Министерство образования и науки РФ

ВЕСТНИК

Дагестанского государственного технического университета

№ 28

2013

HERALD

OF DAGESTAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ **7**

Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Гаджиева С.М., Нежведилов Т.Д., Челушкина Т.А. **СВЕТОТРАНЗИСТОР** **7**

Евдулов О.В., Базаев А.Р. **ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРАСТНОГО ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ЗОНЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА** **11**

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРИБОРЫ **17**

Исмаилов Т.А., Сулин А.Б., Челушкина Т.А. **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УСТРОЙСТВАХ С ИМПУЛЬСНЫМ ПИТАНИЕМ** **17**

Шахмаева А.Р. **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ С ИХ ПРОБИВНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ** **26**

ТЕПЛОФИЗИКА **32**

Саркаров Т.Э. **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ НА КИНЕТИКУ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ** **32**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ **39**

Ирзаев Г.Х. **ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ПО КРИТЕРИЮ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ** **39**

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ **45**

Мелехин В.Б., Сусин А.Ю., Халилов А.И. **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫВОДА УМОЗАКЛЮЧЕНИЙ В НЕМОНОТОННЫХ СРЕДАХ НА ОСНОВЕ УСЛОВНО-ЗАВИСИМЫХ ПЕРЕМЕННЫХ** **45**

МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ **52**

Мусаибов Б.М., Ахмедпашаев М.У. **ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА** **52**

Гусейнов Р.В., Агаханов Э.К., Рустамова М.Р. **ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБ В ЖАРОПРОЧНЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВАХ** **57**

МЕЛИОРАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ **63**

Ахмедов Г.Я. **К ВОПРОСУ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД** **63**

Котенко М.Е., Гаджиева Э.М. **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПЛОЩАДЕЙ ПОЧВ ТЕРСКО-СУЛАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ** **70**

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА **77**

Хежев Т.А., Хаджишалапов Г.Н., Хежев Х.А Курбанов Р.М. **ТЕХНОЛОГИЯ И СВОЙСТВА ОГНЕЗАЩИТНЫХ ФИБРОГИПСОВЕРМИКУЛИТОБЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД** **77**

Мантуров З.А. **ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗОБЖИГОВОГО КАРБОРУНД-ШАМОТ-СИЛИКАТ-НАТРИЕВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО** **84**

Муртазалиев Г.М., Акаев А. И., Пайзулаев М. М. **ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА ПОСЛЕКРИТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ** **90**

Устарханов О.М., Алибеков М.С., Устарханов Т.О. **НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ БАЛКИ С СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ПИРАМИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ** **94**

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ **101**

Мелехин А.В., Джунаидов А.С. **ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРИНЯТИЯ НЕПРОГРАММИРУЕМЫХ РЕШЕНИЙ В НЕСТАНДАРТНЫХ СИТУАЦИЯХ** **101**

Шагина Н.А. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОСЛЕ ПРОТРАВНОГО КРАШЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ В СТРУКТУРЕ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА**..... **106**

Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Загиров Н.Г., Пиняскин В.В., Ахмедова М.М. **ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ РОТАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОМПОТОВ В ТАРЕ СКО-1-82-3000** **111**

Абакаров Г.М. **МЕТОДЫ СИНТЕЗА БЕНЗОСЕЛЕН(ТЕЛЛУР)АЗОЛОВ, 1,5-БЕНЗОТЕЛЛУРАЗЕПИНОВ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ** **117**

ЭКОНОМИКА ОТРАСЛИ **123**

Долинская А.А. **СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ МАЛОГО БИЗНЕСА В СФЕРЕ УСЛУГ В УСЛОВИЯХ РАСШИРЕНИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ СРЕДЫ** **123**

Белозерцева Ю.В., Гамидов С.Г. **СОВРЕМЕННЫЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЕМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН** **129**

РЕДАКЦИОННЫЙ ОТДЕЛ **137**

НАШИ АВТОРЫ..... **137**

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ «ВЕСТНИК ДАГЕСТАНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»..... **141**

CONTENTS

INSTRUMENT-MAKING 7

Ismailov T.A., Gadjiyev H.M., Gadjiyeva S.M., Nezhvedilov T.D., Chelushkina T.A. **SVETOTRANZISTOR 7**

Evdulov O.V., Bazaev A.R. **THERMOELECTRIC DEVICES FOR CONTRAST THERMAL EFFECT ON THE INDIVIDUAL ZONES OF THE HUMAN BODY 11**

SEMICONDUCTORY MATERIALS AND INSTRUMENTS 17

Ismailov T.A., Sulin A.B., Chelushkina T.A. **MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL PROCESSES IN THE THERMOELECTRIC SEMICONDUCTOR DEVICES WITH A PULSE POWER 17**

Shakhmaeva A.R. **RESEARCH OF INTERRELATION OF A DESIGN AND MANUFACTURING TECHNIQUES OF SEMI-CONDUCTOR DEVICES WITH THEIR PENETRATIVE PRESSURE 26**

THERMOPHYSICS 32

Sarkarov T.E. **THE INFLUENCE OF STRUCTURAL DEFECTS ON THE KINETICS OF DIFFUSION PROCESSES 32**

INFORMATION TECHNOLOGIES 39

Irzaev G.Kh. **NUMERICAL METHOD OF OPTIMIZATION THE CONSTRUCTION OF RADIO-ELECTRONIC DEVICE BY MANUFACTURABILITY CRITERION 39**

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODELING 45

Melehin V.B., Susin A.YU., Halilov A.I. **THEORETICAL BASE TO ORGANIZATIONS OF THE CONCLUSION OF THE CONCLUSIONS IN NONMONOTONIC AMBIENCE ON BASE CONDITIONALLY-HUNG VARIABLE 45**

MECHANICS AND MECHANICAL ENGINEERING 52

Musaibov B.M., Ahmedpashaev M.U. **PROSPECTS OF MANUFACTURE OF PISTON RINGS INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF POWDER MATERIALS ON THE BASE OF IRON 52**

Guseynov R.V., Agakhanov E.K., Rustamova M.R. **TOOL SUPPLY THREAD IN PROCESSING TECHNOLOGY OF HIGH-TEMPERATURE AND TITANIUM ALLOYS 57**

MELIORARION AND HYDROTECHNICAL BUILDINGS 63

Akhmedov G.Ya. **TO THE PROBLEM ABOUT OPERATION OF ENERGY SYSTEMS IN CONDITIONS OF EXTRACTION OF CARBON DIOXIDE FROM GEOTHERMAL WATERS 63**

Kotenko M.E., Gadjieva E.M. **COMPARATIVE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE TERSKO SULAKSKAY LOWLAND'S AREAS 70**

BUILDING AND ARCHITECTURE 77

Khezhev T.A., Khadzhishalapov G.N., Khezhev KH.A. **TECHNOLOGY AND THE PROPERTIES OF THE FIRE-RETARDANT FIBROGIPSOVERMIKULITOBETONNYKH COMPOSITES WITH THE APPLICATION OF THE VOLCANIC ROCKS 77**

Manturov Z.A. **PHYSIC-CHEMICAL AND DILATOMETRIC STUDIES UNBURNING CARBORUNDUM-SHAMOTTE-SILICATE-SODIUM COMPOSITE ASTRINGENT 84**

Murtazaliyev G.M., Akaev A.I., Payzulaev M.M. **MAIN RATIOS OF THE INITIAL STAGE OF POSLEKRITICHECHKY OF DEFORMATION OF DESIGNS 90**

Ustarkhanov O.M., Alibekov M.S., Ustarkhanov T.O. **THE STRESS-STRAIN STATE OF SANDWICH BEAM WITH A HONEYCOMB CORE PYRAMIDAL SHAPE UNDER STATIC LOADING 94**

ADVANCED TECHNOLOGIES 101

Melehin A.V., Dzhunaidov A.S. **HEURISTIC METHOD OF THE TAKING THE NONPROGRAMMABLE DECISIONS IN NON-STANDARD SITUATION 101**

Shagina N.A. **DETERMINATION OF CONCENTRATION OF HEAVY METALS AFTER MORDANT DYEING WITH VEGETABLE DYES IN WOOL FIBERS STRUCTURE 106**

Achmedov M.E., Demirova A.F., Zagirov N.G., Pinyaskin V.V., Achmedova M.M. **JUSTIFICATION OF OPTIMUM PARAMETERS AND MATHEMATICAL MODEL OF HIGH-TEMPERATURE ROTATIONAL STERILIZATION OF COMPOTES IN SKO-1-82-3000 CONTAINER 111**

Abakarov G.M. **METHODS OF SYNTHESIS BENZOSELENIUM(TELLURIUM)AZOLES, 1,5-BENZOTELLURAZEPINES AND THEIR DERIVATIVES 117**

ECONOMIC OF INDUSTRY 123

Dolinskay A.A. **THE STRATEGY OF THE SMALL BUSINESS INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN THE SERVICE SPHERE IN THE CONDITIONS OF ENTREPRENEURIAL ENVIRONMENT ENHANCEMENT 123**

Belozertseva J.V., Gamidov S.G. **MODERN MECHANISMS OF MANAGEMENT OF INCREASE EFFICIENCY OF INVESTMENTS INTO THE AGRICULTURAL BUILDING ON THE REPUBLIC DAGESTAN EXAMPLE 129**

EDITORIAL SECTION 137

OUR AUTHORS 137

REQUIREMENTS TO THE ARTICLES OFFERED FOR PUBLICATION IN THE JOURNAL «HERALD OF DAGHESTAN STATE TECHNICAL UNIVERSITY. TECHNICAL SCIENCES» 141

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 621.362

Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Гаджиева С.М., Нежведилов Т.Д., Челушкина Т.А.

СВЕТОТРАНЗИСТОР

Ismailov T.A., Gadjiyev H.M., Gadjiyeva S.M., Nezhvedilov T.D., Chelushkina T.A.

SVETOTRANZISTOR

В статье рассмотрена возможность сформировать один p-n-переход биполярного транзистора в виде светоизлучающего, что позволит повысить степень интеграции сверхбольших интегральных схем за счет уменьшения тепловыделений.

Ключевые слова: *светотранзистор, излучающий p-n-переход, тепловой пробой.*

In this article the opportunity to form a pn-junction bipolar transistor as a light-emitting, which will increase the degree of integration of large scale integrated circuits by reducing heat gain.

Key words: *svetotranzistor, emitting p-n-junction, thermal breakdown.*

Одной из основных тенденций развития современной электронной техники является микроминиатюризация электронных компонентов интегральных схем. Главным препятствием на пути повышения степени интеграции является опасность температурных ударов за счет увеличения удельного тепловыделения. Применение систем охлаждения за счет громоздкости и инерционности контрпродуктивно. Также свои сложности имеются у криоэлектроники в области сверхпроводимости. Обобщая перечисленные недостатки современных электронных схем можно констатировать, что все электронные компоненты в большей или меньшей степени являются источниками тепловыделения, а все системы охлаждения, при локальном создании ограниченной зоны охлаждения, требуют гораздо большую зону для отвода тепла в виде кондукции, конвекции или излучения. При создании новых электронных компонентов традиционно в качестве основных критериев рассматриваются быстродействие, габариты, энергопотребление и т.д. и в последнюю очередь, по остаточному принципу, уровень тепловыделений активных и пассивных компонентов электронных схем.

Вместо того, чтобы констатировать заданный уровень тепловыделений и выбирать по факту параметры системы охлаждения, целесообразно проводить анализ теплофизических процессов в электронных компонентах для принятия конструктивных и технологических решений для снижения уровня тепловыделений.

Традиционные методы отвода тепла в виде кондукции, конвекции и излучения практически исчерпали себя при конструировании сверхбольших интегральных схем. В то же время современные электронные компоненты позволяют модифицировать отвод тепла для перспективных разработок. Отвод тепла в виде излучения подразумевает трансформацию теплового движения атомов при соударении в изменении энергетических уровней электронов в атоме в большую сторону, а при возвращении на исходную орбиту разница между энергетическими уровнями преобразуется в электромагнитное энергоизлучение.

Причем, чем выше температура, тем большую энергию приобретают атомы при соударении и тем выше энергия электромагнитных квантов и выше их частота.

Несмотря на то, что отвод тепла в виде излучения имеет ряд преимуществ (безинерционность, эффективность и т.д.), главным недостатком является необходимость

повышения рабочих температур до диапазонов, при которых наступают тепловые пробои электронных компонентов. При меньших температурах отвод энергии незначителен. Поэтому отвод тепла в виде излучения редко используется в традиционных схемах охлаждения.

С появлением светодиодов возникла возможность модифицировать систему охлаждения для отвода тепла в виде излучения. В светодиодах излучение возникает не за счет нагрева кристаллической решетки, а за счет рекомбинации электронов и дырок и испускание излучения за счет разницы в энергии свободного электрона и электрона в составе атома после рекомбинации. В этом случае тепло не выделяется. Наоборот, появляется возможность дополнить известный эффект Пельтье в ТЭУ для получения эффективного охлаждения.

Известен способ отвода тепла от тепловыделяющих электронных компонентов в виде излучения [1], в котором используются светодиодные излучатели, предназначенные для преобразования тепловой энергии, поступившей с холодных спаев термомодуля в виде электрического тока в энергию излучения.

В основе светотранзистора лежит структура, представляющая собой соединенные последовательно три полупроводниковые ветви (рис. 1) первая и третья из которых обладает электронной (*n*), а вторая дырочной (*p*) проводимостью для *n*-*p*-*n* транзистора или наоборот для *p*-*n*-*p* транзистора.

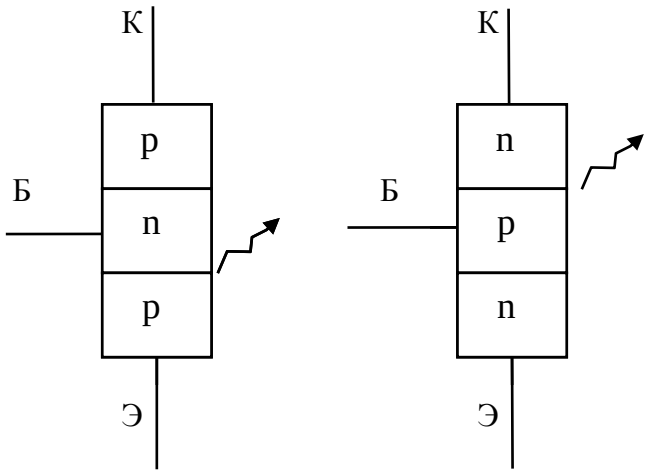


Рисунок 1 - Светотранзистор с *p*-*n*-*p* и *n*-*p*-*n*-структурой

В отличие от обычного биполярного транзистора один *p*-*n*-переход сформирован в виде светоизлучающего [2]. Для *p*-*n*-*p*-транзистора излучающим переходом является база – эмиттер, для *n*-*p*-*n*-транзистора - база-коллектор. Если электрон перемещается через переход с потерей энергии, то эта энергия выделяется в виде тепла или излучения, а если с приобретением энергии, то теплота поглощается на этом переходе. В обычных транзисторах количество выделяемого тепла превышает количество поглощаемого, поэтому в процессе работы транзисторы нагреваются, и чем больше ток, тем больше нагрев. В светоизлучающем переходе можно подобрать ток таким образом, что джоулевые тепловыделения оказываются меньше термоэффекта и часть энергии превратится в излучение. В этом случае в транзисторе вместо выделения тепла в переходе часть энергии будет превращена в излучение и уйдет в окружающую среду, а второй переход транзистора поглотит такое количество тепла, что общая температура транзистора станет меньше и вместо нагрева транзистор будет охлажден.

При прохождении сквозь светотранзистор (например: *p*-*n*-*p*-структуры) постоянного электрического тока от эмиттера к коллектору через базу, возникает разность температур,

обусловленная выделением тепла Джоуля и испусканием излучения на переходе эмиттер-база и выделением тепла Джоуля и поглощением теплоты Пельтье на переходе база-коллектор.

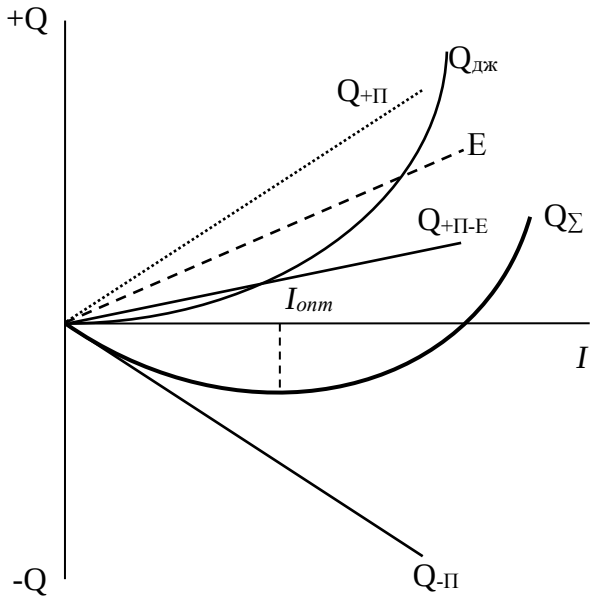


Рисунок 2 - Зависимость тепла от величины питающего тока *I*

Q_{Σ} - тепловой баланс светотранзистора;
$Q_{дж}$ - эффект Джоуля;
$Q_{-П}$ - охлаждающий эффект Пельтье на переходе база-коллектор;
$Q_{+П}$ - нагревающий эффект Пельтье на переходе эмиттер-база;
$Q_{+П-E}$ – результирующее тепло на переходе эмиттер-база;
E - энергия излучения.

На рис. 2 приведена зависимость тепла от величины питающего тока *I*, приходящего на светотранзистор за счет эффекта Джоуля $Q_{дж}$, охлаждающего эффекта Пельтье $Q_{-П}$ (переход база-коллектор), нагревающего эффекта Пельтье $Q_{+П}$ (переход эмиттер-база), результирующее тепло на переходе эмиттер-база $Q_{+П-E}$ и энергии излучения E, где $Q_{+П-E}$ находится как разница нагревающего эффекта Пельтье и энергии излучения, отводимого в окружающую среду:

$$Q_{+П-E} = П_{ЭБ}It - E. \quad (1)$$

Поскольку эти эффекты имеют место в одной электрической цепи, складывая их алгебраически, получаем результирующую кривую Q_{Σ} которая характеризует тепловой баланс светотранзистора при различных значениях питающего тока.

Кривая Q_{Σ} имеет минимум, соответствующий оптимальному току $I_{опт}$, при котором имеет место максимальное понижение температуры на светотранзисторе. Благодаря пологому минимуму кривой Q_{Σ} максимальное охлаждение, создаваемое светотранзистором, не очень резко зависит от изменения питающего тока. В реальных конструкциях светотранзисторов изменение силы тока на ±10% от оптимального значения практически не сказывается на степени охлаждения:

$$Q_{\Sigma} = I^2Rt - П_{БК}It + П_{ЭБ}It - E, \quad (2)$$

где $П_{БК}$ - коэффициент Пельтье охлаждающего перехода светотранзистора;

$П_{ЭБ}$ - коэффициент Пельтье нагревающего перехода светотранзистора;

R - сопротивление светотранзистора.

Для определения условий, при которых светотранзистор создает максимальное понижение температуры, требуется провести сравнительный анализ электротеплофизических свойств. Чем меньше теплота Джоуля, тем более низкие температуры можно получить. Так как сопротивление светотранзистора зависит от геометрических размеров и удельного сопротивления, то при изготовлении светотранзистора в виде тонкопленочной структуры можно сделать теплоту Джоуля практически незначимой. Другим показателем, влияющим на снижение температуры является степень преобразования в излучение электронного потока. Чем больше доля излучения и выше его частота (вплоть до ультрафиолетового диапазона), тем больше энергии будет мгновенно отведено в окружающую среду и тем самым можно так подобрать параметры светотранзистора, что охлаждающий эффект Пельтье вместе с энергией излучения окажут большее влияние на светотранзистор, чем выделения тепла Джоуля и остаток нагревающего эффекта Пельтье. В этом случае непрерывное воздействие охлаждающего интегрального эффекта на светотранзистор будет планомерно понижать его температуру теоретически до абсолютного нуля (при соответствующей теплоизоляции от окружающей среды). Причем после достижения сверхпроводимости эффект Джоуля полностью исчезнет (R=0), а эффект Пельтье и излучение останутся. Дополнительным преимуществом является возможность рекуперации энергии излучения при помощи солнечных батарей для обеспечения эффективных режимов энергосбережения на основе электронных схем с применением светотранзисторов.

Это особенно важно для интегральных схем с высокой степенью интеграции, так как позволяет разместить большее число компонентов на единицу площади. Кроме того, дополнительным преимуществом является полное отсутствие тепловых пробоев. Уменьшение тепловых выделений позволяет исключить вероятность теплового пробоя транзистора. Таким образом, система охлаждения транзистора оказывается неотъемлемой составной частью самого транзистора, причем отвод тепла происходит практически безинерционно со скоростью света. Оптические свойства транзистора позволяют интегрировать его в оптронные схемы. Недостатком транзистора являются ограниченные режимы оптимальных токов. Однако это практически не мешает использовать его в дискретных схемах для цифровой электроники.

В качестве материалов для изготовления светотранзистора могут быть использованы любые материалы, традиционно используемые при изготовлении светодиодов, а именно : фосфид галлия (GaP), нитрид галлия (GaN), карбид кремния (SiC).

Разработанный светотранзистор является логическим продолжением развития светодиодных компонентов и имеет широкие перспективы для применения в сверхбольших интегральных схемах.

Библиографический список:

1. Патент РФ №2405230. Способ отвода тепла от тепловыделяющих электронных компонентов в виде излучения/ Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Гаджиева С.М., Нежведилов Т.Д., Челушкина Т.А. Опубл. 27.11.2010. Бюл. №33.

2. Патент РФ №2487436. Светотранзистор/ Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Гаджиева С.М., Нежведилов Т.Д., Челушкина Т.А. Опубл. 10.072013. Бюл. №19.

УДК 681.382

Евдулов О.В., Базаев А.Р.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРАСТНОГО ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ЗОНЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОРГАНИЗМА

Evdulov O.V., Bazaev A.R.

THERMOELECTRIC DEVICES FOR CONTRAST THERMAL EFFECT ON THE INDIVIDUAL ZONES OF THE HUMAN BODY

В статье рассмотрены различные конструктивные варианты устройств для контрастного теплового воздействия на отдельные зоны человеческого организма.

Ключевые слова: *зоны человеческого организма, термоэлектрическая батарея, конструкция, тепловое воздействие.*

The article considers various design options for devices contrast to the thermal effect on the individual zones of the human body.

Key words: *zones of the human body, thermoelectric battery, design, thermal influence.*

Методы локального теплового воздействия широко используются в медицинской практике при лечении и профилактике для стимуляции физиологических процессов. Рядом с температурным раздражителем находится кожа, рецепторы которой воспринимают болевое (механическое, термическое), температурное (холод, тепло) и тактильное раздражение.

На этом основан ряд методов, применяемых в физиотерапевтической практике, к которым можно отнести ванны постепенно повышаемой температуры (ванны по Гауффе), контрастные ванны, частичные ванны (ручные) и т.д., а также использование различных сред, таких как парафин, озокерит и др. [1].

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

В этих условиях перспективным является метод теплового воздействия посредством приборов, в которых исполняющим элементом является термоэлектрическая батарея (ТЭБ), обладающих необходимой эффективностью, надежностью функционирования, большим ресурсом работы, простотой, точностью, а также абсолютной экологической безопасностью.

Разработан ряд приборов, реализующих данную методику.

На рис.1 приведена структурная схема устройства для местного контрастного теплового воздействия.

Устройство состоит из набора термоэлектрических модулей (ТЭМ) 1, установленных опорными спаями на основании 2, выполненном из высокотеплопроводного материала. Своими рабочими спаями ТЭМ 1 приведены в контакт с переходной пластиной 3, которая может быть как металлической, так и из эластичного резинового материала. Для придания жесткости конструкции основание 2 и переходная пластина 3 соединены крепежными приспособлениями 4. В электрическую схему между ТЭМ 1 включены специальные приспособления, при внешнем управляющем воздействии имеющие возможность изменять полярность электрического тока, питающего последующий ТЭМ 1. Для удобства проведения процедур термоэлектрическое устройство снабжено специальным держателем.

Действие прибора состоит в формировании различного рода тепловых полей в зависимости от прилагаемого напряжения, а также от управляющего воздействия на соответствующие приспособления для изменения полярности тока, в зависимости от проводимых лечебных процедур. Может быть реализован режим однородного охлаждающего, либо нагревающего теплового воздействия, тепловые поля коридорного или шахматного порядка и т. д.

На рис.2 показана принципиальная схема модификации описанного выше устройства. Отличие данного прибора от рассмотренного состоит в использовании во время теплового воздействия также и опорных спаев ТЭМ. В данном случае нагрев необходимых зон может быть осуществлен горячими спаями ТЭМ, теплота от которых передается к объекту воздействия посредством тепловых мостиков 7, выполненных из высокотеплопроводного материала. Достоинством данной модификации является сокращение количества ТЭМ в приборе.

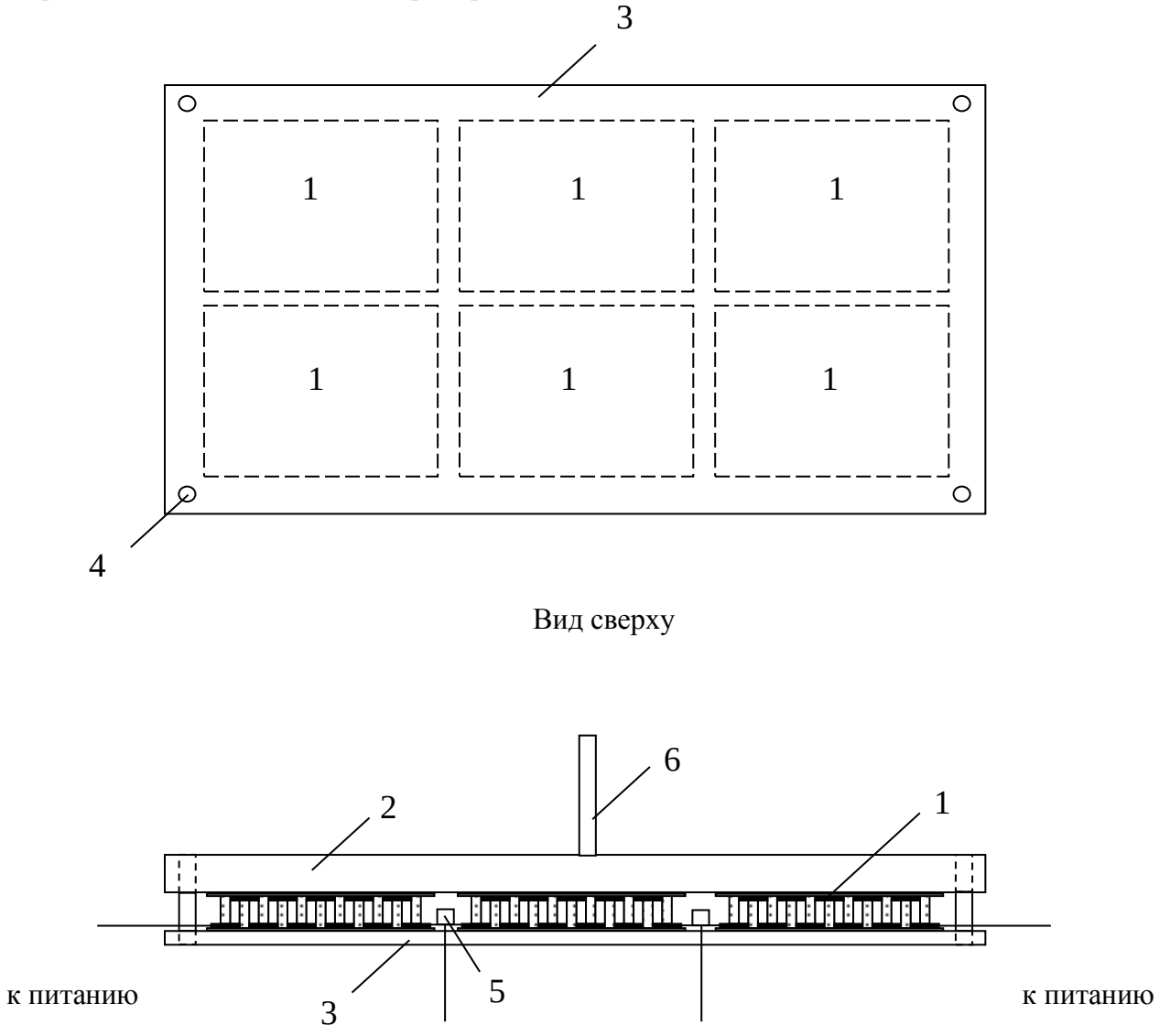
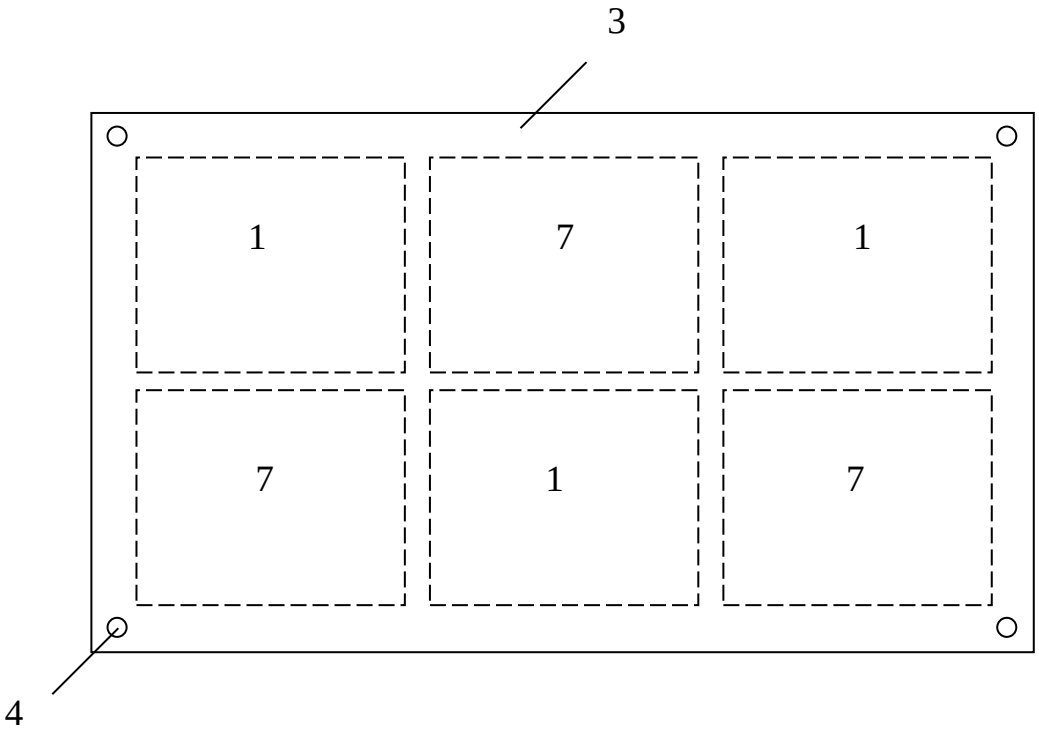
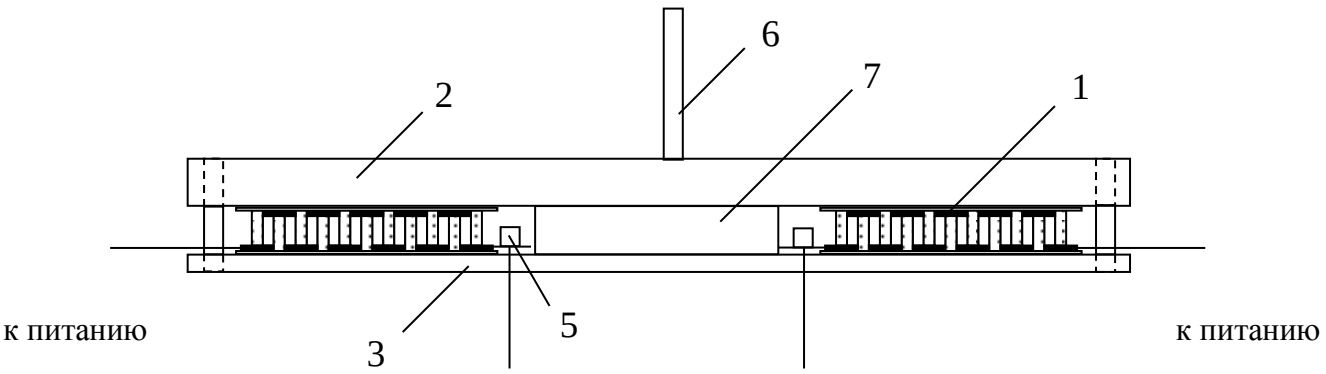


Рисунок 1 - Принципиальная схема устройства для местного контрастного теплового воздействия



Вид сверху



к управляющему элементу

Вид сбоку

Рисунок 2 - Принципиальная схема модификации устройства для местного контрастного теплового воздействия

Представляет интерес разработка терапевтической системы, совмещающей в себе возможности теплового и механического массажа. Структурная схема такого прибора приведена на рис.3 [2].

Устройство содержит ТЭМ 1, первыми спаями находящийся в тепловом контакте с аппликатором 2, выполненным в виде металлической пластины, одна из плоских поверхностей которой имеет пилообразные выступы. Вторые спаи ТЭМ 1 находятся в плотном температурном контакте с жидкостным теплообменником 3. Промежуток между металлической пластиной и жидкостным теплообменником 3, свободный от ТЭМ 1, заливается диэлектрическим компаундом 4. Образованные таким образом элементы впрессовываются в резиновое полотно 5, в котором проложены цепи питания 6 ТЭМ 1 и каналы 7 подвода и отвода жидкости для жидкостных теплообменников 3.

Прибор функционирует следующим образом. Выбирается рефлекторная зона для воздействия с учетом симптоматики и локализации заболевания. При этом аппликатор располагается под рефлекторной зоной, и рефлекторное раздражение происходит за счет механического давления на него. Врач начинает проведение процедуры с включения блока питания, который осуществляет питание электрическим током необходимой величины и полярности ТЭМ 1. При этом одни спаи ТЭМ 1 нагреваются, другие охлаждаются, изменяя температуру воздействующего аппликатора 2. Полярность и уровень питания варьируются в соответствии с характером процедур. Одновременно происходит теплосъем со второго спая ТЭМ 1 посредством жидкостного теплообменника 3.

