) ниже, чем у образцов, окрашенных с применением $AlCl_3$. Как видно, среда крашения играет роль в образовании оттенков.

Таким образом, меняя среду крашения можно получать разные цвета и оттенки. В нашем случае, используя алюминиевую протраву, но разную среду получаем два разных оттенка синего цвета. Используя другую протраву алюмокаливые квасцы, получаем лимонный цвет.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Как видно из эксперимента, при крашении шубной овчины растительным красителем зверобоя по алюминиевой протраве, можно получить различные цвета, меняя протраву и среду крашения.

Как видно из спектра водной вытяжки зверобоя, наибольшее количество пиков соответствует промежутку 500 – 600 нм. Следовательно, краситель окрасит волокно в желтые, зеленые и желто-коричневые цвета.

Выводы.

- Проведен анализ влияния минеральных протрав и среды крашения на крашение шубной овчины растительным красителем. Исследования показали, что на цвет и оттенок большое влияние оказывают не только вид протравы, но и среда крашения, в зависимости от чего могут образовываться комплексные соединения различного строения;
- Проведен спектрофотометрический анализ растительного красителя зверобоя, в результате чего выяснено, что «предпочтительные» цвета при окрашивании им текстильных материалов – желтый, зеленый, желто-коричневые цвета.

Библиографический список:

1. Большая энциклопедия народной медицины. Под ред. Непокойчицкого Г.А. – М.: Олма-пресс.- 2003. – 1020 с.
2. Алексеев Б.Д., Расулов М.М. Заготовка и охрана лекарственных растений Дагестана. – Махачкала: Даг. кн. изд-во, 1983. – 88 с.
3. Ломаченко Н.В. Накопление фенольных соединений растениями *Hypericum perforatun* L. в эколого-ценотический градиентах. – Дисс. … к.б.н. – Уфа. – 1999. – 120 с.
4. Азимова. Ф.Ш., Шагина Н.А. Влияние минеральных протрав на процесс крашения шубной овчины растительным красителем кермека. // Кожевенно-обувная промышленность, № 4, 2009. – стр. 33 – 34.

УДК 664.036

М.С.Мурадов, М.М.Мурадов, Э.Т.Адамян

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ

Повышением температурного уровня и вращением тары можно существенно интенсифицировать процесс теплообмена. В качестве греющей среды использовали нагретый воздух температурой 170^{0}С. При стерилизации консервов с вращением тары коэффициент крайней неравномерности стремится к единице ($К_{к.н.}$=1), а коэффициент интенсивности теплообмена для «Компота из персиков» достигает равным 3 и критерий эффективности $К_э$=0,9.

Ключевые слова: *скорость, вращение, летальность, коэффициент крайней неравномерности, интенсивности, эффективности.*

M.S. Muradov, M.M. Muradov, E.T. Adamian

INTENSIFICATION OF STERILIZATION CANNED

Increase the temperature level and rotation of container can substantially intensify the heat exchange process. As the heating medium temperature of the heated air is used 170oS. The sterilization of canned food to the rotation rate of packaging extreme unevenness tends to unity (Kk.n. = 1), and the coefficient of heat transfer rate for a "peach compote" up to 3 and the criterion of effectiveness Ke = 0.9.

Keywords*: speed, spin, lethality, extreme unevenness rate, intensity, efficiency.*

Как известно, основными путями интенсификации процесса тепловой стерилизации консервов в банках являются повышение температурного уровня и вынужденное перемешивание продукта путем вращения банки.

Ускорение процесса нагрева компота при повышении температурного уровня хорошо видно из рисунка 1, где показаны результаты наших исследований по прогреваемости компота из персиков при различной температуре горячего воздуха как в неподвижном состоянии банки № 13, так и при вращении ее вокруг своей продольной оси.

В таблице 1 приведены средние скорости прогрева компота из персиков (центр банки) при стерилизации его как в автоклаве по действующему режиму, так и в потоке горячего воздуха температурой 135, 150 и 170^{0}С.

Таблица 1

Влияние температурного уровня процесса и вращения банки на скорость прогрева "Компота из персиков"

№ п/п	Способ нагрева	Средняя скорость нагрева, ^{0}С/с	
		при неподвижном состоянии банки	при вращении банки частотой 0,5 $с^{-1}$

1.	В автоклаве водой	0,035	-
2.	В потоке горячего воздуха с температурой:		
	T_1=135^{0}C	0,042	-
	T_2=150^{0}C	0,048	-
	T=170^{0}C	0,05	0,07

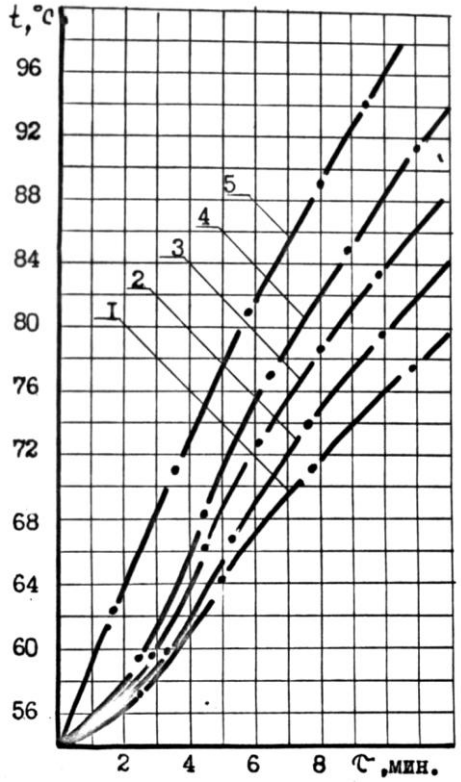


Рис.1. *Кривые изменения температуры "Компота из персиков" при стерилизации:*
1 *– по действующему режиму в автоклаве при n = 0;*
2 – в потоке горячего *воздуха температурой:*
2 – 135°C и n= *0;*
3 – 150 °C и n= *0;*
4 *– 170 °C и* n= *0;*
5 *– 170 °C и n = 0,5 с$^{-1}$.*

Как видно из таблицы, с повышением температуры греющей среды скорость прогрева компота повышается, причем при ротационном нагреве при температуре воздуха 170^{0}C возрастает почти в 2 раза относительно скорости прогрева водой в автоклаве. Однако повышение температуры греющей среды связано с неравномерностью тепловой обработки; с повышением первого возрастает коэффициент крайней неравномерности тепловой обработки [1]. Это подтверждается экспериментальными данными, полученными при прогреве "Компота из слив" в потоке горячего воздуха температурой 150 и 170^{0}C в неподвижном состоянии банки (рисунок 2). Банка № 13 находилась в горизонтальном положении и обдувалась снизу вверх потоком горячего воздуха. Температуру компота измеряли по вертикальной оси в

шести точках. Как видно из рисунка 2, "Компот из слив" в различных точках нагревается различно: верхние слои нагреваются быстрее, чем нижние. При этом было установлено, что наименее "Компот из слив" прогревается в точке, отстоящей от нижней стенки по оси банки на расстоянии 10 мм, что подтверждается и литературными данными [2]. Температурная разница между периферийным и центральным слоями при температуре воздуха 150 и 170^0С достигает соответственно 20 и 25^0С, что значительно превосходит разницу при стерилизации водой в автоклаве по режиму $\frac{15-20-15}{100}$.

Прежде чем исследовать послойную прогреваемость компотов в потоке горячего воздуха при вращении банки необходимо было установить оптимальную температуру последнего. Для этой цели изучали прогрев сахарного раствора 10, 20 и 30% концентрации в потоке горячего воздуха со скоростью 4÷6 м/с при температурах его 150, 160, 170 и 180^0С и вращении банки вокруг своей продольной оси частотой 0,083÷1,0 $с^{-1}$. Температуру сахарного раствора измеряли в геометрическом центре банки [3].

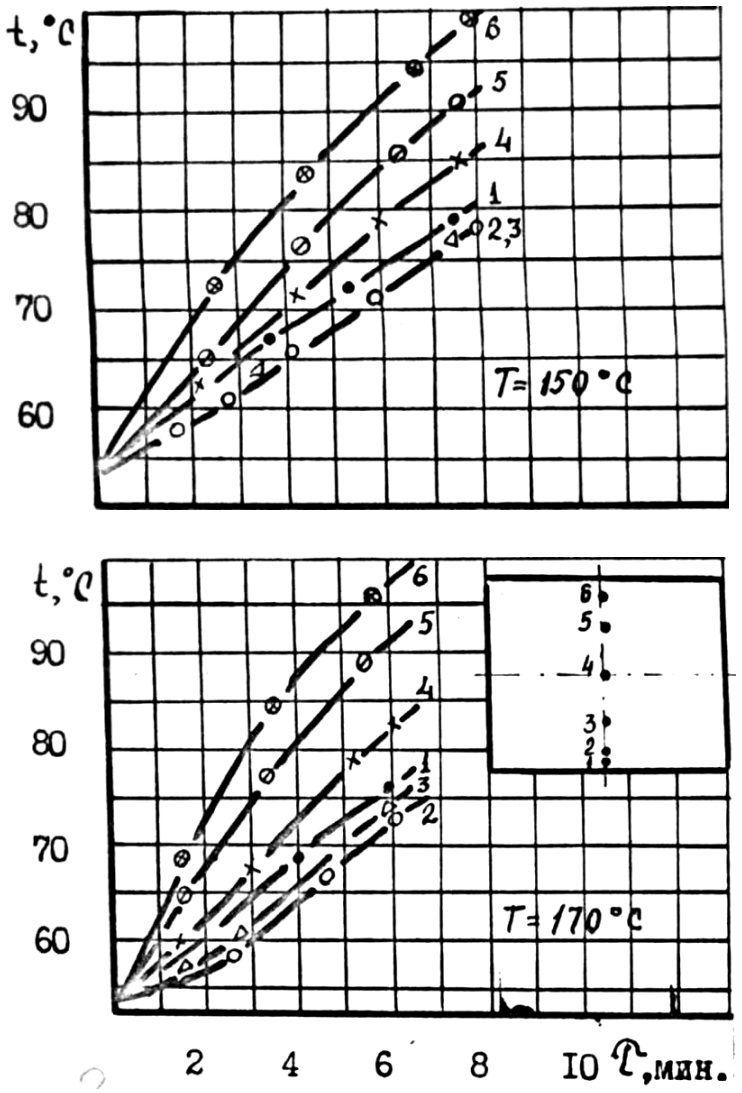


Рис.2. *Кривые изменения температуры "Компота из слив" в различных точках банки 13 в потоке горячего воздуха температурой:*
а –150 °С; б –170°С.

Проведенными исследованиями было установлено, что скорость прогрева сахарного раствора увеличивается с повышением температуры греющей среды. Однако в качестве оптимальной температуры воздушного потока для дальнейших исследований выбрали температуру 170^0C. Такой выбор объясняется тем, что при температуре 170^0C относительное увеличение скорости прогрева наибольшее:

150^0C – 0,054 ^{0}C/c;

160^0C – 0,063 ^{0}C/c;

170^0C – 0,073 ^{0}C/c;

180^0C – 0,075 ^{0}C/c.

Для выяснения степени неравномерности тепловой обработки компотов при температуре воздушного потока 170^0C изучали послойную прогреваемость различных компотов (компотов из персиков, черешни, слив, абрикосов при вращении банки как вокруг своей продольной оси, так и с донышка на крышку при различной частоте.

Исходя из осесимметричности банки, температуру измеряли в четырех точках по одну сторону от оси вращения.

На рисунке 3 показаны кривые прогрева "Компота из черешни" при вращении банки № 13 вокруг своей продольной оси. Кривые показывают, что с увеличением частоты вращения неравномерность тепловой обработки компота уменьшается, и, начиная с n=0,5 c^{-1}, компот в исследованных точках нагревается практически равномерно. Так, при n=0,1 c^{-1} разница между температурами периферийного и центрального слоев составляет 4-5^{0}C и коэффициент крайней неравномерности тепловой обработки равен 1,8; при n=0,166 c^{-1} температурная разница равна 2÷2,5^{0}C и $K_{кн} = \frac{27}{20} = 1{,}3$, а при n=0,5 c^{-1} – $K_{кн} \cong 1{,}0$.

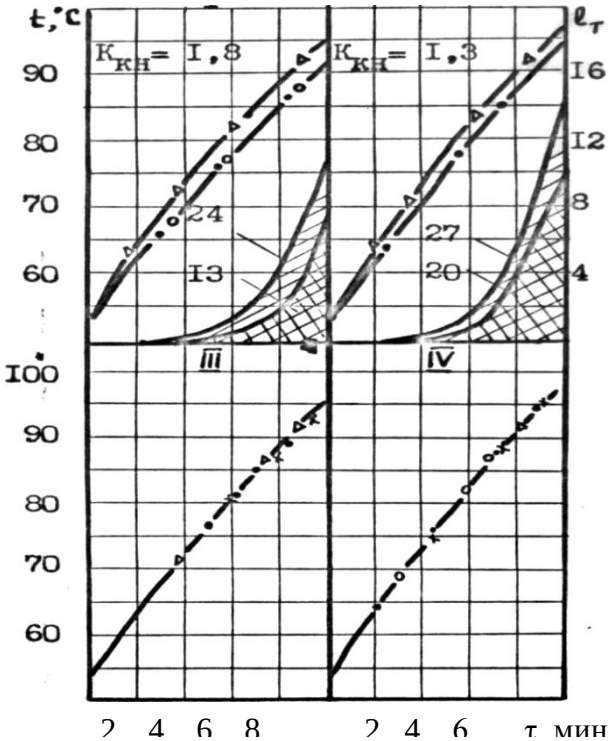


Рис 3. *Кривые прогрева и фактической летальности Компота из черешни" в потоке горячего воздуха температурой 170 °С при частоте вращения банки № 13 вокруг продольной оси:*
I – 0,1 c^{-1}; II – 0,16 c^{-1};
III – 0,5 c^{-1};1V – 1,33 c^{-1}.

Таким образом, вращение банки способствует равномерности тепловой обработки компотов. С увеличением частоты вращения банки вокруг продольной оси время достижения заданной конечной температуры уменьшается. Так, для нагрева "Компота из черешни" от температуры 54^0С до 95^0С необходимо время: при n = 0,166 $с^{-1}$ – 10 мин; n=0,5 $с^{-1}$ – 9,8 мин; n=1,33 $с^{-1}$ – 9 мин.

Для установления эффективности вращения [4] изучали прогреваемость "Компота из персиков" и воды как при ротационной стерилизации, так и при стерилизации в неподвижном состоянии банки по произвольно выбранному режиму $\frac{16}{150}\cdot\frac{23}{32}$: в числителе – продолжительность нагрева и охлаждения, в знаменателе – температура воздуха; охлаждение – в потоке атмосферного воздуха.

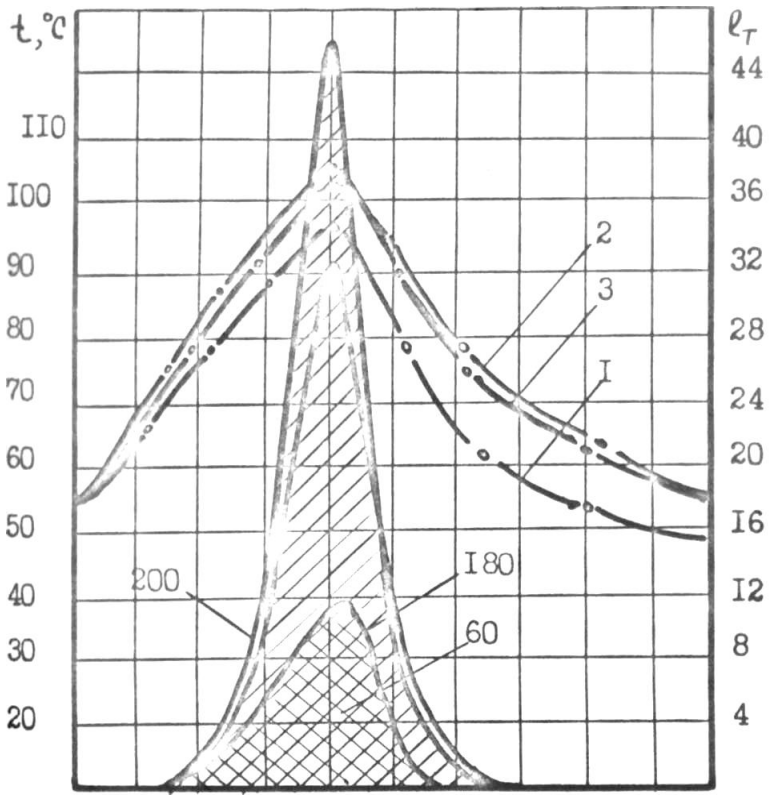


Рис. 4. *Кривые прогреваемости и фактической летальности наименее прогреваемой точки в банке № 13 при стерилизации в потоке воздуха по ре жиму* $\frac{16}{150}\cdot\frac{23}{32}$*:*

1. *"Компота из персиков" в статическом состоянии банки;*
2. *"Компота из персиков" при вращении банки со скоростью n = 0,5 $с^{-1}$;*
3. *воды в статическом состоянии банки.*

На рисунке 4 показаны кривые прогрева и фактической летальности "Компота из персиков" и воды наименее прогреваемой точки. Кривые показывают, что максимальная температура компота в статическом состоянии банки по режиму достигает 95^0С, при вращении банки частотой 0,5 $с^{-1}$ – $102,5^0$С, а температура воды достигает 105^0С. Соответственно и величины фактической летальности равны 60, 180 и 200 усл.мин, т.е. разница величин фактической летальности для компота наименее прогреваемой точки составляет (180-60) 120 усл.мин. Коэффициент интенсивности теплообмена ($К_{и.т.}$) [4] для исследованного режима равен

$$K_{и.т.} = \frac{L_{макс}}{L_o} = \frac{180}{60} = 3,$$

где $L_{макс}$ – максимальная фактическая летальность, достигаемая при вращении банки; L_o – фактическая летальность, достигаемая при неподвижном состоянии банки.

Критерий эффективности вращения, представляющий отношение максимальной фактической летальности, достигнутой путем вращения, к фактической летальности воды

$$K_{эв} = \frac{180}{200} = 0,9.$$

Таким образом, вращение банки при стерилизации компотов при высокотемпературных режимах в потоке воздуха целесообразно [4].

Библиографический список:

1. Флауменбаум Б.Л. и др. О степени неравномерности тепловой обработки консервов при стерилизации. – Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1963, №2, с. 87-92. Авт.: Флауменбаум Б.Л., Валявская М.И., Каушанская Л.З., Терлецкая Л.А., Писаченко А.И.
2. Рогачев В.И. и др. Местоположение наименее прогреваемой точки в банке с продуктом. – Консервная и овощесушильная промышленность, 1973, №9, с. 36-37. Авт.: Рогачев В.И., Бабарин В.П., Ганцов В., Милованова Г.П.
3. Аминов М.С., Мурадов М.С., Ахмедов М.Э. Эффективность высокотемпературной ротационной стерилизации «Компота из персиков» с воздушно-водоиспарительным охлаждением. – Консервная и овощесушильная промышленность, 1975, №12, с. 18-20.
4. Флауменбаум Б.Л., Терлецкая Л.А., Лелица А.Г. Стерилизация консервов с вращением банок в аппарате. – Известия вузов СССР. Пищевая технология, 1968, №3, с. 98-100.

ЭКОНОМИКА ОТРАСЛИ

УДК 65.050.9(2)2

Исмаилова Ш.Т., Саидов М.-П. А.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. *Предлагается методика оценки эффективности работы производственных подразделений строительного предприятия в условиях интрапренерства при поточном методе строительства объектов под «ключ». Проведен анализ методов моделирования предпринимательской деятельности в строительстве и усовершенствована методики оценки конкурентоспособности внедряемых в производство проектов.*

Ключевые слова: *производственное подразделение, эффективность работы, предпринимательская деятельность, конкурентоспособность.*

Ismailova SH.T., Saidov M.-P. A.

ESTIMATION TO EFFICIENCY AND MODELING TO BUSINESS ACTIVITY OF THE PRODUCTION SUBDIVISIONS IN CONSTRUCTION

The Abstract. *It Is Offered methods of the estimation to efficiency of the functioning(working) the production subdivisions of the building enterprise in condition интрапренерства under flow method construction object under "key". The Organized analysis of the methods of modeling to business activity in construction and is advanced methods of the estimation to competitiveness introduced in production project.*

The Keywords: *production subdivision, efficiency of the work, business activity, competitiveness.*

Для выбора наиболее выгодных коммерческих решений эффективная система управления предпринимательской деятельностью различных экономически самостоятельных подразделений строительного предприятия в условиях интрапренерства должна опираться на решение различных задач с применением имитационных и оптимизационных моделей.

Обычно выбор наилучшего варианта (в данном случае - совокупность решений и мероприятий в области предпринимательства) из всех альтернативных вариантов, осуществляется на основе решения оптимизационной задачи, когда эффективность каждого альтернативного варианта взвешивается при помощи заданного критерия качества при выполнении ограничений на имеющиеся у предпринимателя ресурсы.