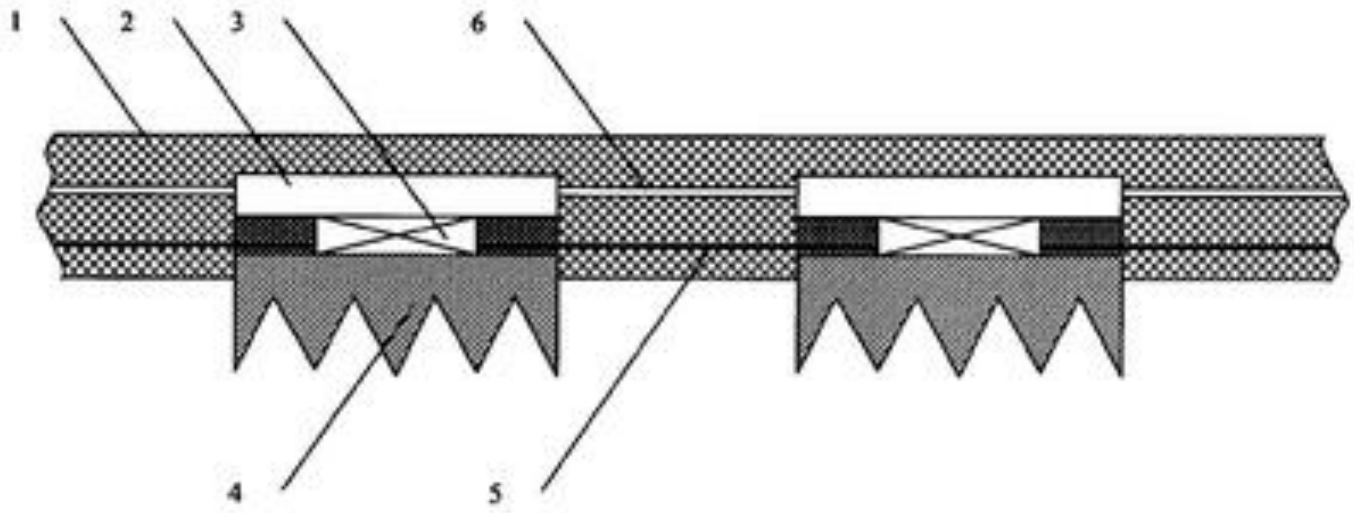


Рисунок 3 - Конструкция устройства для локального механического и теплового воздействия на рефлексогенные зоны человеческого организма

Схема разводки цепей питания ТЭМ в полотне устройства приведена на рис.4. ТЭМ подключены к цепям питания таким образом, чтобы соседние термоэлектрические модули, находящиеся в одном ряду (по вертикали либо горизонтали), питались разнополярным электрическим током. Подключение ТЭМ таким образом обеспечивает «шахматное» температурное поле. Меняя полярность тока питания, происходит смена режима воздействия, т.е. аппликаторы, осуществлявшие тепловое воздействие, переводятся на холодовое, и наоборот.

Однако данная схема коммутации цепей питания ТЭМ ограничивает возможности моделирования различных тепловых полей воздействия.

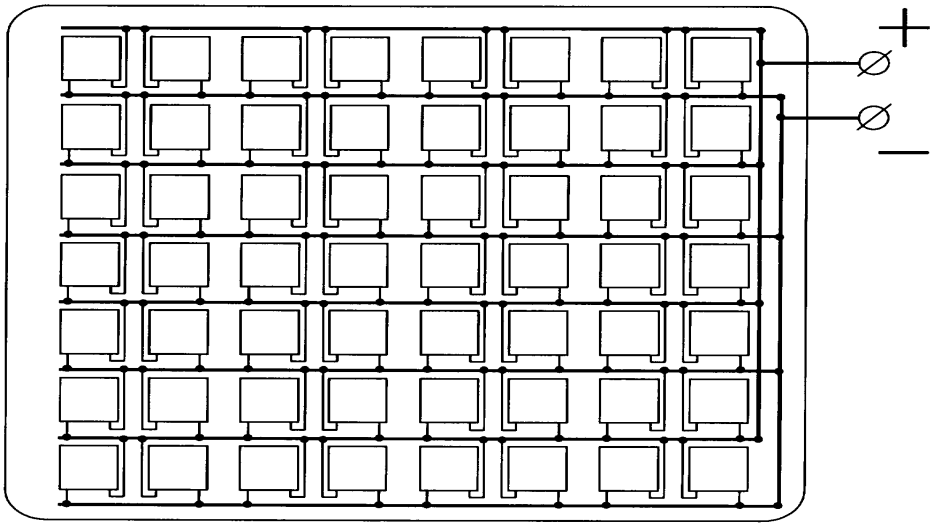


Рисунок 4 - Первый вариант схемы разводки цепей питания ТЭМ в полотне устройства

Для устранения этого недостатка предлагается схема разводки цепей питания ТЭМ в полотне устройства, приведенная на рис.5.

Рисунок 5 - Второй вариант схемы разводки цепей питания ТЭМ в полотне устройства

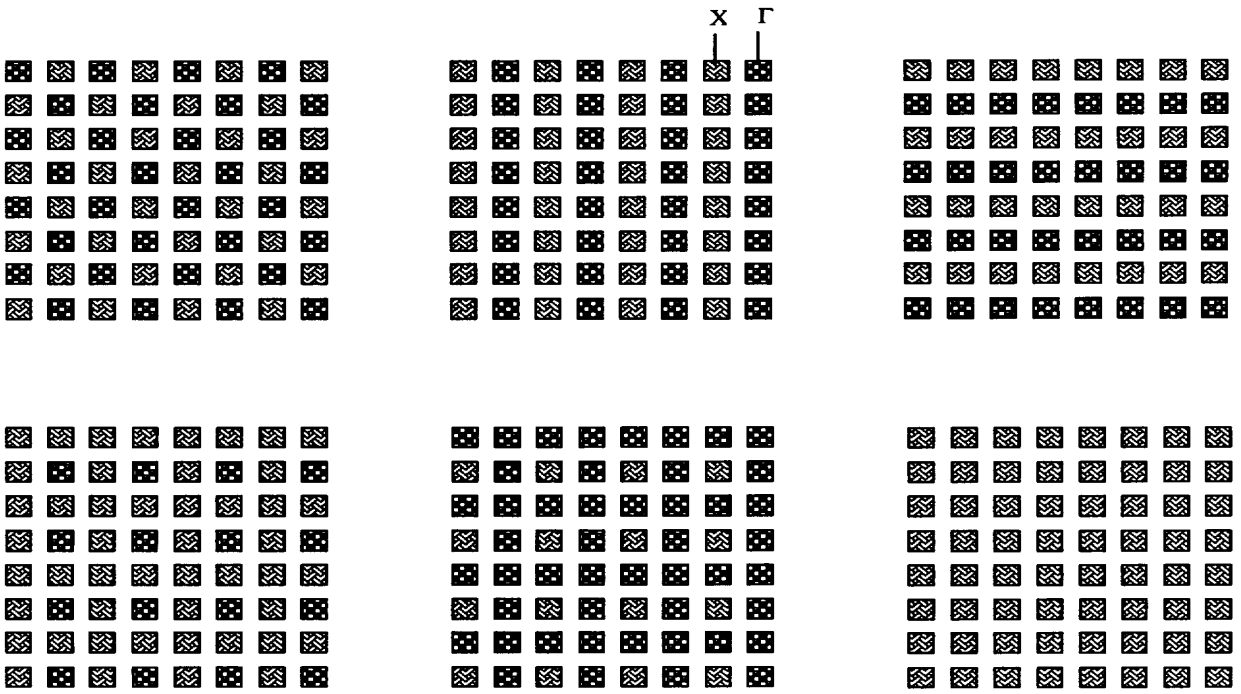


Рисунок 6 - Третий вариант схемы разводки цепей питания ТЭМ в полотне устройства

Здесь ТЭМ разделены схемой разводки цепей питания на четыре независимые группы. Каждая группа образуется модулями, расположенными в один ряд через соседний модуль (как по вертикали, так и по горизонтали). Питание каждой из этих групп осуществляется отдельно. Данная схема, хоть и отличается большей сложностью, но позволяет моделировать различные схемы воздействия. Наружу резинового полотна устройства выводятся четыре пары контактных выводов. В зависимости от полярности подаваемого на них напряжения можно реализовать различные воздействующие температурные поля, некоторые из которых и приведены на рис.6.

Данное устройство просто в изготовлении, легко обслуживается и обладает высокой надежностью. Предлагаемое устройство может работать в различных температурных режимах, обеспечивая возможность попеременного воздействия отрицательных и положительных температур. Кроме того, помимо теплового воздействия наблюдается рефлекторный и механический эффект. Конструктивная простота устройства и возможность смены режимов в широком интервале температур обеспечивает применение его в различных областях медицины, в частности в реабилитационных отделениях и лечебно-профилактических учреждениях широкого профиля.

Библиографический список:

1. Аппараты нового поколения для локального теплолечения // Методическое пособие для студентов медицинских вузов. М., 2001.
2. Патент РФ №2366401 Термоэлектрическое полупроводниковое устройство для контрастного температурного воздействия на биологически активные точки // Исмаилов Т.А., Евдулов О.В., Аминов Г.И., Юсуфов Ш.А. - Бюл. №25, опубл. 10.09.2009.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРИБОРЫ

УДК 621.362

Исмаилов Т.А., Сулин А.Б., Челушкина Т.А.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ УСТРОЙСТВАХ С ИМПУЛЬСНЫМ ПИТАНИЕМ

Ismailov T.A., Sulin A.B., Chelushkina T.A.

MATHEMATICAL MODELING OF THERMAL PROCESSES IN THE THERMOELECTRIC SEMICONDUCTOR DEVICES WITH A PULSE POWER

В статье рассмотрена математическая модель режима импульсного питания термоэлектрических устройств, учитывающая электротеплофизические процессы материалов полупроводниковых ветвей и позволяющая повысить эффективность теплопередачи.

Ключевые слова: *термоэлектрическое устройство, математическая модель, импульсное питание, электротеплофизические процессы, длительность, скважность, амплитуда.*

In this paper the mathematical model of the mode switch mode power supply thermoelectric devices, which takes into account the processes elektroteplofizicheskie branches semiconductor materials and allowing to increase the efficiency of heat transfer.

Key words: *thermoelectric devices, mathematical model, pulsed power, elektroteplofizicheskie processes, duration, duty cycle, the amplitude.*

Существующие схемы питания термоэлектрических устройств (ТЭУ) с постоянным или переменным током не в полной мере учитывают процессы, происходящие внутри полупроводниковых ветвей и в металлических спаях. Для того, чтобы заряд обменялся в металлическом спае энергией с кристаллической решеткой, необходимо однократное или многократное столкновение с обменом энергии. Если не учитывать длину свободного пробега заряда до столкновения, то заряд может, выйдя из одной ветви полупроводника без соударений и обмена энергией, пройти через весь спай в другую ветвь полупроводника. Очевидно, что это снижает эффективность работы ТЭУ. Кроме того, напряжение питания также влияет на перемещение зарядов, как в полупроводниковых ветвях, так и в металлических спаях. Изменение напряжения также влияет на паразитные тепловые выделения (Джоулевое тепло) в полупроводниковых ветвях.

Применение импульсного напряжения, у которого амплитуда, длительность и скважность импульсов заданы с учетом электротеплофизических процессов в материалах полупроводниковых ветвей, позволяет оптимизировать теплообмен между спаями и повысить эффективность ТЭУ [1]. Это достигается тем, что в ТЭУ таким образом выбраны геометрические размеры полупроводниковых ветвей и металлических спаев, что учитываются параметры движения зарядов внутри полупроводника и металлических спаях. Такими параметрами являются длина свободного пробега заряда до соударения и энергия, передаваемая при столкновении заряда с кристаллической решеткой. Питание ТЭУ импульсным током с длительностью и скважностью импульсов, пропорциональной параметрам движения зарядов, позволяет оптимизировать режимы работы устройства, получив максимальное охлаждение. Пауза между импульсами должна иметь такой размер, чтобы заряды, попавшие в металлический спай, успели полностью обменяться энергией с

кристаллической решеткой. Длительность и амплитуда импульса должны иметь такие параметры, индивидуальные для каждого полупроводникового материала, чтобы заряды в горячих и холодных спаях полностью прошли через полупроводниковые ветви и вновь задержались для обмена энергией в металлических спаях. Оптимизация импульсного питания в зависимости от свойств электротехнических материалов и геометрических размеров ТЭУ позволяет сгруппировать заряды в энергетические пакеты, которые синхронно перемещаются между горячими и холодными спаями, осуществляя дозированный энергетический обмен между материалом батареи и самими зарядами.

На рис. 1 представлена схема ТЭУ и параметров импульсного питания.

Конструкция ТЭУ представляет собой обычную батарею, в которой имеются строгие ограничения на размеры полупроводниковых ветвей. При изменении геометрических размеров, например высоты ветвей h или материалов ТЭУ, необходимо пропорционально изменить длительность $T_д$ и скважность T_c, а также амплитуду импульсного питания.

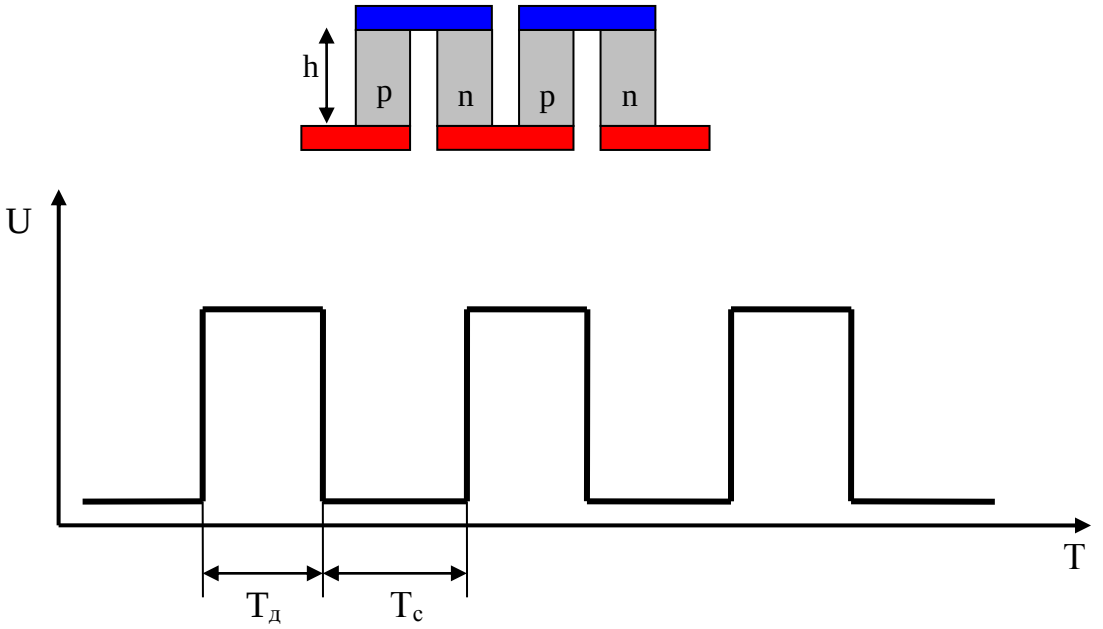


Рисунок 1 - Схема ТЭУ и параметров импульсного питания

Математическая модель отображает связь между длительностью $T_д$ и скважностью T_c, а также амплитудой импульсного питания.

В электропроводности твердых тел принимают участие только те валентные электроны, которые образуют ненасыщенные химические связи. Эти электроны называют свободными. В случае, когда концентрация насыщенных химических связей значительно превосходит концентрацию ненасыщенных связей, считают, что перенос заряда по твердому телу осуществляется за счет перемещения дырок. Поскольку движение дырок противоположно движению валентных электронов, то дырки являются носителями положительного заряда.

Перемещение электронов и дырок можно рассматривать двояко: либо как движение локализованных в пространстве частиц, либо как распространение электромагнитных волн. Такое положение вещей связано с тем, что валентные электроны обладают нулевой кинетической энергией, которая и обуславливает волновые свойства этих частиц. Под длиной волны, характеризующей движение электронов или дырок, следует понимать величину, равную

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{hc}{E_{K_0}}, \qquad (1)$$

где c – электроемкость; v – частота; h – постоянная Планка; E_{Ko} – нулевая кинетическая энергия.

Из выражения видно, что длина волны λ обратно пропорциональна нулевой кинетической энергии электронов. С другой стороны, нулевая кинетическая энергия уменьшается с ростом объема, приходящегося на один неразличимый электрон. У металлов этот объем равен 3-8 элементарным объемам и E_{K_0} составляет несколько электронвольт. Длина волны, соответствующая валентным электронам металла, равна 5-6 А, т. е. трем-четырем межатомным расстояниям.

Концентрация свободных электронов в зоне проводимости полупроводников обычно от 10^6 до 10^{13} раз меньше концентрации валентных электронов. Отсюда следует, что нулевая кинетическая энергия электронов в зоне проводимости чрезвычайно мала ($E_{K_0} \approx 10^{-4} - 10^{-8} эв$) и, рассчитанная по этим значениям, длина волны λ много больше, чем у металлов.

Кроме нулевой кинетической энергии электроны обладают и тепловой энергией W, равной $3/2\ kT$, где k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура. При $T = 300°$ К kT = 0,026 *эв*, что много меньше E_{K_0} для металлов, но существенно больше E_{K_0} для полупроводников. Аналогичные рассуждения можно привести и для находящихся в валентной зоне дырок.

Поскольку волновые свойства электронов определяются нулевой кинетической энергией, движение электронов в металле необходимо рассматривать с точки зрения распространения электромагнитных волн. Движение же электронов и дырок в полупроводнике (или диэлектрике) будем рассматривать подобно движению атомов или молекул газа, обладающих кинетической энергией, равной $3/2\ kT$.

Ввиду хаотичности теплового движения электроны непрерывно перемещаются по различным направлениям и поэтому переноса заряда в каком-нибудь предпочтительном направлении не происходит. Изменение траектории движения, а, следовательно, и изменение средней скорости свободных электронов происходит под влиянием тепловых колебаний атомов решетки. Если предположить, что между двумя столкновениями свободные электроны двигаются равномерно и прямолинейно, то скорость теплового движения электронов можно представить как

$$\upsilon_T = \frac{l_{св}}{\tau_{ср}}, \tag{2}$$

где $l_{св}$ - длина свободного пробега электронов, т. е. расстояние между двумя соударениями; $\tau_{ср}$ — среднее время свободного пробега.

Средняя скорость теплового движения электронов определяется из условия

$$\frac{m\upsilon_T^2}{2} = \frac{3}{2}kT, \tag{3}$$

где m – масса и откуда

$$\upsilon_T = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \tag{4}$$

и при $T = 300^{\circ}$ К, $\upsilon_T = 10^7$ *см/сек*.

При наличии в кристалле электрического поля электроны приобретают добавочную скорость направленного движения $\upsilon'_{ср}$. Такое движение электронов приводит к направленному перемещению зарядов, т. е. к возникновению тока. Очевидно, что число электронов, проходящих в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной к направлению скорости $\upsilon'_{ср}$, равно $n\upsilon'_{ср}$, где n - концентрация свободных электронов. Отсюда плотность тока j равна

$$j = nq_Э\upsilon'_{ср}, \quad (5)$$

где $q_Э$ – заряд электрона.

Вычисления, произведенные по формуле, показали, что при обычных плотностях тока и концентрациях носителей величина $\upsilon'_{ср}$ примерно равна 10^{-2} *см/сек*, т.е. добавочная скорость направленного движения электронов, возникающая под действием электрического поля, много меньше скорости их теплового движения при $T = 300°$ К.

Теперь рассмотрим зависимость плотности тока *j* от напряженности электрического поля *E*, которое создает добавочную среднюю скорость $\upsilon'_{ср}$. При наличии электрического поля напряженностью *E* на каждый электрон в кристалле действует сила, величина которой равна $q_Э E$. Под действием этой силы электроны приобретают ускорение

$$a = \frac{q_Э E}{m}. \quad (6)$$

Если *E* постоянна, то и *a* постоянна и, следовательно, электрон движется равноускоренно. Такое движение происходит только между двумя соударениями, так как непосредственно после столкновения скорость направленного движения большинства электронов близка нулю. К концу свободного пробега скорость направленного движения электрона максимальна и составляет

$$\upsilon'_{\max} = a\tau_{ср} = \frac{q_Э E}{m}\tau_{ср}. \quad (7)$$

Среднее время пробега электронов $\tau_{ср}$ можно получить, разделив длину свободного пробега $l_{св}$ на среднюю скорость электронов, которая равна геометрической сумме скоростей теплового и направленного движения. Учитывая, что при обычных плотностях тока и температурах $\upsilon_T >> \upsilon'_{ср}$, можно пренебречь последней величиной и считать, что

$$\tau_{ср} = \frac{l_{св}}{\upsilon_T}. \quad (8)$$

Подставляя значение $\tau_{ср}$ в формулу, получим, что к концу свободного пробега электроны будут иметь скорость направленного движения

$$\upsilon'_{\max} = \frac{q_Э E}{m}\frac{l_{св}}{\upsilon_T}. \quad (9)$$

Среднее значение скорости направленного движения $\upsilon'_{ср}$ равно

$$\upsilon'_{ср} = \frac{1}{2}\upsilon'_{\max} = \frac{q_Э E}{m}\frac{l_{св}}{\upsilon_T}. \quad (10)$$

Введем понятие подвижности носителей заряда *u* как среднюю скорость направленного движения, которую приобретают носители заряда в поле с единичной напряженностью 1 *в/см*. Тогда из уравнения

$$\frac{\upsilon_{ср}}{E} = \frac{1}{2}\frac{q_Э}{m}\frac{l_{св}}{\upsilon_T} = u, \quad (11)$$

$$\upsilon'_{ср} = uE. \quad (12)$$

Если скорость измерять в *см/сек*, а напряженность поля в *в/см*, то подвижность носителей заряда будет выражаться в $см^2/в{\cdot}сек$.

Тогда

$$j = nq_Э uE. \quad (13)$$

Важной характеристикой материала, зависящей от его природы, является удельная проводимость σ. Удельная проводимость обратно пропорциональна удельному сопротивлению и часто выражается в *ом*$^{-1}$ *см*$^{-1}$.

Для того, чтобы связать удельную проводимость с подвижностью носителей заряда, выведем выражение закона Ома для плотности тока. Пусть через стержень круглого сечения течет ток I. Носители заряда в нем двигаются перпендикулярно к нормальным сечениям. Рассмотрим два сечения $S' = S'' = S$, которые находятся друг от друга на расстоянии Δl. Пусть разность потенциалов между этими сечениями будет $\Delta U = U' - U''$. Сопротивление этого участка стержня

$$R = \frac{1}{\sigma}\frac{\Delta l}{S}. \tag{14}$$

Применяя закон Ома к участку цепи, получим

$$I = \frac{\Delta U}{R} = \sigma \frac{\Delta U}{\Delta l} S, \tag{15}$$

откуда

$$\frac{I}{S} = \sigma \frac{\Delta U}{\Delta l}. \tag{16}$$

Так как $\frac{I}{S}$ - плотность тока j, а $\frac{\Delta U}{\Delta l}$ - напряженность поля E, то

$$j = \sigma E. \tag{17}$$

Приравнивая формулы, получим

$$\sigma = q_{Э} n u. \tag{18}$$

Таким образом, удельная проводимость твердого тела равна произведению следующих величин: заряда электрона, концентрации носителей заряда и их подвижности. Известно, что удельная проводимость полупроводников меньше удельной проводимости металлов. Из равенства видно, что у полупроводников должна быть либо меньшая концентрация носителей n, либо мала их подвижность u. Для определения концентрации носителей заряда существует несколько методов, но наиболее широкое распространение получил метод, основанный на эффекте Холла.

Чтобы получить соотношение между теплопроводностью, обусловленной электронами, и электропроводностью, использовали общие уравнения для электрического тока плотностью j и теплового потока Q:

$$j = \int e f(\varepsilon) g(\varepsilon) d\varepsilon, \tag{19}$$

где $g(\varepsilon)$ — плотность электронных состояний; $f(\varepsilon)$ — функция распределения,

$$Q = \int \varepsilon f(\varepsilon) g(\varepsilon) d\varepsilon, \tag{20}$$

где ε – диэлектрическая проницаемость.

Решая эти уравнения совместно при условии, что электрический ток равен нулю, длина свободного пробега электрона $l \cong \varepsilon^r$ и зона проводимости имеет параболическую форму, т. е.

$$g(\varepsilon) = \frac{\pi}{16}(2m^*)^{3/2} \varepsilon^{1/2} d\varepsilon, \tag{21}$$

можно получить выражение для коэффициента электронной теплопроводности в общем виде:

$$\chi_{Э} = \frac{16\pi m^* l(T) k}{3h^3}(kT)^{r+2}(r+3)\Im_{r+2}(\mu^*)\frac{(r+2)}{(r+1)} \cdot \frac{\Im_{r+1}^2(\mu^*)}{\Im_r(\mu^*)}, \tag{22}$$

где $\Im(\mu^*)$ — интеграл Ферми, значение которого табулировано, μ – электрохимический потенциал, m^* - эффективная масса электронов, r – радиус, $\mu^* = \mu/kT$.

Из этого уравнения можно получить отношение коэффициентов электронной теплопроводности и электропроводности:

$$\frac{\chi_Э}{\sigma}=\left[\frac{r+3}{r+1}\cdot\frac{\Im_{r+2}(\mu^*)}{\Im_r(\mu^*)}-\frac{(r+2)^2}{(r+1)^2}\cdot\frac{\Im^2_{r+1}(\mu^*)}{\Im^2_r(\mu^*)}\right]\left(\frac{k}{e}\right)^2 T\,. \tag{23}$$

Величина $r = 0$ при рассеянии электронов на акустических колебаниях, $r = 1$ при рассеянии на ионах решетки и $r = 2$ при рассеянии на ионах примеси. Это выражение носит название закона Видемана—Франца—Лоренца, где

$$\left(\frac{k}{e}\right)^2\left[\frac{r+3}{r+1}\cdot\frac{\Im_{r+2}(\mu^*)}{\Im_r(\mu^*)}-\frac{(r+2)^2}{(r+1)^2}\cdot\frac{\Im^2_{r+1}(\mu^*)}{\Im^2_r(\mu^*)}\right]=L \tag{24}$$

число Лоренца.

В частных случаях для сильно вырожденного (металлы) или невырожденного электронного газа этот закон выражается более простыми зависимостями, для получения которых может быть использован следующий вывод. Запишем коэффициент электронной теплопроводности аналогично коэффициенту теплопроводности обычного газа

$$\chi_Э=\frac{1}{3}c_V\overline{\upsilon_Э}\,\overline{l_Э}\,, \tag{25}$$

где $\overline{\upsilon_Э}$ — средняя тепловая скорость электрона; $\overline{l_Э}$ — средняя длина их свободного пробега. Коэффициент электропроводности можно представить в виде

$$\sigma=\frac{e^2 n\overline{l_Э}}{2m\overline{\upsilon_Э}}\,. \tag{26}$$

Тогда их отношение с учетом преобразований имеет вид для сильно вырожденного электронного газа

$$\frac{\chi_Э}{\sigma}=\frac{\pi^2}{3}\left(\frac{k}{e}\right)^2 T\,, \tag{27}$$

которое представляет закон Видемана—Франца. Для невырожденного электронного газа

$$\frac{\chi_Э}{\sigma}=(r+2)\left(\frac{k}{e}\right)^2 T\,. \tag{28}$$

Нетрудно показать, что если размерность $\chi_Э$ — *вт*/(*см*·*град*), σ — *Ом*$^{-1}$ *см*$^{-1}$, то из выражения (27)

$$\chi_Э=2{,}44\cdot10^{-8}\sigma T\,, \tag{29}$$

а если положить $r = 0$, т. е. число Лоренца будет минимально возможным, то из выражения (28)

$$\chi_Э=1{,}48\cdot10^{-8}\sigma T\,. \tag{30}$$

Поскольку при этом выводе не учитывались зависимость $\chi_Э/\sigma$ от степени вырождения, влияние термо-ЭДС на тепловой поток и зависимость длины свободного пробега от энергии, то выражения (27) и (28) справедливы только для этих предельных случаев. Зависимость $\chi_Э/\sigma$ при произвольной степени вырождения с учетом только что сделанных замечаний выражается зависимостью (23). Значение приведенного химического потенциала в этой формуле обычно вычисляется на основании данных по термо-ЭДС полупроводника, которая при произвольной степени вырождения имеет вид

$$\alpha=\frac{k}{e}\left[\frac{r+2}{r+1}\cdot\frac{\Im_{r+1}(\mu^*)}{\Im_r(\mu^*)}-\mu^*\right]. \tag{31}$$

При рассеянии электронов на акустических колебаниях эта зависимость более проста:

$$\alpha = \frac{k}{e}\left[\frac{2\Im_1(\mu^*)}{\Im_0(\mu^*)} - \mu^*\right]. \qquad (32)$$

Зная значение термо-ЭДС полупроводника, можно определить его приведенный химический потенциал. После этого, подставляя значение μ^* в формулу для числа Лоренца с учетом преимущественного рассеяния электронов на акустических колебаниях, получаем зависимость

$$L = \left(\frac{k}{e}\right)^2 \frac{3\Im_0(\mu^*)\Im_2(\mu^*) - 4\Im_1^2(\mu^*)}{\Im_0^2(\mu^*)} = \left(\frac{k}{e}\right)^2 A_Э. \qquad (33)$$

Правомерность закона Видемана—Франца—Лоренца в металлах и полупроводниках была доказана большим числом экспериментов. Из теоретических зависимостей и экспериментальных результатов следует, что величиной, определяющей электронную теплопроводность, является число Лоренца. Поэтому его анализ представляется чрезвычайно важным. При рассеянии электронов на акустических колебаниях число Лоренца увеличивается с возрастанием приведенного химического потенциала и уменьшением термо-ЭДС. Это и понятно, так как число Лоренца максимально для металлов, термо-ЭДС которых мала. Из сказанного следует, что, если рассеяние электронов в полупроводниках происходит на акустических колебаниях, то определение числа Лоренца возможно с достаточной точностью и его значения лежат в теоретически определенных пределах. Если полупроводник имеет дырочную проводимость, то во всех распределениях понятие «электрон» заменяется «дыркой» и полученные уравнения для теплопроводности и числа Лоренца сохраняются. Для термо-ЭДС принимаются ее абсолютные значения.

Нужно подчеркнуть, что принятое в начале вывода коэффициента электронной теплопроводности допущение об упругости колебаний является определяющим для применения закона Видемана—Франца. Известно, что столкновения будут почти упругими при рассеянии электронов на дефектах и акустических колебаниях. Но в некоторых случаях в полупроводниках могут быть и неупругие столкновения. Они наблюдаются при низких температурах ($T < \theta_D$) и рассеянии на оптических колебаниях, а также при сильном межэлектронном рассеянии. При этом время релаксации нельзя принимать единым для всех процессов и следует учитывать отношение эффективных времен релаксации для электропроводности и теплопроводности при выводе закона Видемана—Франца—Лоренца. С учетом этого в металлах число Лоренца может изменяться в широких пределах, не превышая $2{,}44 \cdot 10^{-8}$.

Если неупругие колебания в полупроводниках являются следствием рассеяния носителей зарядов на оптических колебаниях, то для вырожденного электронного газа число Лоренца

$$L_{неупр} = \frac{L}{1 + \frac{3}{2\pi^2}\left(\frac{\hbar\omega}{kT}\right)^2\left[\ln\left(\frac{4\mu^*}{\hbar\omega_K}\right) - \frac{1}{3}\right]}, \qquad (34)$$

где $L_{неупр}$ — число Лоренца при неупругих столкновениях, ω – энергия активации. Если же неупругие колебания — следствие межэлектронных столкновений, то

$$L_{неупр} = \frac{L}{1 + \frac{R_Э^T}{R_0^T}}, \qquad (35)$$

где $R_Э^T$ — добавочное тепловое сопротивление, создаваемое между электронными столкновениями; R_0^T — тепловое сопротивление, определенное упругим рассеянием. Их отношение

$$\frac{R_Э^T}{R_0^T} = \frac{\pi^2 e^3 (kT)^2 r_Э^3 un}{\varepsilon_\infty^2 \hbar^3 \upsilon_F^4}, \qquad (36)$$

где υ_F — средняя скорость электронов на уровне Ферми; $r_Э$ – радиус экранирования; ε_∞ — высокочастотная диэлектрическая проницаемость. При низких температурах

$$L_{неупр} = \frac{L}{1 + const\, uT^2}, \qquad (37)$$

где константа подбирается на основе экспериментальных данных.

Наряду с неупругими столкновениями отклонение чисел Лоренца от теоретических значений, данных последним уравнением, может быть вследствие непараболичности энергетической зоны, которая уменьшает параметр *r*. Следует отметить, что влияние непараболичности нужно учитывать при высоких температурах, т. е. когда снимается вырождение, но есть электроны с большой энергией. При малых температурах влияние непараболичности на число Лоренца невелико, так как при этом полупроводники с высокой концентрацией носителей вырождены, а в полупроводниках с малой концентрацией все электроны практически находятся в области параболичности. Непараболичность не влияет на число Лоренца также в вырожденных полупроводниках при любых температурах. Количественный учет степени непараболичности определяется величиной

$$\beta_{НП} = kT/\Delta\varepsilon. \qquad (38)$$

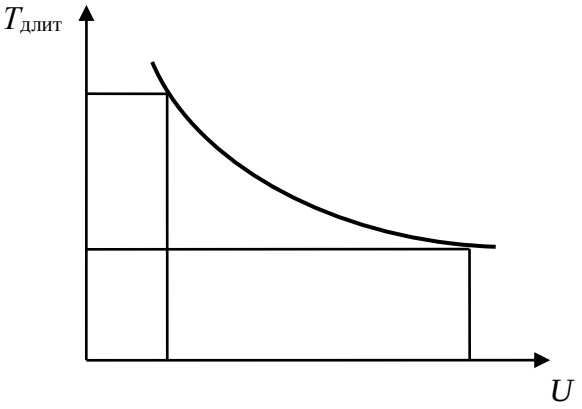


Рисунок 2 - Зависимость времени пробега электрона между двумя соударениями от приложенного напряжения

Формулы для определения числа Лоренца, приведенные здесь, не применимы в полупроводниках со сложной структурой валентной зоны.

Таковы основные соображения о связи между длительностью $T_д$ и скважностью $T_с$, а также амплитудой импульсного питания с учетом электрофизических свойств полупроводников (подвижности электронов, длины свободного пробега и т.д.).

На рис. 2 – 4 приведены полученные электрофизические параметры оптимального импульсного питания для трех типовых ТЭУ.