Принцип локальной оптимизации решений весьма распространен в теории управления, планирования, прогнозирования, планово - проектной, производственной, коммерческой деятельности. Однако его использование имеет обычно упрощенную (усеченную) форму и связано с выбором лучшего варианта, определяемого на основании имеющихся сведений об объекте управления, т.е. лучшего из известных вариантов[1]. Другими словами, локально-оптимальный выбор не имеет полного соответствия условию оптимальности. Оно отвечает так называемому условию рациональности, когда круг

рассматриваемых вариантов ограничен, и наилучший вариант может оказаться за его пределами. Кроме того, как показывает практика невозможно добиться эффективной работы производственной деятельности отдельных самостоятельных подразделений при оптимизации одного, пусть даже основного показателя. Это обусловлено тем, что эффективность состояния производственного подразделения предприятия можно оценить только при помощи векторного критериального показателя. Поэтому для проведения эффективной оптимизации производственного процесса необходимо использовать многокритериальную оптимизацию по Парето с учетом рисков и ограничений, накладываемых на деятельность производственных подразделений внешними и внутренними условиями их функционирования. Для выявления же пределов и скоростей изменения регулируемых параметров (показателей) необходимо также широко использовать методы имитационного моделирования, такие как теория массового обслуживания, сети Петри, дифференциальные уравнения Колмогорова для вероятностей состояния системы и т.д. Применение этих моделей позволяет оценивать эффективность функционирования самостоятельных производственных подразделений строительного предприятия на протяжении всего отчетного периода. При этом целесообразно говорит об усредненном значении эффективности производственной деятельности за отчетный период.

Так, для оценки эффективности при поточном строительстве нескольких объектов специализированными производственными подразделениями строительного предприятия и выполнении ими различных циклов подрядных работ необходимо учитывать, что в строительном производстве есть как экономически выгодные, так и экономически не выгодные подрядные работы. Другими словами, необходимо учитывать, что есть подрядные работы, имеющие достаточно высокую трудоемкость при низкой стоимости их выполнения, но которые обязательно должны быть выполнены для сдачи объекта «под ключ». В этой связи эффективность производственной деятельности специализированных подразделений строительного предприятия целесообразно оценивать косвенным образом, например через степень их средней загрузки ($P_{ср}$) за отчетный период и степень трудоемкости выполняемых подрядных работ.

В этом случае фактическая (абсолютная) эффективность работы ($Э_ф$) специализированного производственного подразделения строительного предприятия за отчетный период в целом можно определить согласно следующему выражению:

$$Э_ф = P_{ср} \frac{VC}{Z_1},$$

где *V*- фактический объем выполненных подразделением подрядных работ; *C* – стоимость одной условной единицы выполненных подрядных работ; Z_1 – затраты, которые понесло подразделение при выполнении полученного объема работ. При этом значение $P_{ср}$ фактически исполняет роль поправочного коэффициента, учитывающего простои, которые произошли не по вине производственного подразделения.

Учитывая заданные нормы работ *(H)*, которые должно выполнять подразделение в единицу времени отчетного периода *(T)*, можно определить требуемую эффективность работы ($Э_{тр}$) производственного подразделения в данных условиях функционирования следующим образом:

$$Э_{тр} = P_{ср} \frac{HTC}{Z_2},$$

где Z_2 – планируемые затраты, связанные с выполнением объема работ равного НТ.

Таким образом, если выполняется условие :

$$Э_ф \geq Э_{тр},$$

то можно считать, что производственное подразделение, выполняя соответствующий его специализации цикл работ, функционирует эффективным образом.

Для сравнительной оценки эффективности работы различных производственных подразделений строительного предприятия при поточном строительстве нескольких объектов, при условии, что они укомплектованы производственными рабочими обеспечивающими условие поточности, можно воспользоваться относительной эффективностью *($Э_{от}$)* работы производственного подразделения:

$$Э_{от} = \frac{Э_{ф}}{Э_{тр}} = \frac{VZ_2}{HTZ_1} \ .$$

При этом наиболее эффективным образом работает то производственное подразделение строительного предприятия, для которого величина $Э_{от}$ имеет наибольшее значение.

При этом для оценки средней загрузки подразделения $P_{ср}$ можно воспользоваться следующей моделью теории массового обслуживания[2]. С определенными допущениями при условии, что производственное подразделение функционирует с простоями, правомерно считать, что оно может находиться в следующих состояниях: S_0 - при 0% загрузки, S_1- при 10% загрузки, S_2 - при 20%,…, S_{10} - при 100% загрузки. Указанная нагрузка зависит от интенсивности μ потока партий поступающих на объекты строительных материалов. Величина μ определяется средним числом партий стройматериалов и других ресурсов (например, строительной техники) поступающих на строящиеся объекты на заданном интервале времени. Данная величина в виду множества действующих на нее случайных факторов (например, несвоевременные поставки) носит случайный характер.

Причем если на стройку поступает десять партий материалов, то производственное подразделение считается загруженным на 10% и оно переходит от одного состояния S_i к другому состоянию S_j хотя бы при поступлении или при израсходовании одной партии стройматериалов, а также при поступлении или выходу из строя хотя бы одной единицы строительной техники. Таким образом, изменение загрузки производственного подразделения носить случайный характер и может быть описано процессом «гибели и размножения» для одноканальной системы массового обслуживания. Это позволяет для различных состояний системы, используя математический аппарат теории массового обслуживания определить соответствующие им финальные вероятности P_i, которые интерпретируются как доля времени пребывания производственного подразделения за отчетный период в соответствующих им состояниях. Отсюда, среднее значение загрузки, в зависимости от эффективности снабжения производственного подразделения необходимыми ресурсами, может определяться согласно выражению:

$$P_{ср} = (\sum_{i=1}^{10} P_i)/10.$$

Кроме того, имитационные модели могут служить для определения тенденций развития процессов и пополнения недостающих знаний, а оптимизационные модели применяются для повышения эффективности функционирования путем выбора на основе заданной функции качества наиболее выгодного варианта решения задач из числа различных альтернативных вариантов их реализации. В целом же обе модели, дополняя друг друга, позволяют эффективным образом решить проблему выбора наилучшего, согласно имеющимся данным, варианта решения производственных задач и управления строительным производством.

При моделировании предпринимательской деятельности особенно важным является свойство оптимизации. Собственно, выбор оптимальной модели предпринимательства - наиболее характерный пример его проявления, когда условие оптимальности позволяет реализовать комплексный подход к изучению разнонаправленных процессов и явлений, разнокачественных факторов и характеристик, обеспечить взвешенную, полностью согласованную их оценку. Причем свойство оптимальности проявляется в вариантности

процесса моделирования. Вариантность (вариантный метод, вариантный подход) определяется процессом разработки предварительных проектов модели, по результату реализации которой соответствующие менеджеры принимают решения. Иными словами, вариантный метод - это подготовка модели проекта принятия решений в неоднозначном исполнении, показывающее наличие многообразия решений в поисках оптимума и обеспечивающего возможность выбора одного из вариантов[3].

Другими словами, предположения, положенные в основу управленческого решения, должны всегда содержать максимально возможное количество вариантов, определяющих различные направления действий для достижения поставленной цели. В этом случае менеджеры принимающие решения могут выбрать наиболее выгодный вариант из множества заданных альтернатив согласно заданному критерию выбора, например, получения максимальной прибыли.

Осуществляя процесс оптимизации предпринимательских решений, сводящийся к выбору наилучшего из всех альтернативных вариантов, наиболее важно использовать адекватные и научно обоснованные критерии выбора. Поиск параметров дающих оптимальное (максимальное или минимальное) значение критерия является целью расчетов, а используемая при этом функция качества называется целевой функцией.

Таким образом, в общем представлении, эффективность выступает как индикатор развития. Она же является и его важнейшим стимулом. В стремлении повысить эффективность конкретного вида предпринимательской деятельности и их совокупности, определяются конкретные меры, способствующие процессу развития, и отсекаются те из них, что ведут к регрессу. Эффективность, в этом смысле, всегда связана с практикой. Она становится целевым ориентиром управленческой деятельности, направляет эту деятельность в русло обоснованности, необходимости, оправданности и достаточности.

Однако в системе предпринимательства к процессу постановки целей предъявляются особые требования. Они обусловлены интеграцией целеполагания и оптимизации в единый планово - управленческий цикл. В этом цикле целевые установки составляют базу для стратегических решений, реализация которых обеспечивается тактическими и оперативными мероприятиями. Они же закладываются в основу контроля полученных результатов, где осуществляется процедура сравнения целей и результатов. На этапе контроля количественные оценки дают более точные и обоснованные результаты. Качественные оценки также пригодные, в принципе, для проведения процедур контроля, но они при этом позволяют получать менее точные и надежные результаты. Безусловно, любые качественные категории могут быть описаны количественными оценками с помощью теории нечетких множеств, баллов или индексов. Но такие оценки всегда имеют элемент субъективности, который можно сократить (например, с помощью соблюдения всех правил и принципов экспертного метода), но невозможно полностью исключить. Поэтому при оценке эффективности предпринимательства следует отдавать предпочтение количественным оценкам, используя их как для характеристики цели, так и для характеристики результата. При этом представление цели может носить одну из следующих форм:

-целевая переменная приравнивается к заданной константе;

-целевая переменная ограничивается сверху, или снизу, или интервалом с обеих сторон:

-целевая переменная оптимизируется.

При этом для измерения показателей результата предпринимательской деятельности могут использоваться различные методы. Показатель занимаемой доли рынка определяется на основе маркетинговых исследований, в рамках которых исследуется совокупная емкость рынка и анализируется соотношение между емкостными показателями, характеризующими деятельность исследуемого предприятия и его основных конкурентов.

Конкурентоспособность продукции или предприятия выражается с помощью относительного показателя, где в качестве оцениваемых альтернатив выступают продукты (организации), образующие конкурентную среду.

Для оценки конкурентоспособности продукта обычно используется методический подход, основанный на получении обобщенных показателей, агрегирующих множество частных характеристик с учетом их веса значимости. При этом может быть предложен следующий алгоритм:

Определяются частные показатели, характеризующие конкурентные свойства продукта (организации).

Определяются значения частных показателей по каждому из альтернативных вариантов (в натуральных единицах измерения, а при необходимости - в баллах) - K_i. С помощью экспертного метода выстраивается последовательность частных показателей конкурентоспособности, ранжированная по степени их значимости для потребителей[4].

Выбирается вариант - "эталон", являющийся базовым при сопоставлении частных показателей (в качестве эталона может быть использован любой из альтернативных вариантов).

Частные показатели конкурентоспособности сопоставляют с "эталонным" вариантом и определяются индексы частных показателей (J_{ki}) по каждому k-му варианту:

$$J_{ki} = K_i / K_{iэ}$$

где K_i, $K_{iэ}$ –значения частного показателя конкурентоспособности, соответственно, сравниваемого варианта и "эталона".

Исчисление совокупного (интегрального) показателя конкурентоспособности продукции (организации) по каждому k-му из сравниваемых вариантов - Y_{kn}:

$$Y_{kn} = \frac{\sum_{i-1}^{n} J_{ki} Y_{ki}}{\sum_{i=1}^{n} J_{ki}},$$

где n - число оцениваемых частных показателей конкурентоспособности сравниваемого k-го варианта продукции.

Важно отметить, что данный показатель пригоден лишь для сравнительных оценок и не может быть использован как абсолютная характеристика, он представляется вполне пригодным для решения задач оценки эффективности предпринимательства, сравнительной по своей сути, и используемой в процессе оптимизации (выбора).

Для характеристики затрат, обуславливающих получение результата, необходимо ориентироваться на принцип комплексности и полноты затратных компонентов. Может быть сформирована следующая совокупность затрат (З)[5]:

$$З = З_{об} + З_{оп} + З_{тр} + Зм,$$

где: $З_{об}$, $З_{оп}$, $З_{тр}$ - затрата на воспроизводство оборотных фондов, основных производственных фондов и трудовых ресурсов (соответственно); $З_м$ - затраты на маркетинг.

Затраты на маркетинг представляют собой совокупность составляющих, аккумулирующих расходы на проведение различных маркетинговых мероприятий и процедур:

$$З_м = \sum_{ь=1}^{n} Зm,$$

где: Зm - затраты на маркетинговые мероприятия m-ого вида; n - число мероприятий.

Представленные показатели выражают совокупный результат предпринимательской деятельности. Они зависят от многих факторов и могут, по сути, называться обобщающими. Однако, предпринимательство включает в себя ряд относительно

самостоятельных видов деятельности: производственную, финансовую, коммерческую, коммуникативную, каждая из которых оказывает непосредственное влияние на конечные результаты и, тем самым, в значительной мере определяет эффективность функционирования всей предпринимательской системы в целом. Каждый из видов деятельности образует собственные результаты, на базе которых могут быть исчислены соответствующие показатели, отражающие эффективность функционирования отдельных предпринимательских подсистем.

Эти показатели не могут претендовать на роль обобщающих характеристик, так как касаются лишь отдельных элементов единого целого, но могут с успехом использоваться в качестве дополнительных составляющих.

Библиографический список:

1. Архипов В.Е. Принципы эффективного менеджмента и маркетинга. -М., Инфра-М, 1998.
2. Вентцель Е. С. Исследование операций: Задачи, принципы, методология. –М.: Наука, 1980
3. Глущенко В.В. Менеджмент: системные основы. - 2-е изд. - Моск. обл.: Крылья, 1998.
4. Портер М. Конкурентное преимущество: Как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006.
5. Ковалев В.В. Финансовый анализ. - М.: Финансы и статистика, 2006.

УДК 65.050.9(2)2

И.Т. Курбанова

ФОРМИРОВАНИЯ СЕТЕВОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ АССОЦИАЦИЕЙ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ СФЕРЫ УСЛУГ

Аннотация.

Предлагается оригинальная сетевая иерархическая организационная структура управления ассоциацией малых предприятий сферы услуг, обеспечивающая эффективное их взаимодействие и совместную работу в нестабильных условиях современного рынка.

Ключевые слова: *ассоциация, малые предприятия, сфера услуг, организация.*

I.T. Kurbanova

SHAPING THE NETWORK ORGANIZING STRUCTURE OF MANAGEMENT ASSOTIATION SMALL ENTERPRISE OF THE SPHERE OF THE SERVICES

The Abstract.

It Is Offered original network hierarchical organizing structure of management assotiation small enterprise of the sphere of the services, providing efficient their interaction and collaboration in sloppy condition modern market.

Keywords: *assotiation, small businesses, sphere of the services, organization.*

В настоящее время одной из актуальных проблем является формирование эффективной организационной структуры различных форм объединений малых предприятий крупного муниципального образования. Учитывая необходимость равномерного разброса малых предприятий сферы услуг по территории муниципального образования, предлагается один из подходов эффективного решения данной проблемы на основе организационной системы управления, имеющей иерархическую сетевую организационную структуру, которая формируется следующим образом (рис. 1).

Данная организационная структура строится на основе корпоративной вычислительной сети. Причем автономные связи между отдельными подразделениями в сети, ввиду их высокой стоимости реализации, могут отсутствовать, или дополнительно создаваться в случае необходимости. Сеть имеет активный центр, в котором располагается высшее руководство объединения, состоящее из генерального директора, директора по производству, имеющего заместителей по всем направлениям деятельности ассоциации (бытовое обслуживание, продажа продовольственных товаров и т.д.), директора по сбыту и взаимодействию с клиентурой, директора по кадрам, финансового директора, директора по материально-техническому снабжению, директора по маркетингу, директора по инновационной деятельности и развитию. Причем в зависимости от размеров ассоциации различные функции директоров могут возлагаться на одного менеджера.

На следующем уровне иерархии управления располагаются отделы (1-6) соответственно:

1) отдел управления производством, включающий специалистов по всем направлениям деятельности ассоциации;

2) финансовый отдел, включающий специалистов по планово-экономической деятельности и бухгалтерию;

3) отдел материально – технического снабжения;

4) отдел управления маркетингом и взаимодействием с клиентами;

5) отдел управления инновационной деятельностью и развитием;

6) отдел управления качеством.

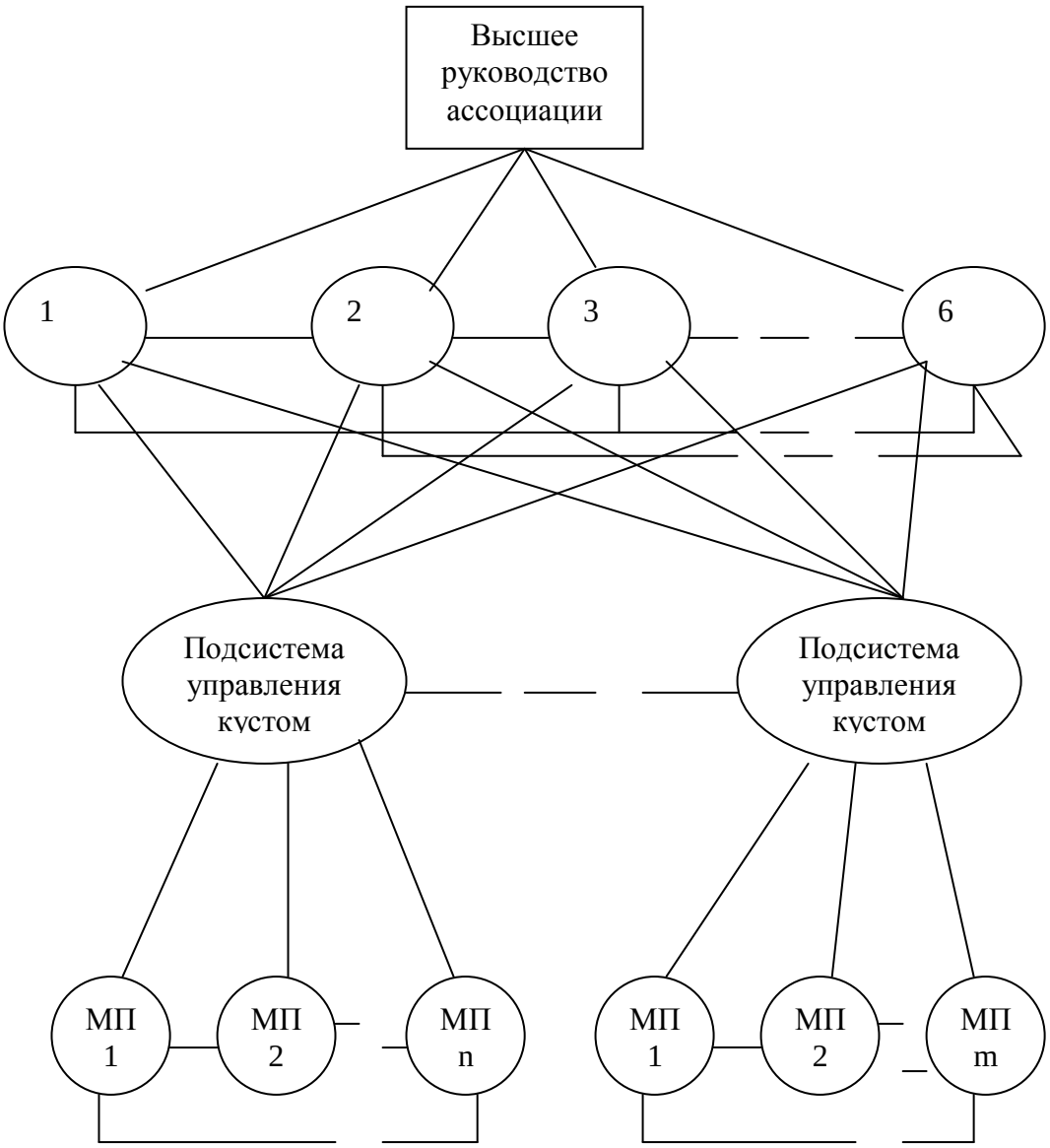


Рис. 1. Сетевая иерархическая организационная структура ассоциации малых предприятий ($МП_i$).

Все отделы данного уровня управления объединяются в сеть как равноправные партнеры и могут участвовать в решении различных, даже не свойственных для их специализации проблем. Различные отделы согласно их функциональной специализации занимаются решением общих для всей ассоциации предприятий проблем.

Далее идет уровень, состоящий из подсистемы управления кустом малых предприятий. В состав каждой такой подсистемы входят менеджеры, ответственные за деятельность по всем видам специализации, входящих в куст малых предприятий. Все подсистемы данного уровня иерархии управления объединяются в сеть равноправных партнеров и участвуют в решении сложных проблем, возникающих в различных кустах малых предприятий. Однако окончательное же решение принимается менеджерами соответствующего куста, и они несут полную ответственность перед вышестоящими руководителями ассоциации за эффективность работы входящих в куст предприятий.

При этом на каждую подсистему управления кустом возлагаются следующие основные задачи:

-распределение и перераспределение заказов на обслуживание между автономно действующими предприятиями куста в плановом порядке и в случае, например, если одно из них не справляется с потоком клиентов из-за отсутствия требуемых для этого мощностей;

-распределение централизованно накопленных ресурсов между отдельными предприятиями куста;

-активное участие в процессе принятия решений в форме выдачи рекомендаций автономно функционирующим предприятиям;

- участие в разработке и принятии стратегических для предприятий куста и всей ассоциации решений.

Последний уровень организационной системы образуют кусты малых предприятий, объединяющихся в сеть равноправных партнеров по территориальному признаку. В куст могут входить предприятия, оказывающие как одинаковые, так и различные услуги населению определенного района муниципального образования. Руководит работой каждого такого малого предприятия один менеджер, который несет персональную ответственность за эффективность его работы.

При необходимости могут быть организованы через Интернет прямые связи между малыми предприятиями и различными подразделениями организационной системы и любым уровнем иерархии руководства ассоциации.

Предложенная структура организационной системы управления обладает свойством адаптивности и предназначена для решения сложных проблем методом «мозговой атаки». Данная структура в соответствии со сложившейся в среде хозяйственной ситуацией, предполагает возможность преобразования горизонтальных связей между различными функциональными и производственными подразделениями. Таким образом, возможна организация взаимосвязи только отдельных подразделений, на которые возложены обязанности по обслуживанию решаемой на данный момент времени проблемы. Вертикальные связи в структуре оговорены заранее в соответствии с функциональным назначением ее подразделений и могут также быть изменены при необходимости.

Как это показано выше, все функциональные подразделения второго яруса организационной структуры ассоциации специализированы по функциональному принципу, и в соответствии с их специализацией им присваивается горизонтальный и вертикальный балл компетентности в решении той или иной по характеру проблемы. При этом высшим руководством предприятия принимается к рассмотрению та альтернатива решения проблемы, которая набрала максимальное количество баллов, найденное путем простого суммирования значений коэффициентов компетентности подразделений, проголосовавших за одну и ту же альтернативу. Окончательное решение принимается высшим руководством ассоциации предприятий сферы услуг с учетом мнения всех участников «мозгового штурма».

В заключение следует отметить, что предложенная организация ассоциации малых предприятий сферы услуг практически сочетает в себе основные возможности эдхократической и многомерной организации, и таким образом достаточно полно приспособлена к рыночным условиям функционирования.

Библиографический список:

1. Л. Джеймс, Д. Иванцевич, Джеймс Х. Доннелли мл. Организации: поведение, структура, процессы. – М.: Инфра. – М., 2000 .

ББК 65.050.9(2)2

Ф.Р. Османова, Д.А. Раджабова, Ж.Н. Казиева

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОДЕЛИ МАТЕРИАЛЬНОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В статье обоснованы и уточнены пути совершенствования материального стимулирования, учитывающие современные условия функционирования предприятий строительства и обеспечивающие как заинтересованность работника в результатах своего труда, так и его социальную защищенность.

Ключевые слова: *Материальное стимулирование, модель материального стимулирования.*

F.R.Osmanova, D.A.Radgabova, J.N.Kazieva

IMPROVEMENT OF MODELS OF MATERIAL INCENTIVES IN THE CONSTRUCTION OF

The author substantiates and clarified the ways of improvement of material incentives, taking into account modern conditions of functioning of the enterprises of the construction and ensuring the interest of the worker in the results of his work, and his social security.

Key words: *Financial incentives, the model of material stimulation.*

Трансформация рыночных условий, переход к рыночной форме хозяйствования кардинально изменили требования к материальному стимулированию работников предприятия, продолжается расслоение населения по уровню доходов, по социальному положению. Существующие модели материального стимулирования персонала уже не могут удовлетворить требования современных предприятий, так как в подобных моделях не задействованы воспроизводственная и лишь частично задействованы стимулирующая функции заработной платы, отсутствует связь между материальным стимулированием работников, производительностью его труда и конечными результатами его производства.

Новые условия хозяйствования строительных предприятий и организаций и новое понимание роли человеческого фактора требуют новых подходов к организации материального стимулирования работников. Необходим отход от традиционной шкалы показателей стимулирования и переход к научно обоснованному моделированию таких показателей, которые обеспечат прозрачность организации материального стимулирования, учет особенностей мотивации, а также интересы всех участников трудового процесса.

Новые подходы к материальному вознаграждению работников основаны на построении оптимальных моделей оплаты труда и участия в распределении доходов. Наибольший интерес представляет создание такой модели, которая отражала бы тесную зависимость уровня вознаграждения от результатов деятельности организации, от трудового вклада в них конкретного работника, от государственной политики в области распределительных отношений и от рыночной конъюнктуры.

Организация материального стимулирования заключается в формировании структуры доходов работников строительного предприятия, которая зависит от форм собственности предприятия, его размера, инновационного развития, стабильности функционирования и регулирующего воздействия государства.

Типовая структура дохода работника строительного предприятия характерна в целом для отрасли и может быть представлена: оплатой по тарифным ставкам и окладам,

надбавками, премиями (прямое материальное стимулирование), социальными выплатами (социальный пакет или косвенное материальное стимулирование) и дивидендами по акциям предприятия. Среди основных направлений совершенствования материального стимулирования наиболее актуальными представляются связанные с усилением заинтересованности каждого работника в повышении эффективности труда, экономии ресурсов, повышении качества продукции и увеличении объемов продукции.

Выбор модели материального стимулирования работников предприятия в современных условиях должен быть основан на учете основных уровней отношений между работниками и работодателями, к которым можно отнести следующие:

- взаимодействие работников и работодателей на рынке труда, где определяется цена рабочей силы (услуги); цена рабочей силы устанавливается на основе договора между работодателями и работниками (непосредственно или через своих представителей путем коллективных переговоров на различных уровнях); границы денежных вознаграждений (цены рабочей силы) оговариваются чаще всего законом;
- взаимодействие работников и работодателей непосредственно внутри предприятия. В этом случае должны удовлетворяться как потребности и интересы работников, так и работодателей, и всего предприятия в целом, в целях повышения эффективности его функционирования и развития.

Для того чтобы работодатель и работник получали то, на что каждый из них рассчитывал, между оплатой труда и показателями, характеризующими эффективность деятельности работника, должна быть установлена определенная взаимосвязь, которая должна найти свое отражение в выбранной модели материального стимулирования.

В зависимости от принятой на предприятии концепции распределения соответствующей части доходов между работниками и работодателями (владельцами капитала, предпринимателями) могут быть использованы три модели формирования заработной платы [4]:

- по принципу максимизации доли чистой прибыли, расходуемой на дивиденды владельцам финансового капитала строительного предприятия и замораживания роста трудовых доходов ее работников

$$\begin{gathered}\overline{З}_{\min} = \frac{Д_О - \sum O - \sum U - Див_{\max(ф.к.)}}{P}, \\ З_О = \sum_1^P \overline{З}_{\min};\end{gathered} \qquad (1)$$

- по принципу нормирования доли чистой прибыли, расходуемой на дивиденды владельцев финансового капитала строительного предприятия и максимизации трудовых доходов его работников

$$\begin{gathered}\overline{З}_{\max} = \frac{Д_О - \sum O - \sum U - Див_{норм(ф.к.)}}{P}, \\ З'_О = \sum_1^P \overline{З}_{\max};\end{gathered} \qquad (2)$$

- по принципу нормирования доли чистой прибыли, расходуемой на дивиденды владельцев финансового капитала, а также владельцев трудового капитала, и максимизации трудовых доходов работников

$$\overline{З'}_{\max} = \frac{Д_О - \sum O - \sum U - (Див_{норм} + Див_{норм(тр.к.)})}{P},$$
$$З''_О = \sum_1^P \overline{З'}_{\max}; \qquad (3)$$

где $\overline{З}_{\min}$ - средняя годовая минимально складывающаяся зарплата среднесписочного работника предприятия (по первой модели);

$\overline{З}_{\max}$ - максимально возможная средняя годовая зарплата среднесписочного работника (в соответствии со второй моделью);

$\overline{З'}_{\max}$ - средняя годовая максимально возможная зарплата (включая дивиденды с трудового капитала) (в соответствии с третьей моделью);

$З_О, З'_О, З''_О$ - общая величина заработной платы работников предприятия, соответственно первой, второй и третьей модели;

$Д_О$ – годовые доходы предприятия;

$Див_{\max(ф.к.)}$ - максимизируемая годовая величина дивидендов, получаемых владельцами финансового капитала предприятия;

$Див_{норм(ф.к.)}$ - то же, нормируемая величина

$Див_{норм(тр.к.)}$ - нормируемая годовая величина дивидендов, получаемых владельцами трудового капитала, вложенного в работников при их воспитании и формировании их квалификации;

P – среднесписочная численность работников предприятия;

$\sum O$ - суммарные (годовые) отчисления (налоги, фонд развития и др.);

$\sum U$ - суммарные издержки на материальную часть текущих затрат, включая амортизационные отчисления, затраты на энергию, сырье, основные материалы, полуфабрикаты, трансакционные издержки.

Все рассмотренные модели могут успешно применяться для исчисления заработной платы на предприятиях частной собственности, акционерных обществах. Причем, наиболее предпочтительной моделью является третья, т.к. работники в этом случае получают не только соответствующую максимальную заработную плату, но и дивиденды, выплачиваемые работникам за вложенный капитал.

Основой всех форм и систем материального стимулирования, применяемых в строительных организациях, является тарифная система, которая обеспечивает соответствие квалификации и оплаты труда работников, сложности выполняемых ими работ. Тарификация работ и присвоение квалификационных разрядов рабочим производятся по единому тарифно-квалификационному справочнику работ и профессий. Учитывая, что тарифные ставки по квалификационным разрядам и тарифные коэффициенты представляют собой отношение тарифных ставок соответствующих разрядов к тарифной ставке первого разряда, можно проводить постоянную корректировку тарифной ставки рабочего первого разряда, что обусловлено необходимостью адаптации к изменениям жизненного уровня населения, инфляционным процессам и нестабильности факторов внешней среды. В этом случае индексацию тарифных ставок или заработной платы необходимо рассматривать не как следствие инфляции, а как инструмент ее замедления. Причем, как показывает практика развитых

стран с рыночной экономикой, устанавливать изменения в тарифных ставках лучше на низком уровне (от 0,3÷0,4% до 1,0÷2,0%). Такой подход позволяет найти работодателям средства для нейтрализации негативных последствий инфляции: либо за счет снижения затрат, либо уменьшая долю своей прибыли. Этот процесс должен проводиться ежемесячно и фиксироваться в тарифном соглашении, которое заключается между предприятиями и руководством данной отрасли.

В трудовом процессе следует различать официально фиксированную квалификацию работника (тарифный разряд, уровень образования, и т.д.), а также способности работника как индивидуума, его компетентность, которые определяются не только документами, но и общей культурой, эрудицией, опытом, эмоционально-психологическими свойствами личности и др. Рассматривая динамику реальной квалификации как совокупность различных факторов, необходимо отметить, что процесс накопления знаний, навыков, жизненного опыта, совершенствование личных качеств (ценностей, ориентации, понимания общности целей, эмоций и т.д.), определяющий уровень реального профессионализма, является процессом непрерывным. Причем в течение жизненного цикла происходит интенсивное нарастание (в начале цикла), затем стабилизация определенных элементов (физических способностей), в то время как интеллектуальные свойства продолжают развиваться. На следующей стадии жизненного цикла процесс повышения квалификации замедляется и завершается выбытием человека (как рабочей силы) из производства.

Однако, подвижность реальной квалификации не всегда фиксируется в ставке и окладе, т.к. отсутствуют высоко чувствительные индикаторы для оценки происходящих изменений. Практически происходит пренебрежение этими погрешностями. Поэтому, уточняя метод исчисления заработной платы применительно к конкретному работнику (индивидууму), необходимо помнить, что заработная плата, которая определяется в новых условиях хозяйствования движением факторов качества труда и конъюнктуры рынка, не может быть фиксированной. Для обеспечения адекватности между реальной квалификацией и оплатой труда, необходимы непрерывно возрастающие тарифные ставки и оклады, а также увеличение количества тарифных разрядов. Диапазон между тарифными коэффициентами высшего и низшего разрядов можно выразить следующим образом:

$$\frac{K_{пк.\max}}{K_{пк.\min}} = \frac{K_{T.\max}}{K_{T1}}; \quad (4)$$

где $К_{пк\ min}$ – минимальные затраты на формирование квалификации работника;

$К_{пк\ max}$ - затраты на формирование высшей квалификации работника;

$К_{Т1}$ – тарифный коэффициент 1-го разряда;

$К_{Тmax}$ – тарифный коэффициент высшего разряда.

При таком исчислении необходимо проведение анализа издержек на прирост квалификации работника на предприятии с целью выявления зависимости и способа исчисления этих затрат на прирост квалификации работника на один разряд.

В этом ключе представляет интерес следующая модель формирования тарифной ставки как совокупности трех элементов: квалификации, ответственности, напряженности труда [2]:

$$ТС = К + О + Н, \quad (5)$$

где ТС - тарифная ставка;

К - квалификация;

О - ответственность;

Н - напряженность труда.

Только после уровня образования следует оценивать остальные факторы при определении тарифной ставки, например, в странах с развитой экономикой тарифный разряд любого работника в первую очередь зависит от уровня образования. Поэтому за основу тарифной системы следует принять уровень образования того или иного работника, а уже в пределах одного уровня образования провести градацию тарифных ставок по другим критериям. В качестве других критериев можно назвать опыт, уровень ответственности, напряженность труда и некоторые другие, более детализированные.

В развитие данного подхода предлагаются три модели определения тарифных разрядов рабочих, служащих, специалистов и менеджеров [1].

Модель определения тарифной ставки для рабочих:

$$ТС = ПО + С + СР + НС + ОТВ + Н + Д, \quad (6)$$

где ТС - тарифная ставка;

ПО - профессиональное образование;

С - стаж работы на предприятии;

СР - сложность выполняемых работ;

НС - возможность появления нестандартных ситуаций;

ОТВ - уровень ответственности (за материалы, инструмент, оборудование);

Н - напряженность труда;

Д - дефицитность профессии на рынке труда.

Модель определения тарифной ставки для служащих и специалистов:

$$ТС = ПО + С + СР + НС + ОТВ + ОКТ + Д, \quad (7)$$

где ТС - тарифная ставка;

ПО - профессиональное образование;

С - стаж работы на предприятии;

СР - сложность выполняемых работ;

НС - возможность появления нестандартных ситуаций;

ОТВ - уровень ответственности за технологический процесс и технику безопасности;

ОКТ - ответственность за сохранение коммерческой тайны;

Д - дефицитность профессии на рынке труда.

Модель определения тарифной ставки для менеджеров:

$$ТС = УУР + ЧРП + ППФ + С, \quad (8)$$

где ТС - тарифная ставка;

УУР - уровень управленческой работы;

С - стаж работы на предприятии;

ЧРП - число работников, находящихся в подчинении;

ППФ - среднегодовая стоимость промышленно-производственных фондов, находящихся в ведении у данного менеджера.

Другим значимым элементом, играющим важную роль в воспроизводстве рабочей силы и в формировании системы материального стимулирования в условиях сосуществования предприятий различных форм собственности, является минимальная заработная плата, которая сегодня ниже средней заработной платы группы низкооплачиваемых работников.

Уровень минимальной заработной платы должен быть доведен до размера прожиточного минимума. Поэтому тарифная ставка работника первого разряда должна быть равна минимальной заработной плате:

$$З_{ч\,I} = З_{min} = Ц_{Пкmin} \quad (9)$$

где $З_{ч\,I}$ – зарплата (тарифная) работника I-го разряда;

$З_{min}$ – минимальная заработная плата;

$Ц_{Пкmin}$ – стоимость потребительской корзины.

Тарифная заработная плата i-го разряда исчисляется в соответствии с тарифным коэффициентом:

$$З_{ч\,i}=З_{min}*К_{Ti} \qquad (10)$$

Изменения тарифного коэффициента и тарифной ставки первого разряда производится на основе учета роста потребительских цен (в пределах 2%). Малый размер индексации заработной платы на предприятиях позволит, по нашему мнению, компенсировать удорожание жизни более эффективно, чем резкие и масштабные индексации, которые неизменно вызывают сужение покупательского спроса и падения объемов производимой продукции. Однако, необходимо заметить, что поддержка индексацией должна производится в зависимости от уровня доходов. Работники с низкими доходами нуждаются в индексации в большей мере, т.к. падение покупательского спроса на товары первой необходимости (рост цен) затрагивает в первую очередь эту социальную группу.

Общая оплата труда работников, превышение над тарифной заработной платой ($\Delta З_i$) i-го разряда зависит от уровня общих доходов предприятия и метода распределения между их составными частями. Этот показатель можно определить по формуле, предложенной Л.Чистовым [4]:

$$\Delta З_i = \frac{Д_О - \sum Д_З - З_О}{Р} * \frac{К_{Ti}}{К_Т}; \qquad (11)$$

где $Д_О$ – общие доходы предприятия за год;

$\sum Д_З$ – суммарные отчисления от доходов на возмещение материальной части текущих затрат, налоговые отчисления, на дивиденды владельцам финансового капитала, сверхдоходы менеджеров и в фонд развития предприятия (за год);

Р - среднесписочная численность работников предприятия;

$К_Т$ – среднее значение тарифного коэффициента работников предприятия.

Тарифно-квалификационный справочник обеспечивает единство и обоснованность подхода при оценке уровня квалификационной подготовки работников и определении и присвоении им соответствующих тарифных разрядов. Однако он не позволяет дифференцировать оплату труда работников с учетом результативности производства и реализации продукции. Иначе говоря, дополнительная оплата труда должна распределяться между всеми работниками основного подразделения с учетом достигнутого уровня эффективности функционирования производительных сил (ПС) предприятия (или подразделения). В этом случае величину общей оплаты труда ($З_{общ}$) можно определить следующим образом:

$$З_{общ}= З_н*I_{цкр}*К_к \qquad (12)$$

где $З_н$ – нормативная заработная плата производственных рабочих, руководителей, специалистов и служащих как части цеховых и заводских накладных расходов. Величина нормативной заработной платы исчисляется по предложенной выше методике как сумма действующих на предприятии тарифных ставок и должностных окладов оптимальной численности работающих в конкретных подразделениях предприятия;

$I_{цкр}$ – индекс относительного роста производительной силы используемого контингента работников в составе совокупных применяемых ресурсов (ПС СПР) за рассматриваемый период

$$I_{цкр} = \frac{Ц_{Пкр}}{Ц_{Пкрб}} \qquad (13)$$

где $Ц_{Пкр}$ – ПС контингента работников в составе СПР в рассматриваемом периоде;

$Ц_{Пкрб}$ – то же в базовом периоде;

$$Ц_{Пкр} = Ц_{П} * q_{к.р} = Ц_{П} * \frac{К_{к.р}}{К} \qquad (14)$$

где $Ц_{П}$ – общий результат функционирования СПР, выражаемый через годовой объем собственной продукции или общая ПС СПР;

$q_{к.р}$ – доля работников от СПР ($q_{к.р} = \frac{К_{к.р}}{К}$);

$К_{к.р}$ – численность работников в СПР, выраженная через затраты на формирование их квалификации;

К – стоимость совокупных применяемых ресурсов, которая непосредственно связана с производительной силой ($Ц_{П}$) соотношением $Э_{ф} = \frac{Ц_{П}}{К}$, где $Э_{ф}$ показывает соотношение полного результата функционирования ПС, обусловленного экстенсивными и интенсивными факторами СПР.

Если эффективность производительных сил подразделения по результатам реализации продукции и результатам производства в целом по предприятию отличаются, то необходима корректировка зарплаты, коэффициент ($К_{к}$) которой определяется соотношением показателя эффективности по результатам реализации к показателю эффективности по результатам производства. При таком исчислении возрастает уровень социальной защищенности работников за счет увеличения доходов работников.

В строительстве в основном применяется коллективная (бригадная) форма оплаты труда, при которой заработная плата в зависимости от выработки всей бригады, количества отработанного каждым рабочим времени при выполнении задания и его квалификации, определяемой тарифным разрядом. Для корректировки обычных способов распределения бригадного заработка используют метод распределения сдельного приработка и коллективной премии бригады с помощью так называемых коэффициентов участия, которыми характеризуется степень участия отдельных членов бригады в выполнении общего задания. Коэффициенты участия устанавливаются самой бригадой при подведении итогов работы за месяц на основе порядка их подсчета, определенного в Положении об оплате и согласованного между работником и работодателем. Средний коэффициент участия принимается за единицу. Его снижение обычно вызывается нерадивым отношением рабочего к труду, с невыполнением заданий бригадира, низкой производительностью труда, нарушениями трудовой и технологической дисциплины, правил техники безопасности и с другими причинами. Увеличение этого коэффициента связывают с повышением производительности труда по сравнению с другими рабочими, освоением смежных специальностей, проявлением инициативы при выполнении производственных заданий, достижением высокого качества выполняемых работ. На практике чаще всего коэффициенты участия находятся в диапазоне 0,8-1,5. Сумма всех установленных коэффициентов участия должна быть равной числу членов бригады, иначе сумма распределяемого заработка может не совпасть с суммой начисленного заработка. Тарифная заработная плата за отработанное время обычно гарантируется, а величина сдельного приработка определяется пропорционально коэффициенту участия.