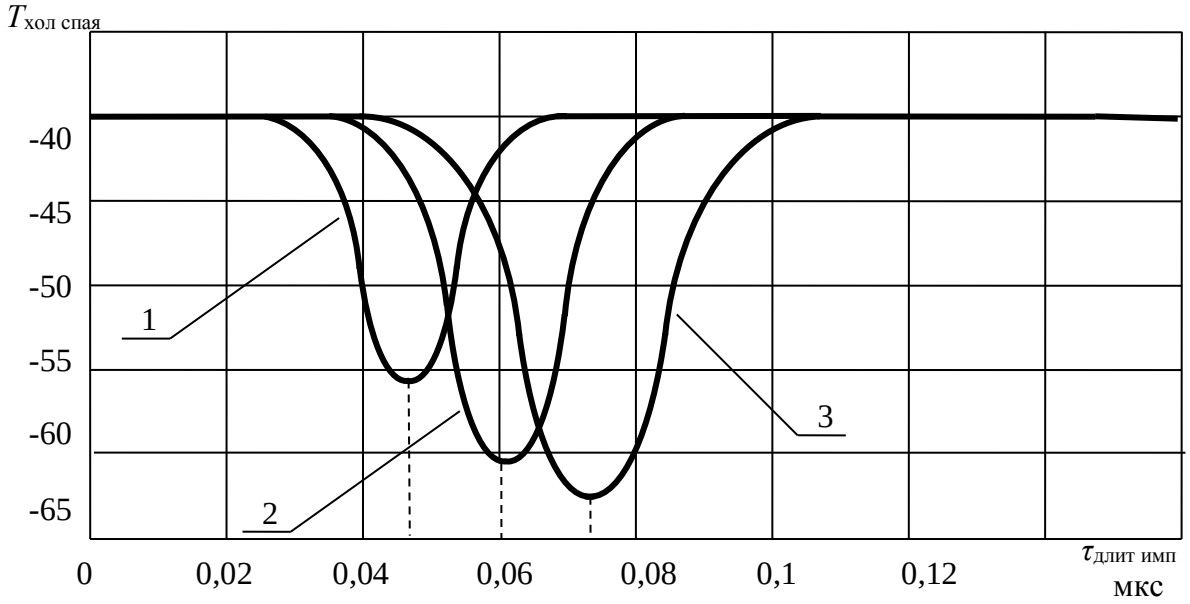


Рисунок 3 - Зависимость температуры охлаждающего спая от длительности импульсов питания: 1 – ТВ-12-0.45-1.3; 2 – ТВ-11-0.6-1.5; 3 – ТВ-17-1.0-0.7

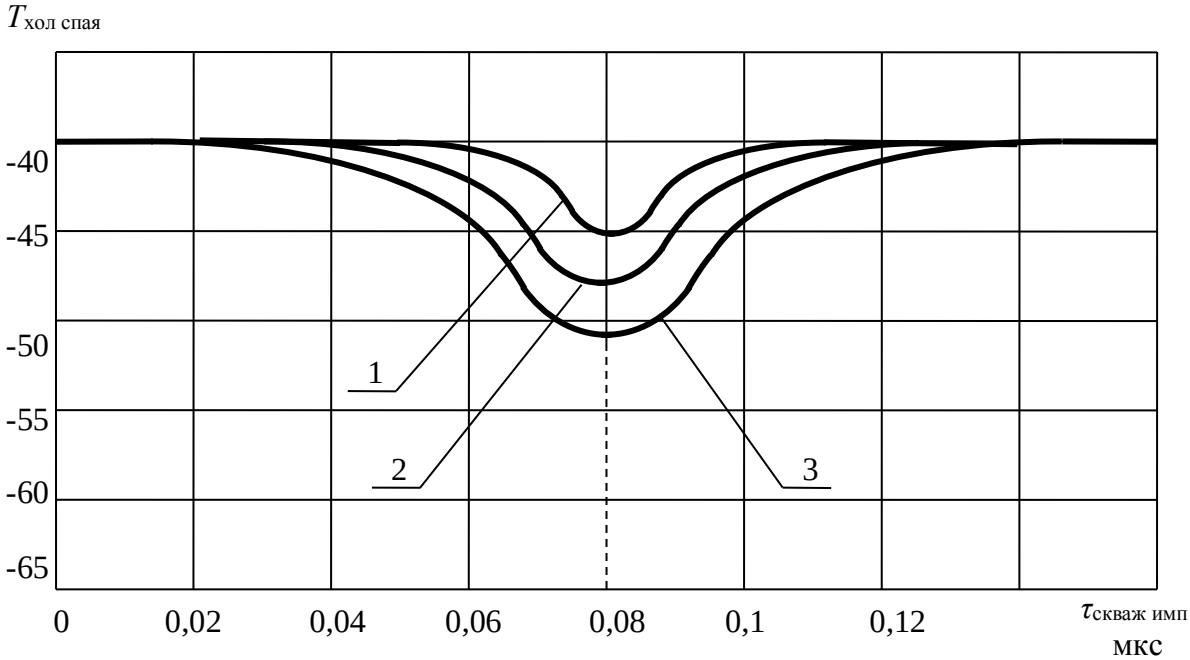


Рисунок 4 - Зависимость температуры охлаждающего спая от скважности импульсов питания: 1 – ТВ-12-0.45-1.3; 2 – ТВ-11-0.6-1.5; 3 – ТВ-17-1.0-0.7

Использование импульсного питания с учетом электротеплофизических свойств материалов термоэлементов позволяет повысить эффективность теплопередачи для любых типовых ТЭУ, а также увеличить интенсивность работы систем охлаждения.

Библиографический список:

1. Патент РФ №2417356. Способ оптимизации режимов работы термоэлектрической батареи с учетом геометрических и электротеплофизических параметров при импульсном питании/ Исмаилов Т.А., Гаджиев Х.М., Гаджиева С.М., Нежведилов Т.Д., Челушкина Т.А. Опубл. 10.12.2010. Бюл. 34.

УДК 621.382

ШАХМАЕВА А.Р.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ С ПРОБИВНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ

Shakhmaeva A.R.

RESEARCH OF INTERRELATION OF A DESIGN AND MANUFACTURING TECHNIQUES OF SEMI-CONDUCTOR DEVICES WITH THEIR PENETRATIVE PRESSURE

Проведена оценка влияния конструкции и технологии формирования транзисторной структуры на значение пробивного напряжения. Получены зависимости в САПР TCAD Synopsys для пробивного напряжения от величины поверхностного заряда различных конструктивных исполнений транзистора.

Ключевые слова: *транзистор, пробой, пробивное напряжение, поверхностный заряд, охранное кольцо.*

The estimation of influence of a design and technology of formation of transistor structure on value of penetrative pressure is spent. Dependences in SAD TCAD Synopsys for penetrative pressure from size of a superficial charge of various designs of the transistor are received.

Key words*: the transistor, breakdown, penetrative pressure, superficial charge, security ring.*

Одним из основных электрических параметров, характеризующих мощный полупроводниковый прибор, является пробивное напряжение.

Анализ влияния конструктивно-технологических параметров прибора на пробивное напряжение транзисторной структуры необходимо начать с исследования влияния параметров, оказывающих на пробивное напряжение обычного p-n перехода. Затем можно провести анализу влияния параметров прибора на пробивное напряжение на примере структуры БСИТ-транзистора.

В p-n переходе при определенной величине обратного смещения наблюдается эффект пробоя, заключающийся в резком увеличении обратного тока через переход.

Как известно, существуют три основных механизма пробоя: туннельный, лавинный, тепловой [1]. Туннельный пробой происходит из-за прохождения носителей через изолирующий слой ОПЗ перехода, смещенного в обратном направлении. Для того, чтобы произошло туннелирование, ширина ОПЗ (при большом обратном смещении перехода) должна быть достаточно мала, что достигается в сильнолегированных p^+-n^+ переходах. Для возникновения теплового пробоя необходим тепловой саморазогрев структуры, что происходит при протекании значительного обратного тока через p-n - переход. Обычно тепловой пробой происходит после туннельного или лавинного пробоя p-n перехода.

При лавинном пробое неосновные носители разгоняются под действием электрического поля в ОПЗ и набирают энергию, достаточную для разрыва связи атомов кристаллической решетки. Происходит ударная ионизация атомов решетки с рождением новых носителей заряда, которые также разгоняются и ионизируют атомы кристаллической решетки. Величина разгоняющего электрического поля зависит от ширины ОПЗ p-n перехода в обратном смещении.

Доказано, что механизм пробоя в кремниевых переходах обязан туннельному эффекту при напряжениях пробоя, меньших $4E_g/q$. В переходах с напряжением пробоя,

превышающих $6E_g/q$, механизм пробоя обусловлен лавинным умножением. При напряжениях пробоя, лежащем в интервале $4 – 6\ E_g/q$, в пробое участвуют оба механизма (лавинный и туннельный).

Для типичной концентрации примеси в транзисторных структурах с $N_{подл}$ 10^{14} $см^{-3}$ максимальное пробивное напряжение одномерного p-n перехода равно 1600-1800 В при ширине ОПЗ 150 мкм.

Для двухмерного цилиндрического и трехмерного сферического перехода (с учетом бокового ухода примеси под маску) величина лавинного пробоя определяется не только концентрацией примеси в подложке, но и радиусом кривизны структуры. Пробивное напряжение реального диффузионного p-n перехода определяется величиной напряжения лавинного пробоя сферической части перехода.

Таким образом, пробивное напряжение p-n перехода сильно зависит от его геометрии.

Можно выделить основные факторы, определяющие пробивное напряжение реального p-n перехода:

- Уровень легирования истока перехода. Высокая концентрация примеси в истоке перехода ограничивает проникновение электрического поля в переход. Электрическое поле концентрируется вблизи глубины залегания p-n перехода и уменьшает пробивное напряжение.
- Состояние границы раздела $Si\text{-}SiO_2$. Обычно в технологическом процессе производства ИС и полупроводниковых приборов на пластине формируются слои SiO_2. На границе раздела $Si\text{-}\ SiO_2$ присутствует заряд, связанный с плотностью поверхностных состояний границы раздела. Положительный заряд границы раздела может приводить к обогащению нижележащей области n-типа электронами, что в свою очередь будет изменять ширину ОПЗ перехода вблизи поверхности, следовательно, и пробивное напряжение прибора.

Напряжение пробоя p-n перехода может быть увеличено за счет применения таких методов, как использование полевых обкладок и диффузионных колец.

Цель методов:

- во-первых, уменьшение вероятности электрического пробоя на поверхности путем создания, по возможности, условий для пробоя в объеме полупроводника,

- во-вторых, максимальное уменьшение напряженности электрического поля в объеме, чтобы как можно полней использовать все возможности полупроводника.

Рассмотрим ряд методов защиты p-n перехода, использованных при формировании структуры кристалла БСИТ - транзистора от поверхностного пробоя:

- Полевая обкладка (рис.1);
- Эквипотенциальное кольцо (охранная диффузия) (рис.2);
- Делительные кольца (рис.3);
- Частичное стравливание поверхности кремния (рис. 4);
- Снятие фаски (рис. 5).

Применение полевой обкладки является одним из распространенных методов повышения напряжения лавинного пробоя. Однако для эффективной работы обкладки необходимо правильно определить толщину окисла под обкладкой. Для обеспечения $U_{проб}$ ≈1000 В толщина окисла должна превышать 7 мкм, что практически не вписывается в технологию изготовления структуры БСИТ.

Эквипотенциальное кольцо (охранная диффузия) позволяет существенно повысить напряжение пробоя за счет увеличения радиуса кривизны p-n перехода. Ограничение метода состоит в необходимости проводить дополнительную диффузию и использования более толстых эпитаксиальных слоев, что ухудшает другие важные характеристики транзистора.

Приборы с рабочим напряжением в несколько сот вольт успешно работают, если вытравить глубокую канавку. Но при напряжениях пробоя выше 400-500 В используют механическое снятие фаски.

Снятие фаски - один из наиболее широко применяемых методов, особенно для приборов с напряжением более 1000 В, так как защитное покрытие, заполняющее канавку после травления фаски, обеспечивает качественную стабилизацию поверхности.

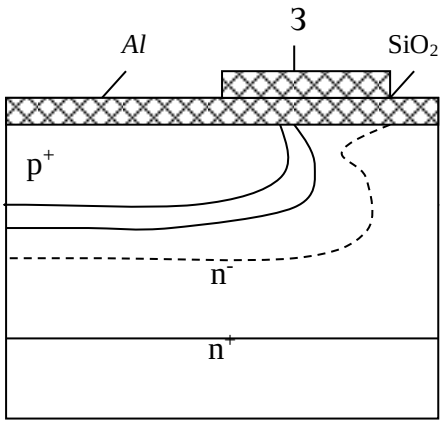


Рисунок 1 - Полевая обкладка

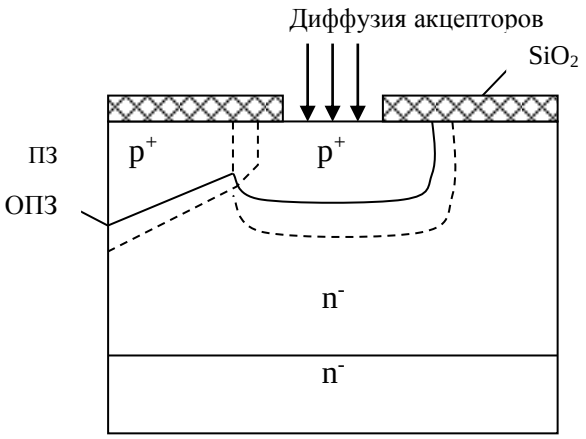


Рисунок 2 - Эквипотенциальное кольцо (охранная диффузия)

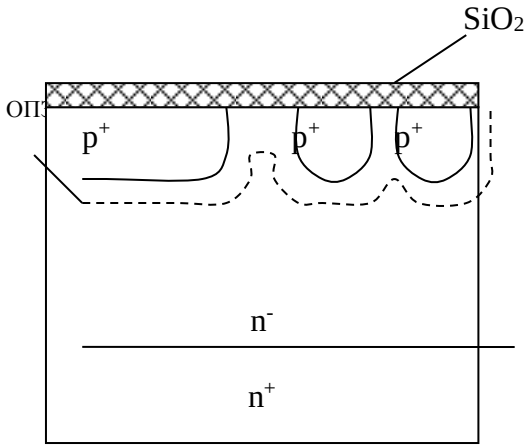


Рисунок 3 - Делительные кольца

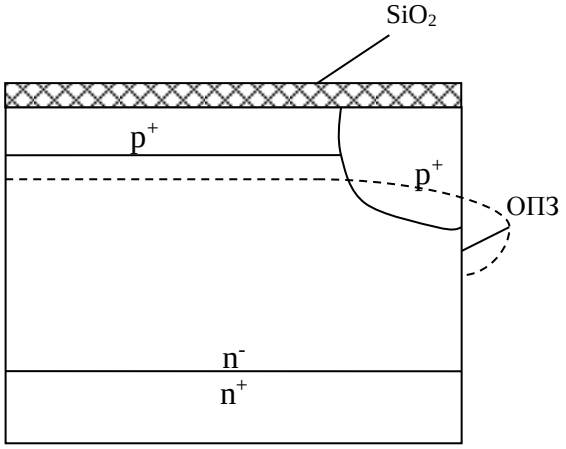


Рисунок 4 - Частичное стравливание поверхности кремния

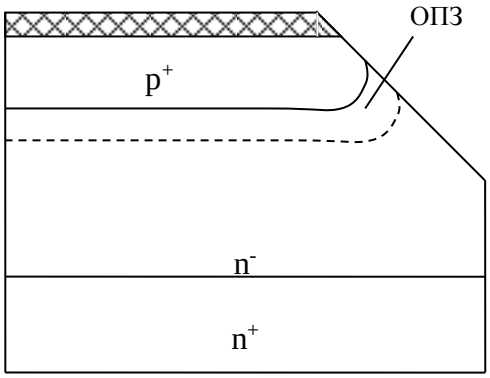


Рисунок 5 - Снятие фаски

Исследования показали, что одним из наиболее эффективных и технологичных методов повышения пробивного напряжения для полупроводниковых структур является применение диффузионных делительных колец. Делительные кольца формируют одновременно с созданием области основного p-n перехода – в нашем случае затворной области транзистора. Количество делительных колец и расстояние между ними выбираются, исходя из удельного сопротивления кремния и плотности поверхностных состояний (заряда) в пассивирующем p-n переход окисле.

На пробивное напряжение при формировании структуры исследуемых приборов существенное влияние оказывает технология изготовления (состояние поверхности на границе раздела $Si\text{-}SiO_2$ глубина залегания охранных колец) и, как следствие, конструкция прибора (число колец, расстояние между ними).

Целью данной работы являлась оценка влияния охранных колец и поверхностного заряда на границе раздела «полупроводник-диоксид кремния» на значения пробивного напряжения.

При изготовлении полупроводникового прибора первой операцией является выращивание диоксида кремния толщиной порядка одного микрона. В результате чего на границе раздела «полупроводник-диоксид кремния» формируется поверхностный заряд, величина которого может находиться в пределах от $7\cdot10^{10}$ см$^{-2}$ до $7\cdot10^{11}$ см$^{-2}$.

Исследования проводились с использованием САПР TCAD Synopsys на модели транзистора, изготовляемого на подложке n-типа с концентрацией примеси N=1.5E14 см$^{-3}$.

Охранные кольца формировались диффузией бора с последующей разгонкой. Наличие поверхностного заряда приводит к увеличению концентрации примеси в приповерхностном слое, из-за чего ширина обеднённой области (ОПЗ) вблизи поверхности отличается от ширины ОПЗ в объёме эпитаксиального слоя [2]. Напряженность поля увеличивается с увеличением концентрации примеси в приповерхностном слое. С помощью охранных колец – значение напряжённости на поверхности полупроводника можно снизить [3]. На рисунке 6 показано изменение концентрации примеси в эпитаксиальном слое полупроводника при величине поверхностного заряда Q_{ss}=5e11 см$^{-2}$.

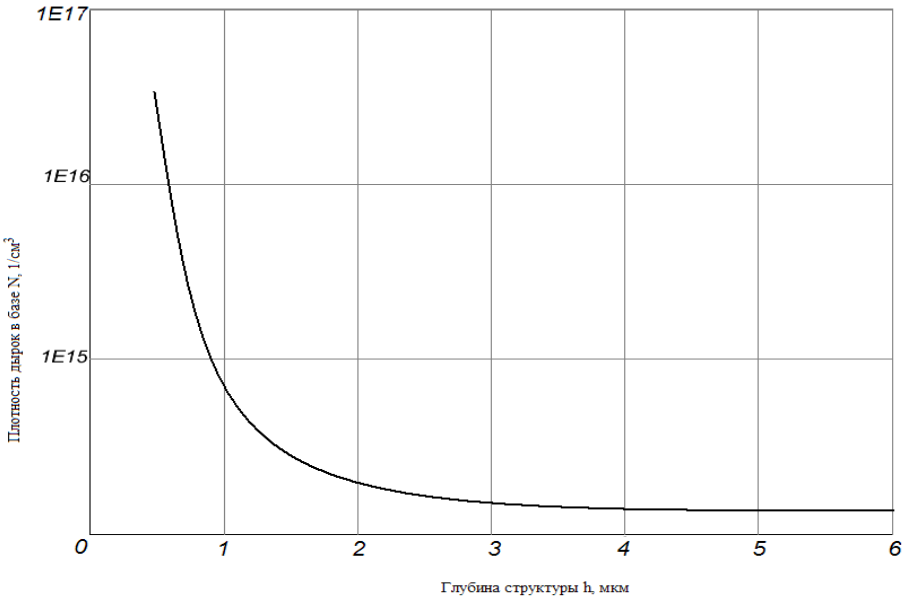


Рисунок 6 - Изменение концентрации примеси в эпитаксиальном слое полупроводника при величине заряда Q_{SS}=5e11 см$^{-2}$

Увеличение числа колец и глубины их залегания приводит к увеличению пробивного напряжения, но при этом увеличивается площадь периферии структуры и

соответственно её стоимость. Поэтому оптимизация количества охранных колец и глубины их залегания является важной задачей при проектировании полупроводниковых приборов.

Исследования проводились для различных глубин залегания колец, различного числа колец и различных расстояний между кольцами при заданной глубине залегания. Результаты исследований представлены на рисунках 7-9.

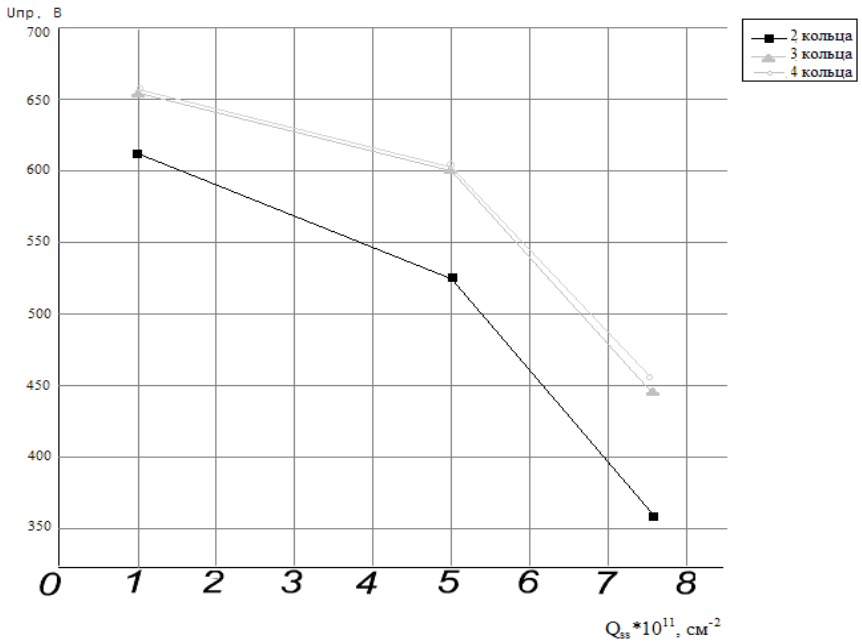


Рисунок 7 - Зависимость пробивного напряжения от величины поверхностного заряда при различном количестве колец при глубине залегания 8 мкм.

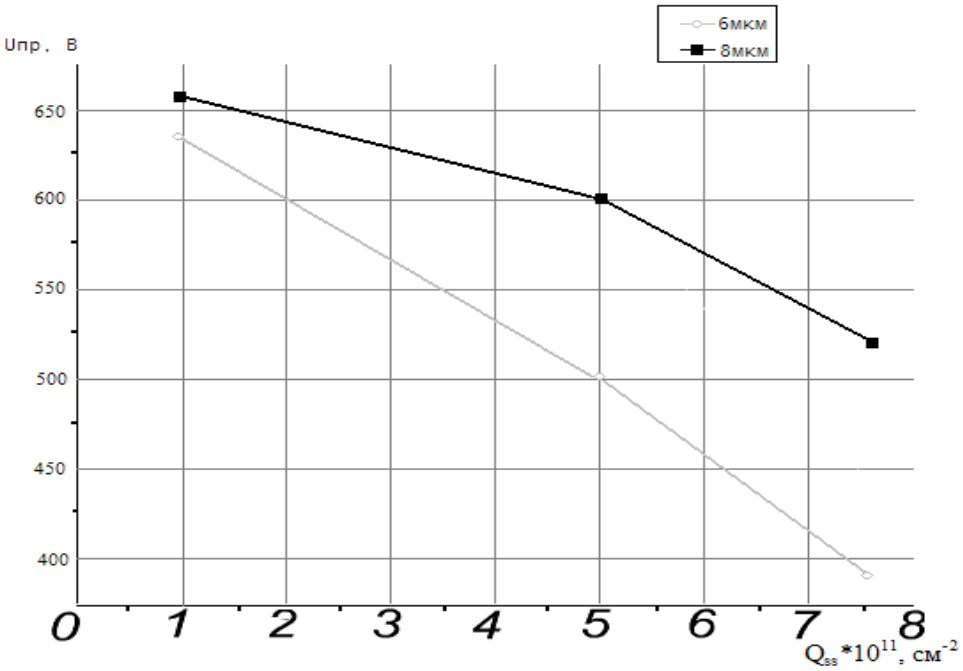


Рисунок 8 - Зависимость пробивного напряжения от величины поверхностного заряда при различной глубине колец, число колец – 4

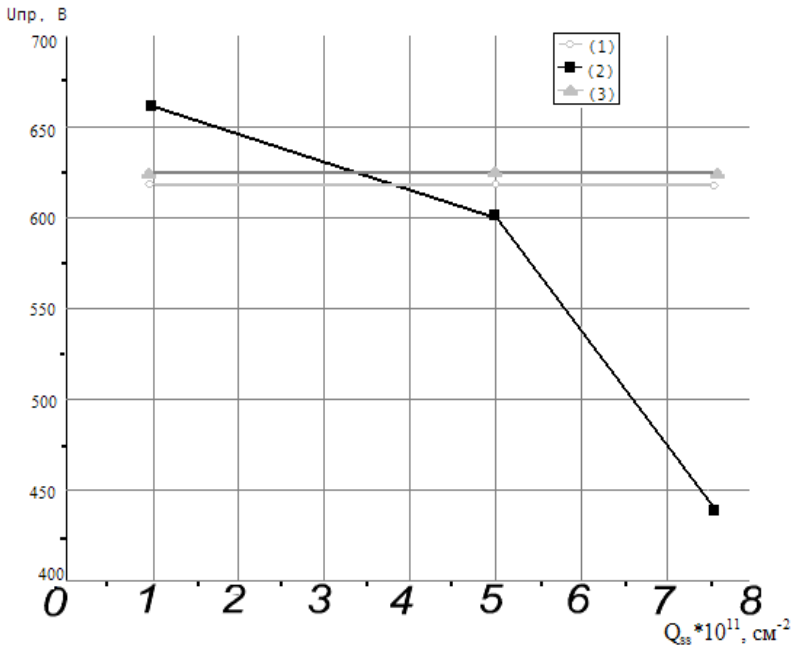


Рисунок 9 - Зависимость пробивного напряжения от величины заряда и расстояния между кольцами:
(1) – 6-8-10-12 мкм; (2) – 6-8-1-7 мкм; (3) – 6-6-7-7- мкм; число колец – 4.

Анализ данных показывает, что при максимальном значении заряда оптимальным является сочетание 4 колец с глубиной залегания 8 мкм при расстоянии между ними 6-6-7-7 мкм.

Получение высоких значений пробивных напряжений без охранных колец невозможно из-за возникновения поверхностного пробоя.

При проектировании полупроводниковых приборов необходим учёт максимального значения поверхностного заряда. Для приведенного значения поверхностного заряда глубина залегания охранных колец определяет их количество. Также особое внимание следует обращать на расстояние между кольцами. Расстояние между кольцами должно быть таким, чтобы не возник поверхностный пробой на основном переходе или на каком-либо из охранных колец.

Результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными при проектировании и изготовлении БСИТ- транзистора КП 961.

Библиографический список:

1. Исмаилов Т.А., Шахмаева А.Р. Транзисторные структуры силовой электроники.- Спб.:Политехника, 2011. – 126 с.
2. B.S. Avset, L. Evensen The effect of metal field plates on multiguard structures with floating p^+ guard rings// Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 1996. Vol. 377. P. 397-403.
3. Малеев С.А. и др. Проектирование на ЭВМ ограничительных колец с учётом заряда в диэлектрике// Электронная техника. Полупроводниковые приборы., - М.: 2007.
M.S. Adler, V.A.K. Temple, A.F. Ferro Theory and Breakdown Voltage for Planar Devices with a Single Field Limiting Ring// IEEE Transactions on electron Devices, 1997. Vol. ED 24. No 2. P. 107-112

ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 621.382.002

Саркаров Т.Э.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ДЕФЕКТОВ НА КИНЕТИКУ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Sarkarov T.E.

THE INFLUENCE OF STRUCTURAL DEFECTS ON THE KINETICS OF DIFFUSION PROCESSES

В настоящее время разработано различные методы контроля, основанных на различных физических принципах и обладающих широким набором возможностей, различной чувствительностью, многообразием областей применения.

Ключевые слова: *подложка, кремний, эпитаксия, окисление, дефекты, дислокация, полупроводники, технология, метод, материал, кристаллическая структура, объем, диффузия, поверхностная концентрация.*

At present there are various methods of control, based on various physical principles and possessing a wide variety of different sensitivity, diversity of applications.

Key words: *substrate, silicon, epitaxy, oxidation, defects, dislocation, semiconductors, technology, method, material, crystal structure, volume, diffusion, surface concentration.*

Развитие электронной техники на современном этапе характеризуется непрерывной сменой поколений интегральных устройств, создание которых базируется на внедрении новых материалов и более совершенных технологических процессах. Развитие микроэлектроники на всех ее этапах определялось успехами, достигнутыми в технологии новых материалов и тонкопленочной технологии. Тонкие пленки металлов, полупроводников и диэлектриков в настоящее время являются основой элементной базы всех интегральных устройств. Так, большие и сверхбольшие интегральные микросхемы, микропроцессоры на одном кристалле, устройства на приборах с зарядовой связью, элементы оптоэлектроники и интегральной оптики, а также другие изделия функциональной электроники изготавливаются с помощью методов и процессов тонкопленочной технологии. Тенденция к микроминиатюризации и повышению степени интеграции привела к использованию объектов нанометровых размеров, что вызвало развитие нового направления - наноэлектроники и новой технологии -нанотехнологии. В результате научных исследований появились новые подходы к синтезу пленочных структур, новые процессы и технологическое оборудование.

В начале своего развития электронная промышленность представляла собой отрасль техники, целиком основанную на операциях сборки, и позволяла реализовать весьма сложные функции путем объединения множества элементов в одном изделии. При этом значительная часть прироста стоимости изделий была связана с процессом сборки. Основными этапами этого процесса являлись этапы проектирования, выполнения и проверки соединений между электронными компонентами. Функции и размеры устройств, которые могли быть реализованы на практике, ограничивались количеством используемых компонентов, их физическими размерами и надежностью.

Исходным сырьем для электронной технике является поликристаллический кремний, из которого затем получают монокристаллические слитки, обладающие

необходимыми электрофизическими свойствами. После проведения подготовительных технологических циклов (механической обработки слитков, подготовки основных и дополнительных базовых срезов, резки слитка кремния на пластины, травления поверхности и полировки) он должен обладать следующими свойствами:

- быть химически чистым полупроводником (например, концентрация бора или углерода в кремнии не должна превышать 10^{-7} ат. % и $2*10^{-4}$ ат. % соответственно); обладать свойствами монокристалла и иметь малое число дефектов;
- иметь однородные свойства по объему, в частности, относительно контролируемой концентрации легирующей примеси;
- иметь идеальную поверхность, необходимую для реализации планарной технологии.

После финишной полировки кремний представляет собой зеркально отполированную с одной стороны монокристаллическую пластину диаметром 15 - 40 см и толщиной 0,5 – 0,6 мм с различной ориентацией поверхности. Дополнительные и основные срезы сделаны для более легкого распознавания пластин с разным типом проводимости и ориентацией поверхности.

Кремний применяется на изготовление практически всех существующих в настоящее время полупроводниковых приборов (транзисторов, тиристоров, диодов и др.) и изделий микроэлектроники - интегральных схем. Интегральные устройства - основное место использования кремния в настоящее время. Кремниевые интегральные схемы и микропроцессоры являются основными компонентами вычислительной техники и автоматики.

Рост окислительных дефектов зависит от ориентации полупроводниковых подложек, типа проводимости и наличия зародышей дефектов. Экспериментальные наблюдения показывают, что скорость роста для подложек с ориентацией поверхности (100) выше, чем для подложек с ориентацией поверхности (111).

Большинство дефектов возникает на поверхности раздела пленка-подложка. Это обусловлено тем, что поверхность подложки обычно несовершенна, на ней встречаются царапины от абразива, примесные атомы, остатки окисной пленки и пр.

Обычно на хорошо обработанных подложках чаще встречаются дефекты в форме треугольников, так как боковое развитие центров кристаллизации происходит более правильно. Плохо обработанным подложкам сопутствуют линейные дефекты и дефекты в форме треугольников, обнаруживаемых с помощью оптического микроскопа без предварительной химической обработки.

Термическое окисление кремния может приводить к возникновению дефектов упаковки, располагающихся в плоскостях (111). Эти плоские дефекты представляют собой структурные несовершенства решетки кремния, которые по своей природе являются дефектами типа внедрения и ограничены частичными дислокациями. Механизм роста этих дефектов заключается в избыточных атомов кремния в кремниевой решетке на зародышевых местах, в роли которых выступают дефекты, образовавшиеся в ходе выращивания кристалла, механические повреждения поверхности подложек, введенные перед окислением, химические загрязнения или дефекты, обычно называемые плоскодонными ямками или бугорками. В результате процесса окисления на границе раздела фаз Si-SiO_2 присутствуют избыточные межузельные атомы кремния. Малая часть этих атомов диффундирует вглубь кремния. Пересыщение объема кремния собственными межузельными атомами определяет скорость роста дефектов упаковки. Альтернативный механизм возникновения дефектов упаковки предполагает уменьшение концентрации вакансий вблизи границы раздела фаз Si-SiO_2.

Возникновение дефектов на полупроводниковых подложках является причиной ухудшения характеристик *p-n* переходов (это проявляется в увеличении обратных токов утечки) и уменьшения времени хранения заряда в МОП -структурах. Дислокация по сравнению с дефектами упаковки представляют собой предпочтительное место для

кластерообразования, поскольку являются областью разрыва решетки, обладающей высокой энергией. Диффундирующие атомы примеси стремятся расположиться в области обладающей высокой энергией, т.е. термодинамически более выгодной для размещения атомов примеси.

Кристаллическое твердое тело состоит из множества повторяющихся и примыкающих друг к другу элементарных ячеек. Структура кристалла никогда не бывает идеальной – ни в объеме, ни тем более на поверхности. Всегда имеются дефекты решетки и дислокации. Эти структурные несовершенства сильнейшим образом влияют на процесс диффузии в твердых телах.

1. Дефекты решетки могут иметь вид пустого узла (дефект по Шоттки) или совокупность пустого узла и междуузельного атома (дефект по Френкелю). Такие дефекты называются дефектами точечного типа (рис. 1.а,б). Их образование неизбежно, а концентрация подчиняется термодинамической закономерности – резко увеличивается с ростом температуры. Распределение точечных дефектов по объему кристалла близко к равномерному.

Концентрация дефектов по Шоттки (вакансий $N_в$) экспоненциально зависит от температуры:

$$N_в = N_0 \exp\left(-\frac{G_в}{kT}\right), \qquad (1)$$

где N_0 - число узлов в кристаллической решетке (в расчете на 1 см^3); $G_в$ - свободная энергия образования вакансий, равная $G_в = E_в - TS_в$, $E_в$ и $S_в$ - энергия и энтропия образования вакансий соответственно. Концентрация дефектов по Френкелю также определяется экспоненциальной зависимостью:

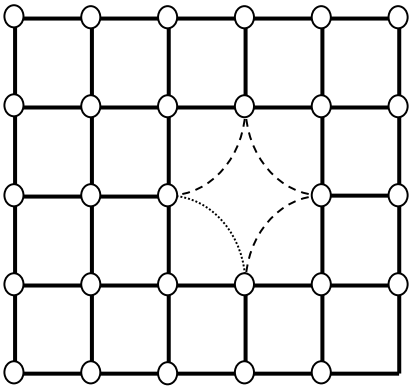
$$N_ф = \sqrt{N_0 N_i} \exp\left(-\frac{G_ф}{2kT}\right), \qquad (2)$$

где N_i - количество междуузлий (в расчете на 1 см^3).

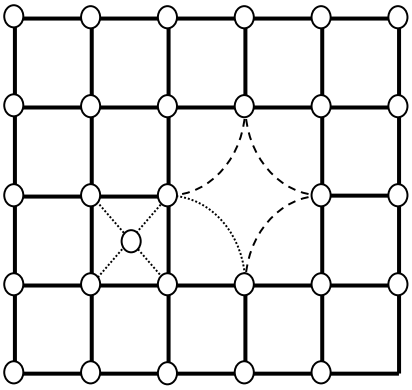
Любой реальный кристалл содержит примеси – либо паразитные, от которых не удается избавиться при очистке материала, либо полезные, которые вводятся специально для получения необходимых свойств кристалла. Каждый примесный (т.е. чужеродный) атом равносилен точечному дефекту решетки. Примесные атомы могут располагаться в междуузлиях атомов (примесь внедрения – 1 (рис. 1в)), либо в самих узлах вместо основных атомов (примесь замещения – 2 (рис. 1в)). Последний вариант более распространен. Точечные дефекты могут образовываться при радиационных воздействиях.

2. Дислокации т.е. смещения плоскостей решетки, бывают линейные (краевые) и винтовые (спиральные). Первые – результат сдвига части решетки вдоль какой-либо плоскости по глубине (рис. 2а). Вторые – результат полного (по всей глубине) сдвига некоторого участка решетки (рис. 2б).

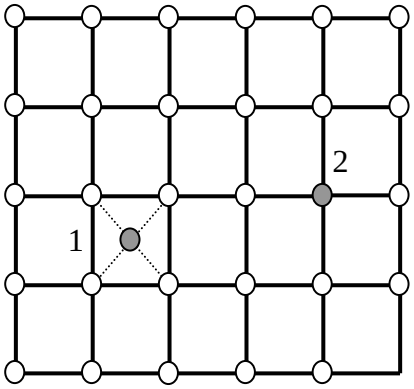
3. Помимо дислокаций в пластинах кристалла имеют место макроскопические дефекты типа микротрещин, пор (пузырьков) и т.п. Все это потенциальные причины возникновения брака полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.



а) Дефект по Шоттки



б) Дефект по Френкелю



в) Примесные дефекты

Рисунок 1 - Точечные дефекты кристаллической решетки

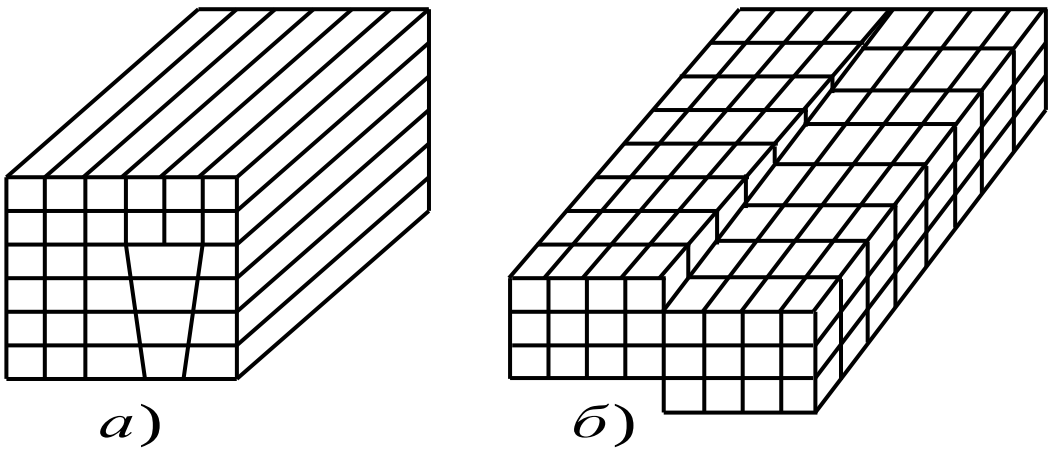


Рисунок 2 - Дислокации в кристаллической решетке

4. Предельным случаем беспорядочных дислокаций можно считать поликристалл, состоящий из множества монокристаллических зерен (микрокристаллов) с разной ориентацией, тесно примыкающих друг к другу.

5. Еще одним дефектом, значительно влияющим на протекание процесса диффузии в твердом теле, является поверхность.

Согласно атомной теории диффузии, элементарный акт диффузии – это скачок атома диффундирующего вещества на свободное, незанятое место (например, вакансию или междуузелье). Математически коэффициент диффузии можно записать в этом случае следующим образом:

$$D = \gamma^{\alpha 2} \Gamma \tag{3}$$

где γ - геометрический фактор, α - параметр решетки, Γ - частота скачков.

Если бы в реальных кристаллах присутствовали только точечные дефекты, т.е. равновесные вакансии и междуузельные атомы, то коэффициент диффузии определялся бы только температурой и при температурах ниже температуры Таммана, равной половине температуры плавления для данного материала, был бы незначительным. Однако как показывают эксперименты, для реальных кристаллов при низких температурах скорость диффузии остается довольно высокой и на 2÷3 порядка выше теоретической. Такое значительное изменение коэффициента диффузии связано с влиянием на диффузионный перенос таких дефектов кристаллической решетки, как избыточные (неравновесные) вакансии, дислокации, границы зерен и внешняя поверхность кристалла. Наиболее существенное влияние на диффузию оказывают не сами избыточные вакансии, а их потоки, появляющиеся из-за наличия градиентов концентрации вакансий между стоком, где концентрация равновесная и вдали от него, где преобладает их избыточная концентрация. Вакансионные потоки вызывают равные по величине и противоположно направленные потоки собственных или примесных атомов. Стоками для вакансий служат границы блоков и зерен, свободная поверхность кристаллов, а также дислокации.

Особая роль в процессе диффузии принадлежит дислокациям и границам зерен. Эта роль сводится к тому, что они играют роль “ускоряющих путей диффузии”, т.е. таких участков, где коэффициент диффузии по сравнению с остальной частью кристалла максимален. Увеличение коэффициента диффузии при диффузионном переносе атомов по дислокациям и границам зерен связано с уменьшением энергии активации диффузии. Влияние ускоряющих путей диффузии проявляется при низких температурах, так при температурах, меньших 2/3 от температуры плавления, для многих поликристаллов общий коэффициент диффузии полностью определяется диффузией по границам зерен, дислокациям или поверхности. Таким образом, при нормальных температурах работы ИМС диффузионный механизм деградационных процессов сильно зависит от дефектности структуры.

Дислокация представляет собой край оборванной, незавершенной плоскости и расположена вдоль линий, образующих пространственную решетку. Для кубической решетки, приведенной на рисунке, протяженность дислокации перпендикулярна плоскости чертежа. В целях упрощения рассматриваем только один вид дислокаций, наиболее характерный для монокристаллов полупроводников.

Возникновение дислокаций в кристаллах является следствием механических напряжений - реакций на внешнее нагружение или внутренних термических напряжений, неизбежных при выращивании кристалла. Дислокации и их перемещение под нагрузкой объясняют пластичность металлов. Перемещение дислокаций, их взаимодействие с вакансиями и между собой, образование скоплений и петель - объект механической теории дислокаций.

Влияние дислокаций на электрические свойства объясняется тем, что они нарушают однородность распределения электронов в кристалле, создавая микрообласти с оборванными, ненасыщенными связями и повышенной внутренней энергией. Дислокация

создает силовое поле, которое проявляется, в частности, в том, что примеси как бы втягиваются, всасываются в эту область, и в результате их распределение в объеме кристалла становится неоднородным.

Очевидно, что материалами, наиболее чутко реагирующими на содержание дислокаций, являются полупроводники.

Дислокации можно непосредственно наблюдать в электронном микроскопе, но наиболее простым способом их выявления служит химическое травление поверхностного слоя кристалла. Для этого необходим такой реагент, который быстрее растворяет напряженные и обогащенные примесями участки кристалла, окружающие дислокации, и обеспечивает так называемое селективное, или избирательное травление. Количество «выходов» дислокаций на плоскость травления оценивается по числу ямок, поэтому за характеристику принимается плотность дислокаций, $см^{-2}$. Обычная для искусственных монокристаллов плотность дислокаций — 104 ... 105 см~2; в кремнии удается за счет тонкого регулирования условий роста снизить ее до единиц на 1 см2. Такие совершенные кристаллы называют бездислокационными.

Структурные дефекты, имеющие два измерения, называются поверхностными. При этом имеется в виду не только внешняя поверхность, которая отличается оборванными связями и повышенной энергией, но и внутренние поверхности — плоские или искривленные, разделяющие двойники и несильно (не более чем на единицы градусов) разориентированные зерна (рис. 2).

Для выявления дефектов дислокации использовался селективный травитель «Дэша», состоящий из следующих компонентов: азотной кислоты (HNO_3), плавиковой кислоты (HF) и уксусной кислоты (CH_3COOH) в соотношении компонентов 5:1:15.

Процесс проводят на установке химической обработки. Фторопластовые кассеты с кремниевыми пластинами загружают в селективный травитель «Дэша». Травление проводится при температуре 298 К, время травления составляет 145±5 минут. Затем фторопластовые кассеты с кремниевыми пластинами перекладывают в стоп - ванну для отмывки в деионизованной воде. После чего отмывку ведут в двух ваннах с переливом на четыре стороны, при расходе деионизованной воды 500 л/ч. Длительность отмывки по 5 минут в каждой из ванн.

Количество светящихся точек составило 5 шт. Суммарное количество дефектов дислокации -450±50 $шт/см^2$.

Таким образом, обработка в селективном травителе позволяет выявить дефекты дислокации и дает возможность получения ровной, ненарушенной поверхности кремниевых пластин, что позволяет улучшить качество поверхности эпитаксиальных структур.

Поверхностные дефекты являются грубыми нарушениями структуры, обычно они легко различимы и свидетельствуют о браке кристалла. Современная технология выращивания кристаллов позволяет свести и концентрацию к минимуму.

Последний вид дефектов — трехмерные или объемные дефекты (раковины, трещины, инородные включения). Они охватывают большую область кристалла, энергетически невыгодны, и для налаженной технологии их образование нехарактерно.

Таким образом, структурное совершенство выпускаемых промышленностью кристаллов определяется главным образом точечными дефектами и дислокациями.

Различная их концентрация, характерная для кристаллов, полученных разными методами, резко осложняет оценку пригодности материала для конкретных целей.

Свойства всех материалов определяются их химическим составом и структурой, т.е. набором атомов различных элементов и их взаимным пространственным расположением. Если материал обладает кристаллической структурой, то существенное влияние на свойства оказывают нарушения правильного строения кристаллической решетки – дефекты. В ряде случаев весьма важными оказывается структура поверхности материалов и элементный состав адсорбированных на ней слоев. Отклонения этих характеристик от

заданных влияют на качество материалов электронной техники, меняют их свойства и требуют контроля с помощью специально разработанных методов. При этом следует иметь в виду, что не существует единственного, универсального метода изучения структуры и состава вещества (или других характеристик), пригодного во всех случаях.

В настоящее время разработаны различные методы контроля, основанные на различных физических принципах и обладающие широким набором возможностей, различной чувствительностью, многообразием областей применения.

Поэтому интенсивно развиваются новые методы исследования строения кристаллов, такие, как рентгеновский микроанализ, растровая электронная микроскопия, спектроскопия, нейтронография и т. д.

Библиографический список:

1. Ефимов И.Е., Горбунов Ю.И., Козырь И.Я. Микроэлектроника. Проектирование, виды микросхем, новые направления. М.: Высшая школа, 1987, 312 с.
2. Ефимов И.Е., Козырь И.Я. Основы микроэлектроники. М.: Высшая школа, 1983, 384 с.
3. Пичугин И. Г., Таиров Ю. М. Технология полупроводниковых приборов. -М.: Высшая школа, 1984, -С.122.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 681.5:658.512

Ирзаев Г.Х.

ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ПО КРИТЕРИЮ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Irzaev G.Kh.

NUMERICAL METHOD OF OPTIMIZATION THE CONSTRUCTION OF RADIO-ELECTRONIC DEVICE BY MANUFACTURABILITY CRITERION

Предложен численный метод оптимизации конструкции радиоэлектронного устройства на ранних этапах проектирования по критерию технологичности, когда отыскивается область допустимых отклонений в пространстве входных переменных, во всех точках которой выполняются ограничения на показатель технологичности. Практическая реализация метода позволяет получить экономию суммарных затрат на всех этапах жизненного цикла изделий.

Ключевые слова: *радиоэлектронное устройство, оптимизация конструкции, критерий технологичности, управляющие переменные, монотонная функция.*

The numerical method of optimization the construction of radio-electronic device at early design stages by criterion of manufacturability when the area of tolerances in space of input variables in which all points restrictions on a manufacturability index are executed is found is offered. Practical realization of a method allows to receive economy of cooperative expenses at all stages of life cycle of products.

Key words: *radio-electronic device, optimization of construction, manufacturability criterion, controlling variables, monotonic function.*

Введение. Установление рациональных границ изменения технологичности конструкций радиоэлектронных устройств (РЭУ) с учетом особенностей их функционального назначения, эксплуатации, технического уровня является сложной и недостаточно разработанной к настоящему времени проблемой, решение которой позволит получить ощутимый экономический эффект для предприятий отрасли приборостроения и радиоэлектроники за счет снижения ресурсоемкости их изделий. Наиболее приемлемый уровень технологичности изделия может быть определен при решении оптимизационной задачи. Задача оптимизации конструкции (конструкторско-технологических решений) РЭУ по критерию ее технологичности может быть поставлена и решена вследствие того, что существуют следующие предпосылки для ее рассмотрения:

- наличие выбора различных вариантов конструкций изделий с такими значениями соответствующих показателей, которые находятся в области рациональных значений (близких к оптимальной величине);
- наличие критериев оптимизации, по которым проводится сопоставление вариантов и выбор оптимальной конструкции;
- наличие методов решения оптимизационной задачи.

При этом оптимизация конструкции РЭУ по технологичности включает в себя оптимизацию как собственно проектируемого изделия, так и процесса его проектирования. Время и средства, затрачиваемые на разработку изделия, и сам процесс проектирования в значительной степени определяются структурой изделия и значениями его параметров. Характеристики процесса разработки изделия будут учитываться в таком

показателе технологичности как суммарные затраты на всех этапах жизненного цикла изделия. Отыскание оптимального по технологичности РЭУ возможно на всех этапах его проектирования, однако эффективнее задача оптимизации решается на самых ранних этапах разработки, так как при этом она может быть наиболее радикальной и требовать меньших экономических затрат [1, 2].

Постановка задачи. Имеем некоторое РЭУ – объект управления, для которого определен его показатель технологичности *S*. Допустим, что показатель является выпуклой и монотонной функцией управляющих переменных объекта управления $\bar{x} = \{x_j\}$, $j = \overline{1,n}$. Как показывает практика между показателем технологичности управляемого объекта и управляющими переменными, влияющими на этот показатель, отсутствуют явно выраженные функциональные зависимости, конкретные значения технологичности находятся по математической модели.

Пусть управляющие переменные объекта принимают значения из некоторой ограниченной области *B* *n*-мерного евклидова пространства $B \subset R^n$. Во всех точках области *B* определен $S(\bar{x})$, известны номинальные значения переменных $\overline{x^0} = \{x_j^0\}$, $j = \overline{1,n}$ и соответствующее им значение показателя технологичности $S^0(\overline{x^0})$.

Область допустимых вариаций управлений B^0 определим как множество возможных отклонений переменных от их номинальных значений $\overline{x^0}$, при которых показатель технологичности конструкции объекта управления находится в заранее определенных ограничениях

$$\left| S(\overline{x^0} + \Delta\bar{x}) - S^0(\overline{x^0}) \right| \le \varepsilon, \qquad (1)$$

где $\Delta\bar{x}$ − отклонения управляющих переменных от номинальных значений; ε − допуск на показатель технологичности объекта управления.

Сформулируем следующую постановку задачи: по известному допуску на показатель технологичности конструкции объекта управления необходимо найти область в пространстве управляющих (входных) переменных, во всех точках которой выполняются ограничения на этот показатель. Для решения подобных задач с построением области допустимых вариаций переменных на практике используются методы обхода вдоль границы заданной области. Хотя эти методы дают наиболее полное и наглядное представление о конфигурации рассматриваемой области и ее количественных характеристиках, их применение ограничено размерностью задачи. Использование алгоритмов обхода вдоль границы в сочетании с методами сечения также неоправданно из-за больших затрат вычислительных ресурсов [3].

Другие методы, применяемые для нахождения области допустимых значений управляющих переменных, основаны на анализе чувствительности систем [4, 5]. При этом предполагается, что отклонения переменных от номинальных значений малы и изменения показателей эффективности от вариаций переменных могут быть линеаризованы. Поэтому для решения данной проблемы требуется разработка легко реализуемого на вычислительной технике метода определения области допустимых отклонений переменных.

Нахождение области допустимых отклонений управляющих переменных по известному допуску на показатель технологичности объекта управления. Если показатель технологичности некоторого объекта управления зависит от одной входной или управляющей переменной, то зависимость показателя *S* от переменной *x* выглядит так, как показано на рисунке.

Номинальному значению переменной x^0 соответствует номинальное значение показателя технологичности S^0. Производная $\partial S / \partial x$ в точке x^0 определяет тангенс угла

наклона касательной к оси x. Тогда значение отклонения переменной определяется по формуле

$$\omega = \frac{\varepsilon}{\left|\partial S / \partial x\right|_{x=x^0}}.$$

Находим значения показателя технологичности S^+ и S^- в точках $x^0+\omega$ и $x^0-\omega$ соответственно. Если значение показателя технологичности находится в допустимых пределах, т.е. $\left|S^+ - S^0\right| \le \varepsilon$ или $\left|S^- - S^0\right| \le \varepsilon$, то допустимое отклонение переменной x от номинального значения x^0 находится в пределах от x^0 до $x^0+\omega$ или от x^0 до $x^0-\omega$ соответственно. Если же $\left|S^+ - S^0\right| > \varepsilon$ или $\left|S^- - S^0\right| > \varepsilon$, то значения отклонения управляющей переменной x от x^0 находим как $\frac{\varepsilon\omega}{\left|S^+ - S^0\right|}$ и $\frac{\varepsilon\omega}{\left|S^- - S^0\right|}$ соответственно.

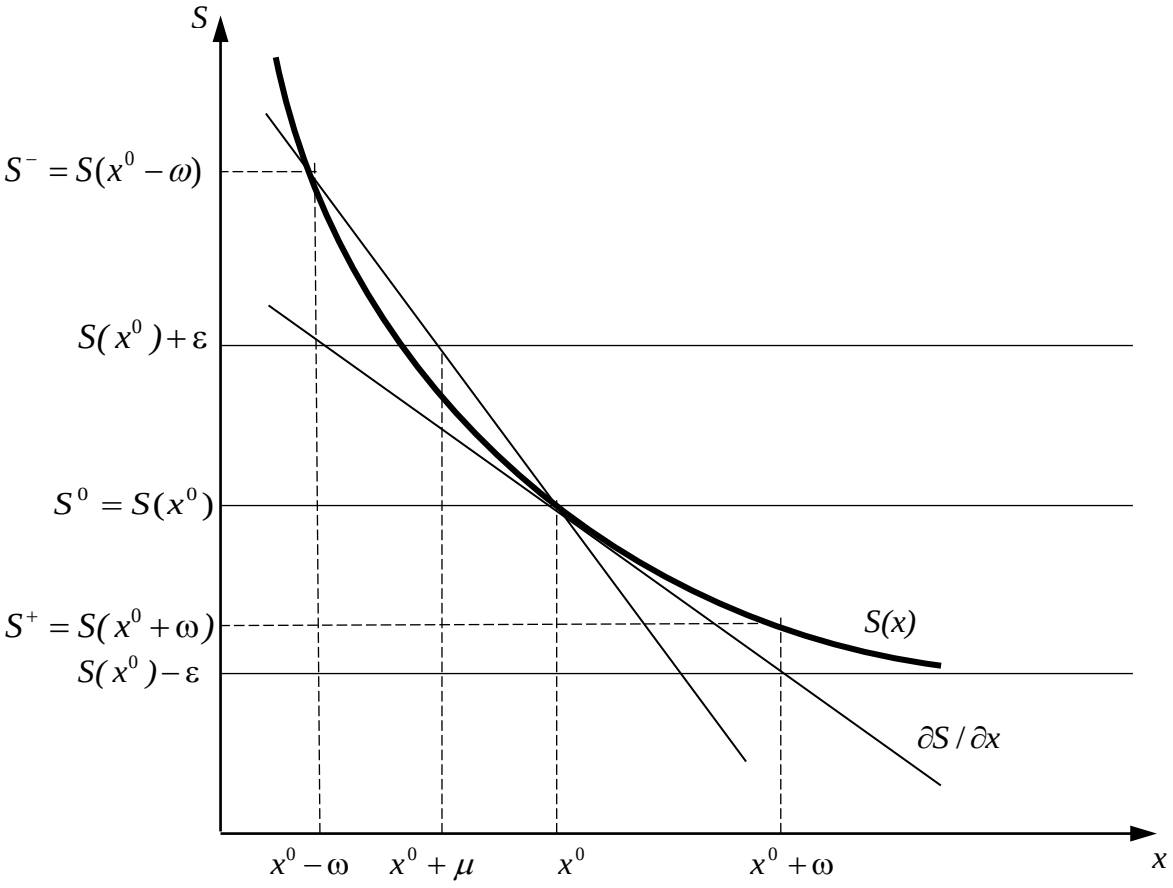


Рисунок 1 - Графическое представление задачи для случая зависимости показателя технологичности объекта от одной переменной

Рассмотрим случай, когда число управляющих переменных, влияющих на технологичность объекта, равно *n*. Если выполняется ограничение (1) и функция *S* − выпуклая монотонная функция переменных, то достаточно, чтобы отклонения

переменных $\Delta\bar{x}$ принимали значения из множества $\widetilde{B} \subset B^0$, где $\widetilde{B} = \left\{ \Delta\bar{x} \;\middle|\; P\Delta\bar{x} \le 1 \right\}$ [6]. В последнем выражении P – матрица размерности $2^n \times n$, строки которой образованы всеми возможными заменами компонент вектора $p_1 = \left\{ \frac{1}{\eta_1}, ..., \frac{1}{\eta_n} \right\}$ на компоненты вектора $p_k = \left\{ \frac{1}{\mu_1}, ..., \frac{1}{\mu_n} \right\}$, где $k = 2^n$, а величины η_j, μ_j определяются следующими соотношениями:

$$\eta_j = \begin{cases} \omega_j = \dfrac{\varepsilon}{\left|\partial S / \partial x_j\right|_{\bar{x}=\overline{x^0}}}, & \text{если } \left|S_j^+ - S^0\right| \le \varepsilon \\ \dfrac{\varepsilon\omega_j}{\left|S_j^+ - S^0\right|}, & \text{если } \left|S_j^+ - S^0\right| > \varepsilon \end{cases} \tag{2}$$

$$\mu_j = \begin{cases} -\omega_j, & \text{если } \left|S_j^- - S^0\right| \le \varepsilon \\ -\dfrac{\varepsilon\omega_j}{\left|S_j^- - S^0\right|}, & \text{если } \left|S_j^- - S^0\right| > \varepsilon \end{cases}, \tag{3}$$

Где

$$\begin{aligned} S_j^+ &= S(x_1^0, ..., x_j^0 + \omega_j, ..., x_n^0), \\ S_j^- &= S(x_1^0, ..., x_j^0 - \omega_j, ..., x_n^0), \\ j &= \overline{1,n}. \end{aligned} \tag{4}$$

Для доказательства покажем, что $\widetilde{B} \subset B^0$. Рассмотрим два множества

$$A_1 = \left\{ \Delta\bar{x} \middle| S(\overline{x^0} + \Delta\bar{x}) - S^0(\overline{x^0}) \ge -\varepsilon \right\} \text{ и } A_2 = \left\{ \Delta\bar{x} \middle| S(\overline{x^0} + \Delta\bar{x}) - S^0(\overline{x^0}) \le \varepsilon \right\}$$

пересечение которых $B^0 = A_1 \prod A_2$ определит все $\Delta\bar{x}$, для которых выполняется условие (1). Замкнутое полупространство

$$T_1 = \left\{ \Delta\bar{x} \middle| \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial S}{\partial x_j} \Delta\bar{x}_j \ge -\varepsilon \right\}$$

полностью содержится в A_1, так как

$$S(\overline{x^0} + \Delta\bar{x}) - S^0(\overline{x^0}) \ge \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial S}{\partial x_j} \Delta\bar{x}_j$$

в силу выпуклости $S(\bar{x})$. Тогда $\widetilde{B} = A_2 \prod T_1$ – выпуклое подмножество множества B^0. Покажем, что множество вершин $\bar{x}$ принадлежат выпуклому множеству

$$\widetilde{B} = \left\{ \bar{x} = \bar{x}_\eta \bigcup \bar{x}_\mu \right\},$$

$$\text{где } \bar{x}_\eta = \left\{ \left(x_1^0, ..., \mathrm{x}_{\mathrm{j-1}}^0, x_j^0 + \eta_j, ..., x_n^0 \right),\ j = \overline{1,n} \right\}$$

$$\bar{x}_\mu = \left\{ \left(x_1^0, ..., x_{j-1}^0, x_j^0 + \mu_j, ..., x_n^0 \right),\ j = \overline{1,n} \right\}.$$

Рассмотрим вершину

$$\bar{x}^* = \left(x_1^0, ..., x_{j-1}^0, x_j^0 + \mu_j, ..., x_n^0 \right).$$

Пусть $S(\bar{x})$ – монотонно убывающая функция и $\eta_j = \omega_j$; тогда соответствующее $\Delta \bar{x}^*$ будет принадлежать T_1 по определению множества T_1. Предположим, что $\Delta \bar{x}^* \notin \tilde{B}$, тогда $\Delta \bar{x}^* \notin A_2$, что противоречит условию монотонного убывания функции $S(\bar{x})$, следовательно, $\Delta \bar{x}^* \in \tilde{B}$.

Пусть $S(\bar{x})$ – монотонно возрастающая функция и $\eta_j = \dfrac{\varepsilon\omega_j}{\left| S_j^+ - S^0 \right|}$, тогда

$$S(\overline{x^0} + \Delta\bar{x}) - S^0(\overline{x^0}) \le \frac{S(x_1^0, ..., x_j^0 + \omega_j, ..., x_n^0) - S^0\left(\overline{x^0}\right)}{\omega_j} \qquad (5)$$

в силу выпуклости $S(\bar{x})$, причем при $\bar{x} = \bar{x}^*$ правая часть неравенства (5) равна ε, то есть $\Delta \bar{x}^* \in A_2$. Легко проверить, что $\Delta \bar{x}^* \in T_1$, следовательно, $\Delta \bar{x}^* \in \tilde{B}$.

Практическая реализация метода. Практическая реализация и экспериментальная проверка предлагаемого метода осуществлялась автором на ОАО Концерне «Кизлярский электромеханический завод» при проектировании навигационных РЭУ. В частности, метод был апробирован на устройстве оперативного контроля технического состояния систем и бортового оборудования самолетов. Изделие обеспечивает оперативную проверку бортового оборудования, контроль выхода параметров полета за летно-эксплуатационные ограничения, а также контроль за правильностью действий экипажа при эксплуатации летательного аппарата по информации от бортовых устройств регистрации. Прибор имеет специальное программное обеспечение и встраивается в автоматизированное рабочее место контроля технического состояния самолета при проведении регламентных, регулировочных, ремонтно-восстановительных и других работ по техническому обслуживанию совместно с другими контрольно-поверочными приборами.

При известном допуске на изменение технологичности конструкции изделия, заданном нормативными документами, с использованием соотношений (2)…(4) были найдены области допустимых отклонений управляющих переменных, в качестве которых выступали технологическая себестоимость, проектная трудоемкость и материалоемкость конструкции. На стадиях проектирования и технологической подготовки производства изделия удалось оптимизировать значения перечисленных показателей (переменных) так, что они позволили удержать комплексную технологичность конструкции в пределах нормативных значений для электронных изделий 0,75…0,95, тем самым сократить затраты всех видов ресурсов на реализацию проекта. В частности, технологическую себестоимость удалось снизить на 7 %, проектную трудоемкость на 3,5 % и материалоемкость на 4,2 % по сравнению с аналогом.

Метод может быть рекомендован для оптимизации сложных конструкций изделий приборостроения и радиоэлектроники на этапах проектирования и технологической подготовки производства.

Библиографический список:

1. Ирзаев Г.Х. Система оценки согласованности конструкций радиоэлектронных средств с технологией предприятия-изготовителя на этапе освоения // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2010. – № 1(21). – С. 257-261.
2. Ирзаев Г.Х. Разработка функциональной и организационной структур комплексной системы управления технологичностью промышленных изделий // Автоматизация процессов управления. – 2011. – № 4 (26). – С. 66-75.
3. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. – М.: Сов. радио, 1976. -368 с.
4. Дембицкий Н.Л. Модели и методы в задачах автоматизированного конструирования радиотехнических устройств. М.: МАИ, 2011. - 203 с.
5. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений. – М.: Лань, 2001. -384 с.
6. Волкович В.Л., Волошин А.Ф., Горлова Т.М. Методы и алгоритмы автоматизированного проектирования сложных систем управления. – Киев: Наук. думка, 1984. -216 с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 519.72

Мелехин В.Б., Сусин А.Ю., Халилов А.И.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫВОДА УМОЗАКЛЮЧЕНИЙ В НЕМОНОТОННЫХ СРЕДАХ НА ОСНОВЕ УСЛОВНО-ЗАВИСИМЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Melehin V.B., Susin A.YU., Halilov A.I.

THEORETICAL BASE TO ORGANIZATIONS OF THE CONCLUSION OF THE CONCLUSIONS IN NONMONOTONIC AMBIENCE ON BASE CONDITIONALLY-HUNG VARIABLE

Предлагается один из подходов организации понятийного мышления интеллектуальных систем, связанный с разработкой теоретических основ вывода умозаключений в произвольной немонотонной проблемной области на основе условно зависимых переменных.

Ключевые слова: *интеллектуальные системы, условно-зависимые переменные, немонотонный вывод.*

It is offered one of the approach to organizations of the notional thinking of the intellectual systems, connected with development theoretical base conclusion of the conclusions in free non monotonic problem-solving area on base conditionally hung variable.

Key words: *intellectual systems, conditionally-hung variable, non monotonic conclusion.*

Введение. Организация вывода умозаключений в интеллектуальных системах (ИС) является одним из эффективных направлений моделирования понятийного уровня мышления для принятия решения на основе рассуждений [1]. Однако, по ряду причин оно не получило достаточно широкого распространения в ИС с различным функциональным назначением.

Одной из таких причин является немонотонность вывода умозаключений в рамках произвольной предметной области. Данное обстоятельство привело к разработке различных немонотонных логик рассуждений [2], которые в значительной степени позволили обойти отмеченные трудности. Однако, известные немонотонные логики, к сожалению, не позволяют системе принятия решений однозначно судить об истинности выводимых заключений, а только с определенной степенью правдоподобности подтверждают их выполнимость в выбранном множестве схем логических аксиом и правил вывода. Такая неопределенность вывода в немонотонных логиках ограничивает их эффективное использование для принятия решений автономно функционирующими ИС, часто требующими однозначного ответа на вопрос об истинности выводимых умозаключений.

В настоящей работе предлагается один из подходов к организации вывода умозаключений, позволяющий обойти отмеченный выше недостаток существующих подходов к организации вывода умозаключений в немонотонных средах. В основе организации предложенного подхода лежит применение условно-зависимых переменных, позволяющих выделять монотонный участок вывода умозаключений в произвольной предметной области.

Условно-зависимые переменные и их особенности. Условно-зависимой переменной называется и обозначается двойка $A(F_A)=(C_A,F_A)$, где C_A – название переменной; F_A – множество требований и условий, которым должны удовлетворять элементы произвольного (базового) множества A, чтобы они относились к переменной $A(F_A)$ и удовлетворяли заданному свойству или умению γ.

В самом общем случае элементы множества F_A могут носить разнообразный характер, зависящий от назначения и свойств условно-зависимой переменной $A(F_A)$.

Условно-зависимая переменная $A(F_A)$ называется условно-зависимой предметной переменной (ПП), если множество F_A определяется множеством характеристик и признаков, которыми должны обладать произвольные предметы проблемной среды, относящиеся к $A(F_A)$.

Пусть каждый предмет произвольной предметной области A - $a_i(X_i), i=1,k_i$ описывается множеством характеристик X_i. Тогда $a_i(X_i)\in A(F_A)$, если $F_A\subseteq X_i$ и пишем $a_i(X_i)\notin A(F_A)$ в противном случае.

Таким образом, множество F_A можно интерпретировать как множество причинно-следственных ограничений, образующих монотонное множество объектов $A(F_A)$ относительно заданного свойства γ, определяющегося характеристиками F_A.

В немонотонной изменяющейся во времени области A множество ограничений F_A можно разбить на два подмножества:

- $F_A{}^i$ – абсолютные причинно-следственные ограничения, присущие ПП $A(F_A)$ независимо от условий проблемной среды;

- относительные, то есть появляющиеся причинно-следственные ограничения или «тормозные» сигналы Z_A. Появление в среде тормозных сигналов Z_A нарушает монотонность вывода умозаключений в рамках множества $A(F_A^i)$, образованного множеством абсолютных ограничений $F(A^i)$.

Например, все живые существа, имеющие развитые крылья объединяются во множество $A(F_A)$ – «летающих животных». Однако, при появлении «тормозного» фактора Z_A^i – «наличие повреждений» все живые существа $A(F_A^i)$ теряют способность летать.

Пусть для двух ПП $A(F_A)$ и $B(F_B)$, образованных из элементов одного и того же базового множества A и выполняется условие "$F_A\subseteq F_B$". Тогда множество $A(F_A)$ называется покрытием множества $B(F_B)$ и обозначается $B(F_B)\subseteq A(F_A)$. Например, пусть ПП $B(F_B)$ и $A(F_A)$ соответственно являются переменными с именами «летающие живые существа» и «живые существа». Очевидно, что $B(F_B)\subseteq A(F_A)$ и все элементы A, удовлетворяющие F_B, удовлетворяют требованиям и F_A, обратное же условие не всегда выполнимо, т.к. не все «живые существа» имеют «развитые крылья», присущие летающим животным.

Из сказанного вытекает, что существующие ПП $A(F_A)$ можно расширять и сужать по признакам, которые в первом случае добавляются к множеству признаков F_A, а во втором случае удаляются из этого множества. Предметные переменные $A(F_A)$ и $B(F_B)$ называются условно равными и обозначаются $A(F_A)=B(F_B)$, если $F_A=F_B$. Рассмотрим один из важных частных случаев ПП. Пусть ПП $A(F_A)$ формируется по заданному

признаку λ^*, а множество F_A определяется множеством причин, влекущих за собой выполнимость следствия: $\forall a_i(X_i) \in A\lambda(F_A) \to M(a_i(X_i), \lambda^*)$, где «$\to$» - операция следования, т.е. из выполнения условия в левой части следует истинность правой части выражения; $M(a_i(X_i), \lambda^*)$ – высказывание «объект $a_i(X_i)$ обладает признаком λ^*».

Приведенное импликативное решающее правило означает следующее: если объект $a_i(X_i)$ относится к ПП $A\lambda(F_A)$, то этот объект обладает признаком λ^*. В этом случае ПП является каузально-зависимой переменной и обозначается $A^*(F_A)$, а признак λ^* называется образующим признаком этой ПП.

Например, казуально-зависимая ПП $A^*(F_A)$ – «летающие птицы» состоит из элементов базового множества A-«птицы», обладающих умением λ - летать по причине наличия у них развитых крыльев и отсутствии повреждений.

Предметная переменная называется замкнутой и обозначается $A^*(F_A^*)$, если F_A^* определяется множеством необходимых и достаточных причин [3], влекущих за собой общезначимость следствия:

$$\forall a_i(X_i) \in A\lambda^*(F_A^*) \to M(a_i(X_i), \lambda), i = \overline{1,n}$$

для всех объектов, принадлежащих ПП $A\lambda^*(F_A^*)$.

Обобщенной ПП называется тройка $A_{об}(F_A) = (C_A^{об}; \{A_i(F_A^i)\}, i = \overline{1,n}; F_A^{об})$, где $C_A^{об}$ – название обобщенной переменной, например, «хищные животные»; $\{A_i(F_A^i)\}, i = \overline{1,n}$; – множество предметных переменных, образующих обобщенную предметную переменную, например, «хищные птицы» и т.д.; $F_A^{об}$ – признаки, характерные для всех ПП $A_i(F_A^i), i = \overline{1,n}$, образующих обобщенную переменную $A_{об}(F_A)$, т.е. общие признаки для всех исходных предметных переменных.

Рассмотрим условно-зависимые теоретико-множественные операции над предметными переменными, заданными на элементах одного и того же базового множества A.

Пусть ПП $A(F_A)$ определена на элементах произвольного базового множества A. Тогда дополнением ПП $A(F_A)$ к базовому множеству A называется и обозначается ПП $\overline{A}(F_A) = (\overline{C}_A, \overline{F}_A)$, у которой название $\overline{C}_A$ является антонимом названию C_A, а условия принадлежности к множеству условий $\overline{F}_A$ определяются отрицанием хотя бы одного из условий F_A. Иными словами, к ПП $A(\overline{F_A})$ относятся все объекты $a_i(X_i) \notin A(F_A)$ или для которых выполняется условие $F_A \not\subseteq X_i$.