При сдельно-премиальной системе наряду с заработной платой по прямым сдельным расценкам получает премию как работник индивидуально работающий, так и весь коллектив бригады. Премирование предусматривается за выполнение работ по определенным группам показателей. В соответствии с действующим законодательством положения о премировании определенных категорий работников предприятия и коллективов подразделений разрабатывается работодателем, согласовывается с профсоюзным комитетом и прилагается к коллективному договору.

В зависимости от особенностей и задач строительного процесса и характера работ, выполняемых работниками, устанавливают разнообразные показатели премирования. Все эти показатели можно разделить на три группы:

1) показатели, содействующие увеличению объема выпускаемой строительной продукции и повышению производительности труда (как пример, сокращение нормативного времени и выполнение задания к установленному сроку или досрочно); за каждый процент сокращения нормативного времени выплачивают определенный процент сдельного заработка;

2) показатели, содействующие повышению качества строительной продукции; для увеличения качества выполняемых работ размеры премий различаются в зависимости от оценки уровня качества;

3) показатели, содействующие экономии строительных материалов.

При этом очень важна организация премирования. Иногда для обеспечения нормального хода строительного производства является важным строгое соблюдение определенных нормативов по показателям премирования без отступления о них. В данном случае целесообразным является премирование только за выполнение установленных показателей. Но если приоритетным является экономия каких-либо материальных ценностей, то разумно применить премирование за перевыполнение нормативов по показателям премирования, так как премирование в таких случаях за соблюдение установленных нормативов приводит обычно к повышению себестоимости продукции. В тех же случаях, когда важным является не только выполнение определенного объема работы, но и его перевыполнение, наиболее правильным будет премировать одновременно как за выполнение установленных показателей, так и за их перевыполнение.

Сумма премии, которая причитается работнику, исчисляется следующими способами:

- определенный процент от фактически полученной экономии строительных материалов;
- определенный процент от сдельного заработка.

При внедрении премиальных систем следует учитывать определенные требования:

- прежде всего премиальные системы должны быть экономически целесообразны, т.е. эффект в денежном выражении, получаемый в результате введения системы премирования, должен быть больше затрат денежных средств на премирование, и их использование не приводило к резкому увеличению себестоимости строительной продукции;

- показатели премирования, устанавливаемые дифференцированно для различных категорий работников, в своей совокупности должны направлять интересы и усилия всех на достижение главной цели данного производства;

- при премировании за количественные результаты труда условием должно быть обеспечение высокого качества работы (продукции, услуг), и наоборот;

- при введении нескольких систем премирования не должна возникать ситуация, при которой отдельные работники (группы работников), теряя право на получение премии по основному для них положению о премировании, приобретали бы возможность получения полной нормы премии по другим, второстепенным для них положениям;

- общее число условий получения премий не должно быть большим, так как при этом снижается их стимулирующее значение;

- необходимо, чтобы любая премиальная система прочно опиралась на реальный источник денежных средств;

- наличие прогрессивных норм расходования строительных материалов, обоснованных сроков выполнения строительно-монтажных работ, других лимитов по устанавливаемым показателям премирования, а также постановка точного учета выполнения этих показателей.

Роль инженерно-технических работников и служащих в производственном процессе состоит в обеспечении организационной и технической подготовки этого процесса, руководстве производственным процессом, создании условий для высокопроизводительного труда всех работников. В связи с этим количество и качество труда инженерно-технических работников и служащих, как правило, не может быть определено непосредственно, однако результаты их труда находят отражение в итогах работы участков, цехов или предприятий в целом.

Для усиления воздействия премий на повышение эффективности строительства и создание необходимого строительного задела введено премирование руководящих, инженерно-технических работников и служащих строительно-монтажных трестов, управлений и приравненных к ним организаций за результаты хозяйственной деятельности в размере до одного месячного должностного оклада в квартал. Эти премии выплачиваются раздельно: 50% - за выполнение квартальных планов по объему строительно-монтажных работ при соблюдении требований к качеству строительства и по 25% - за выполнение заданий по росту производительности труда и – снижению себестоимости строительно-монтажных работ. При этом премирование работников за выполнение квартальных планов строительно-монтажных работ производится при 100%-ном выполнении заданий по вводу в действие мощностей и объектов в планируемом квартале.

В разработке и внедрении новой техники, помимо воздействия экономических интересов предприятий и организаций, большое влияние на успех оказывает материальная заинтересованность в этом каждого члена коллектива в отдельности. Действующие в этих целях премии носят единовременный характер и устанавливаются в зависимости от годовой экономической эффективности, получаемой в результате внедрения новой техники.

Следует отметить, что многими руководителями строительных предприятий не выполняется основное требование применения премиальной системы, характерное для новых условий хозяйствования. Этим требованием является необходимость экономического обоснования премиальной системы труда на основе качественной и количественной оценки ее эффективности. Если качественная оценка эффективности системы премирования заключается в оценке выполнения ею своего функционального назначения (соответствие показателей премирования задачам и целям предприятия, правильность выбора исходной базы (нормативной) премирования, целенаправленность на мотивацию работников, обоснованность установленного размера поощрения и т.д.), то количественная оценка эффективности системы премирования производится с точки зрения выгодности ее применения для работодателя. Это связано, прежде всего, с определением уровней выполнения показателей премирования в базисном и новом периоде, определением эффекта, полученного от изменения показателей премирования, а также относительной и абсолютной эффективности системы премирования. Оценка степени выгодности системы премирования для работодателей должна осуществляться с учетом организационных затрат (отдельных элементов) на внедрение системы и производственных затрат, которые, в свою очередь определяются техническими и организационными условиями производства. Количество затрат для каждой системы премирования определяется на основе анализа влияния показателей премирования в

конкретном подразделении производства на соответствующие элементы производственных затрат или чистый доход.

$$Э = (K - 1)\sum_{1}^{n} C_i, \quad (15)$$

$$K = \frac{У_д}{У_б}. \quad (16)$$

где Э – экономический эффект (руб.);

К – коэффициент изменения уровня выполнения показателя премирования (достигнутого по сравнению с базовым);

$У_д$ – достигнутый уровень выполнения показателя премирования в период оценки эффективности системы;

$У_б$ – то же, базовый;

C_i – производственные затраты и чистый доход по элементам, связанным с изменением показателя премирования, приходящиеся на премируемых работников;

I=1, 2, 3, . . . , n - количество связанных с изменением показателей премирования элементов производственных затрат и чистого дохода.

При построении эффективной системы материального стимулирования не следует забывать о косвенных материальных стимулах или социальном пакете, который включает предоставляемые предприятием своим сотрудникам не предусмотренные законом льготы. Это делается для привлечения новых работников, стимулирования эффективной и качественной работы, снижения профсоюзной активности, а также, по мнению многих психологов, способствует сплоченности коллектива, уменьшению текучести кадров. Кроме того, такой вид мотивации обычно обходится дешевле, чем прямое материальное стимулирование.

Структура социального пакета позволяет формировать коллектив сотрудников ориентированных именно на те цели, которые приоритетны для предприятия. Если предприятие предлагает в качестве социальной льготы оплату обучения своих работников, то это будет привлекать людей ориентированных на свое развитие и соответственно повышающих потенциал предприятия в целом. Также распространено страхование наиболее ценных работников на длительное время, когда процент от зарплаты переводится на счет работника в страховой компании, а получить накопленную сумму можно только проработав здесь весь период страхования. Это позволяет удержать ценных работников на предприятии.

Современными учеными социальные льготы рассматриваются как особая форма участия сотрудников в экономическом успехе предприятия. Так как с точки зрения современного социально-ориентированного общества условием успеха предприятия является не только максимизация прибыли предприятия, но и социальное обеспечение своих работников, развитие их личности.

При формировании социального пакета предприятия определяются его состав, денежная оценка для различных категорий работников, вырабатываются принципы распределения социального пакета: уравнительный, по стажу работы, иерархический, также необходимо учитывать мотивационную направленность сотрудников. Программа гибких социальных льгот предполагает, что работник самостоятельно в пределах отведенного ему бюджета выбирает социальные льготы.

Добровольно предоставляемые предприятием льготы объединяют в четыре группы:

1) социальные льготы в денежном выражении, которые несут в себе тот же принцип что и денежное вознаграждение;

2) обеспечение работников дополнительной пенсией по старости;

3) предоставление работникам права пользования учреждениями социальной сферы предприятия;

4) социальная помощь семье и организация досуга работников и их семей.

Первая категория добровольных социальных отчислений охватывает заблаговременные отчисления, которые обеспечивают социальную защиту работников по найму. Качественные социальные отчисления воплощают доходы и сервисное обслуживание в пользу коллектива либо отдельных работников или групп работников. Из большого числа различных производственных социальных отчислений наиболее важное значение имеют производственное обеспечение по старости, единовременные выплаты, производственное социальное обеспечение, включая попечительство, консультации и уход, а также здравоохранение и социальные заведения.

Производственное обеспечение по старости должно обеспечить сотрудникам их обычный жизненный стандарт даже после ухода из активной трудовой деятельности. В целом исходят из того, что работник по найму для поддержания своего жизненного уровня на пенсии должен получать 75% от своего последнего размера зарплаты. Этот размер еще не достигнут в области пенсионного страхования, так что производственное обеспечение по старости в отношении сохранения уровня жизни возможно с помощью социальных производственных выплат. Также могут найти себе место консультации по вопросам карьеры в виде сервисного обслуживания профессиональных наставников, которые могут также быть оплачены за счет предприятия.

Для успешного введения программ производственной социальной работы необходимо осуществление работы по следующим пяти направлениям [3]:

1. Письменное фиксирование принципов, которые отчетливо показывают, что предприятие имеет желание помочь сотрудникам в решении определенных проблем. При этом необходимо подчеркивать сохранение тайны и доверительность.

2. Обучение начальников в соответствии с отдельными программами и адекватное отношение с сотрудниками.

3. Определение подходов для направления сотрудника к внутренним и внешним экспертам, которые определяют мероприятия по консультациям и по обслуживанию.

4. Организация регулярного информирования всего коллектива с указанием на возможность производственной социальной работы, предлагаемую доверительность, а также успех и акцептацию программ.

5. Текущий контроль за успехом выполнения программы в свете поставленной цели.

Таким образом, предложенная усовершенствованная модель материального стимулирования позволяет обеспечить работнику получение достойной тарифной части заработной платы, а также поставить доход работника в зависимости от производительности труда и конечных результатов работы предприятия. Такой подход позволяет как повысить заинтересованность работника в результатах своего труда, так и обеспечить его социальную защищенность.

Библиографический список:

1. Дохолян С.В., Асриянц К.Г. Мотивационный менеджмент на предприятиях машиностроительного комплекса / ИСЭИ ДНЦ РАН. – Махачкала: ИД Наука плюс, 2005.

2. Елизаров Е., Литвин А. Методология построения тарифных систем предприятий // Человек и труд. – 1996. -6.

3. Хентце Й., Метцнер Й. Теория управления кадрами в рыночной экономике/Пер. с нем. Г.А.Рахманина. –М.: Междунар.отношения. – 664с.

4. Чистов Л.М. Эффективное управление социально-экономическими системами. СПб.: ТОО ТК «Петрополис», 1998. –475с.

УДК 338.45:69

Б.Д. Арсланов, Ш.Д. Арсланов

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ В РОССИЙСКИХ КОМПАНИЯХ

B.D. Arslanov, Sh.D. Arslanov

PECULIARITIES OF CORPORATE AFFAIRES MANAGEMENT IN RUSSIAN COMPANIES

В статье рассматриваются особенности развития в России системы управления корпоративными отношениями при взаимодействии коммерческих структур с органами государственной власти.

Ключевые слова: *корпоративные отношения, российская компания, GR, органы государственной власти, менеджмент, стейкхолдеры*

This article reveals the peculiarities of development of corporate affaires management in Russia while building up relations between commercial companies and state bodies.

Keywords: *corporate affaires, Russian company, GR, state bodies, management, stakeholders.*

Управление корпоративными отношениями представляет собой новый для российского бизнеса тип современного менеджмента. В целях более глубокого понимания природы и стоящих перед данным типом менеджмента задач, а также с учетом важности выявления его особенностей и значимости для деятельности российских компаний, полагаем целесообразным рассмотреть в первую очередь характерные особенности формирования системы управления корпоративными отношениями в различных компаниях. При этом отметим, что специфика становления и последующего развития систем управления корпоративными отношениями во многом определяется национальными особенностями страны принадлежности компании.

Анализируя тенденции последних лет, можно уверенно говорить о зарождении и активном развитии в России специальной отрасли управления, непосредственно ориентированной на формирование и укрепление связей с органами государственной власти, которую в международных корпоративных отношениях принято называть «Government Relations».

Бесспорно, такие специфические процессы, как «толкачество», лоббизм, продавливание решений в органах государственной власти были известны и в период существования Советской России, и в течение переломных 1990-х гг., но именно за последнее время этот вид деятельности начал приобретать профессиональный, цивилизованный характер, чему способствовали следующие факторы.

Во-первых, произошло усиление роли государства и государственных факторов в экономике России. Эта тенденция заключалась в активной деятельности государственных компаний по приобретению и консолидации частных активов, по созданию государственных корпораций, получивших значительные бюджетные и административные преференции и т.д. Внедрение государственных структур в частно-правовые отношения и расширение сферы влияния государства в разных секторах экономики поставило в прямую зависимость успешное развитие любой крупной компании от того, насколько эффективно будут выстроены ее отношения с органами государственной власти [1].

Во-вторых, в российских компаниях обозначилось некоторое ускорение процессов по формированию профессиональных департаментов по связям с органами государственной власти. Проведенное в начале 2008 г. Центром по изучению проблем взаимодействия бизнеса и власти исследование показало, что указанные департаменты возникли в большинстве крупных российских компаний. Наиболее прогрессивными и быстрыми в вопросах создания профессиональных департаментов по связям с органами государственной власти стали компании, работающие в сферах с повышенным государственным вмешательством и регулированием. Это национальные компании в сфере топливно-энергетического комплекса и металлургии, а также крупные совместные предприятия, созданные с участием иностранного капитала в телекоммуникационной отрасли, в пивной и табачной промышленности [2].

В-третьих, на процесс развития систем управления корпоративными отношениями существенно повлиял приход в Россию международных лоббистских фирм. За последние годы в России появилось значительное число известных американских и европейских лоббистских компаний (Cassidy&Associates, PBN Company, Mmd и др.). Этот приход обусловлен потребностью международных компаний, ведущих бизнес в России, в получении оказанных по принятым в мировой практике стандартам консультационных услуг по взаимодействию с российскими органами государственной власти. Имея многолетний опыт работы с органами государственной власти в США и Европе и апробированную временем и практикой систему методов укрепления взаимоотношений коммерческих структур и органов власти, международные лоббистские компании, внедряя профессиональные стандарты в сферу управления корпоративными отношениями, оказывают позитивное влияние на развитие отрасли GR в России.

В-четвертых, комплексный процесс по управлению корпоративными отношениями стал усиленно проявлять свои очертания как особого, самостоятельного процесса в общей системе управления в связи с образованием в ведущих российских ассоциациях (некоммерческих объединениях) специализированных комитетов по связям с органами государственной власти. Положительное влияние на развитие комплексных методов управления корпоративными отношениями оказало появление GR-комитетов в Российской Ассоциации по связям с общественностью и в Ассоциации менеджеров России. В состав названных комитетов вошли специалисты, заинтересованные в усилении роли GR в России.

В-пятых, весомое значение для успешного развития типа менеджмента, ориентированного на управление корпоративными отношениями, оказывает разработка и внедрение академических программ, курсов по повышению квалификации и мероприятий по профессиональной переподготовке работников российских компаний.

Учитывая отмеченные тенденции, характерные современному состоянию системы управления в России, полагаем, что процессы, связанные с расширением сферы влияния государства в экономике и усилением значимости стабильных и понятых взаимоотношений между государственными и коммерческим структурами, особенно в стратегических отраслях, способствуют формированию новой профессии «специалист по связям с органами государственной власти».

Между тем надо признать тот факт, что сегодня в общественном, да и нередко в деловом сознании в России сфера «связей с госорганами» и «лоббизма» все еще определенным образом ассоциируется с коррупцией. Однако в странах Западной Европы и в США специалист в области Government Relations – уважаемая и высокооплачиваемая профессия. GR-специалист в этих странах – это высококвалифицированный посредник, который доносит пожелания и предложения бизнес-сообщества до государственного чиновника, тем самым, делая управление государством ответственнее и эффективнее.

Специалист по связям с органами государственной власти – это либо штатный сотрудник соответствующего департамента в любом ранге, либо просто штатная единица в компании, если отдельный департамент по связям с государственными органами в

компании не создан. Сфера ответственности такого специалиста – укрепление и расширение связей своей компании с органами государственной власти, оказывающими непосредственное влияние на развитие отрасли, в которой работает компания. Сегодня GR-менеджеры весьма востребованы, но поскольку вузы стали готовить сотрудников по этой специальности совсем недавно, то основную массу работников подобных департаментов составляют бывшие госслужащие, PR-специалисты и юристы.

Разветвленность структуры GR-департамента в основном зависит от того, как в рамках компании организовано управление внешними корпоративными связями: существуют ли отдельные направления по PR, HR, маркетингу, информационно-аналитическому обеспечению.

Цель функционирования GR-департамента состоит в интенсивном оказании влияния на внешнюю среду так, чтобы тем самым обеспечить более успешное выполнение бизнес-задач другим департаментам и подразделениям компании [3]. Если повлиять на развитие ситуации затруднительно или вовсе невозможно, то GR-департамент призван заблаговременно предупредить подразделения компании о возможных проблемах, чтобы можно было вовремя адаптироваться к происходящим изменениям в бизнес среде и консолидировать усилия для преодоления трудностей.

GR-специалист должен быть готов решать следующие задачи:

- проводить регулярный мониторинг изменений в законодательстве, и прежде всего в законодательстве, регулирующем отраслевые отношения,
- строить прогнозы исходя из статистических и иных методов, и на базе результатов информировать профильные подразделения компании в целях своевременного принятия управленческих решений;
- высказывать экспертное мнение в отношении законопроектов, подготавливаемых для регулирования отраслевых отношений;
- принимать участие в обсуждениях вопросов, подпадающих под государственное регулирование;
- участвовать в разработке проектов и программ, реализуемых в рамках государственно-частного партнерства;
- формировать и поддерживать имидж компании во властных структурах, бизнес объединениях и сообществах.

Наиболее активно GR развивается в нефтегазовой, металлургической и телекоммуникационной отраслях. При более детальном рассмотрении кадрового наполнения этих отраслей было выявлено около 200 специалистов, которые на профессиональной основе занимаются выстраиванием отношений с органами государственной власти [2].

Таким образом, управление корпоративными отношениями является сравнительно новым, активно развивающимся в российских компаниях типом менеджмента. Несмотря на свою молодость, данный тип менеджмента находит все более широкое применение и активно внедряется в новых компаниях, стремящихся к ведению предпринимательской деятельности на условиях взаимопонимания с государственными структурами, имеющими властные полномочия регулировать отраслевые отношения.

Основная цель управления корпоративными отношениями заключается в обеспечении эффективного взаимодействия не только между структурными подразделениями компании, но и в целом между компанией и государством [1].

В итоге, комплексная система управления корпоративными отношениями – Corporate Affairs (CA) – призвана решать четыре основные задачи:

1. Участие в формировании устойчивых и приемлемых для компании правил игры на рынке.
2. Развитие корпоративных отношений в компании и формирование эффективной командной работы.

3. Минимизация рисков компании и урегулирование чрезвычайных ситуаций.
4. Обеспечение позитивных отношений с основными стейкхоледрами компании и формирование бренда компании.

Объектами управленческого воздействия СА-менеджмента являются разнородные внешние и внутренние целевые аудитории компании. В то же время объектами СА-менеджмента являются и все основные функциональные подразделения, бизнес-единицы, региональные отделения компании.

Что касается методов и технологии управления корпоративными отношениями, то первоначально, опираясь на методы и технологии в основном PR-менеджмента, управление корпоративными отношениями в процессе своего формирования выходит за пределы PR-менеджмента и, расширяясь, постепенно вбирает в себя различные подходы, методы и технологии, свойственные тем различным видам менеджмента, которые стали сопряженными с СА-менеджментом.

Так, в управлении корпоративными отношениями активно используются технологии работы с органами власти, технологии управления человеческими ресурсами, бенчмаркинг, методы управления по результатам (execution), методы управления стоимостью компании, методы управления рисками, оценка организационного капитала компании и некоторые другие.

В связи с этим можно сделать вывод, что управление корпоративными отношениями является примером реализации современных управленческих подходов, ориентированных исключительно на конкретные результаты деятельности компании.

Отметим, что управление корпоративными отношениями является менеджментом исключительно высокого уровня в иерархии компании. Как правило, в компаниях создается специально организованная подсистема (например, департамент по корпоративным отношениям), руководитель которой имеет статус топ-менеджера компании и входит в качестве полноправного члена в корпоративный орган управления самого высокого уровня.

Вбирая в себя основные направления управления связями с общественностью и некоторых других типов менеджмента, СА-менеджмент, тем не менее, имеет и свои существенные, отличные от других видов менеджмента черты.

Управление корпоративными отношениями является «всепроникающим» в том смысле, что выстраивание эффективных корпоративных отношений и управление ими в конечном итоге всегда приносит весомые выгоды для любой компании независимо от вида или масштаба ее деятельности.

Другие типы менеджмента существенно отличаются от управления корпоративными отношениями в первую очередь тем, что имеют жестко определенные объекты управления и абсолютно конкретные, четко поставленные цели и сопутствующие процессы. Управление же корпоративными отношениями гораздо шире по спектру задач и имеющимся возможностям воздействия, причем основной целью этой деятельности является обеспечение устойчивости положения компании на рынке, укрепление стабильности основных бизнес показателей работы компании и способствование росту капитализации компании в целом [2].

Для достижения названной цели решающее значение имеет выполнение следующих четырех основных задач СА-менеджмента.

Задача 1. Участие в формировании устойчивых и приемлемых для компании «правил игры» на рынке.

Задача 2. Развитие внутрикорпоративных отношений компании и организация эффективной командной работы.

Задача 3. Минимизация рисков компании и урегулирование чрезвычайных ситуаций.

Задача 4. Обеспечение лояльных отношений с основными «аудиториями» компании.

Подводя итог, отметим, что роль департамента по корпоративным отношениям в структуре компании начинает все более возрастать и расширяться. Названный департамент становится центром управления основными коммуникациями компании как с внешними, так и с внутренними аудиториями, что позволяет с уверенностью говорить о дальнейшем развитии практики управления корпоративными отношениями в российской деловой среде.

Библиографический список:

1. Шиткина И.С. Холдинги: правовое регулирование и корпоративное управление. – М.: Волтерс Клувер, 2006.
2. Ульяновский А. Корпоративный имидж. Технологии формирования корпоративного имиджа для максимального роста бизнеса. – М.: Эксмо, 2008
3. Евсеев В.А., Барсукова С.Ю., Литовченко С.Е. Основы управления взаимодействием с органами власти в России. «Ассоциация менеджеров». – М., 2004.

УДК 338.45:69

Х.З.Халимбеков, Н.М.Гасанова

СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ СНИЖЕНИЕМ ЗАТРАТ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

H.Z.Halimbekov, N.M.Gasanova

SITUATIONAL MANAGEMENT OF BUILDING COSTS REDUCTION MANUFACTURING AND ITS EFFECT ON IMPROVING THE COMPETITIVENESS OF BUILDING COMPANIES

В статье рассмотрены вопросы эффективного управления производственными затратами производства строительной продукции как важнейшего фактора конкурентоспособности строительного предприятия, приведен анализ ситуационной системы управления затратами, обоснован выбор методов оценки.

Ключевые слова: *эффективное управление, производственные затраты, конкурентоспособность, ситуационное управление.*

In article questions of the effective management of industrial cost manufacturing building production as the most important factor in the competitiveness building company, is a situational analysis of the cost management system, justified the choice of assessment methods.

Keywords*: effective management, production costs, competitive ability, situational management*

Снижение затрат является одним из важнейших факторов влияющих на стоимость, а следовательно, и конкурентоспособность строительной продукции, и в этом плане снижение затрат относится к важнейшим факторам повышения конкурентоспособности строительной организации, определяющимся способностью предприятия выпускать относительно дешевую строительную продукцию.

Практика показывает, что основную долю затрат строительного предприятия составляют производственные затраты, входящие в себестоимость строительной продукции. Таким образом, регулирование себестоимости конечной строительной продукции можно производить путем снижения производственных затрат строительного предприятия, являющихся к тому же и важнейшим обобщающим показателем результативности его производственной деятельности.

Себестоимость определяется совокупностью затрат живого и овеществленного труда. Данный показатель мы будем рассматривать с точки зрения управления не как самоцель, а как средство управления конкурентоспособностью строительного предприятия.

В самом общем случае конкурентоспособность строительной продукции, одной стороны, влияет на объем получаемых предприятием заказов (объемы производства) и зависит от цены на готовую строительную продукцию, на которую, в свою очередь, влияют затраты на ее на производство.

Следовательно, снижение себестоимости строительной продукции является непременным атрибутом внутрихозяйственного управления, а в системе управления предприятием важное место отводится вопросам управления затратами на производство. Процесс управления затратами на производство – это процесс, охватывающий все аспекты хозяйственной деятельности, начиная со снабжения и заканчивая сдачей заказчику готовой строительной продукции. Учитывая возможность влияния на себестоимость

строительной продукции как внешних, так и внутренних факторов ситуационное управление производственными затратами строительного предприятия должно быть организовано как по отклонению или закрытому контуру так и по возмущению или открытому контуру.

Эффективное управление производственными затратами требует решения следующих многочисленных задач: расчет норм и упорядочение нормативной базы, организация учета изменений норм, разработка калькуляций, учет затрат по центрам возникновения, распределение затрат по центрам ответственности, а также анализ выполнения плановых смет, выявление резервов экономии и т. д. В этом плане управление затратами на производство строительной продукции представляет собой многоцелевую систему, требующую участия и взаимодействия всех производственных звеньев и служб строительного предприятия.

Эффективно управлять затратами означает, прежде всего, контролировать, то есть своевременно выявлять факты отклонения фактических расходов от заданных норм, выяснять причины такого отклонения, давать им объективную оценку. Полный и своевременный контроль над отклонениями затрат способствует оперативному принятию управленческих решений.

Необходимость применения принципа управления по отклонению означает, что фактическая реализация производственного процесса не всегда может соответствовать необходимым стандартам, а, следовательно, будут возникать отклонения фактических значений его параметров от заданных. Однако не каждый случай отклонения должен выступать объектом изучения, а только тот, который превышает допустимые нормы изменения контролируемых параметров. Поэтому управление затратами по отклонениям предполагает установление допустимых и неприемлемых отклонений. Объектом принятия решений должны быть отклонения, выходящие за допустимые границы.

Опыт работы предприятий показывает, что организация учета отклонений от норм с использованием ЭВМ значительно расширяет возможности финансового контроля и усиливает режим экономии. Следовательно, применение ситуационного подхода к организации управления затратами по отклонению является целесообразным и приемлемым как с технической, так и с экономической точки зрения эффективного решения проблемы.

Для характеристики влияния затрат на производство обычно используют следующие показатели[1]:

1) затраты на производство по смете, характеризующие себестоимость всего объема работ x_1;
2) полная себестоимость товарной продукции, работ и услуг x_2;
3) производственная себестоимость товарной продукции x_3;
4) себестоимость реализованной продукции (полная и производственная) x_4;
5) себестоимость единицы продукции, заказа, узла, детали x_5;
6) себестоимость сравнимой товарной продукции x_6;
7) затраты на один рубль продукции, работ и услуг x_7;
8) себестоимость по местам возникновения затрат и центрам ответственности x_8.

Таким образом, текущая ситуация S_t на объекте при управлении затратами по отклонению будет определяться кортежем имеющим следующее содержание:

$$S_t = \langle \Delta x_1,\ \Delta x_2,\ \Delta x_3,\ldots,\ \Delta x_8 \rangle,$$

где $\Delta x_i = x_i - x_i^*$; x_i , x_i^* -соответственно фактическое и эталонное значения i показателя.

Данные показатели, в свою очередь, зависят от ряда производственных факторов, которые в конечном итоге и являются регулируемыми параметрами. При этом, для проведения анализа возникшей на обьекте ситуации будут использоваться продукционные правила вывода имеющие, например, следующее содержание «Если отклонение параметра

Δx_i большое, а все остальные значения параметров не выходят за заданные пределы, то причиной такого отклонения является производственный брак, возникший при проведении k-го вида строительно - монтажных работ на j участке», элементарные акты управления будут определяться продукционными правилами вывода имеющими, например, следующее содержание «если отклонение параметра Δx_i большое, причиной отклонения является брак, а все остальные значения параметров не выходят за заданные пределы, то выполнить мероприятия D по устранению причин возникновения брака».

Объектом учета и анализа затрат может быть весь объем произведенной продукции, объем реализованной продукции, отдельные изделия, детали и узлы, отдельные виды производств, центры, отдельные технологические процессы и операции.

Важную роль в повышении эффективности анализа и регулирования затрата играет создание достаточно полной информационная база анализа затрат на производство.

При этом в соответствии с целями управления можно выделить такие разделы анализа[3].

1.Анализ затрат с целью оценки достигнутых результатов:

2.Анализ затрат, необходимый для принятия решений о выборе альтернативных вариантов и управления прибылью:

3.Анализ затрат с целью их контроля и регулирования:

Для каждого из рассмотренных видов анализа удобно строить собственные фрагменты базы знаний, обращения к которым будет определяться разделом анализа, так как правые части продукционных правил вывода в каждом из разделов будут иметь собственное содержание и назначение.

Снижение затрат строительного предприятия, прежде всего, должно быть направлено на повышение конкурентоспособности и увеличение получаемой прибыли, являющейся базовой целью его деятельности в рыночной экономике. Именно при этом условии строительное предприятие может стабильно существовать и обеспечить себе основу для дальнейшего развития. Стабильная прибыль строительного предприятия проявляется в виде дивиденда на вложенный капитал, способствует привлечению новых инвесторов и, следовательно, приводит к увеличению собственного капитала строительного предприятия. Поэтому становится очевидным, что повышение конкурентоспособности строительного предприятия должно быть привязано к проблемам прибыльности его деятельности. Весьма важным аспектом данного вопроса является концепция безубыточной деятельности строительного предприятия, как первого шага к получению бухгалтерской, а в последствии и экономической прибыли[2].

Основными оперативными показателями эффективного функционирования строительного предприятия в динамических условиях рынка можно считать безубыточный объем производства и цену строительной продукции. Тогда одной из основных задач ситуационного регулирования процесса строительного производства по отклонению можно считать стабильную поддержку значений указанных параметров в пределах безубыточного функционирования строительного предприятия.

Следует отметить, что регулирование затрат строительного предприятия по отклонению производится на основе возникновения факта наличия существенного различия между фактическим и требуемым значениями регулируемых параметров. А это в ряде случаев запаздывание превентивных мер может привести к необратимым последствиям вплоть до разорения строительного предприятия. Отсюда возникает необходимость организации предупреждающего управления по проявлению возмущающих факторов и упреждающего регулирования процесса возникновения дополнительных затрат строительного предприятия, возникающих в результате воздействия ряда внешних и внутренних факторов.

Предупреждающее и упреждающее регулирование затрат возможно только путем построения системы регулирования затратами строительного производства по возмущению. В самом общем случае регулирование затрат строительного предприятия по

возмущению может быть организовано по схеме ,в соответствии с которой, одним из важнейших условий эффективного регулирования затратами строительного предприятия по возмущению является своевременное обнаружение в среде факторов, негативно влияющих на эффективность функционирования строительного предприятия.

Следует отметить, что характер влияния факторов на повышение эффективности строительного предприятия путем снижения его затрат может быть заранее определен и поэтому всегда имеется возможность предварительной разработки организационно-управленческих мероприятий, направленных на устранение негативного влияния указанных факторов. Создание же на этой основе базы данных для построения ситуационной системы управления позволяет ускорить процесс принятия эффективных решений за счет использования готовых имеющихся в базе данных одношаговых решений и управленческих воздействий. При этом, для проведения таких мероприятий в реальных условиях может потребоваться только их корректировка, учитывающая реально сложившиеся в среде обстоятельства.

Особый интерес при создании ситуационной системы управления затратами является построение эффективного механизма «упреждающее регулирования». Здесь речь идет о планировании и проведении упреждающих управленческих мероприятий в соответствии с прогнозными оценками изменений ситуаций внешней и внутренней среды строительного предприятия, полученными на основе предупреждающего контроля и выявления тенденций их развития .

Для упреждающего управления затратами строительного предприятия строится следующая модель объекта управления и окружающей среды.

Вначале формируется регрессионная зависимость, определяющая влияние различных факторов $x_i(t)$, i = 1,n внешней и внутренней среды на затраты Z строительного предприятия:

$$Z = a_0 + a_1x_1(t) + a_2x_2(t) + \ldots + a_nx_n(t).$$

Очевидно, что все факторы $x_i(t)$ меняются во времени случайным образом и могут быть выделены тенденции или временные тренды их изменения $x_i^*(t)$,

i = 1,n. Тогда выражение для затрат можно записать следующим образом:

$$Z = a_0 + a_1x_1^*(t) + a_2x_2^*(t) + \ldots + a_nx_n^*(t) + \varepsilon(t), \quad (1)$$

где $\varepsilon(t)$ - представляет собой случайную составляющую затрат строительного производства.

Заметим, что если параметр $x_i^*(t)$ является внутренним фактором строительного предприятия, то он управляемый и для него можно построить зависимость вида:

$$x_i^*(t) = f(x_i^*(t), U_i(t)), \quad (2)$$

где $U_i(t)$ – управляющее воздействие, влияющее на изменение тренда вирирующего фактора.

Для внешних факторов $x_i^*(t)$ экспертным путем можно определить управляющее воздействия $U_i(t)$, которые позволяют смягчить или вообще устранить связанные с изменением тренда негативные последствия.

Используя зависимость (1), руководство планируя затраты строительного предприятия на интервале времени [t_0, T] , разбивает его на дискретные участки на каждом из которых затраты можно считать неизменными или изменяющиеся по заданному закону. Используя полученные таким образом данные, можно построить следующую матрицу соответствия затрат и влияющих на них факторов :

	$Z(t_1)$	$Z(t_2)$	$Z(t_3)$	…	$Z(t_m)$
$X_1(t)$	x^*_{11}	x^*_{12}	x^*_{13}	…	x^*_{1m}
$X_2(t)$	x^*_{21}	x^*_{22}	x^*_{23}	…	x^*_{2m}

$$\dots \quad \dots \quad \dots$$
$$X_n(t) \; x^*_{n1} \; x^*_{n2} \; x^*_{n3} \dots \; x^*_{nm},$$

где каждая строка представляет собой вектор, отображающий дискретные значения желаемого изменения соответствующего ей фактора во времени, а каждый столбец представляет собой желаемое сочетание всех возмущающих факторов, действующих на затраты в момент времени t_k, k – номер этого столбца.

При этом, для каждого внутреннего фактора строительного предприятия на основании уравнения (2) можно получить зависимость, позволяющую выявлять величину воздействия управления, упреждающего отклонение фактора в виде следующего выражения:

$$U_i^*(t_j) = f(\Delta x_i^*(t_j)),$$

где $\Delta x_i^*(t_j) = x_i^*(t_j) - x_{ij}$ - тенденция изменения ожидаемого отклонения фактора от желаемого его значения в момент времени t_j .

Это, в свою очередь, позволяет высококвалифицированным менеджерам сформулировать решающие правила, имеющие следующее содержание:

«Если отклонение в текущий момент времени t_0 принимает значение равное k_1, а через заданный интервал времени оно примет недопустимое значение равное k , то в момент времени t_0 следует выполнить упреждающее управляющее воздействие U_i^*» .

Таким образом, получая возможность оперативно формировать множество приведенных правил вывода, отражающих всевозможные значения отклонений параметров от желаемых их значений в случае изменения условий функционирования строительного предприятия, система управления становится способной вырабатывать упреждающие регулирующие воздействия, устраняющие негативные тенденции изменения возмущающих факторов $x_i^*(t_j)$, i=1,n возвращая их в требуемое русло.

Другими словами, упреждающее регулирование должно выполняется тогда, когда под воздействием действующих возмущающих факторов изменяются условия функционирования строительного предприятия в момент времени t_0 и по истечению промежутка времени $(t_i - t_0)$ эти изменения вызовут недопустимое отклонение фактора от желаемого его значения. Для этого требуется выявить такое отклонение фактора с упреждением во времени, а затем, используя решающие правила вывода можно предупредить негативные тенденции развития конкурентоспособности строительного предприятия. При этом система ситуационного управления рекомендует реализовать упреждающее воздействия $U_i^*(t_j)$, которое позволит направить процесс изменения фактора $x_i^*(t_j)$ так, чтобы в момент времен t_j он принимал требуемое значение равное x_{ij}.

В случае, когда наблюдается недопустимое изменение тенденций развития (тренда) внешнего возмущающего фактора, то для компенсации связанных с этим изменением последствий формируются и выполняются управленческие воздействия, которые выявляются на основе продукций следующего вида:

«Если отклонение $| x_i(t) - x_i'(t) |$ достигает значения равного k, $k \in [a,b]$, то для его компенсации требуется выполнить управление U_k*» ,

где k- величина расхождения фактического и желаемого значений внешнего фактора $x_i(t)$.

Компенсация же случайной составляющей затрат $\varepsilon(t)$ может осуществляться по мере ее проявления путем организации управления по отклонению, или управление выявляется по возмущению путем адекватной реакции системы ситуационного управление на проявление случайных возмущающих факторов.

Очевидно, что наличие большого количества внешних возмущающих факторов негативно сказывается на ситуационном управлении процессом выпуска качественной строительной продукции. Это вызвано тем, что различные возмущающие факторы могут одинаково влиять на одни и те же показатели качества строительной продукции и

устранение связанных с такими факторами последствий может происходить различным образом, определяющим содержание проводимых для этого мероприятий. Следовательно, для повышения эффективности управления строительного производства выбор характера и выполнение управленческих корректирующих мероприятий следует производить с учётом типа действующих возмущающих факторов. В этом случае правила вывода и принятия будут иметь следующее содержание: «если наблюдаемая величина отклонения параметра равна Δx, а на производство действует возмущение F, то для достижения требуемого значения параметра необходимо провести управленческие мероприятия R_j».

Библиографический список:

1. Иванов А.Н. Производственный анализ: оптимизация структуры затрат// Аудит, ведомости , 1998, №10 .
2. Магомедов М.Ю., Лачуева К.Ш. Управление конкурентоспособностью строительной продукции. -Махачкала: НИИ РЭП ДГТУ, 2003.
3. Майоров С. И. Информационный бизнес: коммерческое распределение и маркетинг. –М.: Финансы и статистика, 1993.

УДК 338.24:061.

Т.К. Абдуллаева, З.М. Султалиева

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ САМООЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА КАК ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

T.K. Abdullaeva, Z.M. Sultalieva

DEVELOPMENT OF A SELF-ESTIMATION MODEL OF HIGH SCHOOL ACTIVITY AS BASES OF QUALITY EDUCATIONAL SERVICES MAINTENANCE

В работе представлен обзор используемых моделей самооценки, выявлены их преимущества и недостатки. Предложена собственная модель самооценки деятельности вуза, основанная на выделение функциональных зон и связей между ними.

Ключевые слова: *система менеджмента качества, образовательные услуги, самооценка деятельности вуза.*

In work the review of used models a self-appraisal is presented, their advantages and lacks are revealed. Own self-estimation model of the high school activity, based on allocation of functional zones and communications between them is offered.

Keywords*: quality management system, educational services, a self-appraisal of high school activity.*

В условиях модернизации системы высшего профессионального образования контроль за качеством образовательных услуг, предоставляемых вузами выходит на первый план. В результатах контроля заинтересованы все участники образовательного процесса: непосредственно вуз, все категории обучающихся, их родители, органы государственной власти, осуществляющие надзорные или регулирующие мероприятия. Результаты стандартных контрольных процедур, проводимых раз в 5 лет в виде аккредитации, не всегда отражает действенного положения дел в учреждении.

Современные требования к менеджменту вуза ставят во главу угла обеспечение качества образовательных услуг. Это достигается путем внедрения соответствующей системы управления качеством.

Образовательное учреждение должно основывать свою деятельность на принципах и стратегии обеспечения Всеобщего менеджмента качества и одним из инструментов данной системы является самооценка.

Самооценка – это процесс всесторонней оценки деятельности вуза по собственной инициативе, позволяющей получить информационную базу для последующего совершенствования деятельности.

Исследовав зарубежный и отечественный опыт внедрения системы менеджмента качества, можно констатировать, что на сегодняшний день существует достаточно большое число моделей, которые можно использовать для осуществления внутривузовского мониторинга, лежащего в основе проведения самооценки деятельности вуза.

Организация проведения процедуры самооценки должна быть основана на внедрение стандартов качества во все сферы деятельности вуза, включая систему управления вузом и всеми его процессами, и нормативное, финансовое и ресурсное обеспечение.

Самооценка позволяет выявить сильные и слабые стороны деятельности учреждения, а также спрогнозировать и определить конкретные результаты, которых данный вуз желает достичь.

Среди преимуществ внедрения самооценки можно выделить:

– применение в качестве базы оценки единого комплекса критериев, позволяющих оценить деятельность вуза;

– систематичность контрольных мероприятий, направленных на совершенствование деятельности вуза;

– получение объективных оценок, основанных на фактах, а не на личном восприятии отдельных работников или руководителей;

–анализ и оценка процессов, нуждающихся в улучшении.

В международной и российской практике используются следующие модели самооценки, используемые в образовательных учреждениях: модель Европейского фонда по менеджменту качества (EFQM); модель премии Правительства РФ в области качества; модель премии конкурса Министерства образования и науки РФ "Системы обеспечения качества подготовки специалистов"; бельгийско-нидерландская модель (HBO Expert Group); модель Центра исследований политики в области высшего образования (CHEPS) университета Твенте (Нидерланды); модель Ассоциации университетов Нидерландов (VSNU); модель национальной американской премии по качеству "Baldrige National Quality Award" в области образования; модель эталонного тестирования для Австралийских университетов и др.