Условно-зависимым пересечением ПП $A(F_A)$ и $B(F_B)$, определенных на элементах произвольного базового множества A, называется и обозначается ПП $N(F_N) = A(F_A) \cap B(F_B), N(F_N) = (C_N, F_N)$, у которой название C_N образуется при помощи конкатенации названий $C_A \& C_B$ через связку $И$, а условия принадлежности предметной переменной к монотонному участку вывода умозаключений определяются следующим образом: $F_N = F_A \cup F_B$.

Другими словами, ПП $N(F_N)$ включает такие объекты $a_i(X_i)$ из A, для которых выполняется условие $(F_A \subseteq X_i) \& (F_B \subseteq X_i)$, то есть объекты одновременно удовлетворяющие требованиям и F_A и F_B. В результате получается ПП, которая одновременно покрывается и $A(F_A)$, и $B(F_B)$.

Условно-зависимым объединением ПП $A(F_A)$ и $B(F_B)$ называется и обозначается ПП $K(F_K) = A(F_A) \cup B(F_B), K(F_K) = (C_K, F_K)$, для которой название C_K получается при помощи конкатенации названий C_A и C_B через связку *ИЛИ*, а множество условий принадлежности предметной переменной к монотонному участку вывода умозаключений F_K определяется по следующему правилу:

$$F_K = \begin{cases} F_A \cap F_B, \textit{если } F_A \cap F_B \neq \varnothing; \\ \{F_A \vee F_B\}, \textit{если } F_A \cap F_B = \varnothing, \end{cases}$$

где запись $\{F_A \vee F_B\}$ означает, что множество F_K условий принадлежности состоит из двух независимых множеств F_A и F_B, при этом любой элемент из базового множества $a_i(X_i) \in A$ относится к ПП $K(F_K)$, если выполняется либо условие $F_A \subseteq X_i$, либо условие $F_B \subseteq X_i$, т.е., если он удовлетворяет требованиям хотя бы одного из подмножеств F_A или F_B. В результате получается ПП, которая покрывает и $A(F_A)$, и $B(F_B)$.

Из вышесказанного следует, что каждая ПП $A(F_A)$ объединяет под одно название аналогичные друг другу объекты по признакам F_A. Назовем такую аналогию объектов $a_i(X_i) \in A(F_A)$ сильной аналогией по признакам F_A. Для количественной оценки сильной аналогии между сравниваемыми объектами по заданным признакам определим показатель степени аналогии $\rho(a_i(X_i), a_i(X_i))$, который вычисляется следующим образом:

$$\rho(a_i(X_i), a_i(X_i)) = \min\left(\frac{\left|X_i \cap X_i^{'}\right|}{\left|X_i\right|}, \frac{\left|X_i \cap X_i^{'}\right|}{\left|X_i^{'}\right|} \right),$$

где $\left|X_i\right|$ - мощность множества X_i.

С другой стороны, ПП $A(F_A)$ включает объекты, аналогичные друг другу по признакам объектов, относящихся к ПП $B(F_B)$, если $F_F \cap F_B \neq \varnothing$. Назовем такую аналогию объектов слабой аналогией по признакам $F_A \cap F_B$. Степень $\rho_c^*(a_i(X_i), b_j(X_j))$ слабой аналогии объектов ПП $A(F_A)$ и $B(F_B)$ по признакам является величиной постоянной и может определяться следующим образом:

$$\rho_c^*(a_i(X_i), b_j(X_j)) = \frac{2\left|F_A \cap F_B\right|}{\left|F_A\right| + \left|F_B\right|},$$

где коэффициент 2 взят для выполнения условия $\rho_c^*(a_i(X_i), b_j(X_j)) = 1, \textit{ если } F_A = F_B$.

Пусть заданы две ПП $A(F_A)$ и $B(F_B)$. Прямым условно-зависимым произведением ПП на базе условия $F_1 \to F_2$ называется и через $A(F_A) \times B(F_B)$ обозначается множество пар $\{< a_i(X_i) \in A(F_A),\ b_j(X_j) \in B(F_B) >\}$, таких, что они удовлетворяют требованиям заданного условия $F_1 \to F_2$, которое заключается в следующем: если $a_i(X_i)$ удовлетворяет требованиям условий F_1, то $b_j(X_j)$ должен удовлетворять требованиям F_2, вытекающим из условий F_1.

Нечеткой ПП называется и обозначается пара $A(\tilde{F}_A) = (C_A, A(\tilde{F}_A))$, где C_A – название предметной переменной; $\tilde{F}_A$ - нечеткое множество признаков принадлежности, которым должны удовлетворять объекты ПП $A(\tilde{F}_A)$. Каждый j элемент нечеткого множества $\tilde{F}_A$ задается парой $< \mu_F(f_j), f_j >$, где f_j – название требования или признака; $\mu_F(f_j) \in [0,1]$ –

субъективная оценка степени того, что объекты, принадлежащие ПП $A(\tilde{F}_A)$, обладают характеристикой (признаком) f_j.

Если каждый объект $a_i(\tilde{X}_i)$ определяется при помощи нечеткого множества признаков $\tilde{X}_i, i=1,n_2$, а в качестве условий принадлежности к ПП $A(\tilde{F}_A)$ принимается нечеткое множество характеристик $\tilde{F}_A$, то пишем $a(X_i) \underset{\sim}{\in} A(\tilde{F}_A)$, *если* $\tilde{F}_A \underset{\sim}{\subset} \tilde{X}_i$. В противном случае пишем, что $a(X_i) \underset{\sim}{\notin} A(F_A)$. Здесь знак $\underset{\sim}{\subset}$ означает нечеткое включение множества $\tilde{F}_A$ в множество $\tilde{X}_i$.

Нечеткое множество $\tilde{F}_A$ является нечетким подмножеством $\tilde{X}_i$, если степень включения

$$\nu(\tilde{F}_A, \tilde{X}_i) = \min(\mu_F(f_j) \to \mu_X(f_j))$$

является величиной большей или равной величине 0.5, где $\mu_X(f_j)$ – степень, с которой объект $a_i(\tilde{X}_i)$ обладает признаком (характеристикой) f_j; «$\to$» - операция нечеткой импликации, которая берется следующим образом: $\max(1-\mu_F(f_j), \mu_X(f_j))$.

Учитывая, что интерпретация степени $\mu_F(f)$ обладания характеристикой f для объектов ПП несколько иная, чем интерпретация степени принадлежности у нечетких множеств, операцию включения множества $\tilde{F}_A$ в множество $\tilde{X}_i$ можно упростить, воспользовавшись следующим правилом.

Множество $\tilde{F}_A$ является нечетким собственным подмножеством $\tilde{X}_i$, если выполняется условие:

$$(\forall f_j \underset{\sim}{\in} \tilde{F}_A)(\exists f_j' \underset{\sim}{\in} \tilde{X}_i)\left[(f_j = f_j') \& (\mu_X(f_j) \geq \mu_F(f_j'))\right].$$

Приведенная запись означает, что $F_A^j \underset{\sim}{\subset} X_j$ тогда и только тогда, если каждый признак f_j, содержащийся в $\tilde{F}_A$ имеется во множестве характеристик объекта $a_i(\tilde{X}_i)$ со степенью обладания $\mu_X(f_j) \geq \mu_F(f_j)$.

Если для двух нечетких ПП $A(\tilde{F}_A)$ и $B(\tilde{F}_B)$ выполняется условие $\tilde{F}_B \underset{\sim}{\subset} \tilde{F}_A$, то ПП $B(\tilde{F}_B)$ называется нечетким покрытием ПП $A(\tilde{F}_A)$ и обозначается $A(\tilde{F}_A) \underset{\sim}{\subset} B(\tilde{F}_B)$.

Расширением и сужением нечеткой ПП $A(\tilde{F}_A)$ по признакам принадлежности λ к ним объектов $a_i(\tilde{X}_i)$ называются предметные переменные и, соответственно, обозначаются $A(\tilde{F}_A \cup \tilde{\lambda})$ и $A(\tilde{F}_A \setminus \tilde{\lambda})$, для которых множества признаков принадлежности получаются из $\tilde{F}_A$ соответственно путем присоединения к ним и удалением из них множества признаков $\tilde{\lambda}$.

Рассмотрим теоретико-множественные операции над нечеткими ПП, заданными на элементах одного и того же базового множества A.

Пусть нечетко заданная ПП $A(\tilde{F}_A) = (C_A, \tilde{F}_A)$ определена на элементах базового множества A. Тогда, дополнением $A(\tilde{F}_A)$ к базовому множеству А называется ПП $1A(\tilde{F}_A) = (1C_A, 1\tilde{F}_A)$, у которой название $1C_A$ является антонимом названию C_A, а степени принадлежности $\neg\, \mu_F(f_j)$ признаков f_j к множеству $1\tilde{F}_A$ определяются следующим выражением $\neg\, \mu_F(f_j) = 1 - \mu_F(f_j)$, где $\mu_F(f_j)$ – степени принадлежности признаков f_j к множеству $\tilde{F}_A$ исходной ПП $A(\tilde{F}_A)$.

Пересечением ПП $A(\tilde{F}_A)=(C_A,\tilde{F}_A)$ и $B(\tilde{F}_B)=(C_B,\tilde{F}_B)$ называется и обозначается ПП $D(\tilde{F}_D)=(C_D,\tilde{F}_D)$, $D(\tilde{F}_D)=A(\tilde{F}_A)\cap B(\tilde{F}_B)$, для которой имя $\tilde{C}_D=\tilde{C}_A*\tilde{C}_B$ определяется конкатенацией имен C_A и C_B, а множество признаков принадлежности определяется следующим образом: $\tilde{F}_D=\tilde{F}_A\cup\tilde{F}_B$:

$$\tilde{F}_D=\{<\mu_F(f_j),f_j\},\ j=\overline{1,m},\ \mu_F(f_j)=\max(\mu_A(f_j),\mu_B(f_j)),$$

где $\mu_A(f_j),\mu_B(f_j)$ – степени принадлежности признака f_j соответственно к ПП $A(\tilde{F}_A)$ и $B(\tilde{F}_B)$; $\cup$ - нечеткая операция объединения по [4].

Таким образом, ПП $D(\tilde{F}_D)$ включает те и только те объекты $a_i(\tilde{X}_i)$, которые одновременно удовлетворяют требованиям условий $\tilde{F}_A$ и $\tilde{F}_B$, то есть ПП $D(\tilde{F}_D)$ нечетко покрывается и $A(\tilde{F}_A)$, и $B(\tilde{F}_B)$. Например, пусть $A(\tilde{F}_A)$ - ПП с названием «длинные объекты», а $B(\tilde{F}_B)$ - «и острые объекты», тогда $D(\tilde{F}_D)=A(\tilde{F}_A)\cap B(\tilde{F}_B)$ является ПП с названием «длинные и острые объекты».

Объединением ПП $A(\tilde{F}_A)$ и $B(\tilde{F}_B)$ называется и обозначается ПП $@(\tilde{F}_@)=A(\tilde{F}_A)\cup B(\tilde{F}_B)$, $@(\tilde{F}_@)=(\tilde{C}_@,\tilde{F}_B)$, для которой имя $C_@$ определяется конкатенацией имен C_A,C_B, определяемой связкой «*ИЛИ*», а

$$\tilde{F}_@=\begin{cases}\tilde{F}_A\cap\tilde{F}_B, & \text{если } F_A\cap F_B\neq\varnothing;\\ (\tilde{F}_A\vee\tilde{F}_B), & \text{если } F_A\cap F_B=\varnothing,\end{cases}$$

$\tilde{F}_@=\{<\mu_@(f_j),f_j\},\ j=\overline{1,m},\ \mu_@(f_j)=\min(\mu_A(f_j),\mu_B(f_j))$, где $\cap$ - операция нечеткого пересечения множеств по [4]; F_A и F_B – носители нечетких множеств $\tilde{F}_A$ и $\tilde{F}_B$; $(\tilde{F}_A\vee\tilde{F}_B)$ - запись, означающая, что множество условий принадлежности $\tilde{F}_@$ состоит из двух множеств $\tilde{F}_A$ и $\tilde{F}_B$, и любой элемент базового множества A является элементом ПП $@(\tilde{F}_@)$, если он удовлетворяет требованиям хотя бы одного из множеств $\tilde{F}_A$ или $\tilde{F}_B$.

Нечеткая ПП $A(\tilde{F}_A)$ называется каузально-зависимой, если имеется доминирующий признак λ, определяющий ее название C_A, например, «летающие существа», а множество $\tilde{F}_A$ является множеством причин и сопричин, влекущих за собой выполнимость следствия:

$$\forall a_i(\tilde{X})\in A(\tilde{F}_A)[M(a_i(\tilde{X}_i),\lambda)],$$

где $M(a_i(\tilde{X}_i),\lambda)$ - высказывание «объект $a_i(\tilde{X}_i)$ обладает признаком λ». Степень истинности этого высказывания задается величиной, равной степени вхождения $\nu(\tilde{F}_A,\tilde{X}_i)$ нечеткого множества $\tilde{F}_A$ в нечеткое множество $\tilde{X}_i$.

Найдем степень сходства $\rho(a_i(\tilde{X}_i),a_i'(\tilde{X}_i'))$ двух объектов $a_i(\tilde{X}_i)$ и $a_i'(\tilde{X}_i')$ по доминирующему признаку λ при условии, что $a_i(\tilde{X}_i),a_i'(\tilde{X}_i')\in A(\tilde{F}_A)$. Данная степень вычисляется следующим образом:

$$\rho(a_i(\tilde{X}_i),a_i'(\tilde{X}_i'))=(1-\rho^*(a_i(\tilde{X}_i),a_i'(\tilde{X}_i'))X\lambda,$$

где $X\lambda$ – поправочный коэффициент по признакам принадлежности различных элементов к множеству $\tilde{F}_A$, который берётся как абсолютная величина разности:

$$X\lambda=\left|\nu(\tilde{F}_A,\tilde{X}_i)-\nu(\tilde{F}_A,\tilde{X}_i')\right|;$$

$\rho^*(a_i(\tilde{X}_i), a_i^{'}(\tilde{X}_i^{'}))$ - усредненное значение нечетной степени сходства объектов $a_i(\tilde{X}_i)$ и $a_i^{'}(\tilde{X}_i^{'})$.

Усредненное значение степени сходства объектов будет определяться согласно следующему выражению:

$$\rho^*(a_i(\tilde{X}_i), a_i^{'}(\tilde{X}_i^{'})) = (\sum_{j=1}^{n}(\mu_X(f_j) \leftrightarrow \mu_X^{'}(f_j))) / m^*,$$

где $\mu_X(f_j)$, $\mu_X'(f_j)$ - степени присущности характеристик f_j соответственно к множествам $\tilde{X}_i$ и $\tilde{X}_i'$ характеристик объектов $a_i(\tilde{X}_i)$ и $a_i^{'}(\tilde{X}_i^{'})$; «$\leftrightarrow$» - операция нечеткой эквивалентности, которая берется следующим образом [4]:

$$\min(\max(1-\mu_X(f_j), \mu_X^{'}(f_j)), \max(1-\mu_X^{'}(f_j), \mu_X(f_j)))$$

$m^* = \max(m, m_1)$; m, m_1 - соответственно мощности множеств $\tilde{X}_i$ и $\tilde{X}_i^{'}$.

Использование усредненной оценки степени сходства объектов $a_i(\tilde{X}_i)$ и $a_i^{'}(\tilde{X}_i^{'})$ обусловлено тем, что множества характеристик $\tilde{X}_i$ и $\tilde{X}_i^{'}$ для различных объектов обязательно содержат различные элементы, а это может привести к тому, что при значительном общем сходстве объектов, являющихся различными по заданному признаку, степень их сходства будет принимать нулевое значение.

Заключение. В статье было определено понятия условно-зависимой предметной переменной и определены ее основные свойства, позволяющие организовать вывод умозаключений, на основе условно-зависимых предикатов, предметные переменные, в которых определяются с помощью условно зависимых ПП. Это обеспечивает вывод только истинных умозаключений в немонотонных средах на основе выделения в них монотонных участков вывода. Используя традиционные правила вывода умозаключений, в которых посылки формируются в виде условно зависимых предикатов могут быть построены различные правила вывода истинных умозаключений в немонотонных средах на основе причинно-следственных ограничений, накладываемых на объекты произвольной проблемной области.

Библиографический список:

1. Поспелов Д.А. О человеческих рассуждениях в интеллектуальных системах. В кн.: Логика рассуждений и ее моделирование // Вопросы кибернетики. –М.: АН СССР. 1982.
2. Тейз А., Грибомон П., Луи Ж. и др. Логический подход к искусственному интеллекту: от классической логики к логическому программированию. –М.: Мир, 1990.
3. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986.
4. Мелихов А.М., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М.: Наука, 1990.
5. Берштейн Л.С., Ильягуев П.М., Мелехин В.Б. Интеллектуальные системы. – Махачкала: Дагкнигоиздат, 1996.

МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.882.085/.086.004

Мусаибов Б.М., Ахмедпашаев М.У.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Musaibov B.M., Ahmedpashaev M.U.

PROSPECTS OF MANUFACTURE OF PISTON RINGS INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF POWDER MATERIALS ON THE BASE OF IRON

Разработка и производство поршневых колец из спеченных материалов на основе железа порошковой металлургией является инновационным способом. При применении данной технологии снижается расход материала и затраты на производство поршневых колец 30-40% по сравнению с традиционными методами их изготовления.

Ключевые слова: *металлические порошки, порошковая металлургия, поршневые кольца, порошковые материалы, детали поршневой группы, твердые сплавы.*

Development and production of piston rings made of sintered materials on the basis of iron powder metallurgy is an innovative way. In the application of this technology reduces the consumption of material and costs for the production of piston rings 30-40% in comparison with the traditional methods of their manufacture

Key words: *metal powders, powder metallurgy, piston rings, powder materials, parts of piston group, hard alloys.*

Введение. Только методами порошковой металлургии можно изготавливать псевдосплавы: ферриты, твердые сплавы, фильтры, детали из тугоплавких материалов и их соединения, обладающие специальными свойствами [1]. В настоящее время широкое распространение получили детали из порошковых материалов в самых различных областях производства (машиностроении, автомобилестроении, судостроении и т.п.). Отличительной особенностью порошковых конструкционных деталей является их достаточная плотность после горячего прессования, которая приближается к плотности традиционных аналогичных по составу сталей.

Благодаря структурным особенностям продукты порошковой металлургии более термостойки, лучше переносят воздействие циклических колебаний температуры и напряжения, а также ядерного облучения, что очень важно для материалов новой техники [2].

Но нельзя и исключить тот факт, что порошковая металлургия имеет и недостатки, тормозящие ее развитие:

- сравнительно высокая стоимость металлических порошков;
- необходимость спекания в защитной атмосфере;
- трудность изготовления в некоторых случаях изделий и заготовок больших размеров;
- сложность получения металлов и сплавов в компактном состоянии;
- необходимость применения чистых исходных порошков для получения металлов.

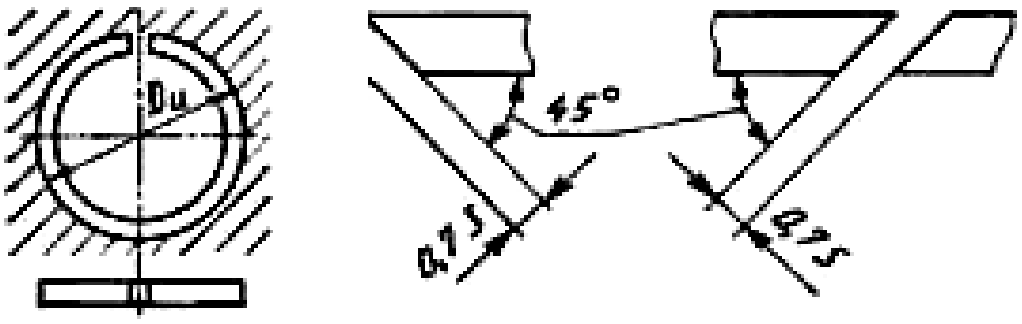
Недостатки порошковой металлургии и достоинства нельзя рассматривать как постоянно действующие факторы, в значительной степени они зависят от состояния и развития как самой порошковой металлургии, так и других отраслей промышленности. По мере развития техники порошковая металлургия может вытесняться из одних областей и, наоборот, завоевывать другие. Развитие дугового, электроннолучевого, плазменного плавления и электроимпульсного нагрева позволят получать не достижимые прежде температуры, вследствие чего удельный вес порошковой металлургии в производстве несколько снизился. Вместе с тем прогресс техники высоких температур ликвидировал такие недостатки порошковой металлургии, как трудность приготовления порошков чистых металлов и сплавов. Метод распыления дает возможность с достаточной полнотой и эффективностью удалить в шлак примеси и загрязнения, содержащиеся в металле до расплавления. Благодаря созданию методов всестороннего обжатия порошков при высоких температурах, в основном, преодолены и трудности изготовления беспористых заготовок крупных размеров.

В то же время ряд основных достоинств порошковой металлургии – постоянно действующий фактор, который, вероятно, сохранит свое значение и при дальнейшем развитии техники, что подтверждает целесообразность изготовления деталей двигателей автомобилей из порошковых материалов.

Рассмотрим перспективы изготовления поршневых колец из порошковых материалов. К сопряжению поршень—цилиндр предъявляются два противоречащих друг другу требования: с одной стороны, для обеспечения подвижности между ними должен быть зазор; с другой стороны, для предотвращения утечек газа из полости нагнетания зазора быть не должно. Это противоречие конструктивно необходимо решить внедрением поршневых колец, изготовленных методом спекания из порошковых материалов на основе железа, которые обладают более упругими свойствами по сравнению с соответствующими аналогами.

Поршневые кольца, изготовленные из порошковых материалов на основе железа, будут обеспечивать уплотнение сопряжения поршня с цилиндром, сохраняя в то же время их подвижность. Поршневые кольца из порошкового материала на основе железа приблизительно в 2-3 раза более технологичны и обладают более упругими свойствами и износостойки, чем соответствующие чугунные аналоги. Происходит это благодаря плотному прилеганию колец к зеркалу цилиндра, малым зазорам между кольцами и стенками канавок поршня, а также лабиринтному действию набора колец.

На рис.1. показаны поршневые кольца в рабочем и свободном состоянии.



а) б)

Рисунок 1 - Поршневые кольца:
а — в рабочем состоянии (в цилиндре);
6 — в свободном состоянии (вне цилиндра)

Одним из первых эффективных материалов, использованных для поршневых колец, был ковкий чугун. Он сочетается с чугуном, используемым в блоках цилиндров, а его пористая структура позволяет ему удерживать масло, уменьшая износ. Широко используется также производная от ковкого чугуна, известная как пластичный чугун. Он

обладает большинством качеств чугуна, кроме этого, он может гнуться перед разрушением, что облегчает установку колец [3]. Материалы, из которых изготавливаются поршневые кольца, имеют существенные недостатки, на данный момент является необходимым найти способ изготовления поршневых колец, который будет эффективным по многим качествам.

Рассмотрим некоторые недостатки материалов, из которых изготавливаются поршневые кольца:

а) при эксплуатации двигателя тепловая нагрузка на поршневые кольца очень велика, что вызывает механические сотрясения колец изготовленных из чугуна, вызывая изменения размера замка и пропорциональное снижение упругости, вызываемое износом кольца по рабочей поверхности, тогда радиальное давление, пропорциональное кубу толщины кольца с уменьшением последней, чрезвычайно быстро снижается. Так, например, уменьшение радиальной толщины кольца с 3 до 2,9 мм уже дает снижение упругости на 10%. В большинстве случаев сохранение упругости поршневых колец, определяющее эксплуатационную надѐжность двигателя, имеет гораздо большее значение, чем их поведение при износе;

б) хромированные кольца имеют недостатки, так как они являются очень твердыми, конструкторы двигателей должны использовать точные технологии обработки отверстий цилиндров, чтобы добиться оптимальной работы; они вызывают ускоренный износ гильз цилиндра и лицевой поверхности самих колец;

в) поршневые кольца, сделанные только из нержавеющей стали, являются усовершенствованием хромированных чугунных колец. По сути, нержавеющая сталь является материалом, в который входит большое количество хрома. И нет ничего особенного в том, что кольца имеют свойства, аналогичные свойствам хромированных колец [4] и имеют такие же недостатки, как хромированные кольца;

г) при попытках увеличения срока службы колец и обеспечения быстрой их приработки были созданы молибденовые кольца. Такие кольца являются обычно кольцами с основой из чугуна с молибденовым покрытием на своей поверхности. Молибден имеет многие противоизносные свойства хрома, а в некоторых случаях, он может иметь даже большую сопротивляемость износу [5]. С течением времени молибденовые кольца стали, вероятно, основными в форсированных двигателях, так как они долговечные, относительно легко прирабатываются и более надежные. Но нельзя исключать, что молибденовые кольца требуют точной подгонки цилиндра, что очень трудоемко и затратно.

Провидимые исследования показывают, что перспективным является способ изготовления поршневых колец из порошковых материалов процессом спекания, отличающегося экономичностью, уменьшением расхода материала и сравнительно небольшой трудоемкостью в изготовлении.

В результате спекания происходит снятие остаточных напряжений, возникающих за счет упругих свойств порошка, из-за собственной температуры подвижности атомов. Износостойкость спеченных поршневых колец в 2-3 раза выше по сравнению с кольцами из серого чугуна и приближается к износостойкости хромированных чугунов, они не будут требовать существенной дополнительной механической обработки или даже позволяют отказаться от неё, что приводит к резкому снижению трудоёмкости производственного процесса и металлоёмкости получаемых изделий. Необходимо учитывать, что детали, изготовленные методом порошковой металлургии, обладают высокой износостойкостью, твёрдостью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью, со специальными магнитными и электрическими характеристиками, с большим удельным весом и т. п.

Заключение. Анализ способов получения составов спеченных материалов на основе железа показывает, что целесообразным является изготовление поршневых колец для двигателей внутреннего сгорания из порошковых сталей с добавкой легирующих

элементов аустенитного класса: марганца, углерода, меди, ванадия, титана. Рассмотрим влияние легирующих элементов на структуру и свойства поршневых колец из порошковых материалов на основе железа.

Влияние углерода: углерод является одним из основных элементов, присутствующих в материалах на основе железа для изготовления поршневых колец из порошковых материалов. Он расширяет область существования твердых растворов на основе железа и способствует закаливанию комплекснолегированных высокохромистых сталей[6].

Влияние меди: медь ухудшает твердость стали, увеличивает пластичность, активно диффундируя в железе. Медь улучшает прессуемость, способствует интенсификации спекания, благодаря образованию жидкой фазы. Медь также препятствует обезуглероживанию. В железе растворяется до 2,5 % Си [7].

Влияние марганца: марганец уменьшает вредное влияние кислорода и серы, при дальнейшем повышении его содержания сталь становится вязкой аустенитного класса.

Влияние хрома: хром является одним из важнейших легирующих элементов, присутствующих почти во всех инструментальных материалах. Благодаря образованию карбидов, хром оказывает положительное влияние на упругость и способствует повышению износостойкости.

Влияние ванадия и титана: ванадий и титан оказывают эффективное влияние на процессы собирательной регрессии и существенно уменьшают чувствительность сталей к перегреву вследствие того, что прочные и устойчивые карбиды титана и ванадия не переходят в твердый раствор. Это задерживает рост зерна стали. Чтоб повысить износостойкость колец их можно делать двухслойными, что является уникальным.

Применение порошковой технологии производства поршневых колец снижает расход материала, что позволит уменьшить затраты на производство на 40-50%.

Кроме этого, поршневые кольца, произведенные методом порошкового спекания, примерно в 1,5-2 раза прочнее обычных чугунных, более износостойкие в 1,5-3 раза, более упругие. Применение таких поршневых колец уменьшает износ двигателя и расход масла в 1,5 раза, что неминуемо продлевает его срок службы. [8]

Необходимо учесть, что влияние различных легирующих элементов на свойства порошковых материалов в литературе изучено явно недостаточно. Поэтому при подготовке образцов необходимо выбрать математический метод планирования экспериментов в металловедении, в этом случае появляется возможность построить аналитическую модель процесса, проанализировать с ее помощью явление, оценить влияние различных факторов на свойства порошковых материалов, проще перейти от стадии лабораторных исследований к промышленной технологии, получить максимум информации.

Исследования, провидимые на ОАО «Завод «Дагдизель», выявили основные преимущества и перспективы использования порошковых материалов при изготовлении поршневых колец:

- снижает затраты на дальнейшую механическую обработку, которая может быть исключена или существенно уменьшена;
- получает готовое изделие точное по форме и размерам;
- обеспечивает высокое качество поверхности изделия;
- использует энерго - и- ресурсосберегающие технологии;
- уменьшает количество операций в технологической цепи изготовления продукта;
- использует более чем 97% стартового сырья.

Реализует многие последующие сборочные этапы ещё на стадии спекания:

- позволяет получать изделия с уникальными свойствами, используя многокомпонентные смеси, объединяя металлические и неметаллические компоненты;

- получает более высокие экономические, технические и эксплуатационные характеристики изделий по сравнению с традиционными технологиями;
- упрощает, зачастую, изготовление изделий сложной формы;
- обеспечивает прецизионное производство.

Таким образом, на основе анализа данных в области современного состояния получения порошковых материалов на основе железа можно сделать следующие выводы:

а) изготовление деталей из порошковых материалов на основе железа остается одним из ведущих направлений в порошковой металлургии;

б) следует считать перспективными исследования в области подбора и изменения химического состава порошковых материалов для изготовления поршневых колец;

в) есть перспективы в продолжении исследований, направленных на разработку научного и экспериментального подхода по оптимизации химического состава спеченных материалов и реализации возможностей известных процессов поверхностного упрочения, применительно к деталям из порошковых материалов.

Библиографический список:

1. Григорьев А.К. Порошковая металлургия и применение композиционных материалов: опыт внедрения / А.К. Григорьев - Л.: Лениздат, 1982-415с
2. Раковский В.С., Саклинский В.В. Порошковая металлургия в машиностроении. Машиностроение; М. 1973
3. Федорченко И.М., Андриевский Р.А. Основы порошковой металлургии; К. 1961
4. Бальшин М.Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна; М. 1972
5. Вязников Н.Ф. Ермаков С.С. Металлокерамические материалы и изделия, Л.1967
6. Материаловедение и технология металлов: учебник/Г.П. Фетисов [и др.]. -М.: Высшая школа, 2002.- 638с.
7. Дорофеев Ю.Г. Материаловедение порошковых материалов: учеб. Пособие для вузов по специальности: Композиционные материалы, покрытия / Ю.Г. Дорофеев, В.И. Устименко.- Новочеркасск:[Б.и], 1999.-93 с.
8. Гессингер Г.Х Порошковая металлургия жаропрочных сплавов /Г.Х. Гессингер; пер. с англ.- Челябинск: Металлургия; Челябинское отделение,
1988.-320с.

УДК 621.993

Гусейнов Р.В., Агаханов Э.К., Рустамова М.Р.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБ В ЖАРОПРОЧНЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВАХ

Guseynov R.V., Agakhanov E.K., Rustamova M.R.

TOOL SUPPLY THREAD IN PROCESSING TECHNOLOGY OF HIGH-TEMPERATURE AND TITANIUM ALLOYS

Рассмотрены вопросы обработки резьб в труднообрабатываемых материалах. Приводится конструкция нового виброустойчивого метчика.

***Ключевые слова**: метчик; жаропрочные и титановые сплавы.*

Tap machining of high-temperature strength and titanium materials is considered.

***Key words:** tap machining, high-temperature strength and titanium materials.*

Трудности, возникающие при обработке высокопрочных, жаропрочных и титановых сплавов, наиболее резко проявляются при нарезании резьб метчиками.

Условия работы метчиков весьма затруднены: в работе участвует одновременно большое количество зубьев, контакт инструмента с деталью осуществляется не только в зоне резания, но и по нерабочим боковым поверхностям; как отдельные режущие зубья, так и весь метчик недостаточно прочны, особенно при нарезании резьб с малым диаметром и шагом; зона резания малодоступна для смазочно-охлаждающей жидкости и т.д.

Увеличенная площадь контакта инструмента с деталью, недостаточное смазывание и охлаждение, с учетом повышенной склонности жаропрочных материалов к схватыванию, обуславливают возрастание момента и работы трения, что вызывает повышение температуры резания и интенсивный износ метчика. Кроме того, упругое последействие витков резьбы, особенно при обработке титановых сплавов, характеризующихся низким значением модуля упругости, вызывает возникновение нормальных сил, приводящих к защемлению зубьев метчика во впадинах резьбы и возрастанию суммарного крутящего момента. В результате при нарезании резьбы метчиками в жаропрочных и титановых сплавах наблюдаются сколы и выкращивание отдельных зубьев и поломка метчиков.

Исследование динамических процессов в системах СПИД (станок – приспособление – инструмент - деталь) и устойчивости режимов их работы имеют большое значение с точки зрения решения задач повышения производительности труда, качества и точности механической обработки металлов. Эти исследования необходимы, как для обеспечения стационарно-устойчивых режимов обработки, так и для получения устойчивых колебательных движений (при вибрационной обработке материалов).

В связи с этим, основными задачами динамики процесса резания является:

1) изучение причин возникновения и развития колебаний;

2) изучение устойчивости системы СПИД и изыскание эффективных методов устранения колебаний;

3) определение рациональных режимов вибрационной обработки.

Хорошо известны работы В.Н. Подураева, М.С. Нерубая, Н.И. Резникова и др. по использованию вынужденных низкочастотных колебаний и применению ультразвуковых колебаний для повышения эффективности резьбонарезания.

Ультразвуковые колебания направлены вдоль оси инструмента, причем режущая часть метчика, наиболее нагруженная при работе, имеет максимальное значение

амплитуды колебаний. Для этого длина инструмента от торца режущей части до торца, контактирующего с колебательной системой, должна быть резонансной, т.е. равной половине длины волны или целому числу полуволн для данной собственной частоты колебательной системы ультразвукового устройства.

Оптимальные значения амплитуды продольных колебаний метчиков с диаметром рабочей части от 3 до 24 мм принимаются в пределах $2A = 5 \div 10$ мкм.

Необходимо заметить, что ультразвуковое нарезание резьб можно осуществить только в стационарных условиях на специализированных станках или универсальных станках с помощью ультразвуковых генераторов.

Кроме того, здесь требуется обильное охлаждение преобразователя за счет подвода воды к станку и её слив (использование СОЖ для охлаждения невозможно из-за её густоты), необходим специальный инструмент, использование которого не всегда оправдано экономически, требуется стабилизация оптимального значение амплитуды колебаний и регулирование ее величины в процессе работы, например, при изменении величины крутящего момента. Последнее может произойти при относительно большой глубине нарезаемой резьбы, неоднородности физико-механических свойств заготовки, нагреве резьбы и т.д.

Очевидно, что специально вводимые в зону резания ультразвуковые колебания приводят к уменьшению трения боковых поверхностей резьбы инструмента о заготовку, и как результат этого – к уменьшению суммарного крутящего момента и в определенных условиях к уменьшению интенсивности изнашивания инструмента и повышению его стойкости.

С другой стороны, циклическое нагружение инструмента при наложении вынужденных колебаний вызывает усталостное разрушение участков материала инструмента, находящего в контакте с изделием и сходящей стружкой. Еще возникают относительно большие скорости трения режущих кромок и обрабатываемого материала, что должно привести к снижению стойкости метчика.