Таблица 1. Анализ моделей оценки качества образования

Наименование модели	Краткая характеристика
Модель Ассоциации университетов Нидерландов (VSNU)	В основе модели лежит идея разделения всей деятельности университета на три основных бизнес-процесса: • образовательная деятельность; • научные исследования; • услуги, предлагаемые для общества. Модель образована путем реструктуризации модели EFQM и формирования системы критериев, которые соответствующих структуре и основным процессам вуза.
Международные стандарты ИСО	Построение системы менеджмента качества на основе международных стандартов ИСО: 1) обеспечение минимального уровня качества; 2) обеспечение стабильности в области качества; 3) регламентация процессов, процедур; 4) возможность получения сертификата соотвествия; 5) регламентированная система документооборота и др.
Модель делового совершенства EFQM (Европейского фонда управления качеством)	Преимущества системы менеджмента качества, построенной с применением модели EFQM являются: 1) адекватное и своевременное реагирование вуза на изменения внешней среды; 2) определение новых достижений в области качества подготовки кадров, научно-исследовательской деятельности; 3) творческий подход к принятию управленческих решений; 4) выявление проблемного поля образовательного учреждения; 5) «ориентация на результаты», т.е. получение возможности оценки деятельности вуза через систему показателей и др.
Премия конкурса Минобразования России «Внутривузовские	В модели нашли отражения принципиальные отличия вузовской деятельности: 1) с помощью критерия 7 оценивается степень удовлетворенности преподавателей, сотрудников и обучаемых;

системы обеспечения качества подготовки специалистов»	2) критерий 9 дает возможность оценить влияние вуза на общество и т.п.
Типовая модель качества образовательного учреждения («ЛЭТИ»)	Модель разработана Санкт-Петербургским государственным электротехническим университетом «ЛЭТИ» и является одним из лучших вариантов построения системы менеджмента качества (СМК) вуза. Авторский коллектив сосредоточил свои усилия на планировании процессной модели, разработке пакета рабочей документации, определил этапы внедрения и развития СМК вуза

На практике каждый вуз разрабатывает собственную методику проведения самооценки. Предлагаемая в данной работе модель основана на выделении функциональных сфер – зон самооценки, с учетом наличия причинно-следственных связей между ними (рис.1). Реализация политики основана на сформированной политике обеспечения качества образовательных услуг вуза, находящих свое отражение в миссии учреждения и его системе планов.

Рис.1. Модель самооценки деятельности вуза

Формат проведения самооценки определяет содержание, порядок, последовательность и структуру проведения самооценки и с этой точки зрения должен отвечать следующим требованиям:

- соответствовать целям самооценки и миссии вуза;
- исключать дублирование по функциональным зонам оценки;
- обеспечивать полноту и достоверность информации в соответствии с требованиями по критериям самооценки;

- предоставлять четкие и конкретные результаты самооценки.

Политика обеспечения качества включает в себя гарантии высокого качества образовательных услуг, предоставляемых данным учебным заведением. Основой политики является миссия вуза, цели и задачи, находящими свое отражение в стратегии вуза.

Миссия определяет главную, генеральную цель, являющуюся отправной точкой, определяющей назначение и приоритеты развития вуза. Миссия вуза находит свою реализацию в системе планов, которые в последующем реализуются через организационную структуру по функциональным сферам деятельности. Они в свою очередь выступают в качестве объектов самооценки. Это объясняется достижением согласованности между миссией и теми механизмами, с помощью которых она реализуется.

Как уже было отмечено, миссия реализуется на основе системы планов: стратегических (перспективных, долгосрочных), среднесрочных и текущих. Они в последующем находят свою конкретизацию в планах работы вуза и его структурных подразделений. На данном этапе проверяется соответствие стратегии, выраженной в планах содержанию миссии, определяется степень влияния различных факторов окружающее среды, соответствие ресурсного обеспечения намеченным в планах мероприятиям и достижимость их результатов. Непосредственно контроль основывается на различных видах отчетности вуза и его подразделений.

Мониторинг результативности образовательной деятельности вуза основан на системе показателей, характеризующих текущее состояние подразделений вуза. В качестве критериев оценки выступают знания и навыки обучающихся, качество организации учебного процесса и т.д.

Следующий этап связан с выделением основных сфер деятельности вузов, входящими в состав самооценки. Ими являются образовательная, учебная, методическая, научно-исследовательская и воспитательная работа. Охарактеризуем их в виде таблицы.

Таблица 2. Анализ функциональных сфер деятельности вуза

Сфера деятельности	Объект и сфера оценки	Критерии оценка
образовательная деятельность	качество образовательных (учебных) программ	соответствие образовательных программ миссии, планам, приоритетам развития вуза, а также потребностям рынка.
учебная	Качество образовательного процесса	Уровень успеваемости обучающихся, достижение компетенций
научно-исследовательская	качество научно-исследовательской работы вуза	соответствие миссии целям финансового развития вуза и развитие профессорско-преподавательского состава в разрезе внешних связей вуза;
воспитательная	Качество организации воспитательной работы и развития студенческого самоуправления	Количество и качество мероприятий, их соответствие планам вуза

методическая	качество деятельность профессорско-преподавательского состава вуза по созданию методического обеспечения образовательного процесса	степень методического обеспечения образовательного процесса вуза

Следующий этап самооценки посвящен опросу заинтересованных лиц. Укрупнено их можно разделить на внутренних (администрация вуза, профессорско-преподавательский состав, студенты) и внешних (органы государственной власти, работодатели, родители обучающихся). Зачастую данные группы лиц сами выступают в качестве объектов самооценки, например, профессорско-преподавательский состав, студенты и работодатели. Именно они чаще всего привлекаются в качестве субъектов оценки при проведении опросов (анкетирование, интервьюировании). Степень их удовлетворенности результатами деятельности вуза, в том числе и качество образовательных услуг, определяет результаты самооценки.

Рассмотренные выше этапы самооценки невозможно осуществить без соответствующей системы обеспечения, включающей систему администрирования, нормативно-правовое, организационно-методическое и ресурсное обеспечение.

Система администрирования представлена действующей организационной структурой управления, системой распределения полномочий между уровнями управления, а также степенью ответственности тех или иных лиц за результаты деятельности вуза.

Нормативно-правовое обеспечение включает законодательную базу, регламентирующую вопросы сферы образования: федеральные законы, постановления и указы президента и правительства, а также внутренние обеспечение процессов вузов представленное локальными положениями, распоряжениями администрации вуза.

Организационно-методическое обеспечение включает в себя совокупность мер, направленных на организацию процессов вуза и их соответствующее методическое обеспечение.

Ресурсное обеспечение представлено совокупностью всех ресурсов, которыми обладает образовательное учреждение: материально-техническое, финансовое и информационное. Все они в той или иной мере позволяют обеспечить нормальные условия функционирования всех сфер деятельности вуза. Они также включены в показатели оценки качества образовательных услуг.

Завершающим и вместе с тем одним из ключевых аспектов проведения самооценки является конкретизация системы параметров и критериев. В качестве параметров самооценки выступает объект процедуры самооценки, а в качестве критерия – соответствие параметра самооценки стандарту качества. Они могут быть выражены как в количественных, так и качественных характеристик. Количественные характеризуют соответствие установленным стандартам качества, а качественные подразумевают характеристику параметров системы.

По завершению процедур самооценки происходит определение проблемных зон, требующих более пристального внимания и определение направлений совершенствования деятельности. На основании полученных данных строятся планы, реализация которых позволит повысить эффективность деятельности вуза и качество предоставляемых ими образовательных услуг.

В качестве условий обеспечивающих успешное внедрение предложенной модели самооценки является:

- поддержка высшим руководством процедур организации и проведения самооценки;

- обучение персонала методики организации и проведения самооценки;
- создание системы распределения обязанностей и полномочий по организации и проведению самооценки;
- анализ и оценка результатов самооценки на различных уровнях управления;
- мониторинг изменений с момента проведения последней самооценки.

Самооценка независимо от выбранной модели будет эффективной лишь в том случае, если целью ее проведения являются определенные улучшения в деятельности организации.

Успешная работа вуза в современных условиях неосуществима без постоянного совершенствования ее деятельности, нацеленной на повышение удовлетворенности потребителей. В то же время совершенствование невозможно без периодического анализа достигнутого состояния, а также определения приоритетов развития. Опираясь на результаты самооценки как "всестороннего оценивания, итогом которого является мнение или суждение о результативности и эффективности организации и уровне зрелости системы менеджмента качества, можно наметить и реализовать дальнейшие шаги на пути к улучшениям. В современных условиях меняются взгляды и подходы к менеджменту, появляются новые методы и инструменты повышения его эффективности, однако применение такого инструмента, как самооценка, безусловно, дает мощный стимул для дальнейшего развития и совершенствования деятельности.

.

Библиографический список

1. ГОСТ Р ИСО 9004-2001. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 45с.
2. Информационно-справочный портал поддержки систем управления качеством / Исследование существующих моделей систем качества образовательных учреждений / Отчет СПбГЭТУ "Разработка информационных материалов для систем управления качеством в образовательных учреждениях ВПО". - Электронный ресурс. – Свободный доступ из сети Интернет. - http://www.quality.edu.ru/quality/sk/deskr/modeli/379/.

УДК 338.45:69

И.Г. Гафуров, Д.-В. Б. Абдурахманов

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ И УЧЕТА ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Предлагается методика исчисления и управления прибылью строительного предприятия в нестабильной экономической среде.

Ключевые слова: *Строительное предприятие, исчисление прибыли, управления прибылью.*

I.G. Gafurov, D.-V. B. Abdurahmanov

ECONOMIC ANALYSIS IN MANAGERIAL SYSTEM AND ACCOUNT FINANCIAL RESULT BUILDING ENTERPRISE

The methods of the calculus and management building enterprise is Offered in sloppy economic ambience.

The Keywords: Building enterprise, calculus of the profit, profit management.

Для того чтобы выявить преимущества и недостатки применения различных методов управления формированием и распределением прибыли, необходимо рассмотреть и проанализировать методики планирования, учета и анализа финансовых результатов, используемые подрядными строительными организациями на соответствующих этапах процесса управления производством.

Важной составной частью финансового механизма строительных организаций является финансовое планирование (в рамках формирования бизнес плана подрядной строительной организации), которое представляет собой деятельность соответствующих служб и отделов по определению [1]:

- объема финансовых ресурсов, необходимых для выполнения планов строительства и ввода в действие объектов;
- форм и методов мобилизации финансовых ресурсов;
- установлению финансовых показателей, пропорций и размеров денежных фондов, источников их формирования и направлений целевого использования.

Финансовый план строительной организации является составной частью бизнес - плана и обеспечивает сбалансированность всех его разделов. При этом показатели финансового плана в условиях рынка должны определяться на основе данных о фактическом состоянии строительного предприятия на момент планирования, на основе данных из других разделов бизнес- плана, в частности, на основе данных из раздела "Планирование прибыли и себестоимости строительно-монтажных работ".А также на основе анализа желаемого (целевого) состояния, к которому стремится строительное предприятие. В разделе "Планирование прибыли и себестоимости строительно-монтажных работ" определяется размер плановой балансовой прибыли с учетом предусмотренных на следующий год организационно-технических мероприятий, позволяющих увеличить объем строительной продукции и снизить ее себестоимость. Размер плановой балансовой прибыли вычисляется в заданном порядке, на основе запланированного объема строительно-монтажных работ и плановой себестоимости. При этом источниками плановой балансовой прибыли являются плановые накопления (нормативная прибыль) и плановая экономия от снижения себестоимости строительно-монтажных работ.

Рассмотрим основные способы планирования прибыли от реализации товарной продукции. Главными из них являются: метод прямого счета и аналитический метод расчетов [2].

Метод прямого счета наиболее распространен на предприятиях в современных условиях хозяйствования. Он применяется, как правило, при небольшом ассортименте выпускаемой продукции (что характерно для строительных подрядных организаций). Сущность его заключается в том, что прибыль исчисляется как разница между выручкой от реализации продукции в соответствующих ценах и полной ее себестоимостью за вычетом НДС и акцизов.

С учетом специфики строительного производства расчет может производиться по следующей формуле:

$$П = (\sum_{j=1}^{n} V_j k_j)Ц - (\sum_{j=1}^{n} V_j k_j)С,$$

где П - плановая прибыль;

$\sum_{j=1}^{n} V_j k_j$ -общий объем выполненных приведенных по трудоемкости условных подрядных работ;

Ц – спрогнозированная цена единицы условных подрядных работ (за вычетом НДС и акцизов);

С – спрогнозированная полная себестоимость единицы условных подрядных работ.

Расчет прибыли методом прямого счета прост и доступен. Однако он не дает возможности учитывать влияние отдельных факторов на плановую прибыль, а при большой номенклатуре подрядных работ становится достаточно трудоемким.

Аналитический метод планирования прибыли применяется при большом разнообразии выполняемых подрядных работ, а также как дополнение к прямому методу в целях его проверки и контроля. Преимущество этого метода состоит в том, что он позволяет определить влияние отдельных факторов на плановую прибыль. При аналитическом методе прибыль определяется не по каждому виду выпускаемой в планируемом году продукции, а по всей сравнимой продукции в целом [3].

Кроме отмеченных выше способов планирования прибыли - методом прямого счета и аналитическим - существует так называемый метод совмещенного расчета. В этом случае применяются элементы первого и второго способов. Так, стоимость товарной продукции в ценах планируемого года и по себестоимости отчетного года определяется методом прямого счета, а воздействие на плановую прибыль таких факторов, как изменение себестоимости, повышение качества, изменение ассортимента, цен и др., выявляется с помощью аналитического метода.

Исчисление оптимального размера прибыли становится важнейшим элементом планирования предпринимательской деятельности на современном этапе хозяйствования. Для прогнозирования максимально возможной прибыли в планируемом году целесообразно, исходя из опыта западного предпринимательства, сопоставить выручку от реализации продукции с общей суммой затрат, подразделяемых на переменные, постоянные и смешанные. Как известно, к переменным затратам относятся расходы на сырье, материалы, электроэнергию, транспорт и др. Эти затраты изменяются пропорционально изменению объема производства. Для оптимизации и сопоставления показателей переменных затрат, в виду их противоречивости, необходимо использовать методы многокритериальной оптимизации, позволяющие находить различные компромиссные решения задачи.

Постоянные затраты, в отличие от переменных затрат не изменяются в зависимости от роста амортизационных отчислений, уплаты процентов за кредит, арендной платы, оплаты труда управленческого персонала, административных расходов и др.

Смешанные затраты включают как переменные, так и постоянные расходы. Таковыми, например, являются затраты на проведение текущего ремонта строительной техники и оборудования и др.

Следует различать процессы планирования формирования прибыли и планирования распределения прибыли. Налогообложение прибыли и ее распределение на фонды потребления, фонды накопления и резервные фонды планируется в "Балансе доходов и расходов" (форма 12-СФ) на основе действующих ставок налогообложения и льгот, а также на основе нормативов распределения прибыли. При этом порядок целевого использования фондов потребления и накопления планируется в сметах расходования средств фондов потребления и накопления [4].

Учет финансовых результатов строительной организации ведется в соответствии с Положением о бухгалтерском учете и отчетности в Российской федерации, утвержденным приказом Министерства финансов от 26 декабря 1994 года № 170, и Планом счетов бухгалтерского учета, утвержденным приказом Министерства финансов от 1 ноября 1991 года № 56 с изменениями, внесенными приказом Министерства финансов от 27 декабря 1994 года № 173, на счете 80 "Прибыли и убытки", который предназначен для учета формирования прибыли (убытков). Учет распределения (использования) валовой (балансовой) прибыли ведется на счете 81 "Использование прибыли". Чистая прибыль, остающаяся в распоряжении строительной организации распределяется в заданном порядке. Операции по распределению чистой прибыли отражаются в учете путем записи в дебет счета 81 "Использование прибыли" с кредита счетов 82 "Оценочные резервы", 86 "Резервный капитал", 87 "Добавочный капитал", 88 "Нераспределенная прибыль".

Анализ финансовых результатов деятельности строительной организации проводится в целях оценки выполнения плана по прибыли, определения влияния факторов на размер прибыли, выявления резервов и разработки мероприятий по их использованию. Для анализа финансовых результатов используются следующие источники информации[5]:

-данные бизнес- плана (разделы "Планирование прибыли и себестоимости строительно-монтажных работ";

- данные "Баланса доходов и расходов", бухгалтерские балансы (форма 1), отчеты о финансовых результатах (форма 2);

- отчеты о себестоимости строительно-монтажных работ;

- материалы балансовых комиссий, регистры бухгалтерского учета и первичные учетные документы.

При этом основными направлениями анализа финансовых результатов являются:

- определение степени выполнения плана по прибыли, как в целом по строительной организации, так и по отдельным участкам и объектам строительства;

- определение влияния количественных и качественных факторов на сумму отклонения фактической прибыли от плановой прибыли, и выявление причин данного отклонения;

- анализ внереализованных прибылей и убытков, а также причин их образования;

- анализ распределения балансовой и чистой прибыли.

- анализ образования и использования фондов потребления и накопления в соответствии с утвержденными сметами.

Аналитическая работа заканчивается разработкой предложений о порядке использования выявленных резервов роста прибыли, а также предложений по рациональному и эффективному расходованию средств фондов потребления и накопления.

В основе альтернативной концепции управления финансами предприятия лежит управленческий учет, который представляет собой совокупность методов финансового менеджмента. Понятие "управленческий учет" объединяет в единую систему методы

управления финансами, применяемые на этапах прогнозирования, планирования, учета, анализа и принятия управленческих решений [6].

Управленческий учет включает методы прогнозирования, планирования, учета и анализа затрат и финансовых результатов предприятия по местам их формирования и объектам калькуляции, а также методы планирования, учета и анализа капитальных вложений, направляемых на развитие собственной производственной базы. Методика финансового анализа (в рамках концепции управленческого учета) должна быть направлена на обеспечение информации, необходимой для выбора оптимального решения из нескольких альтернативных вариантов. При этом данные учета используются для оценки достигнутого состояния, выявления его отклонений от оптимального состояния и выяснения причин этих отклонений, а также в качестве базы для прогнозирования дальнейшего развития проблемной среды. При этом в случае большого доверия к данным традиционного бухгалтерского учета возможны ошибки в оценке текущей ситуации. Например, учетные данные могут говорить о том, что на расчетном счете предприятия достаточно денежных средств, но в то же время предприятие уже находится в зоне убытков. С другой стороны, данные учета, могут показывать отсутствие ликвидных средств, хотя предприятие продолжает получать прибыль. Для точной оценки экономической ситуации необходимо перейти к более эффективному уровню управления финансами, опирающемуся на контроллинг полного состояния строительного предприятия.

Методы управленческого учета должны органично сочетаться с традиционными методами управления финансовой деятельностью строительного предприятия, объединяя все этапы управления финансами предприятия в единый и непрерывный процесс[4].

Управленческий учет является базовым механизмом для формирования эффективных планов, построения прогнозов и принятия оптимальных решений. Одновременно это учет обстоятельств, которые, возможно, изменятся в течение планируемого периода.

Очевидно, что одним из наиболее ценных качеств любого руководителя является умение прогнозировать ситуацию и реализовать цель управления, получив ожидаемые финансовые результаты. При этом основная задача управленческого учета состоит в том, чтобы предвидеть эти результаты и обеспечить их достижение.

Особую роль в повышении эффективности методов управления финансовой деятельностью строительных предприятий играет маркетинг и оптимальное распределение прибыли. Одной из основных задач маркетинговых исследований является прогнозирование спроса потребителей на выпускаемую товарную строительную продукцию, что позволяет выполнить формирование эффективных планов стратегического развития строительного предприятия.

При этом для эффективного управления по отклонению фактических значений параметров производственного процесса от заданных параметров необходимо формирование базы данных, используемой для хранения накопленного передового опыта управления, представляющего соответствующее информационное обеспечение, включающее:

-массивы данных, содержащих сведения о факторах, влияющих на величину отклонений регулируемых параметров и причинах, вызывающих эти факторы;

- массивы данных, определяющих управленческие мероприятия, позволяющие устранить различия между фактическими и заданными значениями регулируемых параметров производственного процесса.

В этом случае любая задача регулирования производственного процесса будет сводиться к выявлению и устранению различий между заданным и фактическим значением регулируемых параметров (например, объемов производства), а также к устранению основных причин и сопричин, вызывающих данные отклонения.

Если при этом возникает сложная по своей структуре проблема, то для поиска эффективного решения каждой выявленной сложной задачи в процессе управления производственным процессом могут использоваться специальные процедуры разбиения этих задач на подзадачи с требуемым уровнем детализации, реализация которых не вызывает затруднений. Для этой цели и используется хранящаяся в базе данных информация. В результате применения указанных процедур формируется дерево решения сложной задачи, вершины которого v_i, i = 1,n (см. рис.1) определяются подзадачами, которые необходимо реализовать для реализации основной (корневой) проблемы v_0, а ребра e_j, j=1,m помечаются мероприятиями, проводимыми для их реализации и требующимися для этого материальными ресурсами.