Так, например, при частоте колебаний 20 кГц и амплитуде 2 мкм средняя скорость колебательного движения примерно равно 10 м/мин. При обработке резьб, особенно в труднообрабатываемых материалах, такие скорости резания велики.

В связи со сказанным, можно показать, что наложение ультразвуковых колебаний облегчит процесс нарезания резьбы, возможно замена двух метчиков одним, однако стойкость метчиков должна снизиться.

Этот метод целесообразно использовать при обработке отверстий малых диаметров (до 6 мм), где процент поломок инструмента очень велик. Все сказанное касается и процесса резания с наложением крутильных колебаний, а также совместных крутильных и продольных колебаний.

С другой стороны, известны фундаментальные работы В.А. Кудинова, А.И. Каширина, Н.А. Дроздова, А.П. Соколовского и многих других исследователей, направленные на борьбу с вибрациями.

Эти две группы работ не противоречат друг другу.

Исследования, проведенные И.Г. Жарковым [1], показали, что зависимость стойкости инструмента от интенсивности автоколебаний для большинства операций механической обработки в достаточно широком диапазоне изменения амплитуд имеет экстремальный характер (рис. 1) и хорошо аппроксимируется уравнением вида

$$T = Q\, A^m\, e^{-nA},$$

где: T – стойкость инструмента;

A – амплитуда относительных автоколебаний;

Q, m, n – постоянные, зависящие от характеристик инструментального и обрабатываемого материала и условий резания.

Для каждого конкретного технологического процесса существует определенный (оптимальный) уровень автоколебаний, при котором стойкость инструмента будет максимальной.

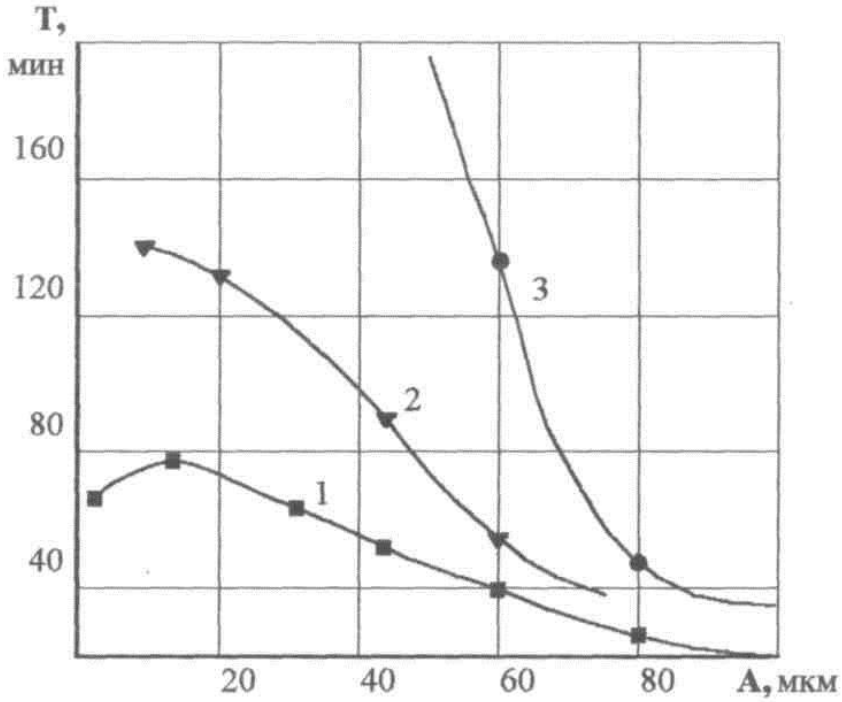


Рисунок 1 - Зависимость стойкости инструмента Т от амплитуды автоколебаний А при обработке точением и фрезерованием:

1) 1Х18Н9Т. Резец из ВК8: γ= 0°, α = 10°; V = 3 м/мин, S = 0,2 мм/об, t = 3 мм;
2) ВТ20. Концевая фреза из ВК8: D = 40 мм, Z = 5, S_z = 0,056 мм; V = 120 м/мин, γ= 5°, α = 20°;
3) ОТ4. Дисковая фреза из ВК8: D = 70 мм, Z = 16, t = 3 мм, S_z = 0,05 мм, V = 82 м/мин, α=15°.

Экстремальный характер зависимости стойкости от амплитуды объясняют следующим образом: автоколебания, возникающие в процессе резания, а также специально вводимые в зону резания вынужденные низкочастотные и ультразвуковые колебания приводят к облегчению пластической деформации, уменьшению коэффициента трения по передней и задней поверхностям инструмента, улучшению отвода стружки из зоны резания, заметному снижению сил резания.

С другой стороны, при возникновении вибраций происходит изменение фактической скорости резания и подачи, а нагружение инструмента носит циклический характер, что приводит к усталостному разрушению участков инструмента, находящихся в контакте с изделием и сходящей стружкой, и резкому снижению его стойкости.

Результатом воздействия этих противоположных факторов и является наличие экстремальных зависимостей стойкости от амплитуды вибрации. Необходимо отметить, что эти зависимости получены для процесса точения и фрезерования при использовании твердосплавного инструмента, которые характеризуются свободным резанием.

Процесс резания многолезвийным инструментом, в том числе метчиками имеет свои специфические особенности. Материалом метчиков малых диаметров, как правило, являются быстрорежущие стали.

При обработке отверстий, особенно в деталях из труднообрабатываемых материалов, инструмент совершает интенсивные крутильные колебания [2, 3].

Используемые скорости при резьбонарезании малы. Согласно исследованиям [2] при небольших скоростях резания при резьбонарезании заметное влияние на стойкость метчиков оказывают крутильные колебания.

Повышение стойкости инструмента и производительности труда при нарезании резьбы достигается путем применения виброустойчивых конструкций.

Идея повышения виброустойчивости метчика, следовательно, точности нарезаемой резьбы и стойкости инструмента, за счет уменьшения площади контакта зубьев с заготовкой в зоне резания научно обоснована нашими исследованиями [2, 3].

Как показали исследования, для большого класса сталей и сплавов это трение существенно. Поэтому потребовалось создание методов коррекции зубьев метчика с целью полного исключения трения боковых сторон зуба о поверхности нарезаемой резьбы. В нашей конструкции это достигалось совершенно новым методом коррекции.

Нами разработан новый метчик (рис. 2), на конструкцию которого подана заявка на изобретение.

Отличительной особенностью разработанных метчиков является то, что боковой профиль зубьев заборной части занижен дополнительным углом 30 градусов, а их внутренние диаметры расположены на конусе с углом конуса δ, обратной конусу заборной части. Метчики затылуются доостра не на всей ширине пера, а с оставлением направляющей ленточки на противоположной стороне пера. При резьбонарезании за счет шлифования резьбы с дополнительным углом на профиле основной резьбы метчика на обратном конусе удаляются неработающие части зубьев.

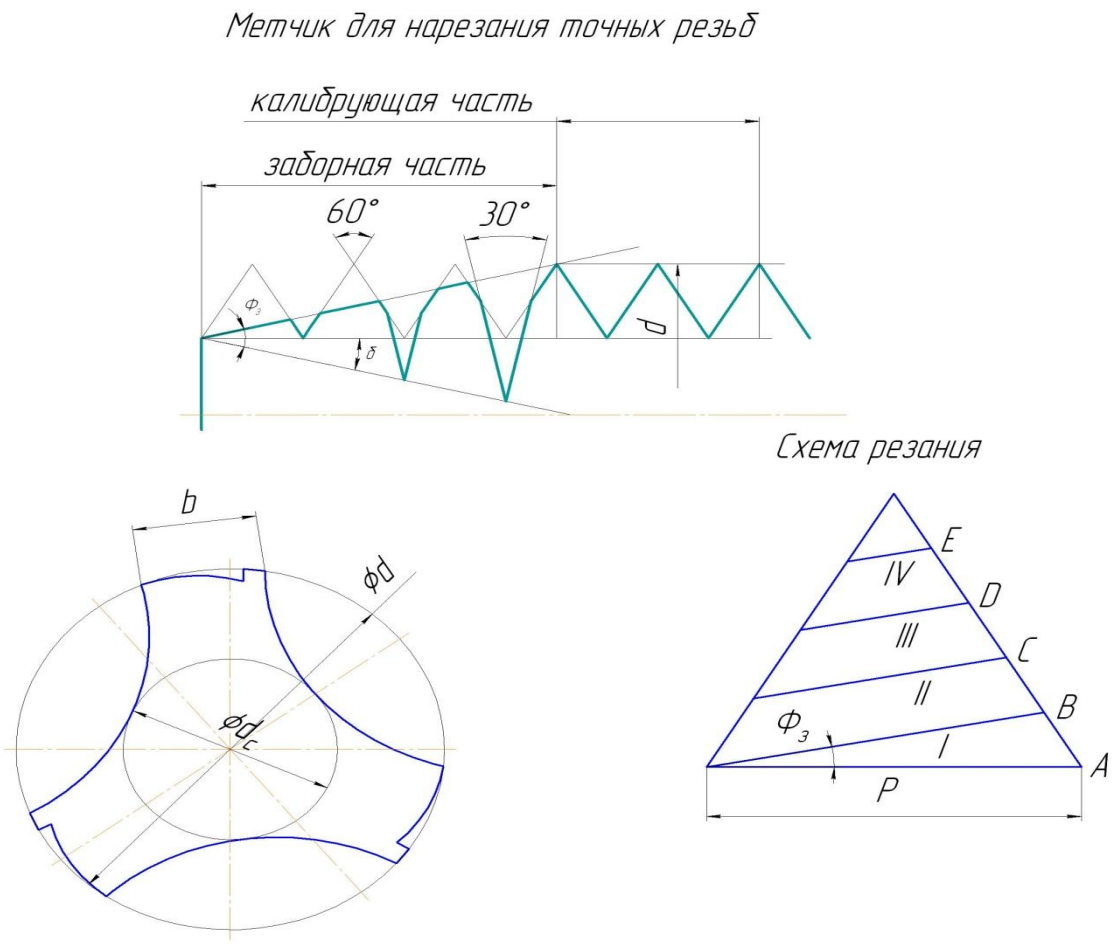


Рисунок 2 - Метчик для нарезания точных резьб

Так, например, при резании II зубом участок АВ не участвует в резании, при резании III зубом участок АС не участвует в резании и т.д. Так как трение этих частей об обрабатываемый материал вследствие депланации поперечного сечения велико, их удаление значительно уменьшает момент трения, устраняется защемление зубьев метчика во впадинах резьбы и обеспечиваются хорошие условия для лучшего проникновения смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания.

Уменьшение трения по боковым поверхностям зубьев предлагаемых метчиков, более высокая эффективность смазочно-охлаждающих жидкостей обуславливают заметное снижение температуры резания.

Выполнение направляющей ленточки вызвано необходимостью восполнить уменьшение жесткости метчика, вызванного вышлифовкой резьбы на обратном конусе дополнительным углом. Трение направляющих ленточек о профиль резьбы несущественно.

Снижение крутящего момента и температуры резания при работе разработанными метчиками повышает их стойкость более 6 раз (рис. 3).

В качестве критерия притупления принимали износ по задней поверхности 0,2…0,3 мм. Метчики были изготовлены из быстрорежущей стали Р6М5.

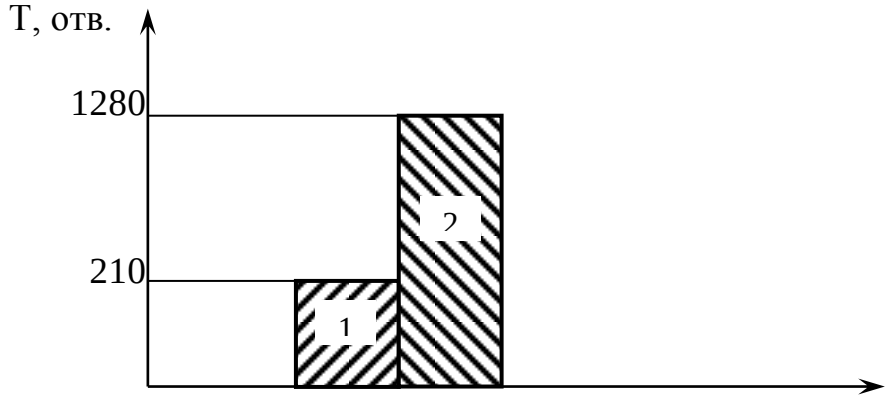


Рисунок 3 - Стойкость различных конструкций метчиков (1Х18Н9Т, М10, $\varphi_3 = 3°$, $\gamma = 7°$, $\alpha = 9°$, z = 3, h3 = 0,25 мм)
1 – стандартный метчик, 2 – разработанный метчик.

Результаты исследования шероховатости поверхностей нарезанной резьбы даны на рис. 4. Шероховатость поверхности резьбы измеряли с помощью профилографа-профилометра «ВЭИ-Калибр». Сопоставление профилограмм, снятых с поверхностей резьб, нарезанных нормальным и разработанным метчиками, показывает снижение шероховатости во всем диапазоне исследованных скоростей резания.

Точность резьбы, нарезанной разработанными метчиками, контролировали предельными калибрами и с помощью инструментального микроскопа. Разработанные метчики до износа по задней поверхности зубьев 0.3 мм обеспечивают точность в пределах не ниже 4Н. Отклонения половины угла профиля были вызваны главным образом погрешностями самого процесса: искажением профиля резьбы в связи с чрезмерными осевыми силами при врезании заборного конуса, перекосом и биением режущих перьев метчика, наростообразованием и т.д.

У разработанных метчиков резьбу шлифуют с обратным конусом при повороте стола резьбошлифовального станка или смещении заднего центра; круг при этом заправляют под углом 30^0.

Наружный диаметр разработанных метчиков остается таким же, как и для нормальных метчиков; внутренний диаметр задается в основной плоскости и по величине несколько меньше наибольшего внутреннего диаметра нормальных метчиков для

обеспечения достаточных зазоров между впадинами на первых режущих зубьях и отверстием под резьбу.

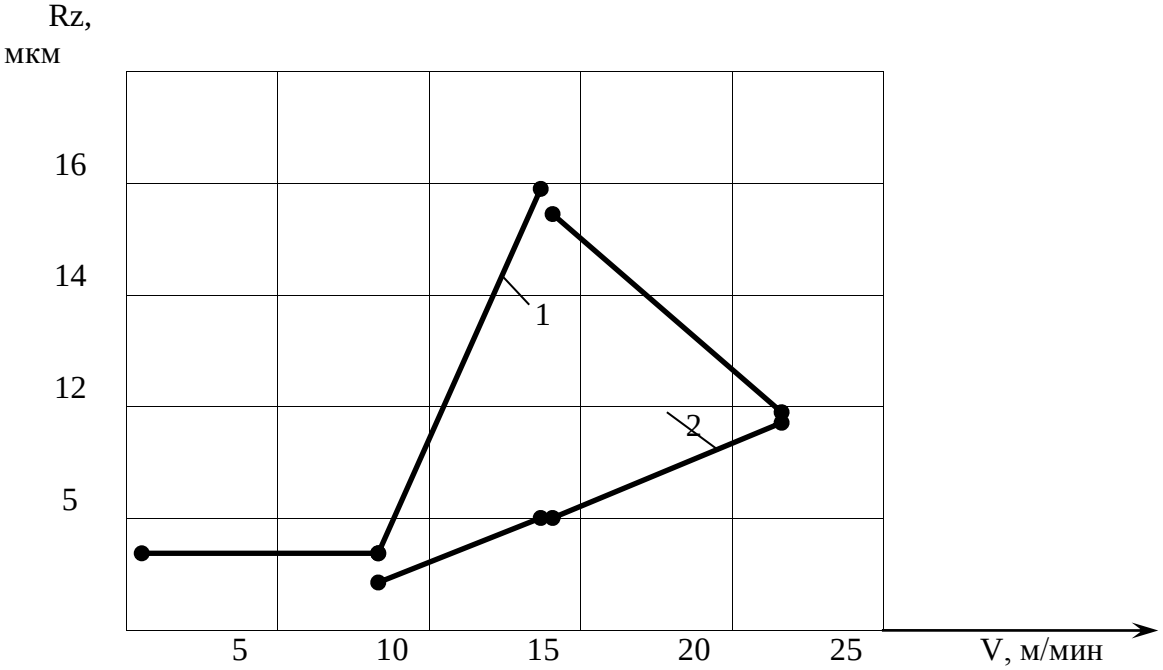


Рисунок 4 - Зависимость высоты микронеровностей от скорости резания (1Х18Н9Т, $\varphi_3 = 3°$, $\gamma = 7°$, $\alpha = 9°$, z = 3, СОЖ – сульфофрезол)
1 – стандартный метчик; 2 – разработанный метчик

Наружный и внутренний диаметры измеряют в основной плоскости; при этом используют обычные методы контроля. Отклонения наружного, среднего и внутреннего диаметров находятся в тех же пределах, что и для нормальных метчиков (ГОСТ 16925-71).

Обратный и заборный конусы и угол профиля метчика можно контролировать на инструментальном микроскопе; допустимые отклонения угла обратного конуса -$\pm 0{,}2^0$; угла заборного конуса -$\pm 30'$; половины угла профиля метчика – в соответствии с ГОСТом 16925-71. Шаг разработанного метчика равен шагу нормального метчика; отклонения не должны выходить за пределы, установленные ГОСТом 16925-71. Задний и передний углы метчика, образующиеся в результате затылования и заточки, измеряют: задний угол по падению затылка на ширине пера с помощью индикатора, передний угол – с помощью различных угломеров и приспособлений; отклонения переднего и заднего углов не должны превышать $\pm 1^0$.

Разработанные метчики обладают целым рядом достоинств, и в то же время по трудоемкости изготовления немного превышает трудоемкость изготовления нормальных, что позволяет рекомендовать эти метчики для широкого внедрения в производство.

Библиографический список:

1. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. Л. Машиностоение, 1986.
2. Гусейнов Р.В. Повышение виброустойчивости метчиков. М. Машиностритель, №8. 1990.
3. Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. Совершенствование обработки отверстий небольшого диаметра. М. Вестник машиностроения, №9. 2012 г., с.50-52.
4. Гусейнов Р.В., Рустамова М.Р. Improving the machining of Small Holes. Russian Engineering Research, 2013, Vol.33, No.1, pp.29-31. Allerton Press, Inc., 2013.

МЕЛИОРАЦИЯ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

УДК 628.162: 621.482

Ахмедов Г.Я.

К ВОПРОСУ ОБ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

Akhmedov G.Ya.

TO THE PROBLEM ABOUT OPERATION OF ENERGY SYSTEMS IN CONDITIONS OF EXTRACTION OF CARBON DIOXIDE FROM GEOTHERMAL WATERS

Использование средне – и высокопотенциальных геотермальных вод часто сопровождается нарушением карбонатно-кальциевого равновесия в них и образованием твердой фазы карбоната кальция на поверхности энергетического оборудования. В статье рассмотрены различные варианты геотермальных систем, позволяющие эксплуатировать энергетическое оборудование в режиме без солеотложения в условиях декарбонизации геотермальных вод и максимальной утилизации сопутствующих горючих газов.

Ключевые слова: *геотермальная вода, карбонат кальция, декарбонизация, утилизация, сопутствующие горючие газы*

Use moderate- and hot - potential geothermal waters is frequently accompanied by infringement of carbonate calcium balance in them and formation of a firm phase of the calcium carbonate on a surface of the energy equipment. The paper considers the various variants of geothermal systems allowing to maintain the energy equipment in a mode without salt depositing in conditions of extraction of carbon dioxide from geothermal waters and the maximal extraction of combustible gases.

Key words*: geothermal water, calcium carbonate, of extraction of carbon dioxide, of extraction combustible gases*

При эксплуатации геотермальных энергетических систем, содержащих теплообменники, дегазаторы, расширители ГеоТЭС, отстойники, а также оборудование для транспортировки теплоты в большинстве случаев необходимо учитывать условия, возникающие в процессе декарбонизации геотермальных вод. Процесс декарбонизации, то есть удаление из воды свободного диоксида углерода CO_2, осуществляется одновременно с выходом геотермальной воды на поверхность Земли вследствие снижения общего давления над раствором воды. В то же время, снижение концентрации CO_2 в геотермальной воде действует как положительный фактор, приводящий к снижению коррозии наземного оборудования и увеличению дебита скважины, т.к. уменьшается общее давление в устье скважины. Одновременно происходит и выход горючих газов: водород H_2, метан CH_4, сероводород H_2S.

Однако снижение общего давления в оборудовании геотермальных систем может произойти и до уровня, при котором возможно нарушение карбонатно-кальциевого равновесия в растворе геотермальной воды, следствием которого является отложение твердой фазы карбоната кальция на поверхности энергетического оборудования. Особенно остро ощущается проблема нарушения карбонатно-кальциевого равновесия в растворе высокопотенциальных геотермальных вод (при температуре воды более 100 ^oC). В данном случае приходится поддерживать высокое давление в системе для

предотвращения нарушения карбонатно-кальциевого равновесия. К примеру, для месторождения Каясула 3 (Ставропольский край) при температуре 151 °С и давлении ниже 2 МПа идут отложения твердой фазы карбоната кальция, на Тарумовской площади (Республика Дагестан) отложения твердой фазы карбоната кальция при температуре воды 175 °С начинаются уже при давлении ниже 10 МПа. В связи с этим при расчете рабочих параметров оборудования энергетических систем необходимо учитывать эти особенности и согласовать возможность защиты оборудования энергетических систем от карбонатных отложений при декарбонизации геотермальной воды и одновременной утилизации горючих газов.

Эксплуатация оборудования геотермальных систем может происходить в двух вариантах:

- при неизбежном процессе декарбонизации геотермальных вод в ходе естественного снижения общего давления в системе;
- при принудительной декарбонизации геотермальной воды при ее подготовке к использованию.

В первом варианте, как наиболее часто имеющем место на практике, необходимо учитывать равновесные параметры давления P и температуры t используемой геотермальной воды, при которых она не растворяет и не выделяет твердую фазу карбоната кальция [1]. С точки зрения энергетической эффективности использования источников геотермальных вод немаловажную роль играет и утилизация содержащихся в них горючих газов. Газосодержание ГС определяется как сумма газового фактора ГФ (спонтанная часть) и газонасыщенности ГН (растворенная часть) геотермальной воды сопутствующими газами

$$ГС = ГФ / 22{,}4 + ГН \quad \text{(моль/л)} \qquad (1)$$

Согласно закону Дальтона давление спонтанного газа состоит из суммы парциальных давлений P_i отдельных газов и давления насыщенных паров воды при данных условиях (давления P и температуры t воды)

$$P = \sum_{i=1}^{n} P_i + P_{H_2O} \qquad (2)$$

Концентрация растворенного газа i – того компонента (газонасыщенность) определяем согласно закону Генри

$$ГН_i = K_i \cdot P_i \qquad (3)$$

где K_i и P_i - соответственно, константа Генри (моль/(л·Па)) и парциальное давление i – того компонента газа (Па).

Если мольную долю i – того компонента газа обозначить через α_i, то газосодержание его в воде можно представить в виде

$$ГС_i = ГФ\alpha_i / 22{,}4 + K_i \cdot \alpha_i (P - P_{H2O}) \qquad (4)$$

Используя свойство неодинаковой растворимости различных газов в воде (см. рис.1), можно обеспечить разделение их по мере уменьшения общего давления над раствором. Снижение давления происходит при выходе раствора геотермальной воды на поверхность Земли по стволу скважины и перемещении его в наземном оборудовании геотермальных систем. Решение этой задачи требует нахождения зависимости парциального давления отдельного газа (соответственно, и растворимости его в воде по закону Генри) от общего давления в системе. При этом предполагается, что изменение парциальных давлений компонентов пропорционально изменению общего давления. Для геотермальных вод, в связи с их минерализованностью при решении данной задачи необходимо вносить

соответствующие поправки согласно закону Сеченова (растворимость газов в жидкостях в присутствии электролитов понижается).

Надо отметить, что если растворение газа в жидкости связано с процессами диссоциации молекул растворенного газа (CO_2, H_2S), то закон Генри при расчетах можно использовать при невысоких давлениях. При высоких давлениях (более 0,3 – 0,5 МПа) закон Генри можно применять с учетом связи между отдельными компонентами в растворе воды и выражением их через общую концентрацию. Однако это уже сложным образом связано с давлением газа над раствором. То же самое относится и к неодинаковому изменению растворимости различных газов с ростом общего давления. Это различие определяется взаимным влиянием растворенных газов в воде. При низких давлениях взаимное влияние отдельных компонентов смеси газов невелико. В этом случае закон Генри можно применить для каждого газа в отдельности [2].

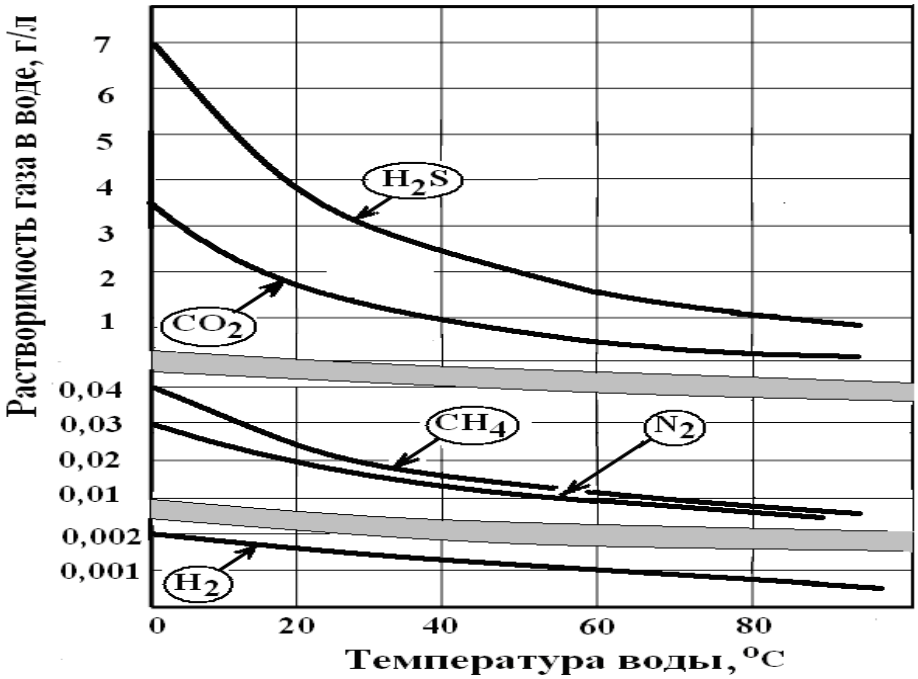


Рисунок 1 - Растворимость некоторых газов в воде при давлении в 0,1 МПа

С учетом приведенных выше допущений (при невысоких давлениях газов над раствором воды) расчет зависимости парциального давления отдельного газа от общего давления в системе можно выполнить по следующей схеме.

Пусть имеем смесь газов из **n** компонентов. Все они занимают один и тот же объем **V**. Для ***i*** - го компонента количество молей в единице объема будет ν_i/V. Тогда общее количество молей смеси газов в 1 м^3 будет

$$\frac{\nu}{V} = \frac{(\sum_{i=1}^{n} \nu_i)}{V} \tag{5}$$

При контакте этой смеси с пластовой водой часть ее растворится согласно закону Генри

$$\frac{\Delta \nu_i}{V} = K_i \cdot P_i \tag{6}$$

где K_i – константа Генри для ***i*** - го компонента газа, моль/(м^3·Па).

Уравнение Клапейрона-Менделеева для ***i*** - го компонента газа в газовой среде будет

$$P_i \cdot V = (\nu_i - K_i \cdot P_i \cdot V)RT \tag{7}$$

Из уравнения (7) получим выражение для объема, занимаемого ***i*** - компонентом газа в газовой смеси

$$V = (\nu_i \cdot RT /(P_i + K_i \cdot P_i \cdot RT) \qquad (8)$$

Приравнивая друг другу выражения (8) для разных компонентов газа, получим систему уравнений соответственно количеству компонентов газа

$$(\nu_i \cdot RT /(P_i + K_i \cdot P_i \cdot RT) = (\nu_{i+1} \cdot RT /(P_{i+1} + K_{i+1} \cdot P_{i+1} \cdot RT) \qquad (9)$$

Решая систему этих уравнений с учетом закона Дальтона (2), можно определить зависимость парциальных давлений компонентов газовой смеси от общего давления для воды конкретной скважины. Такая зависимость дает возможность оценки стабильности геотермальной воды (зависимость равновесного значения парциального давления углекислого газа CO_2 от общего давления в системе при различных температурах). В то же время эта зависимость дает оценку возможности утилизации горючих газов при тех или иных параметрах давления и температуры геотермальной воды. Зная мольную долю α_i газового компонента при определенной температуре воды, можно по уравнению (4) найти газосодержание его в данной воде при известном значении общего давления в системе.

На рис.2 представлена проектная схема энергетической системы по выработке электрической и тепловой энергии при использовании среднепотенциальных геотермальных вод (до 100 - 110 °С).

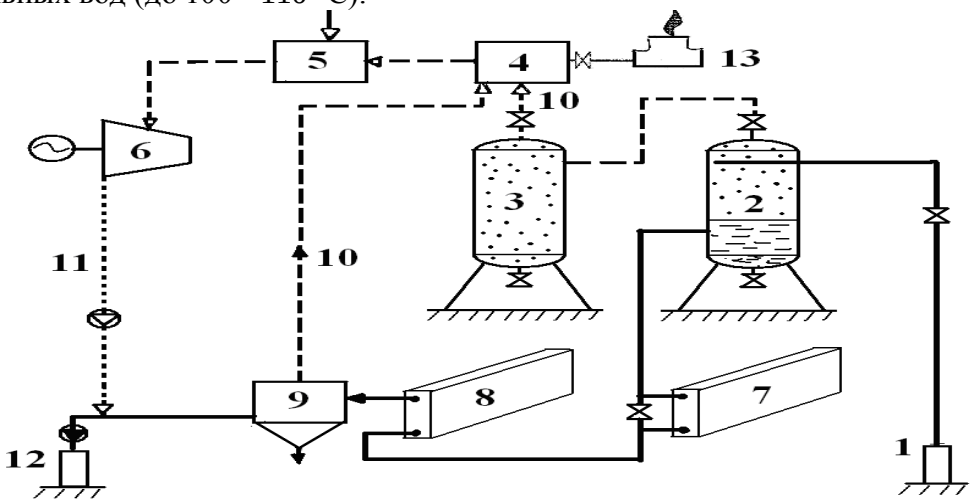


Рисунок 2 - Проектная схема энергетической системы по выработке электрической и тепловой энергии при использовании среднепотенциальных геотермальных вод:
1, 12 - добычная и нагнетательная скважины; 2 - дегазатор; 3 – сепаратор; 4 – сборная емкость для горючих газов; 5, 6 – компрессор и газовая турбина: 7, 8 –теплообменники отопления и горячего водоснабжения; 9 – емкость для отстоя отработанной воды и дополнительного сбора горючего газа, 10 – линии подачи горючего газа в сборную емкость; 11 - линия подачи углекислого газа в отработанную геотермальную воду перед закачкой ее обратно в пласт

Путем ступенчатого снижения общего давления в дегазаторе 3 и сепараторе 4 можно утилизировать малорастворимые в воде водород H_2 и метан CH_4, как наиболее часто встречающиеся компоненты газовой смеси в геотермальной воде. В то же время в этих устройствах давление и температуру воды необходимо поддерживать на уровне не ниже равновесной линии насыщения ее карбонатом кальция [1, 3, 4]. В связи с этим удаление из воды компонентов газовой смеси происходит частично. Во избежание выпадения из раствора геотермальной воды твердой фазы карбоната кальция аналогичное состояние

раствора данной воды необходимо поддерживать и в теплообменниках отопления 7 и горячего водоснабжения 8. После выхода геотермальной воды из теплообменников ее необходимо очистить от грубодисперсной твердой фазы отстоем в емкости 9 и растворить в ней твердые частицы карбоната кальция углекислым газом из газовой турбины 6 перед закачкой обратно в пласт. Как показано на рис. 2, после емкости 9 перед скважиной закачки углекислый газ подводится насосом принудительно.

В связи с необходимостью поддерживать высокое давление в дегазаторе 2 и сепараторе 3 во избежание нарушения карбонатно-кальциевого равновесия в растворе геотермальной воды полностью утилизировать попутные горючие газы в этих устройствах не удается. По мере снижения давления до, примерно, 0,1 МПа на выходе из теплообменников 7 и 8 в емкости 9 можно утилизировать и оставшийся горючий газ. Сравнение растворимости газов при разных температурах (см. рис.1) и с учетом растворимости газов пропорционально давлению согласно закону Генри, можно сделать вывод о возможности дополнительного отбора горючих газов в емкости 9 при давлении 0,1 МПа и температуре воды примерно, 35 - 40 ^{o}C.

В последнее время в геотермальной энергетике возрос интерес к выработке электрической энергии в комбинированной геотермальной энергетической установке с бинарной ГеоЭС. Такие установки с использованием низкокипящих теплоносителей эффективно работают на источниках среднепотенциальных геотермальных вод (до 100 – 110 ^{o}C) [5]. На рис.3 дается схема такой установки, работающей на изобутане, используемого в качестве теплоносителя бинарной ГЭС.

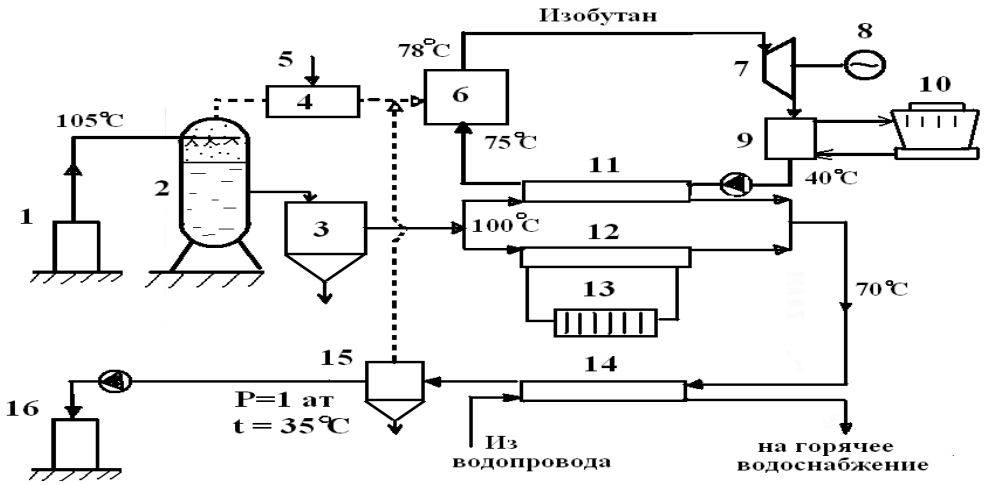


Рисунок 3 - Комбинированная геотермальная энергетическая установка с бинарной ГеоЭС: 1, 16 - добычная и нагнетательная скважины; 2 дегазатор; 3 – отстойник; 4 – компрессор; 5 – подвод газа из магистрального газопровода; 6 – теплообменник – расширитель изобутана; 7, 8 – турбина и электрогенератор; 9, 10 – конденсатор и градирня;11 – теплообменник в системе циркуляции изобутана; 12 и 14 – теплообменники отопления и горячего водоснабжения; 13 - отопительная система; 15 – емкость для отстоя отработанной воды и съема оставшегося горючего газа

Опасность отложений имеет место в дегазаторе 2, в отстойнике 3 и в теплообменниках 11 и 12. Декарбонизацию геотермальной воды в этих устройствах можно осуществить путем снижения общего давления в них до значения, соответствующего равновесному значению при данной температуре. Утилизацию горючих газов можно осуществить в два этапа: при температуре 100 – 105 ^{o}C и давлении не ниже равновесного значения и перед закачкой отработанной воды при снижении давления до 0,1 МПа в емкости 15. Для геотермальных скважин месторождений Кизляр (г. Кизляр) и Тернаир (г. Махачкала) при давлении над раствором геотермальных вод в 0,1 МПа равновесие наступает при температуре, примерно, 70 - 75 ^{o}C.