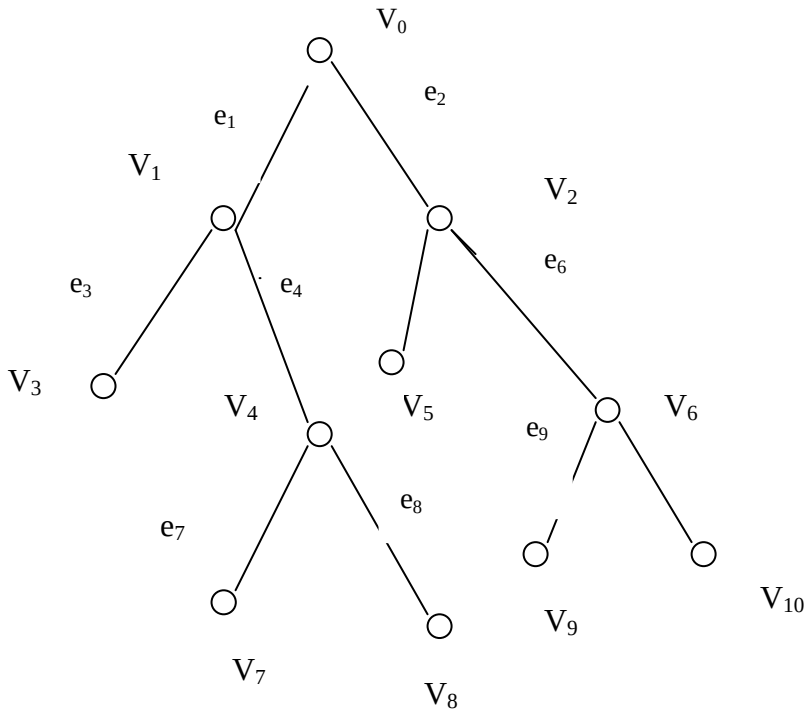


Рис. 1. Дерево разбиения задач на подзадачи.

При этом суммирование всех необходимых для решения подзадач ресурсов позволяет выявить все ресурсы, необходимые для решения основной задачи.

Библиографический список:

1. Справочник финансиста предприятия. - М.: ИНФРА - М, 1996.

2. Федеральный закон РФ “ О несостоятельности (банкротстве)“ от 8 января 1998 г., № 6 - Ф.

3. Игнатущенко В.В. Оценка качества прибыли // Деловой партнер. – 2000. - №7.

4. Карпова Т. П. Основы управленческого учета. -М., 1998.

5. Коласс Б. Управление финансовой деятельностью предприятия. - М.: ЮНИТИ, 1997.

6. Крупнов Ю.С. Актуальные проблемы управления финансами // Финансы.- 1999.- № 4.

УДК 65.050.9(2)2

Н.И. Пирожкова

ЗАТРАТЫ НА ПЕРСОНАЛ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА ВЕЛИЧИНУ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА КОМПАНИИ

N.I. Pirozhkova

THE COSTS OF THE PERSONNEL OF THE ENTERPRISE AS A FACTOR AFFECTING THE VALUE OF HUMAN CAPITAL OF THE COMPANY

Работа автора посвящена проблеме экономического анализа человеческого капитала, а также определения величины человеческого капитала всех работников предприятия. Эта проблема актуальна, поскольку необходимость оценить человеческий капитал может возникнуть при продаже бизнеса, любых изменениях в структуре предприятия, а также для принятия необходимых управленческих решений.

Ключевые слова: *затраты; затраты на персонал предприятия; затраты, связанные с нелояльностью персонала*

The main idea of author's dissertation is to find new methods of economical analysis of human recourses. Also author calculated cost of human capital. Research based on information from the sales and producing companies in field of electronic components. This subject is actual now because of many reasons: if owner want to sell his business he should know the price of human recourses who work in his company, also this information is important for manager for effective management and for HR department to brand effective HR strategy.

Key words: *human capital, human recourses, economical analysis of human capital, determination of the value of human capital, estimation of cost of human recourses, costs*

Современное управление рассматривает затраты на персонал не только как цену приобретения персонала, но и определяет их с позиций ценности персонала для организации, его способности приносить будущую выгоду. Согласно концепции человеческого капитала, «инвестиции в человеческий капитал — это любое действие, которое повышает квалификацию и способность, или, другими словами, производительность труда рабочих. Подобно затратам предпринимателей на станки и оборудование, затраты, которые способствуют повышению чьей-либо производительности, можно рассматривать как инвестиции, ибо текущие расходы, или издержки, осуществляются с тем расчетом, что эти затраты будут многократно компенсированы возросшим потоком доходов в будущем»

Затраты (input, expenditures, outlay, costs) — широко распространенное в экономической литературе понятие, не имеющее, однако, общепринятого определения. В самой общей форме это *ресурсы, которые расходуются* в процессе производства (понимаемого в широком смысле, включающем хранение, транспортировку и т. д.) ради получения *результатов* этого производства.

На величину затрат воздействуют следующие факторы:

Внутренние:

- бюджет, выделяемый на персонал компании;
- политика, проводимая руководством компании;
- наличие в компании HR-службы, ответственной за стратегию работы с персоналом компании.

Внешние:

- стабильность политической ситуации в стране; [1]

-стабильность экономической ситуации в стране (многие компании в период финансового кризиса уменьшили затраты на мотивацию и обучения персонала Это решение является обоснованным и помогло компаниям в тяжелый период сократить издержки и не производить многократные увольнения работников).

Под *затратами на персонал предприятия* автор будет понимать затраты на обучение персонала (см. Таблицу 1), на подбор кадров (см. Таблицу 2), затраты на мотивацию персонала и улучшение условий труда (см. Таблицу 3) а также затраты, связанные с нелояльностью персонала предприятия (см. Таблицу 4,6).

Затраты на персонал предприятия необходимо учитывать при экономическом анализе человеческого капитала предприятия, поскольку в экономическом анализе учитываются все финансовые вложения в персонал с учетом корректирующих коэффициентов для того, чтобы дать наиболее подробное представление субъекту бизнеса для принятия необходимого управленческого решения. Поэтому анализ человеческого капитала предприятия необходимо начать со сбора необходимой информации по различным группам затрат персонал.

Выделяем четыре группы затрат. В первую группу затрат входят затраты на обучение персонала. Обучение персонала – это неотъемлемая часть его деятельности в организации. Поэтому планирование обучения является частью процедуры корпоративного планирования. Укрупненный план обучения должен составляться, как правило, на год. Однако понятно, что специфика обучения, а именно, краткосрочный характер многих учебных мероприятий, быстрые изменения потребностей в обучении, смена поставщиков учебных услуг требуют ежеквартальной и даже ежемесячной корректировки планов. Вкладывая деньги в обучение и развитие персонала, руководитель компании рассчитывает на увеличение основных экономических показателей: выручки, оборачиваемости, прибыли, а также на повышение лояльности персонала. Далее приведены авторские таблицы, с помощью которых нужно проанализировать затраты на персонал данного предприятия. Первая группа затрат – это затраты на обучение персонала.

Таблица 1 Затраты на обучение персонала

№	Виды затрат	Описание
1	дополнительное образование, освоение новой специализации для работы в том же предприятии	Оно включает в себя повышение квалификации и профессиональную переподготовку, чаще длительного характера, чем краткосрочного
2	курсы, семинары, тренинги	Носят, как правило, краткосрочный характер
3	Обучение иностранным языкам для деятельности компании	Долгосрочный или краткосрочный характер, чаще компания компенсирует 50% стоимости
4	Творческие курсы, направленные на развитие конкретных навыков	Краткосрочный характер
5	Программы «тимбилдинг», направленные на развитие «командного духа» у сотрудников компании.	Однократный или краткосрочный характер
6	Подготовка сотрудников к возможному замещению коллег во время отпуска, болезни, командировки и в случае увольнения	Иногда этот процесс не требует дополнительных затрат и осуществляется внутри компании

Вторая группа затрат – затраты на подбор персонала. В соответствии с подпунктом 8 пункта 1 статьи 264 НК РФ налогоплательщик вправе учесть в прочих расходах затраты на поиск работников, включая расходы на услуги специализированных организаций по подбору персонала.[4] В данные расходы включаются как затраты на оплату услуг кадровых агентств, так и расходы организации на самостоятельный поиск сотрудников. Согласно общим правилам главы 25 НК РФ все расходы должны быть экономически оправданны, документально подтверждены и произведены для осуществления деятельности, направленной на получение дохода.

Таблица 2 Затраты на подбор персонала предприятия

№	Виды затрат	Описание
1	Услуги кадрового агентства	Варианты оплаты могут быть различные – от 10 до 25% от суммарного среднего годового оклада сотрудника, зависит от значимости должности для организации
2	Услуги пользования электронными ресурсами	Доступ к базе резюме интернет ресурсов, таких как rabota.ru, job.ru, hh.ru и других стал платным
3	Размещение объявлений в печатных СМИ	Зависит от рейтинга издания и от возможностей компании
4	Привлечение студентов на практику с перспективой трудоустройства	Выплачивается небольшая фиксированная зарплата на период практики, либо студенты направляются на практику бесплатно

Третья группа затрат – мотивация персонала и другие расходы, которые направлены на улучшение условий труда.

Таблица 3 Затраты на мотивацию и улучшение условий труда

Четвертая группа затрат **– это затраты, которые практически невозможно учесть.** На это стоит обратить внимание, поскольку часто затраты на персонал

№	Виды затрат	Описание
1	Премии, надбавки к пенсиям работающих на предприятии, материальная помощь и прочие денежные компенсации, которые не являются заработной платой	Затраты не являются обязательными, это должно быть определено руководством предприятия
2	Компенсация расходов на мобильную связь, обеды для сотрудников	Затраты не являются обязательными, это должно быть определено руководством предприятия
3	Страховка	Зависит от политики руководства предприятия, в кризис многие компании отказались от подобной опции
4	Проведение корпоративных мероприятий	Затраты не являются обязательными, это должно быть определено руководством предприятия
5	Компенсация за пользование личных транспортом в служебных целях/ предоставление корпоративного автомобиля	Затраты не являются обязательными, это должно быть определено руководством предприятия
6	Расходы на приобретение спецодежды	Затраты не являются обязательными
7	Затраты на подготовку и организацию рабочего места для нового сотрудника	Затраты не являются обязательными

увеличиваются именно из-за этих факторов. Предприятие теряет деньги в результате нелояльности персонала. **Лояльность сотрудника** - осознанное соблюдение принятых правил и соответствующая требовательность к другим. [5]

На отсутствие лояльности у сотрудника предприятия могут указывать:

- *ложь, обман объекта лояльности;*
- *сарказм, высмеивание, надругательство над ценностями и убеждениями, которые важны для объекта лояльности;*
- *преимущество личных интересов перед интересами объекта лояльности;*
- *отсутствие заботливости и предупредительности;*
- *нарушение достигнутых договоренностей и т. д.*

Затраты, связанные с нелояльностью персонала автором предлагается разделить на 3 группы:

- Стоимость замещения позиции при внезапном уходе сотрудника;
- Потеря клиента по причине некорректного поведения сотрудника;
- Потеря рабочего времени сотрудника по необъективным причинам.

Как выявить и посчитать затраты, связанные с нелояльностью персонала?

1. *Стоимость замещения позиции при внезапном уходе сотрудника*.

Для того чтобы выявить этот факт, необходимо чтобы начальник отдела кадров ответил на вопрос: Были ли в компании за исследуемый период внеплановые увольнения? (когда сотрудник предупреждает о своем увольнении менее чем за месяц). Если в течение исследуемого периода произошло внезапное, внеплановое увольнение сотрудника, необходимо рассчитать стоимость замещения позиции. Автором предлагается считать стоимость замещения позиции на 1 сотрудника следующим образом. Затраты на каждый из показателей должен знать начальник отдела кадров предприятия: Таблица 4 Затраты, связанные с замещением кадровой единицы на предприятии

№	группа	Фактор	Как считать	Результат (руб.)
1	**Расходы на подбор персонала**	Услуги кадрового агентства	Общую сумму затрат на подбор персонала за исследуемый период делим на количество новых сотрудников за исследуемый период	
		Услуги пользования электронными ресурсами		
		Размещение объявлений в печатных СМИ		
		Привлечение студентов на практику с перспективой трудоустройства		
2	**Расходы на подготовку рабочего места**	Затраты на подготовку и организацию рабочего места для нового сотрудника (мебель, канцтовары и т.п.)	Отражаем фактическую стоимость оборудования и проч. необходимых вещей для организации рабочего места для 1 сотрудника. При этом необходимо понимать, что для организации рабочего места служащего и рабочего необходимы разные наименования	
		Расходы на приобретение 1 комплекта спецодежды/оборудования для нового работника		
3	**Расходы на обучение**	Подготовка сотрудников к возможному замещению коллег во время отпуска, болезни, командировки и в случае увольнения (курсы)	Если подобные курсы проводились заранее, делим затраты на организацию этих курсов (возможно привлекался сторонний специалист) на количество человек, прошедших эти курсы и фиксируем результат	
		Обучение нового сотрудника (курсы внешние или внутренние)	Отражаем фактическую стоимость обучения данного сотрудника	

1. ***Потеря рабочего времени сотрудника по необъективным причинам.*** Причин для потери рабочего времени может быть много. Если сотрудник часто выходит покурить, выпить кофе, обсудить телепередачу или новости, либо что-то личное в компании коллег по работе, потери времени, могут быть огромными. Часто сотрудник теряет свое время, если рабочий стол превращается в склад неиспользуемых вещей, документов и папок, которые затрудняют доступ к часто используемым вещам и уменьшают полезную площадь рабочего стола. Также примером потери рабочего времени может служить отсутствие мотивации для выполнения служебных обязанностей, сотрудник перестает выполнять свою работу и отвлекает своих коллег. Причин может быть множество, однако вследствие того, что практически невозможно учесть все факторы, из-за которых сотрудник компании теряет рабочее время (чтобы учесть все факторы, необходимо наблюдать за каждым сотрудником, фактически без перерыва, и даже это не гарантирует 100% учет всех факторов) необходимо учесть только то, что может подтвердить руководитель отдела, который большую часть времени проводит со своими сотрудниками.

Для того, чтобы выявить этот факт, необходимо чтобы каждый руководитель отдела ответил на следующие вопросы о своих сотрудниках:

- *как часто сотрудники опаздывают на работу?*
- *как часто задерживаются во время обеденного перерыва?*
- *часто ли выходят покурить/выпить кофе/самовольно устраивают себе перерыв в течение рабочего дня?*
- *с какой регулярностью разговаривают по телефону в личных целях в течение рабочего дня?*
- *часто ли сотрудники отдела берут отгулы, обосновывая их семейными обстоятельствами, неотложными делами и т.п.?*
- *как часто задерживают сроки выполнения задания?*
- *как часто вы делаете замечания сотрудникам по поводу длительного использования ресурса Интернет в личных целях?*

Варианты ответа на эти вопросы: всегда, часто, иногда. Если преобладают ответы «всегда», «часто», значит, факт потери рабочего времени имеет место быть. Если этот факт удалось выявить, то считаем расход времени по следующей схеме: 1. Рассчитываем, чему равна заработная плата сотрудника занимаемой позиции за 1 день 2. Результат нужно зафиксировать в общей перечне затрат, связанных с нелояльностью персонала.

Необходимо отметить, что существуют определенные сложности при объективной оценке потери рабочего времени. Ограничения следующие:

1. Эта система не может применяться для людей творческих профессий, поскольку их рабочих график, как правило, нестандартный;
2. Система не применяется к собственникам компании и высшему руководству и руководителям среднего звена (руководителям отделов) поскольку именно для этих людей производятся расчеты потерь рабочего времени;
3. Система не применяется для сотрудников администрации и прочих вспомогательных отделов, таких как: администрация компании, финансовый отдел и бухгалтерия, отдела технической и юридической консультации, IT-отел, транспортный отдел и т.д.;
4. Авторская система позволяет рассчитать величину потерь рабочего времени, только для персонала компании, непосредственно вовлеченного в процесс продажи или производства продукции/услуг.

Для того, чтобы понять насколько эффективна система расчета потерь рабочего времени и насколько эффективна система предотвращения потерь рабочего времени (как правило, это выговор нелояльному сотруднику, а после система штрафов, автор будет рассматривать только систему штрафов) необходимо проанализировать 2 параметра. 1-й параметр это штрафы (от 500 рублей за небольшое нарушение до 15000 рублей за крупное нарушение) а также производительность труда на 1 сотрудника предприятия.

Производительность труда – это частое от объема работы (в данном случае результат продаж в денежном выражении) к числу работников, непосредственно вовлеченных в процесс продажи данного товара.

С помощью корреляционно-регрессионного анализа можно построить график зависимости этих 2-х переменным (рис.1).

Необходимо отметить несколько важных выводов:

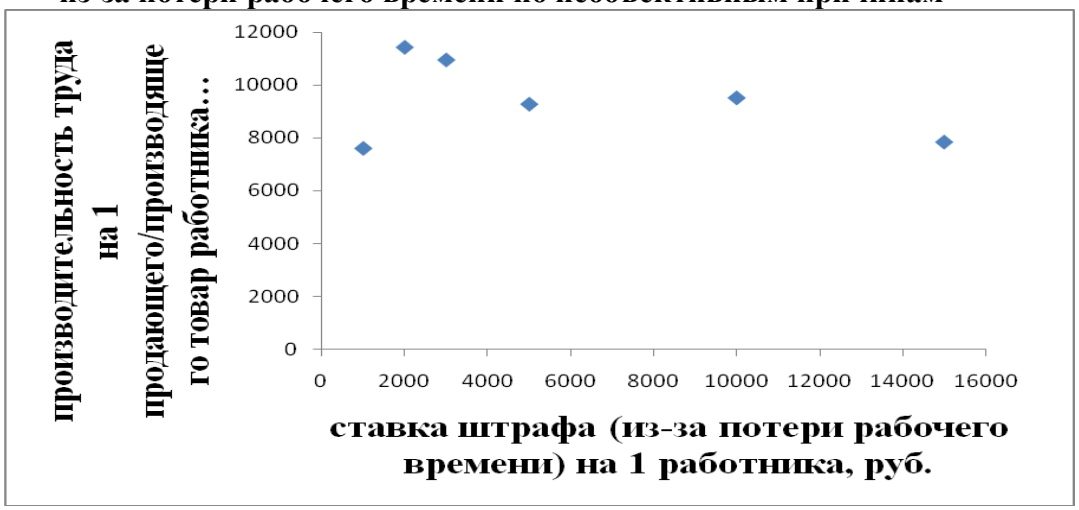
- на графике видно, что при минимальных штрафах до 2000 руб. производительность труда не меняется;
- при возрастании штрафа от 2000 руб. до 3000 руб. производительность труда максимальна;
- при возрастании штрафов от 5000 руб. и выше производительность труда резко снижается, поскольку у работника снижается мотивация и часто такие меры приводят к увольнению работника. После резкого снижения наблюдается стабильный уровень с возможностью небольшого единичного повышения производительности труда.

Выводы по системе учета потери рабочего времени будут следующие:

1. система учитывает только потери рабочего времени работников, непосредственно вовлеченных в процесс производства/продажи товара/услуг;

2. при планировании мер по предотвращению потерь рабочего времени работников, необходимо учитывать, что повышение штрафов от 5000 руб. и выше снижает производительность труда работников данной категории, лишает их мотивации и даже может привести к их увольнению.

Рис. 1 График зависимости производительности труда работника от штрафов из-за потери рабочего времени по необъективным причинам



Библиографический список:

1. Албастова Л. Н. Технология эффективного менеджмента.- М.: «Издателство ПРИОР», 2010.
2. Базаров Т. Ю. Управление персоналом. Москва. ACADEMA. 2008.
3. Кибанов А.Я. Основы управления персоналом. Учебник. — М.: ИНФРА-М, 2009.
4. Ларри Стаут. Управление персоналом. Настольная книга менеджера. - М.: Изд-во Добрая книга. 2006
5. Оценка бизнеса: Учебник / Под ред. А.Г. Грязновой, М.А. Федотовой. – М.: Финансы и статистика, 2005.
6. Патрушева Л.М. Бюджетирование расходов на персонал М: Инфра-М, 2006 г
7. Ряковский С.М. Планирование затрат на обучение: пошаговая технология М: Финансы и статистика 2007 г.
8. Филина Ф. Квитковская Т. Журнал «Российский бухгалтер» № 9 от 2006 года
9. Экономика предприятия. Учебник /Под ред. О.И. Волкова.-М.:ИНФРА-М. 2003 г
10. Экономика и статистика фирм: Учебник /В.Е. Адамов, С.Д. Ильенкова, Т.П.Сиротина и др.; Под ред. д-ра экон. наук, проф. С.Д. Ильенковой. –М.:Финансы и статистика, 2001 г.
11. Becker G.S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis /G.S. Becker. − N.Y., 1994.
12. [1] Fitz-Enz J. Human Value-Added Management / J. Fitz-Enz. − N.Y.: Jossey-Bass,1990.
13. Schulz T.W. Human Capital: Policy Issues and Research Opportunities. – In: Human resources. – N.Y., 1975

УДК 338.45:69

Х.З.Халимбеков, Г.А. Аминова

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

H.Z.Halimbekov, G.A. Aminova

ASSESSMENT OF Production Potential OF THE FOOD INDUSTRY COMPANIES OF DAGESTAN

В этой статье исследованы воспроизводственные аспекты элементов производственного потенциала, базу которого составляет основной капитал предприятия и его инновационно - инвестиционная активность, т.е. политика, осуществляемая предприятием в части качественного обновления производственных фондов.