На рис. 4 представлена схема эффективного использования среднепотенциальных геотермальных вод для выработки электрической и тепловой энергии на примере геотермальной термораспределительной станции, планирующей внедрить на геотермальных скважинах г. Кизляра [6]. Для вод скважин г. Кизляра при температуре воды 104 °С равновесное давление около 0,4 МПа. Для исключения отложения карбоната кальция в оборудовании термораспределительной станции необходимо придерживаться этих параметров. С уменьшением температуры равновесное значение общего давления снижается. К примеру, при температуре воды 90 °С (перед теплообменником отопления, см. рис.4) равновесное давление снижается до 0,2 – 0,25 МПа. Опасность образования твердой фазы карбоната кальция возрастает при нагревании этой воды в котельной до температуры более 104 °С. В данном случае (115 °С воды, как показано на рис. 4) общее давление в системе необходимо поднять до 0,6 - 0,7 МПа. Дополнительную утилизацию попутных горючих газов целесообразно осуществить при снижении общего давления в системе над раствором геотермальной воды до 0,1 МПа. С этой целью в схему энергетических устройств необходимо включить емкость по сбору горючих газов непосредственно после теплообменника горячего водоснабжения.

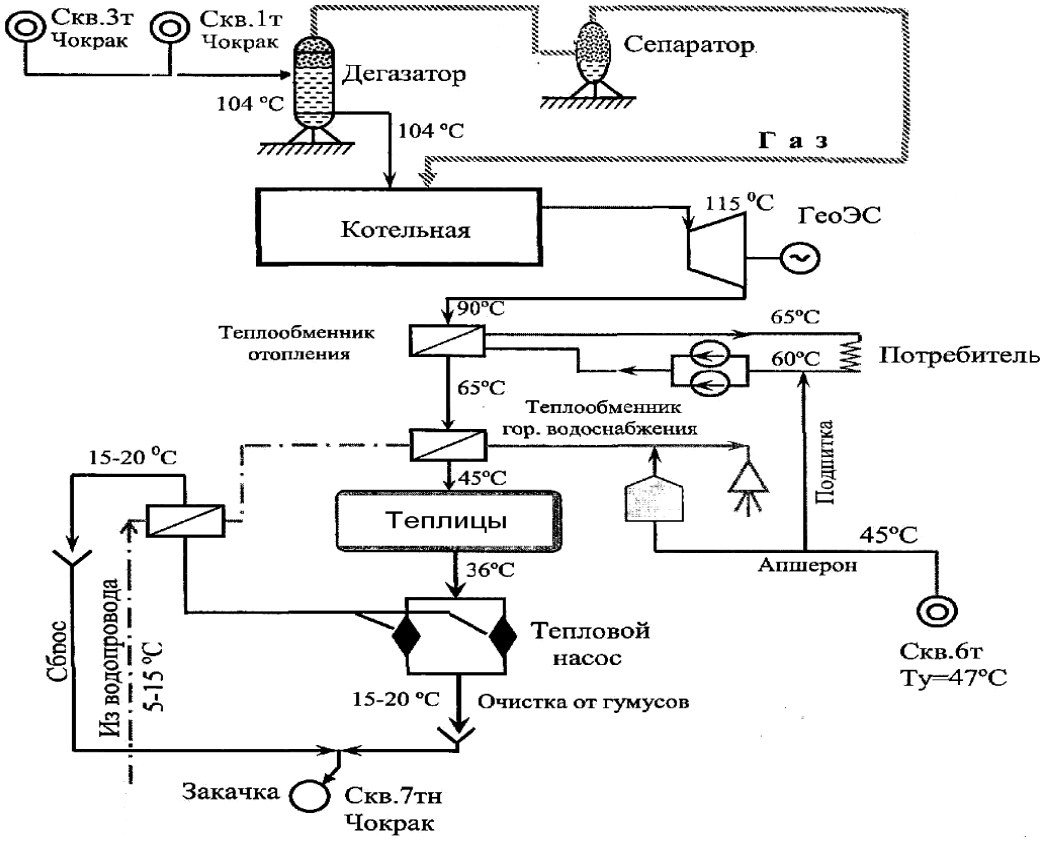


Рисунок 4 - Проект геотермальной терморасределительной станции в г. Кизляре

Второй вариант – это принудительная декарбонизация геотермальной воды с использованием затравочных кристаллов [7, 8, 9] для ее подготовки перед подачей к потребителю (рис.5). В данном случае имеется возможность произвести более глубокую декарбонизацию геотермальных вод и, одновременно, более эффективно утилизировать горючие газы (рис.1). После стабилизационной обработки воду можно подавать насосом к потребителю. В этом случае мы теряем небольшую часть теплового потенциала воды и полностью ее потенциальную энергию за счет снятия избыточного давления (см. рис.5).

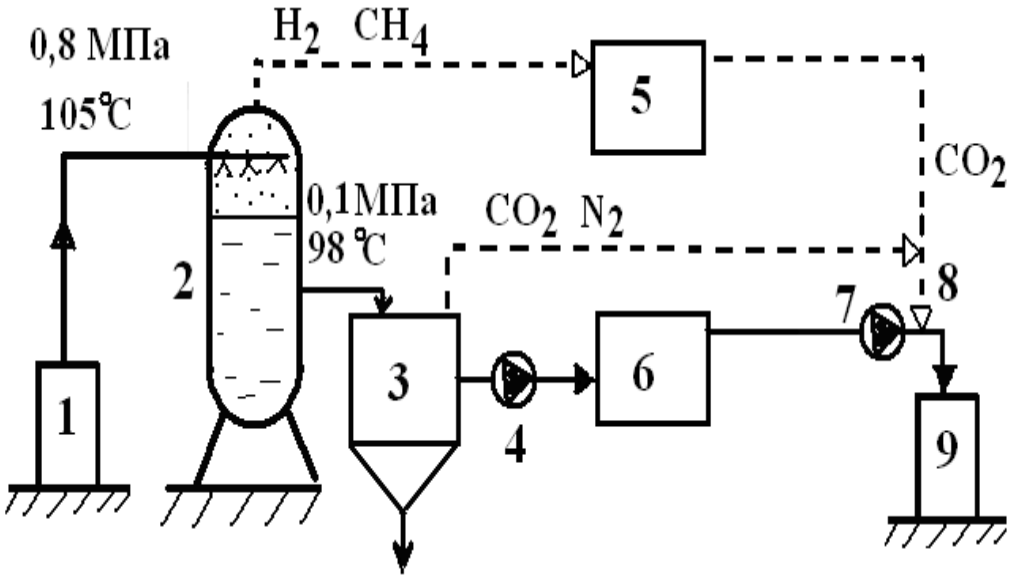


Рисунок 5 - Схема энергетической системы с глубокой декарбонизацией геотермальной воды: 1 и 9 –добычная и нагнетательная скважины; 2 и 3- дегазатор и отстойник; 4 и 7 – насосы; 5 и 6 – потребители газа и тепла геотермальной воды; 8 – линия подачи CO_2 в скважину

Расчет выхода метана из геотермальной воды горизонта чокрак на скважинах г. Кизляра показывает, что во втором варианте эксплуатации энергетического оборудования с сохранением равновесных параметров воды (по рис. 2, 3 и 4) можно утилизировать метан в 1,3 раза больше, чем при первом. Исходя из данных, полученных Пятигорским НИИ курортологии и физиотерапии [6], по анализу газового состава во втором варианте на одной скважине при дебите геотермальой воды 2000 $м^3$/сут можно получить, ориентировочно, около 1000 $м^3$ метана в сутки.

Библиографический список:

1. Ахмедов Г.Я. Проблемы солеотложения при использовании геотермальных вод для горячего тепловодоснабжения//Промышленная энергетика.- 2009.- № 9.- С. 50-54.
2. Намиот А.Ю. Растворимость газов в воде: Справочное пособие.- М.: Недра, 1991.– 167 с.
3. Пат. 91384 РФ, МПК F03G 7/00. Геотермальная установка /Ахмедов Г.Я. Опубл. 10.02.2010. Бюл. № 4.- 2 с.
4. Пат. 2406944 РФ, МПК F24J 3/08. Геотермальное устройство /Ахмедов Г.Я. Опубл. 20.12.2010. Бюл. № 35.- 4 с.
5. Алхасов А.Б. Геотермальная энергетика: Проблемы, ресурсы, технологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.- 276 с.
6. Инвестиционные проекты (Использование тепла Земли). Предложения для сотрудничества.- Махачкала: ОАО ТЭК «Геотермнефтегаз», Институт проблем геотермии ДНЦ РАН, 2005. –Вып. 1.- 135 с.
7. Ахмедов Р.Б., Новиков Б.Е., Ахмедов Г.Я. Стабилизационная обработка геотермальной воды путем ввода затравочных частиц //Промышленная энергетика.- 1985.- №10.- С. 61-64.
8. Ахмедов Р.Б., Новиков Б.Е., Ахмедов Г.Я. Исследование метода предотвращения отложений солей в геотермальных системах путем рециркуляции затравочных частиц //Промышленная энергетика.- 1986.- №11.- С. 41-43.
9. А.с. 1327918, МКИ В О1 Д 21/24, 3/02. Устройство для очистки жидкости /Ахмедов Р.Б., Новиков Б.Е., Ахмедов Г.Я., Ромм Ф.А. Опубл. 1987. Бюл.№ 29.

УДК 631.4; 631.6

Котенко М.Е., Гаджиева Э.М.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ПЛОЩАДЕЙ ПОЧВ ТЕРСКО-СУЛАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Kotenko M.E., Gadjieva E.M.

COMPARATIVE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE ANALYSIS OF THE TERSKO SULAKSKAY LOWLAND'S AREAS

Получены данные при сравнительном анализе картографического материала по Терско-Сулакской низменности (50-2000гг). По сравнению с 50 гг. обнаружено увеличение степени засоления почв и их площади более, чем в 2 раза, уменьшение площади лугово-каштановых почв почти в 3 раза, что связано с аридизацией и с увеличением антропогенных воздействий.

Ключевые слова: *почвы, грунтовые воды, дельтовые экосистемы, засоление, деградация, эволюция, антропогенное воздействие*

Data are obtained in the comparative analysis of cartographic materials on the Tersko-Sulaksky lowland (50-2000 years). In comparison with fifties the increase in extent of salinization of soils and their area more than twice is revealed, reduction of the area of meadow-chestnut soils honor by 3 times that is connected with an aridization and with increase in anthropogenous influences.

Key words: *soils, groundwater, deltaic ecosystems, salinization, degradation, evolution, anthropogenic impact*

Республика Дагестан расположена на северо-восточных склонах Главного Кавказского хребта и северо-западной части Прикаспийской низменности. Многообразие почвенно-климатических условий резко отличает её от других краев и областей северного Кавказа.

Согласно почвенно-климатическому районированию территория Дагестана разбита на 3 крупные зоны: горная, предгорная и равнинная. Равнинная, в свою очередь, подразделяется на 3 почвенно-климатические подзоны: Терско-Кумская (междуречье Кумы и Терека или Ногайская степь), Терско-Сулакская (к югу от Терека до города Махачкалы) и Приморская (узкая полоса суши между Махачкалой и пограничной с Азербайджаном рекой Самур) [1].

Терско-Сулакская низменность ограничена с запада и с севера рекой Терек, с юга – передовым хребтом предгорий, а с востока – Каспийским морем, что включает Присулакскую равнину, где проявляется действие поверхностных вод и процессов дефляции [2]. При весенних паводках и разливах рек пониженные участки рельефа заполняются водой и образуются мелкие озера и заболоченные участки. В случае прорыва берегов происходит заполнение водой большей территории и образование новых временно действующих русел. Общая площадь составляет около 650 тыс. га (рис.1.) [7,8,10].

В эволюции почвенного покрова, постепенного уменьшения доминирующей роли гидроморфного почвообразования и расширения ареала солонцевато-солончаковых луговых и лугово-каштановых почв определенную роль играют интенсивное антропогенное воздействие на дельтовые ландшафты и изменение их гидрологического режима [6,7,8].

Почвы Терско-Сулакской низменности разнообразны: от открытых песков до бурых лесных почв под дубовыми лесами. В поймах распространены аллювиальные почвы. Возвышенные участки покрыты сухими степями со светло-каштановыми почвами. Самые высокие уровни на западе представлены темно-каштановыми довольно плодородными почвами. В Приморской низменности большое развитие получили сухие степи со светло-каштановыми почвами. Развитие морских засоленных отложений оказывает большое влияние на свойства почв, особенно характерно это для северной части.

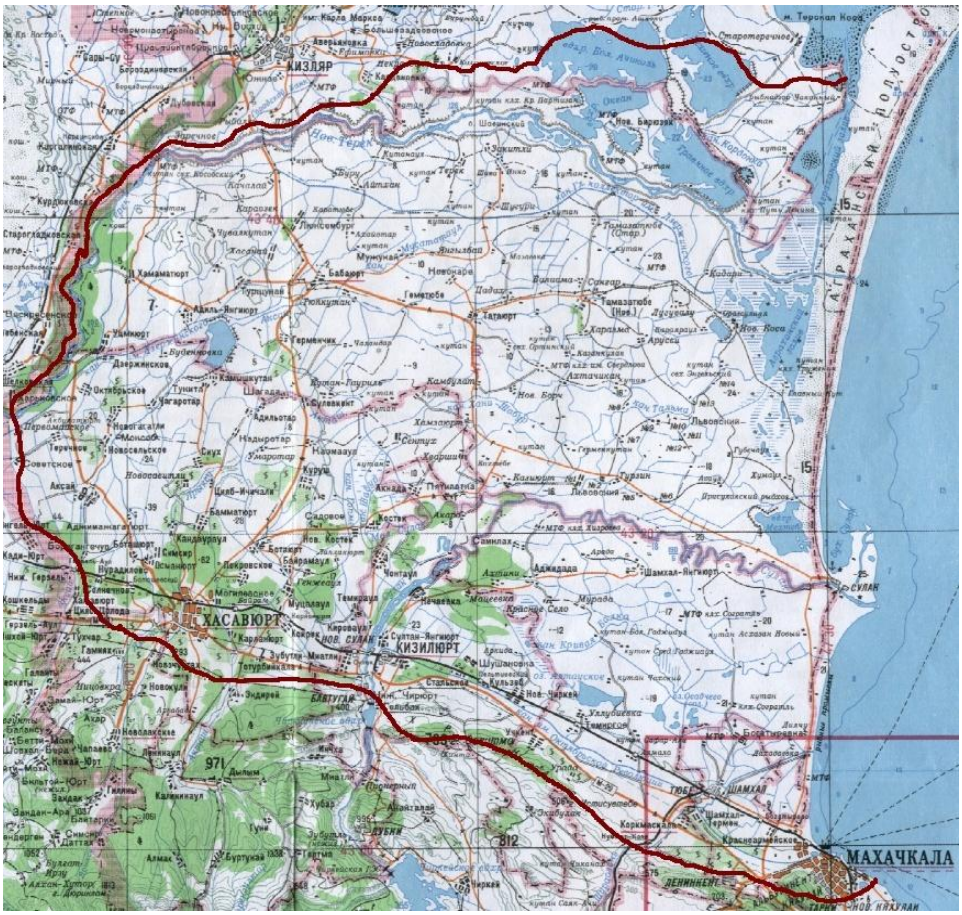


Рисунок - 1 Карта территории Терско-Сулакской низменности

Почвенный покров дельтовых экосистем Терско-Сулакской низменности формировался на древнеаллювиальных и современных аллювиальных песчано-глинистых отложениях в результате разливов и паводков рек Терека, Сулака и Акташа. Низовья рек Терека, Сулака сильно заболочены и засолены. Засоление обусловлено высоким стоянием грунтовых вод. В процессе эволюции плавневые почвы переходят в луговые, лугово-каштановые, светло-каштановые.

Основным, практически неисчерпаемым источником солей на низменности, являются древнекаспийские четвертичные засоленные породы, погребенные современными дельтовыми отложениями. Подпор вод Каспийского моря оказывает значительное влияние на процессы соленакопления в почвогрунтах, способствуя поступлению солей в грунтовые воды из глубоких водоносных горизонтов. Современный этап почвообразования в дельтах рек Терско-Сулакской низменности происходит под нарастающим влиянием антропогенного воздействия на экосистемы [4].

В данной статье рассматриваются результаты исследований почв территории Терско-Сулакской низменности, проведенные в 50-60 гг. и 90-2000 гг., полученные российскими и дагестанскими учеными (Ковда, 1950; Зонн, 1978; Солдатов, 1950;

Кисриев, Керимханов, 1967 – 50-60 гг.; Добровольский, Федоров, Стасюк, 1986; Залибеков, 1995, 2010; Баламирзоев, Мирзоев, Аджиев, 2008 - 90-2000 гг.) [1-9].

Наиболее распространенные почвы в 50-60 гг. приведены в таблице 1, а на рис.2 представлена почвенная карта Терско-Сулакской низменности, составленная А.С.Солдатовым в 1954 г, при этом использованы опубликованные материалы с соответствующей интерпритацией.

Таблица 1 - Наиболее распространенные почвы Терско-Сулакской низменности в 50-е гг.

Типы почв	**Общая площадь**		**Площадь**		**Обозначение**	**Подтипы почв**
	тыс. га		**тыс. га**	**%**		
1	**2**		**4**	**5**	**6**	**7**
Каштановые	77,31	1,9	20,4	3,14	$К_1$	Темно-каштановые карбонатные глинистые и суглинистые
			4,54	0,7	$К_2$	Каштановые карбонатные тяжелосуглинистые и суглинистые
			10,14	1,56	$К_2^{сн}$	Каштановые солонцеватые глинистые и суглинистые
			20,2	3,11	$К_3^{рп}$	Светло-каштановые рыхлопесчанные
			22,03	3,39	$К_3^{сн}$	Светло-каштановые солонцеватые глинистые и суглинистые
Лугово-каштановые	121,48	8,7	10,4	1,6	Лк	Лугово-каштановые карбонатные глинистые и суглинистые
			8,68	1,35	$Лк^{сн}$	Лугово-каштановые солонцеватые глинистые и суглинистые
			13,79	2,12	$Лк^{сн-сч}$	Лугово-каштановые солонцевато-солончаковатые глинистые и суглинистые
			22,16	3,41	$Лк^{сч}$	Лугово-каштановые солончаковатые различного мех.состава
			66,45	10,22	$Лк^{ск}$	Лугово-каштановые солончаковые
Луговые	274,33	2,2	30,92	4,76	Лг	Луговые карбонатные и выщелоченные глинистые и суглинистые
			6,33	0,97	$Лг^{сн}$	Луговые солонцеватые различного мех.состава
			13,79	2,12	$Лг^{сн-сч}$	Луговые солонцевато-солончаковатые глинистые и суглинистые
			78,47	12,07	$Лг^{сч}$	Луговые солончаковатые глинистые и тяжелосуглинистые
			12,35	1,9	$Лг^{сн-ск}$	Луговые солонцевато-солончаковые глинистые и суглинистые
			88	13,54	$Лг^{ск}$	Луговые солончаковые

						глинистые и тяжелосуглинистые
			29,31	4,51	$А_1$	Пойменно-луговые карбонатные различного мех. состава
			10,9	1,68	$А_2$	Пойменно-луговые карбонатные выщелоченные глинистые и суглинистые
			4,26	0,66	$А_1^{сн-ск}$	Пойменно-луговые слоистые солонцевато-солончаковые
Лугово-болотные	81,37	2,5	29,02	4,46	Бл	Лугово-болотные выщелоченные карбонатные глинистые и легкосуглинистые
			52,35	8,05	$Бл^{ск}$	Лугово-болотные солончаковатые с различным мех.составом
Солончаки	70,3	10,8	70,3	10,82	Ск	Солончаки глинистые и суглинистые, на отложениях глин, суглинков и песков
Пески	24,45	3,8	24,45	3,76	ПрПз	Пески развеваемые в сочетании с песками закрепленными

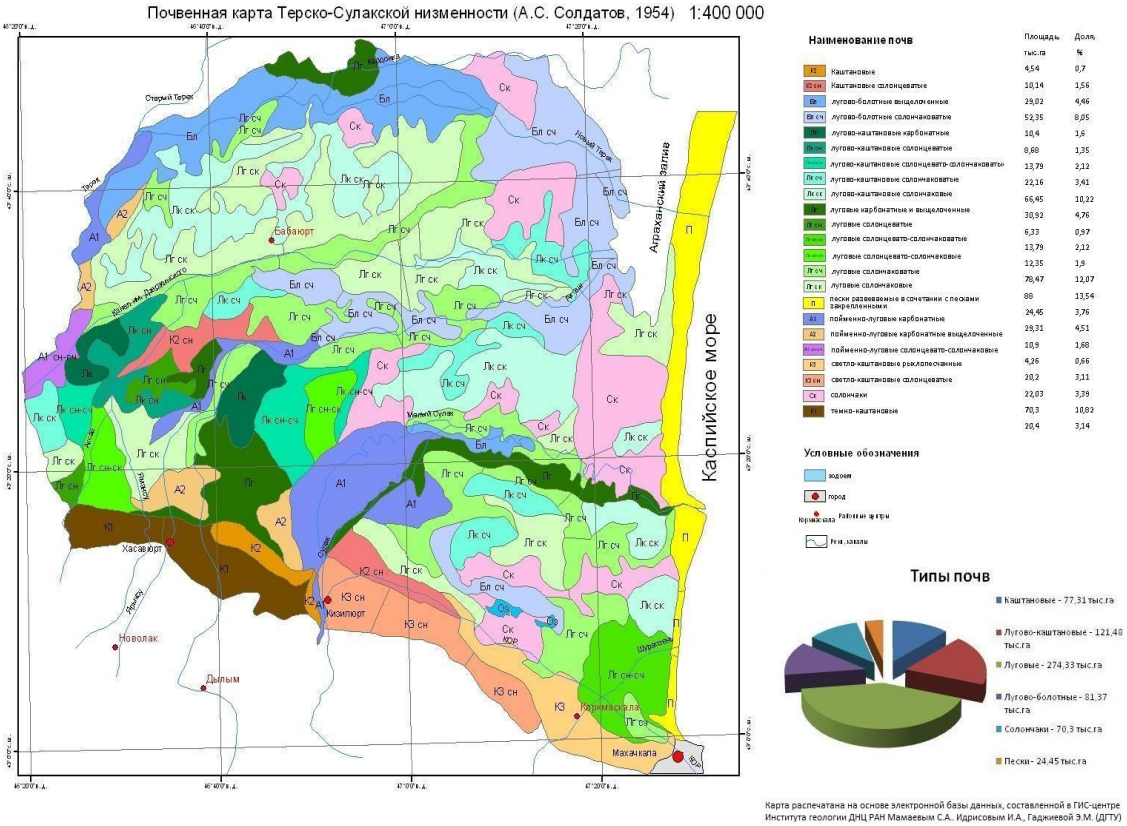


Рисунок 2 - Почвенная карта территории Терско-Сулакской низменности в 50-х гг (на основе Почвенной карты, составленной А.С.Солдатовым в 1954 г.

Наиболее распространенные почвы в конце 90-х гг. приведены в таблице 2, а на рис.3 представлена почвенная карта Терско-Сулакской низменности, составленная: З.Г. Залибековым, М.А. Баламирзоевым, Э.М-Р. Мирзоевым в 1998г.

Таблица 2 - Наиболее распространенные почвы Терско-Сулакской низменности в 1998г.

Типы почв	Общая площадь		Площадь		Обозначение	Подтипы почв
	тыс. га	%	тыс. га	%		
1	2	3	4	5	6	7
Каштановые	68,8	10,6	5,67	0,87	$К_2$	Темно-каштановые
			30,69	4,7	К	Каштановые
			32,41	4,98	$К_1$	Светло-каштановые
Лугово-каштановые	41,5	6,4	41,5	6,4	$К_л$	Лугово - каштановые
Луговые	266,5	40,9	257,21	39,49	Лг	Луговые
			9,29	1,43	$А_л$	Аллювиально (пойменно) - луговые
Лугово-лесные	10.7	1,6	7,25	1,11	$Л_л$	Лугово-лесные
			3,48	0,53	$А_{л-л}$	Аллювиальные (пойменные) лугово-лесные
Лугово-болотные	78,8	12	83,47	12	$Б_л$	Лугово-болотные
Солончаки	153,9	23,6	153,9	23,6	Ск	Солончак
Пески	30,5	4,7	30,5	4,7	П	Пески

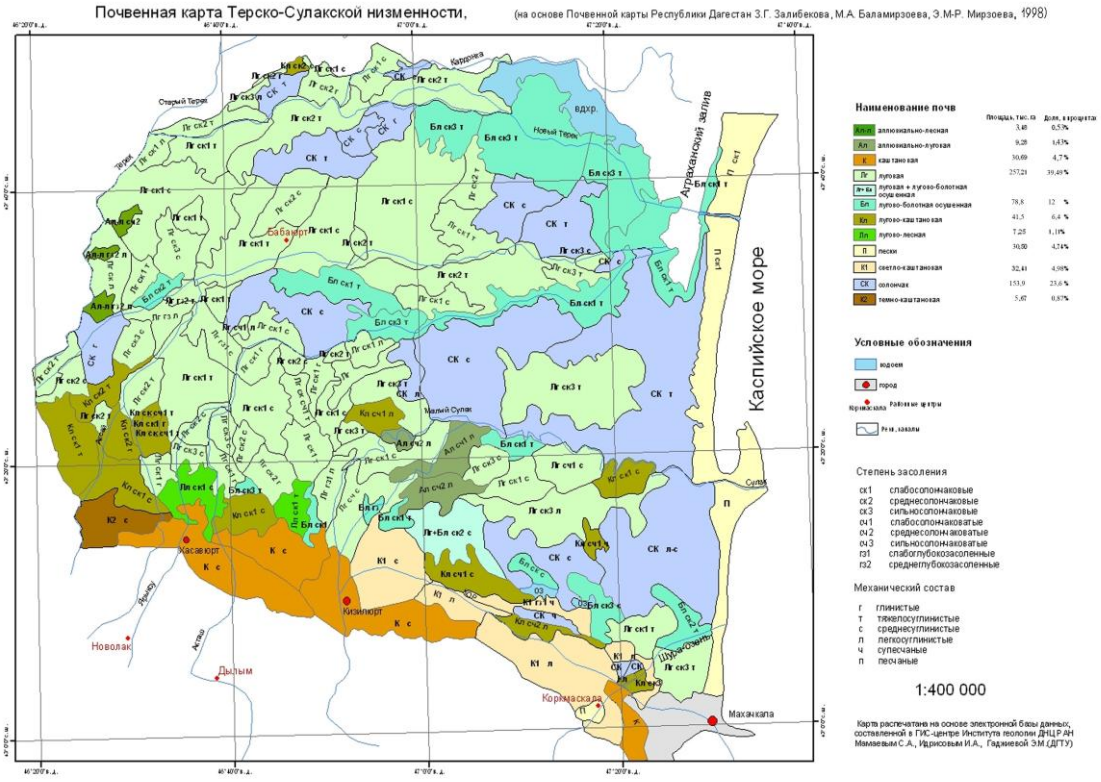


Рисунок 3 - Почвенная карта территории Терско-Сулакской низменности в конце 90-х гг (на основе Почвенной карты Республики Дагестан, составленной: З.Г. Залибековым, М.А. Баламирзоевым, Э.М-Р. Мирзоевым в 1998г)

Таблица 3 - Изменение площадей почв Терско-Сулакской низменности с 50-х гг. по 1998г.

Наименование почв	***50-е гг***		***1998г***		***Разница***	
	тыс.га	***%***	***тыс.га***	***%***	***тыс.га***	***%***
Каштановые	77,31	11,9	68,8	10,6	< на 8,5	< на 1,3
Лугово-каштановые	121,48	18,7	41,5	6,4	< на 80	< на 12,3
Луговые	274,33	42,2	266,5	40,9	< на 7,8	< на 1,3
Лугово-лесные	_	_	10,7	1,7	-	-
Лугово-болотные	81,37	12,5	78,8	12	< на 2,6	< на 0,5
Солончаки	70,3	10,8	153,9	23,6	> на 83,6	> на 12,8
Пески	24,45	3,8	30,5	4,7	> на 6,05	> на 0,9
Общая площадь	**649,2**	**99,9**	**651**	**99.9**		

На основе таблицы 3 построена гистограмма изменения площадей почв за пятьдесят лет.

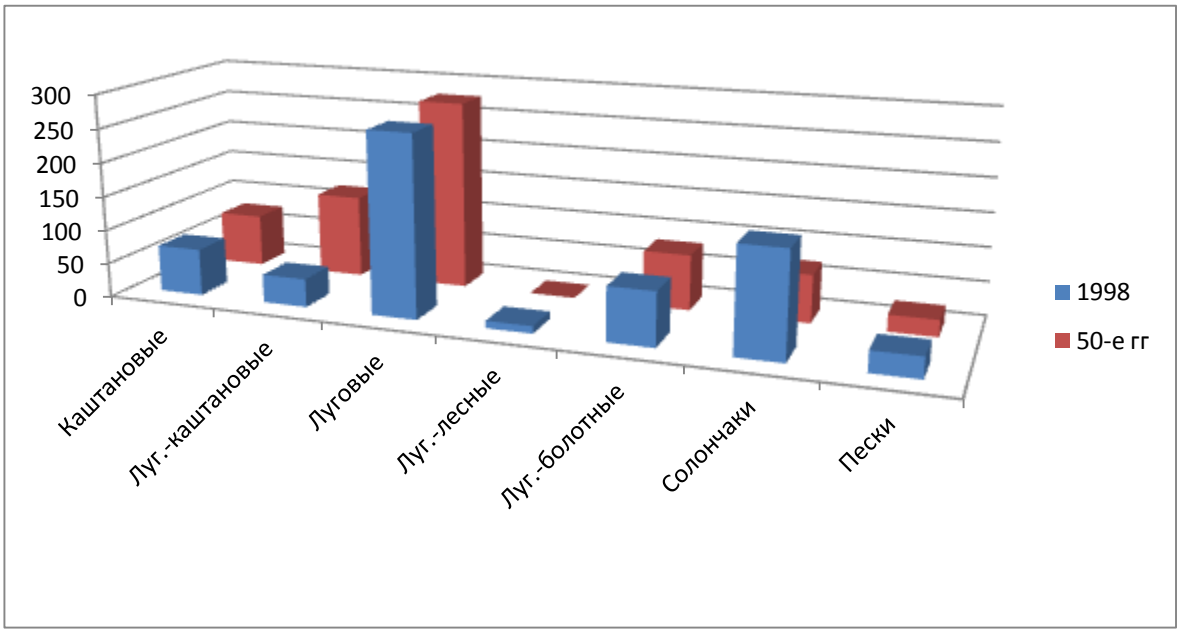


Рисунок 4 - Гистограмма изменения площадей почв за 50 лет

Выводы

1. Обнаружено закономерное увеличение степени засоления почв с утяжелением гранулометрического состава, о чем свидетельствует увеличение площади солончаков более, чем в 2 раза, и уменьшение площади лугово-каштановых почв почти в 3 раза по сравнению с 50 гг., так как процессы почвообразования протекают в условиях аридизации климата и возрастания антропогенных воздействий на природную среду.

2. При продолжении современного характера использования почвенных ресурсов дельты Терско-Сулакской низменности неизбежна дальнейшая деградация почвенного покрова. Неотложной задачей сохранения и улучшения состояния почв является организация почвенного мониторинга и разработка перспективной программы экологически обоснованного землепользования.

Библиографический список:

1. Кисриев Ф.Г., Керимханов С.У. Почвенно-климатическое районирование Дагестана // Труды ДагНИИСХ. Махачкала, 1967. Т. 4. С.9.

2. Солдатов А.С. Каштановые почвы. Почвенные исследования в Дагестане. Дагестанский филиал АН СССР. Отдел почвоведения. Махачкала, 1956. Т. III. 22 с.
3. Добровольский Г.В., Федоров К.Н., Стасюк Н.В. Проблемы изучения почв Прикаспйской низменности // Почвоведение. №3. 1986. С.31.
4. Зонн С.В. Вопросы преобразования почв Дагестана в связи с интенсификацией их освоения. // Сб. Биологическая продуктивность дельтовых экосистем Прикаспийской низменности Кавказа. Махачкала. 1978. С.13.
5. Ковда В.А. Почвы Прикаспийской низменности. // М. Изд.- АНСССР. 1950.144 с.
6. Залибеков З.Г. Опыт экологического анализа почвенного покрова Дагестана. // Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН. Махачкала. 1995. 140 с.
7. Аджиев Ас.М., Аджиев А.М., Баламирзоев М.А., Мирзоев Э.М-Р., Магомедов А.Х., Гасанов Г.Н., Залибеков З.Г., ГГасанов Г.У. Почвенные ресурсы Дагестана, их охрана и рациональное использование. Махачкала. МСХ РД, 1998. 328с.
8. Баламирзоев М.А., Мирзоев Э.М-Р., Аджиев А.М., Муфараджев К.Г. Почвы Дагестана. // Экологические аспекты их рационального использования. Махачкала. ГУ «Дагестанское книжное издательства», 2008. 336 с.
9. Котенко М.Е., Баламирзоев М.А. Меры борьбы с деградацией и опустыниванием земель Северо-Западного Прикаспия (на примере Кизлярских пастбищ) // Аграрная Россия. 2011. № 1. С.21.
10. Гаджиева Э.М., Ахмедова Т.Ф. Информационная система мониторинга почвенного покрова дельтовых экосистем Терско-Сулакской низменности // «Мониторинг. Наука и технологии» 2012. № 3 (12). С.64.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 691.32

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

ТЕХНОЛОГИЯ И СВОЙСТВА ОГНЕЗАЩИТНЫХ ФИБРОГИПСОВЕРМИКУЛИТОБЕТОННЫХ КОМПОЗИТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВУЛКАНИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Khezhev T.A., Khadzhishalapov G.N., Khezhev KH.A., Kurbanov R.M.

TECHNOLOGY AND THE PROPERTIES OF THE FIRE-RETARDANT FIBROGIPSOVERMIKULITOBETONNYKH COMPOSITES WITH THE APPLICATION OF THE VOLCANIC ROCKS

Разработаны огнезащитные композиты с применением гипса, негашеной извести, вспученного вермикулита, туфового песка, базальтовых волокон и смолы древесной омыленной. Исследованы способы приготовления огнезащитной смеси и формования изделий из композитов. Приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований огнестойкости армоцементных элементов с огнезащитным слоем из гипсовермикулитотуфобетонных и фиброгипсовермикулитотуфобетонных композитов.

Ключевые слова: *огнезащита, гипс, известь, вспученный вермикулит, туфовый песок, базальтовые волокна, предел огнестойкости.*

Fire-retardant composites with the application of gypsum, unslaked lime, distended vermiculite, tuffaceous sand, basaltic fibers and resin of wood of that saponified are developed. The methods of the preparation of fire-retardant mixture and molding of articles made of the composites are investigated. Are given the results of experimental and theoretical studies of the fire resistance of armotsementnykh elements with the fire-retardant layer from the gipsovermikulitotufobetonnykh and fibrogipsovermikulitotufobetonnykh composites.