Ключевые слова: *технико-технологический уровень производств, объем, ассортимент, качество продукции, жизнестойкость предприятия.*

In this article explored reproductive aspects of the elements of production capacity, the base of which is the main capital of the company and its innovative - investment activity, ie politics carried out by the company in terms of quality updates production facilities.

Keywords*: technical and technological level of industries, volume, range, quality, viability of the enterprise*

Предприятие - основной хозяйствующий субъект экономики, и его деятельность базируется на эффективном взаимодействии основных факторов производства, по поводу чего нет единого мнения. Рассматривать только основные фонды пищевой промышленности в качестве ее производственного потенциала, думается, неправомерно, т. к. без привлечения трудовых ресурсов наличное оборудование не имеет реальной возможности производить продукцию, точно так же как и без оборотных средств. Взаимосвязь факторов производства и элементов производственного потенциала, по нашему мнению, можно представить в виде схемы (рис. 1). В качестве самостоятельных, но взаимообусловленных и взаимосвязанных элементов, составляющих производственный потенциал, необходимо рассматривать состояние основных фондов, оборотных средств и трудовых ресурсов, представленных на уровне предприятия промышленно-производственным персоналом. От эффективности их взаимодействия будут зависеть результативные показатели деятельности предприятия и его конкурентоспособность. Представленная на рис.1 иерархия факторов производства, элементов ресурсного и производственного потенциалов свидетельствует о том, что факторов производства может быть значительно больше, включив организацию, информацию и т.д., но если они рассматриваются как экономические параметры, оказывающие влияние на производство, но не с позиций их ресурсного наполнения.

В соответствии с этим подходом считаем, что ресурсный потенциал -это наличие трудовых ресурсов, основных и оборотных средств, которые в совокупности представляют возможность их соединения для производства пищевой продукции. Производственный потенциал, соответственно, составляют элементы ресурсного в части балансового их соотношения с возможностями технической базы предприятия.

Рис 1. Условная схема взаимосвязи факторов производства и элементов производственного потенциала предприятий пищевой промышленности

Таким образом, производственный потенциал представляет собой максимально возможный объем производства продовольственных товаров при оптимальном использовании ресурсов региона в данных условиях конкретной хозяйственной деятельности с целью удовлетворения потребностей населения в полноценных продуктах питания.

Однако, как показала практика, в условиях переходной экономики России создание модели (даже в условиях полной либерализации экономики и смены формы собственности) основанной на качественном обновлении производственных фондов , без государственного вмешательства оказалось проблематичным, что отчасти можно объяснить все той же инерционностью стереотипа плановой экономики, когда инвестиционная активность каждого предприятия предопределялась государственным планом и финансировалась государством, а в переходной экономике положение кардинально изменилось. Вместо разрушенной системы директивного планирования капитальных вложений предприятие должно ориентироваться на сугубо рыночные критерии эффективности капитальных вложений и рассчитывать в основном только на собственные или заемные средства.

Адаптация предприятий пищевой промышленности к рыночным условиям сопровождается глубоким кризисом и макроэкономической нестабильностью, требует более длительного времени, чем рассчитывалось в начале реформ. Это следует из выполненного нами анализа технико-технологического состояния предприятий пищевой промышленности Республики Дагестан, оценки инвестиционных возможностей самих предприятий, внешних инвесторов (включая зарубежных), материалов Департамента пищевой и перерабатывающей промышленности Минсельхозпрода РФ. Сравнение показателей технико-технологического уровня производства на предприятиях пищевой

промышленности Республики Дагестан показало, что они отражают техническое состояние фондов и их воспроизводства по всей России. В Республике Дагестан (как и в России) формирование отраслевой структуры пищевой промышленности завершилось к середине 80-х годов, а, соответственно, сформировалась и отраслевая структура фондов, отражающая направления специализации региона и материальное содержание производственных мощностей (после 1985 г. в регионе не было построено ни одного нового крупного предприятия пищевой промышленности, кроме модернизации табачной фабрики). Значительное сокращение производственных мощностей и степень их использования произошло почти во всех подотраслях, особенно по производству хлебобулочных изделий (на 35 %), мясных (на 65 %), цельномолочной продукции (на 48 %), муки (на 25,4 %) и другим (табл.1).

Таблица 1

Наличие и использование производственных мощностей предприятий пищевой промышленности Республики Дагестан в 2005-2010 гг.

Вид продукции	Наличие			Использование			
				2005, %	2010, %	Справочно: по РФ	
	2005	2010	2010 к 2005,%			2004	2006
Улов рыбы, включая морзверя, тыс. тонн	1,7	1,7	100	88	82		
Улов прудовой рыбы, тонн	483,9	314	64,8	54,7	32,0	55	44
Товарная пищевая рыбная продукция (включая консервы), тыс. тонн	40,5	40,4	100,0	92,1	33,4	66	45
Мясо, включая субпродукты 1 категории, тыс. тонн	14,7	15,7	106,0	100	50,0	69	44
Мясные полуфабрикаты, тонн	84	78,9	94,0	76,4	7,2	45	20
Колбасные изделия, тонн	248,8	245,0	98,1	96,2	31,0	71	35
Жиры топленые, тонн	3000	3000	100	70,3	25,0		
Цельномолочная продукция, тыс. тонн	4838	4417	91,3	92,7	31,2	61	51
Консервы, муб	213,7	158,8	74,8	62,9	21,2	50	32
Мука, тыс. тонн	47,1	8,9	18,8	46,3	55,2		
Крупы, тыс. тонн	44,2	41,7	94,3	86,6	26,9	62	53
Хлеб и хлебобулочные изделия, тыс. тонн	384,6	199,5	52,0	78	19,8	35	24
Макаронные изделия, тонн	17,5	8,1	46,3	93,8	31,8	61	43
Кондитерские изделия, тыс. тонн	-	11,3	-	-	22,8		
Майонез, тонн	7,4	5,6	76,0	78,9	7,8		
Водка и ликеро-водочные изделия, тыс. дал	5,4	3,0	100	98,8	46,3	73	51
Коньяк, тыс. дал	5933	3754	63,3	55,8	10,1	19,0	17
Вино виноградное, тыс. дал	6	6	100	48,3	11,0	27	30
Шампанское, тыс. дал	1,6	1,5	94	91,7	26,7		
Пиво, тыс. дал	3600	3792	105,3	97,3	96,6	87	86
Безалкогольные напитки, тыс. дал	854,1	636,8	74,6	89,6	30,9	66	53
Минеральная вода, тыс. полулитров	191	165	86,4	100	14,2	53	39

Источник: Использование производственных мощностей по выпуску основных видов промышленной продукции в 2004-2010 гг. // Бюллетень Госкомстата РД

Однако отраслевая структура основных фондов не претерпела существенных изменений в 2005-2010 гг. По-прежнему наибольший удельный вес в стоимости основных производственных фондов занимают фонды мясомолочной (44 %), мукомольной (15,3 %), масложировой (8,5%), хлебопекарной промышленности (5,7 %). Тем не менее

показательна тенденция снижения удельного веса основных производственных фондов пищевой промышленности в стоимости основных фондов всей промышленности. Если в 2005 г. в отраслях пищевой промышленности региона было сосредоточено более 5 % основных фондов промышленности региона (и 9,4 % основных фондов АПК), то в 2010 г. он составил только 4 %, т.е. уменьшение на 20 % свидетельствует об опережении выбытия основных производственных фондов пищевой промышленности по сравнению с промышленностью в целом (табл. 2).

Таблица 2.

Изменение отраслевой структуры основных производственных фондов предприятий пищевой промышленности Республики Дагестан за 2004 - 2010 гг. (на конец года с учетом переоценки),%

Отрасли	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1 .Пищевая, вкл. мукомольно-крупяную	100	100	100	100	100	100	100
1 . Сахарная	3.5	3.6	4.4	4.8	5.4	6.2	6,1
2. Хлебопекарная	8.6	9.3	9.2	9.3	8.0	7.0	5,7
3. Кондитерская	3.8	8.0	6.5	6.5	5.6	4.9	4,8
4. Макаронная	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0,43
5. Масложировая	7.6	7.3	8.9	8.4	8.4	7.8	8,5
6. Ликероводочная	1.4	1.5	1.8	1.9	1.8	2.2	2,3
7. Винодельческая	0.1	0.2	0.2	0.8	0.3	0.3	0,26
8. Пивоваренная	1.5	1.7	1.8	2.6	2.9	2.2	2,2
9. Производство безалкогольных напитков	1.2	1.9	1.7	1.8	1.8	1.6	1,6
10. Плодоовощная	4.4	3.7	4.4	4.2	4.1	4.1	2,5
11. Мясная	19.4	17.5	19.0	18.1	20.4	24.0	21,6
12. Клеежелатиновая	1.3	1.1	1.3	1.0	0.3	0.3	0,26
13. Молочная и маслосыро-дельная	20.8	20.2	22.6	22.7	23.1	22.1	22,1
14. Рыбная	2.9	0.7	1.7	1.5	0.9	0.7	0,65
15. Мукомольная	17.7	18.6	11.4	11.8	12.1	15.5	15,3
16. Крупяная	2.3	2.2	3.4	2.7	2.7	0.9	0,9

Примечание. Составлено по данным Министерства экономики РД

Характеризуя технический уровень производства на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности Республики Дагестан, можно отметить, что он не отвечает современным требованиям. Только 19 % активной части фондов соответствует мировому уровню. Около 25 % -подлежит модернизации и 41 % - замене. Удельный вес ручного труда превышает 40%, а в отдельных отраслях пищевой промышленности - превышает 50 % (хлебопекарная, плодоовощная, рыбная, молочная, мясная), с учетом ручного труда при машинах и механизмах- более 60 %. Велики резервы сокращения ручного труда на вспомогательных работах, где занято 50 % всех рабочих, труд которых механизирован только на 29 %. Срок службы оборудования на предприятиях пищевой промышленности составил на начало 2005 г. 22,5 года. Для устранения сложившихся диспропорции технического развития пищевой промышленности коэффициент обновления должен быть не менее 20 % (в настоящее время он составляет 3%), срок службы оборудования не должен превышать 5 лет. Технический уровень срочно требует углубленного разделения системы технологических операций - замены универсального оборудования операционным, введение новых вспомогательных, транспортных, связующих операций. Сокращение значительного разрыва между частичной и комплексной (55% и 2%) механизацией производства создает предпосылки перехода к его автоматизации. Это невозможно без обеспечения высокой надежности технологического процесса и средств автоматизации производства.

Основная часть предприятий пищевой промышленности в России построена как минимум 30-40 лет назад, а многие - даже в дореволюционный период. Например, в сахарной промышленности к таким предприятиям относятся 30 из 84 (35.7 %) . Технологическое оборудование на многих из них отслужило более трех нормативных сроков. Из 44 маслоэкстракционных заводов - 25 (56.8 %) - дореволюционной постройки, более 25 % предприятий мясомолочной промышленности размещены в помещениях с износом, превышающем 70%, а 30% из них (или 2491 предприятие) не имеют цехов по утилизации отходов и сбрасывают сточные воды, нанося непоправимый ущерб экологической системе. Республика Дагестан, к сожалению, не является исключением. Штрафы за превышение предельно допустимых выбросов в 4-5 раз больше установленных норм.

Происходит снижение научного потенциала пищевой промышленности. Сокращается технический задел - подготовленные к внедрению новые виды оборудования, технологии. Менее половины всех созданных образцов технологического оборудования для пищевой промышленности признано новыми. Технический уровень разрабатываемого оборудования косвенно свидетельствует об ухудшении состава нововведений, преобладании мелких, малоэффективных улучшений техники и технологии. Из всех образцов оборудования, созданных для пищевой промышленности, только 40 % отнесены к новой, а оставшиеся 60 % - к модифицированной продукции.

Анализ показал, что за период 2005-2010 гг. воспроизводственный процесс фондов подвергся негативным изменениям: если в 2005 г. коэффициент обновления ОПФ составлял 8 % , а машин и оборудования -13 %, то в 2010 г. - 3 % и 3.1 %, соответственно, при этом спад воспроизводственных процессов в большей степени затронул активную часть ОПФ, коэффициент обновления машин и оборудования снизился в 4,2 раза, хотя в целом по ОПФ - в 2,67 раза. За период с 2001 по 2010 гг. замедлились процессы, связанные с выбытием ОПФ. Так, коэффициент выбытия машин и оборудования уменьшился в 2,3 раза, а всех фондов - в 1,4 раза (табл. 3).

Таблица 3

Показатели движения основных производственных фондов предприятий пищевой промышленности Республики Дагестан за 2005-2010 гг.

Отрасли	Коэффициент обновления				Коэффициент выбытия			
	ОПФ		Машины и оборудов.		ОПФ		Машины и оборудов.	
	2005	2010	2005	2010	2005	2010	2005	2010
1.Пищевая вкл. мукомольно-крупяную	0.080	0.030	0.130	0.031	0.042	0.03	0.080	0.035
Пищевкусовая	0.100	0.036	0.125	0.034	0.048	0.04	0.064	0.026
Сахарная	0.054	0.069	0.081	0.020	0.032	0.07	0.067	0.014
Хлебопекарная	0.103	0.066	0.183	0.096	0.033	0.06	0.103	0.058
Кондитерская	0.245	0.002	0.267	0.001	0.041	0.01	0.088	0.031
Макаронная	0.343	0.450	0.262	0.396	0.029	0.00	0.105	0.000
Масложировая	0.049	0.033	0.035	0.023	0.031	0.00	0.022	0.002
Ликероводочная	0.069	0.016	0.085	0.038	0.019	0.00	0.038	0.009
Винодельческая	0.025	0.023	0.004	0.035	0.042	0.02	0.000	0.059
Пивоваренная	0.094	0.037	0.205	0.072	0.041	0.09	О.П6	0.082
Пр-во безалк. нап.	0.242	0.020	0.379	0.049	0.320	0.03	0.185	0.110
Плодоовощная	0.051	0.001	0.088	0.001	0.019	0.09	0.034	0.018
Мясная	0.076	0.034	0.033	0.046	0.027	0.01	0.050	0.060
Клеежелатиновая	0.050	0.010	0.088	0.030	0.020	0.00	0.036	0.00
Молочная	0.097	0.022	0.176	0.026	0.070	0.02	0.136	0.043

Рыбная	0.038	0.004	0.077	0.010	0.030	0.00	0.028	0.005

Примечание. Составлено по данным Министерства экономики РД

Эти показатели свидетельствуют (хотя и косвенно) о снижении инновационной и инвестиционной активности, привели к нарушению основ оптимального функционирования технологической структуры производственных фондов пищевой промышленности региона, заключающейся в сбалансированности технической структуры с воспроизводственной структурой. Отсутствие такой сопряженности на практике привело к усугублению диспропорций в развитии отраслей. Возрастная структура средств труда по отдельным отраслям, важнейшим видам оборудования - информативный показатель технического развития и конкурентоспособности производства - заметно деградировала. Замедление обновления производственных фондов рассматривается нами как тревожный экономический симптом.

Проведенный нами анализ изменения структуры основных производственных фондов предприятий пищевой промышленности (табл. 4) показал, что произошел негативный сдвиг, характеризующийся сокращением удельного веса машин и оборудования в их стоимости (прогрессивное же изменение структуры ОПФ характеризуется повышением удельного веса активной части, особенно - машин и оборудования).

Так, за 2001-2010 гг. удельный вес машин и оборудования по предприятиям пищевой промышленности сократился на 20 %, в пищевкусовой - на 27 %, масложировой - на 22%, плодоовощной - на 45 %, молочной - на 41 %. Практически нет ни одной отрасли, не подверженной снижению технического уровня производства.

Таблица 4

Структура основных производственных фондов пищевой промышленности Республики Дагестан (по балансовой стоимости на конец года), %

Отрасли	Здания		Сооружения		Машины и обор.	
	2005	2010	2005	2010	2005	2010
Пищевая	51	58.7	9.2	7.4	33.5	25.3
Пищевкусовая	44.4	55	10.5	8.2	40.4	28.6
Сахарная	33.7	35.6	14	15.7	40.4	29
Хлебопекарная	67	68.5	3.3	2.2	27.8	20.6
Кондитерская	41.2	61.4	19.5	3.6	36	29.7
Макаронная	72	57.5	2.7	3.7	23	31.3
Масложировая	24	36.8	15.8	11.4	55	42
Ликероводочная	46.3	51	10.4	10.1	37.4	29.2
Винодельческая	30.7	62	1.6	0.7	56	31.7
Пивоваренная	66.8	61	4.3	20	23.3	13.4
Производство безалкогольных напитков	22.4	73.3	17.6	0.8	53	20
Плодоовощная	45	60	7.8	10.2	43.5	24.7
Мясная	66.4	73	6.7	5.1	19.4	14.2
Клеежелатиновая	34	34	8.6	13.6	53	42.7
Молочная	28.5	56	13.2	7.7	47.3	28
Рыбная	27.1	33	12.4	5.7	24	28.9
Мукомольно-крупяная	54.2	58.3	17.9	16.6	22.4	18.7

Поэтому полагаем, что для решения проблем стоящих перед отраслью одной из главных задач является изменение инвестиционной политики как на государственном уровне, и, в первую очередь, на региональном, так и активизация инвестиционной деятельности самих предприятий. Приоритет ответственности регионов и предприятий объясняется тем, что объекты пищевой промышленности (из которых 96 % стали

частными) находятся в ведении субъектов Российской Федерации, за их развитие прежде всего несет ответственность руководитель каждого предприятия (по сути его хозяин) и региональная власть, которая должна управлять обеспечением населения полноценными продуктами питания (при одновременном формировании региональных продовольственных рынков, федерального и регионального продовольственных фондов и стратегических запасов). В этой связи государство на региональном уровне должно перейти к конкретным действиям по созданию инновационно - инвестиционного климата, способного модернизировать, а затем и внедрить передовые технологии, в первую очередь, в отраслях, определяющих специализацию пищевой промышленности региона. Для этого предлагается:

- разработать и принять целевые инвестиционные программы с долевым участием государства в их финансировании и привлечение частных инвесторов, включая зарубежных;
- усилить меры по применению института банкротства, проведения дополнительной эмиссии акций с целью выкупа контрольного пакета эффективным инвестором, включая и государство.
- привлечь лизинговые компании в качестве источников инвестиций для перевооружения производства;

РЕДАКЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

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 (дискета либо CD), 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.).

Правила оформления текста

• текст подготавливается в текстовом редакторе Microsoft Word. Статья должна предусматривать разделы: Введение, Постановка задачи, Методы испытаний, Результаты эксперимента и их обсуждение, Выводы или Заключение. Объем статьи не должен превышать 10 страниц машинописного текста, 5 рисунков или фотографий.
• формулы подготавливаются во встроенном редакторе формул Microsoft Word 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.
• Перечень авторов (разделяется запятыми, инициалы - перед фамилиями).
• 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 по левому краю.

Основной текст

• Шрифт Times New Roman 12 pt, выравнивание по ширине, первая строка отступ 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 ссыпки, если на момент обработки статьи по указанному адресу материал будет отсутствовать.

Элементы заглавия на английском языке

• Перечень авторов (разделяется запятыми, инициалы перед фамилиями).

• 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 Microsoft Word или в редакторе MathType; нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте статьи; использование при нумерации букв и других символов не допускается.

• Выключенные 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 Microsoft Word, CorelDraw, Microsoft Visio 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). Боковик может отсутствовать, а также состоять из нескольких первых слева граф.

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, количество печатных работ и сферу научных интересов (не более 5-6 строк), название организации, адрес электронной почты при наличии. Если ученых и/или академических степеней и званий нет, то следует указать место получения высшего образования, год окончания вуза и специальность.

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 редколлегией окончательного текста статьи.

Рукописи аспирантов публикуются бесплатно. Адрес редакционного совета 367015, РД, г.Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70, ГОУ ВПО «ДГТУ», Управление научных исследований, редакция журнала «Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки». Технические вопросы можно выяснить по адресу unidgtu@yandex.ru

Министерство образования и науки РФ

ВЕСТНИК

ВЕСТНИК

Дагестанского государственного технического университета

Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Махачкала, 2011 г. - Том 21 (II). – 246 с.

Верстка Л.И. Нурмагомедова

Адрес редакции:
367015, РД, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, ФГБОУ ВПО «ДГТУ»
Тел./факс (8722)623715
(8722)623964
E-mail: unidgtu@yandex.ru