Key words: *fire protection, gypsum, lime, the distended vermiculite, tuffaceous sand, basaltic fibers, the limit of fire resistance.*

К числу наиболее эффективных средств огнезащиты строительных конструкций следует отнести плиты и огнезащитные штукатурки на основе вспученного вермикулита, наиболее термостойкого из легких заполнителей, и минеральных вяжущих [1]. Составы на гипсе широко применяются для внутренней отделки помещений, выполняющие одновременно и огнезащитные функции. Главным недостатком таких штукатурок является невысокая влагостойкость, что определяет область их применения только внутри помещений, а также высокий расход вяжущего.

Преодоление многих недостатков гипсовых вяжущих и изделий возможно в результате создания композитов с использованием эффективных заполнителей и дисперсного армирования. В результате проведенных нами исследований выявлено, что для гипсобетонных композитов в качестве заполнителя эффективно применение вулканических горных пород, в частности, отходы пиления вулканического туфа, так как они одновременно могут служить в качестве активной минеральной добавки и заполнителя, что позволяет существенно уменьшить расход гипса и решить вопросы утилизации промышленных отходов [2].

Исходя из результатов ранее проведенных экспериментов, в дальнейших исследованиях для разработки огнезащитных вермикулитобетонных композитов в качестве активной минеральной добавки и заполнителя применялись отходы пиления

вулканического туфа фракции 0-0,14 мм [3]. При соотношении извести и туфового песка равном 0,9 достигается максимальная прочность на сжатие и изгиб гипсобетонных композитов.

Для решения поставленных задач в исследованиях использованы: гипсовое вяжущее марки Г–4–II–А; воздушная негашеная известь кальциевая порошкообразная; вспученный вермикулит Санкт-Петербургской слюдяной фабрики фракции 0,16-5мм с насыпной плотностью 150 кг/м^3; песок из отходов пиления вулканического туфа Заюковского месторождения с максимальной крупностью зерен 0,14 мм; базальтовое волокно производства ОАО «Ивотстекло» марки РНБ-9-1200-4с.

Образцы размером 4х4х16 см формовали литьевым способом и осуществляли естественную сушку в воздушно-сухих условиях в течение 28 суток. Испытание образцов выполнялось в соответствии с ГОСТ 23789-79.

В результате проведенных исследований предложены составы гипсоизвестковувермикулитотуфобетонной смеси (табл. 1).

Таблица 1 - Соотношения компонентов в смеси и физико-механические свойства гипсобетонных огнезащитных составов

№№ составов	Соотношение компонентов в смеси, мас. %				Средняя плотность ρ, кг/м^3	Предел прочности, МПа	
	гипс	вермикулит	туфовый песок	известь		на сжатие	на изгиб
1	2	3	4	5	6	7	8
1	71,9	28,1	–	–	750	1,6	1,1
2	41,3	29,8	15,2	13,7	760	1,55	1,1
3	62,1	37,9	–	–	560	0,8	0,55
4	35,8	39,1	13,2	11,9	570	0,75	0,5

Из таблицы 1 следует, что использование негашеной извести в качестве возбудителя скрытой гидравлической активности туфового песка позволяет уменьшить расход гипса на 26,3-30,6 % без снижения прочности огнезащитного бетона. Кроме того, замедляются сроки схватывания и повышается коэффициент водостойкости гипсобетонных композитов.

Таблица 2 - Влияние добавки СДО на основные физико-механические свойства гипсоизвестковувермикулитотуфобетонного композита

№№ составов	Соотношение компонентов в смеси, мас. %				Количество СДО в % от массы вяжущего	Вода / вяжущее	Средняя плотность ρ, кг/м^3	Предел прочности, МПа	
	гипс	известь	туфовый песок	вермикулит				на сжатие	на изгиб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	41,3	13,7	15,2	29,8	–	1,25	760	1,55	1,1
2	41,3	13,7	15,2	29,8	0,1	1,15	740	1,6	1,05
3	41,3	13,7	15,2	29,8	0,15	1,1	725	1,65	1,1
4	41,3	13,7	15,2	29,8	0,2	1,1	720	1,65	1,1
5	41,3	13,7	15,2	29,8	0,3	1,08	715	1,60	1,05
6	35,8	11,9	13,2	39,1	–	1,55	570	0,75	0,55
7	35,8	11,9	13,2	39,1	0,1	1,45	560	0,8	0,55
8	35,8	11,9	13,2	39,1	0,15	1,35	540	0,85	0,6
9	35,8	11,9	13,2	39,1	0,2	1,3	540	0,85	0,6
10	35,8	11,9	13,2	39,1	0,3	1,25	535	0,8	0,55

С целью снижения средней плотности гипсоизвестковувермикулитотуфобетонных композитов, улучшения удобоукладываемости и повышения огнезащитных свойств было исследовано влияние воздухововлекающей добавки СДО в условиях равной подвижности смесей с добавкой и без нее, диаметр расплыва смеси 180 ± 5 мм (табл. 2).

Выявлено, что при содержании добавки СДО 0,15 – 0,2 % от массы вяжущего расход воды для смеси существенно уменьшается, средняя плотность бетонного композита снижается на 30-40 кг/м^3. При этом пределы прочности при сжатии и при изгибе композита с добавкой и без нее на 28 сутки остаются практически неизменными.

Для исследования огнезащитных свойств предлагаемых составов изготавливали армоцементные плиты с огнезащитным слоем. Исследования на огнестойкость проводили испытанием образцов размерами 190×190 мм на электрической печи в горизонтальном положении по температурному режиму «стандартного» пожара, регламентированному ГОСТ(ом) 30247.1–94. Предел огнестойкости по несущей способности (*R*) армоцементных плит оценивали по прогреву тканой сетки в конструктивном слое (на границе слоев) до 300 ^{o}С. Влажности мелкозернистого бетона армоцементного слоя и огнезащитного состава к моменту испытаний составляли соответственно 3 – 4 % и 8 – 10 %. Во время огневых испытаний двухслойных элементов нарушений их целостности не обнаружено.

Результаты испытаний на огнестойкость армоцементных плит с гипсовермикулитобетонным огнезащитным слоем представлены на рис. 1.

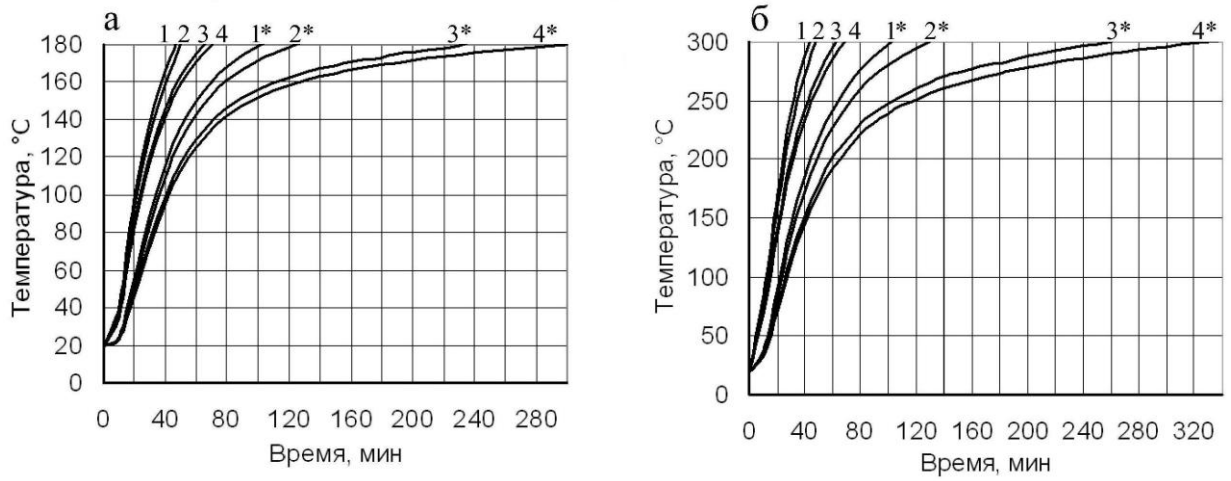


Рисунок 1 - Экспериментальные кривые изменения температуры на необогреваемой поверхности (а) и на уровне тканой сетки (б) двухслойных армоцементных образцов:

1, 3 – гипсовермикулитобетонные композиты со средней плотностью 750 кг/м^3 и 560 кг/м^3 соответственно, толщиной слоя 15 мм; 1*, 3* – то же, толщиной 25 мм;

2, 4 – гипсоизвестковувермикулитотуфобетонные композиты со средней плотностью 720 кг/м^3 и 540 кг/м^3 соответственно, толщиной слоя 15 мм; 2*, 4*– то же, толщиной 25 мм

Из рисунка 1 следует, что разработанные гипсоизвестковувермикулитотуфобетонные композиты обеспечивают более высокие пределы огнестойкости армоцементных плит по сравнению с гипсовермикулитобетонными. Это объясняется образованием гидросиликатов тоберморитовой группы, железистого волластонита и аллофана, обладающие более высокими жаростойкими свойствами по сравнению с двуводным гипсом [3]. Кроме того, добавка СДО дополнительно поризует гипсоизвестковувермикулитотуфобетонный композит, что способствует повышению огнезащитных свойств. Наиболее высокими огнезащитными свойствами обладают составы со средней плотностью 540 кг/м^3.

Изучение огнестойкости строительных конструкций испытаниями по «стандартному» температурному режиму представляет собой трудоемкую задачу, для

решения которой требуется дорогостоящее оборудование. В этой связи большое значение имеют расчетные методы определения пределов огнестойкости конструкций. Нами разработаны алгоритм и программное обеспечение теплотехнического расчета предела огнестойкости многослойных строительных конструкций, обеспечивающие приемлемое совпадение расчетных значений с экспериментальными [4]. Зависимость предела огнестойкости армоцементных конструкций от толщины и состава композита, полученная расчетным методом, приведена на рис. 2.

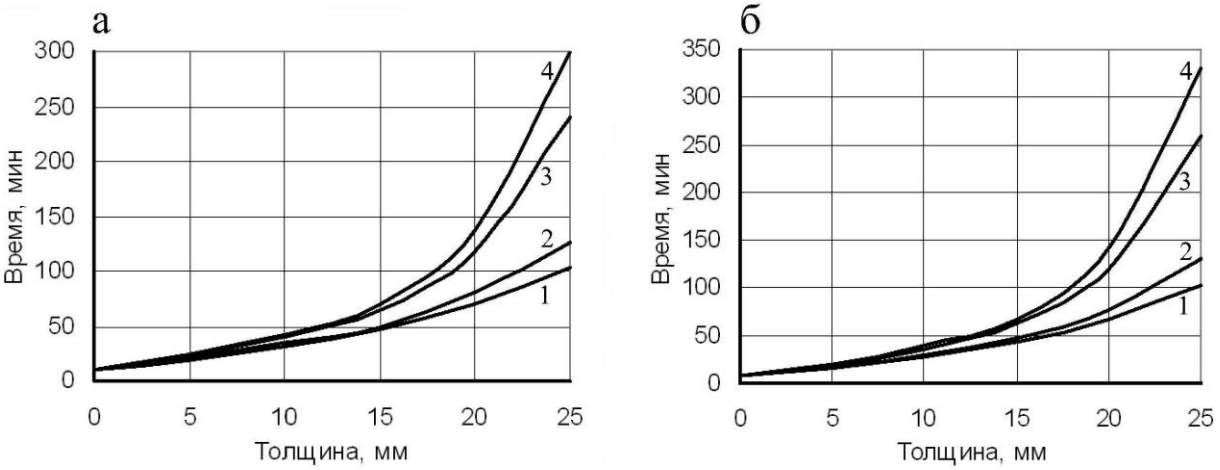


Рисунок 2 - Зависимость предела огнестойкости двухслойных армоцементных элементов по признаку потери теплоизолирующей способности (а) и потери несущей способности (б) от толщины и состава гипсобетонного слоя (1, 2, 3, 4 – см. рис. 1)

Разработанные гипсоизвестковувермикулитотуфобетонные композиты имеют такие недостатки как хрупкость, относительно низкая прочность на изгиб и сжатие. Для получения композитов с улучшенными прочностными и другими характеристикам было исследовано влияние параметров фибрового армирования базальтовыми волокнами на их свойства с применением ротатабельного плана второго порядка типа правильного шестиугольника. Соотношение компонентов матрицы для изготовления фиброгипсоизвестковувермикулитотуфобетонного композита, мас. %: гипсовое вяжущее – 35,8; вспученный вермикулит – 39,1; туфовый песок – 13,1; негашеная известь – 11,9; СДО – 0,1. В качестве исследуемых факторов были приняты основные параметры дисперсного армирования: X_1 – процент армирования по объему μ_v, %; X_2 – отношение длины волокон к их диаметру l/d. В качестве параметров оптимизации рассматривались: Y_1 – предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа; Y_2 – предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа (табл. 3).

Таблица 3 - *Матрица эксперимента*

№№	Натуральные переменные		Матрица эксперимента				
	x_1	x_2	X_1	X_2	X_1^2	X_2^2	X_1*X_2
1	0,30	1444	-1	0	+1	0	0
2	0,9	1444	+1	0	-1	0	0
3	0,75	2221	+0,5	+0,87	+0,25	+0,75	+0,43
4	0,75	667	+0,5	-0,87	+0,25	+0,75	-0,43
5	0,45	2221	-0,5	+0,87	+0,25	+0,75	-0,43
6	0,45	667	-0,5	-0,87	+0,25	+0,75	+0,43
7	0,6	1444	0	0	0	0	0

Получены следующие уравнения регрессии в кодированном виде:

$$Y_1 = 1 + 0{,}09X_1 + 0{,}014X_2 - 0{,}2X_1^2 - 0{,}21X_2^2 + 0{,}03X_1X_2;$$

$$Y_2 = 1{,}1 - 0{,}083X_1 - 0{,}075X_1^2 - 0{,}275X_2^2 + 0{,}058X_1X_2.$$

По уравнениям регрессии построены поверхности отклика (рис. 3).

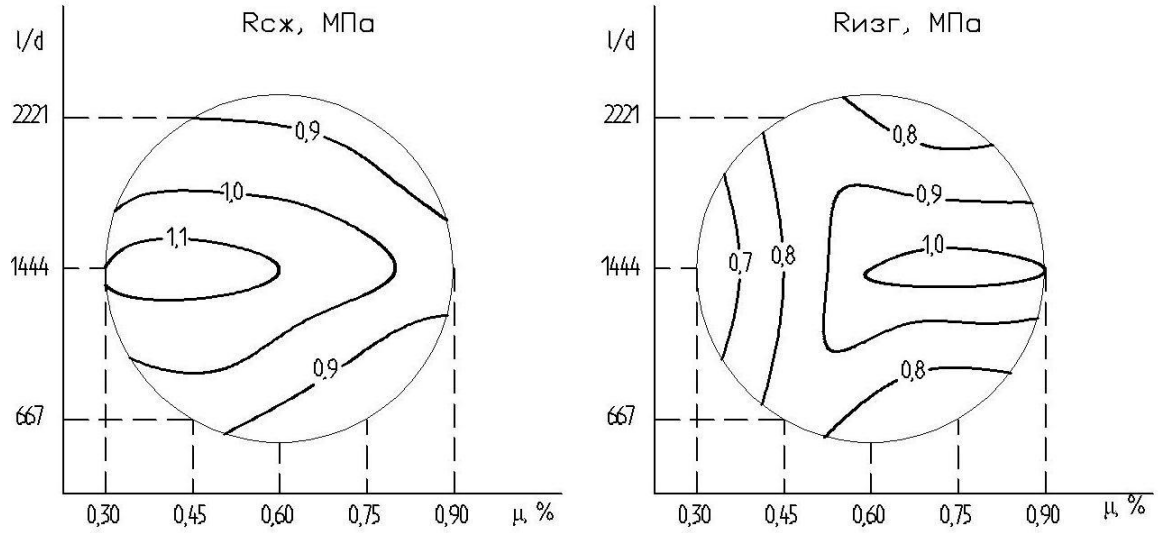


Рисунок 3 - Поверхности отклика:
$R_{сж}$ – предел прочности на сжатие, МПа; $R_{изг}$ – предел прочности при изгибе, МПа;
l/d – отношение длины волокон к их диаметру; μ − процент армирования по объему

Анализ полученных уравнений и поверхностей отклика показал, что наибольшие значения прочности на сжатие наблюдаются в области плана с $\mu_v \approx 0.45\%$ и $l/d = 1444$, а прочности на изгиб – $\mu_v \approx 0.75\%$ и $l/d = 1444$ Дальнейшее увеличение процента армирования приводит к снижению прочности, что объясняется нарушением структуры фиброгипсоизвестковувермикулитотуфобетонного композита.

Были проведены исследования огнезащитных свойств разработанного фиброгипсоизвестковувермикулитотуфобетонного композита, армированного базальтовыми волокнами, по ранее описанной методике и получены следующие кривые (рис. 4). Толщины армоцементного и огнезащитного слоев составляли 20 мм.

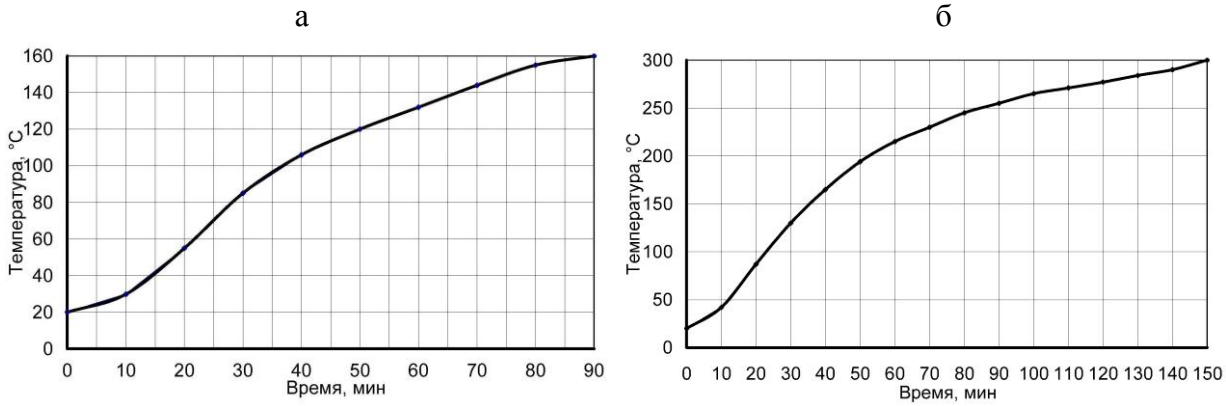


Рисунок 4 - Экспериментальные кривые изменения температуры на необогреваемой поверхности (а) и на уровне тканой сетки (б) двухслойных армоцементных образцов с фиброгипсоизвестковувермикулитотуфобетонным слоем

Из результатов испытаний следует, что армирование базальтовыми волокнами гипсоизвестковувермикулитотуфобетонной матрицы повышает огнезащитные свойства. Армирование исходной матрицы со средней плотностью 540 кг/м^3 базальтовыми волокнами позволяет уменьшить толщину огнезащитного слоя с 25 мм до 20 мм.

Известно, что последовательность загрузки материалов в смеситель существенно влияет на свойства вермикулитобетонов. Нами рассматривались два способа приготовления смеси:

1) после подачи воды с добавкой СДО в смеситель одновременно загружали предварительно перемешанную всухую смесь гипса, негашеной извести, туфового песка, базальтового волокна и вспученного вермикулита.

2) после подачи воды с добавкой СДО в смеситель вначале загружается предварительно перемешанная всухую смесь гипса, негашеной извести, туфового песка и базальтового волокна, предварительно готовят смесь, а затем добавляют вспученный вермикулит и окончательно перемешивают.

Оба способа приготовления смеси обеспечивают качественную распушку и равномерное распределение базальтовых волокон в литых смесях. Но для литых смесей предпочтительнее второй способ, так как обеспечивает лучшее обволакивание зерен вермикулита и способствует «самовакуумированию» композита, что способствует повышению прочности. При первом способе прочность композита ниже из-за того, что часть вяжущего попадает в поры заполнителя, в результате чего прослойка вяжущего между отдельными зернами оказывается сравнительно тонкой. При приготовлении более жестких фиброгипсоизвестковувермикулитотуфобетонных смесей порядок введения компонентов в смеситель возможен только первым способом. При иной последовательности загрузки компонентов происходит комкование смеси.

Влияние способа приготовления фиброгипсоизвестковувермикулитотуфобетонной смеси при формовании изделий методом литья на прочность композита приведено в табл. 4. Композиты имели среднюю плотность 530-540 кг/м^3 при проценте армирования базальтовыми волокнами по объему $\mu_v \approx 0.45\%$ и отношении длины волокон к диаметру $l/d = 1444$.

Таблица 4 - Зависимость прочности фиброгипсоизвестковувермикулитотуфобетонного композита от способа приготовления смеси

Способ приготов-ления	Соотношение компонентов в смеси, мас. %					Вода / вяжущее	Предел прочности, МПа	
	гипс	верми-кулит	туфовый песок, d<0,14 мм	известь	СДО		на сжатие	на изгиб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	35,8	39,1	13,1	11,9	0,1	1,45	0,95	0,7
2	35,8	39,1	13,1	11,9	0,1	1,35	1,1	0,8

Исследовалось влияние способа формования на прочностные характеристики фиброгипсоизвестковувермикулитотуфобетонного композита. Рассматривались метод литья, вибрирование на виброплощадке и вибрирование с инерционным пригрузом (табл. 5). Композиты имели среднюю плотность 540-570 кг/м^3 при проценте армирования базальтовыми волокнами по объему $\mu_v \approx 0.45\%$ и отношении длины волокон к диаметру $l/d = 1444$.

Таблица 5 - Зависимость прочности фиброгипсоизвестковувермикулитотуфобетонного композита от способа формования

Способ формования	Соотношение компонентов в смеси, мас. %					Вода / вяжущее	Предел прочности, МПа	
	гипс	верми-кулит	туфовый песок, d<0,14 мм	известь	СДО		на сжатие	на изгиб
1	2	3	4	5	6	7	8	9
литьевой	35,8	39,1	13,1	11,9	0,1	1,35	1,1	0,8
вибрирование	35,8	39,1	13,1	11,9	0,1	1,20	1,3	0,95
вибрирование с пригрузом	35,8	39,1	13,1	11,9	0,1	1,05	1,6	1,2

Для изготовления изделий из огнезащитного композита предпочтительнее метод литья, поскольку при этом смятие вспученного вермикулита происходит в меньшей степени, что обеспечивает более высокие огнезащитные свойства. Изготовление тонкостенных огнезащитных плит вибрированием на виброплощадке не представляется возможным. Результаты экспериментов показывают, что использование методов вибрирования и вибропрессования позволяют повысить прочность композита в 1,2-1,5 раза по сравнению с литьевым способом.

Таким образом, разработаны эффективные составы и способы приготовления огнезащитных гипсобетонных композитов с применением вспученного вермикулита и туфового песка. Наиболее высокими огнезащитными свойствами обладают композиты со средней плотностью 540-570 кг/м^3. Выявлено оптимальное соотношение составляющих композитов.

Библиографический список:

1. Руководство по выполнению огнезащитных и теплоизоляционных штукатурок механизированным способом. М.: Стройиздат, 1977. – 46 с.
2. Хежев Т.А., Пухаренко Ю.В., Хежев Х.А. Бесцементные бетоны с применением вулканических горных пород // Вестник гражданских инженеров. – СПбГАСУ. – №1 (26). – 2011. – С. 107-114.
3. Хежев Х.А. Влияние зернового состава туфового песка на свойства гипсобетонных композитов // Материалы I-ого Международного конгресса молодых ученых (аспирантов, докторантов) и студентов. – Санкт-Петербург. – СПбГАСУ. – 2012. – С. 115-117.
4. Хежев Т.А., Культербаев Х.П. Теплотехнический расчет огнестойкости многослойных строительных конструкций // Вестник Кабардино-Балкарского гос. ун-та. (Сер. «Технические науки», вып. 4). Нальчик: КБГУ, 2000. – С. 9-11.

УДК 666.946

Мантуров З.А.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗОБЖИГОВОГО КАРБОРУНД-ШАМОТ-СИЛИКАТ-НАТРИЕВОГО КОМПОЗИЦИОННОГО ВЯЖУЩЕГО

Manturov Z.A.

PHYSIC-CHEMICAL AND DILATOMETRIC STUDIES UNBURNING CARBORUNDUM-SHAMOTTE-SILICATE-SODIUM COMPOSITE ASTRINGENT

В работе приведены результаты физико-химических и дилатометрических исследований при различных температурах безобжигового силикат-натриевого композиционного вяжущего на основе тонкомолотых карборунда, низкожженного шамота и безводного силиката натрия; выявлен качественный состав новообразований в композиционном вяжущем при различных температурах, которые хорошо согласуются с закономерностями взаимодействия карборунда с щелочью до рабочих температур и окисления последнего в период первого разогрева и эксплуатации.

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

In this work the results of physic-chemical and dilatometric studies at different temperatures non-burning silicate-sodium composite binder on the basis of milled carborundum, dehydrated chamotte and anhydrous sodium silicate.

The qualitative structure of new growths in composite knitting is revealed at various temperatures which will well be coordinated with laws of interaction of a carborundum with alkali to operating temperatures and oxidation of the last in the first warming up and operation.

***Key words:** anhydrous silicate of sodium, lump of silicate, silicate-sodium composite knitting, carborundum, chamotte*

Высокая энергоемкость клинкерных вяжущих веществ, используемых для получения жаростойких бетонов, диктует острую необходимость разработки и реализации новых эффективных вяжущих, прежде всего безобжиговых.

В этом плане эффективны жидкостекольные композиции, которые широко используются для получения жаростойких бетонов с температурой применения от 300 до 1700°С, средней плотностью от 500 до 3000 кг/м^3 и стойкостью в некоторых агрессивных средах [1]. Однако жаростойкие бетоны на жидком стекле содержат большое количество жидкого стекла (300–500 кг на 1 м^3 бетона), что сопряжено с достаточно высоким содержанием воды в бетонной смеси (300 и более литров) и необходимостью введения в шихту значительного количества тонкомолотых добавок-отвердителей и огнеупорных добавок (более 500 кг на 1 м^3 бетона).

Использование безводного силиката натрия (силикат-глыбы) в качестве одного из компонентов композиционного вяжущего открывает широкие перспективы для создания безобжиговых жаростойких материалов и позволяет при правильном подборе других компонентов вяжущего синтезировать материалы по своему химическому и фазовому составам, а также по свойствам аналогичные применяющимся на практике обжиговым огнеупорам [2–6]. Вяжущие свойства этих композиций проявляются главным образом за счет приобретения безводным силикатом натрия адгезионных свойств, определяющих клеящую способность этого компонента (до 95°С), и когезионной прочностью клеевых

контактов (до 200°С), прочность и долговечность которых в свою очередь зависят от условий их образования.

Объектом исследований в данной работе является карборунд-шамот-силикат-натриевое композиционное вяжущее оптимального состава 30:55:15 (карборунд:шамот:силикат-глыба) прочностью на сжатие после сушки 30-32 МПа, а в нагретом состоянии при 1200°С – более 5 МПа [4].

Тонкомолотый шамот, используемый нами в качестве компонента композиционного вяжущего, имел следующий химический состав, масс. %: Al_2O_3 - 20.22; SiO_2 - 64.44; TiO_2 - 0.89; Fe_2O_3 - 3.52; CaO - 0.31; MgO - 0.24; Na_2O – 0.21; K_2O – 1.21; п.п.п. - 8.96.

Технический карбид кремния (карборунд) марки 54С плотностью 3.2 г/см^3, используемый нами в качестве одного из компонентов композиционного вяжущего, имел следующий химический состав, масс. %: SiC-96.21; $Si_{св}$-0.4; (Al+Fe) - 1.05; CaO - 0.6; $C_{св}$ - 0.13; SiO_2 - 0.94 (%).

Основным цементирующим компонентом силикат-натревого композиционного вяжущего является силикат-глыба (безводный силикат натрия), который имел следующий химический состав, масс. %: SiO_2 - 72.00; Na_2O - 26.50; Al_2O_3 - 0.20; Fe_2O_3 - 0.04; CaO - 0.10; MgO - 0.07; п.п. - 1.09. Силикатный модуль – 2,8.

Синтез высокоогнеупорных соединений в данном случае, в отличие от обжиговых огнеупоров, происходит непосредственно в самом тепловом аппарате в процессе первого разогрева и эксплуатации. Поэтому в исследуемой жаростойкой силикат-натриевой композиции происходят физико-химические процессы, связанные с дегидратацией вяжущего, образованием новых химических соединений, полиморфными превращениями, жидкостным спеканием и др.

С целью более глубокого исследования свойств карборунд-шамот-силикат-натриевого композиционного вяжущего нами были проведены рентгеноструктурный и дилатометрический анализы при различных температурах нагрева.

Рентгеноструктурные исследования проводились с использованием рентгеновского дифрактометра общего назначения ДРОН-2.0 на отфильтрованном Cu излучении рентгеновской трубки БСВ-9 с напряжением на аноде 35 кВ и током 20 мА. Образец и счетчик вращались автоматически в горизонтальной плоскости вокруг общей вертикальной оси с соотношением скоростей: $V_{сч} = 2V_{обр}$, где Vсч - скорость вращения счетчика, град/мин; $V_{обр}$ - скорость вращения образца, град/мин.

При этом счетчик измеряет интенсивность дифракционной картины в диапазоне 2500 ИМП/сек с постоянной времени РС = 5 сек последовательно под разными углами отражения в интервале углов 2θ = 20-60 °С. Идентификация рентгенограмм исследуемых составов осуществлялась при помощи «Рентгенометрической картотеки», издаваемой Американским обществом по испытанию материалов ASTM.

Рентгенограммы исследуемой нами жаростойко вяжущей композиции оптимального состава, нагретой до 200, 800, 1250 и 1450°С соответственно приведены на рис.1-2.

При сравнении этих рентгенограмм отмечается некоторое увеличение аморфного вещества вяжущего, нагретого до 800°С (рис.1., б), по сравнению с вяжущим, нагретым до 200°С (рис.1.,а). Это объясняется растворением под действием щелочи части кварца, присутствующего в шамоте. Однако интенсивность линий кварца (dA - 1,81; 3,35; 4,26) не уменьшается, что объясняется взаимодействием щелочи с тонкомолотым карборундом. Последнее хорошо согласуется с ранее проведенными исследованиями [2, 3], согласно которым защитная силикатная пленка образуется на частицах карборунда еще до температур его окисления. При этом интенсивность линий карборунда (dA-2,63; 2,59; 2,51; 2,36; 2.17) снижается.

На рентгенограмме исследуемого композиционного вяжущего, нагретого до 1250°С (рис.2., б), обнаружены линии муллита (dA – 2.20; 2.29; 2.54; 2.68; 2.89; 3.42), кристобалита (dA – 4.09; 2.12) и кварца (dA-1.81; 3.35; 4.26). При этом, по сравнению с рентгенограммой вяжущего, нагретого до 800°С, отмечается заметное снижение

интенсивности линий кварца и кристобалита. Это, по-видимому, объясняется воздействием на систему оксида натрия, поскольку тот, образуя стеклофазу с кварцем, препятствует выделению кристобалита. При увеличении температуры обжига до 1450°С (рис.2., а) на рентгенограмме обнаружен рост интенсивности линий кристобалита (dA – 4.09; 2.12) и почти исчезновение линии кварца (dA - 4.26). Это явление объясняется тем, что при этой температуре интенсивно кристаллизуется кристобалит из аморфного кремнезема, полученного при дегидратации геля кремниевой кислоты. Что касается линий кварца, то они исчезают вследствие его перехода в аморфную форму (стеклофазу) под действием оксида натрия, т.е. кварц превращается в высокомодульный силикат натрия. При этом огнеупорность силикат-натриевой композиции, согласно работам [2, 3] повышается.

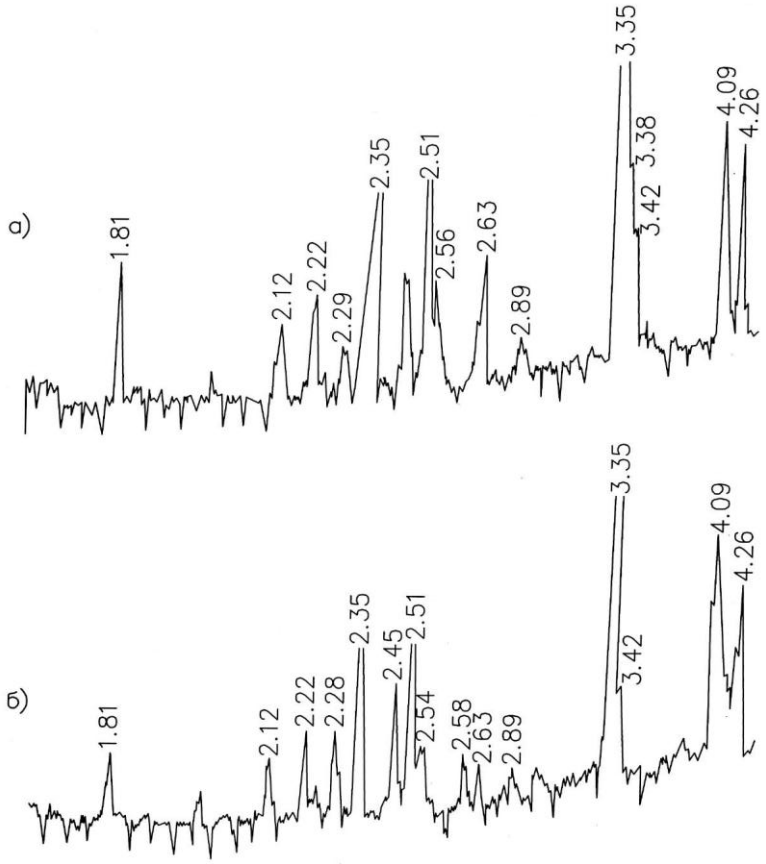


Рисунок 1 - Рентгенограммы карборунд-шамот-силикат-натриевого композиционного вяжущего после обжига при 200°С (а) и 800°С (б)

Наряду с необратимыми изменениями размеров в результате нагревания при высоких температурах жаростойких композиций большое значение имеет обратимое термическое расширение, характеризуемое температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) [2, 3]. Поэтому нами далее для исследования этих процессов проведены также дилатометрические исследования образцов безобжигового жаростойкого композиционного вяжущего.

Дилатометрические исследования проводились на кварцевом дилатометре ДКС–900, который позволяет изучать образцы, как в стационарных, так и в динамических режимах при температурах до 900°С. В данной работе эти исследования проводили в динамическом режиме на трех образцах карборунд-шамот-силикат-натриевого композиционного вяжущего в виде прямоугольного параллелепипеда с высотой 10 мм и основанием 6х6 мм при первом нагревании и на этих же образцах при повторном нагревании, результаты которых приведены в таблице. Значения относительного

удлинения для первого и повторного нагревания определены как среднее арифметическое трех измерений при исследуемых температурах.

ТКЛР исследуемого жаростойкого карборунд-шамот-силикат-натриевого композиционного вяжущего определяли при скорости нагревания свободно стоящего образца 3°С/мин.

По полученным значениям относительного удлинения исследованных образцов жаростойкого силикат-натриевого композиционного вяжущего вычислялись интегральные значения ТКЛР по формуле $\alpha = (\varepsilon_i - \varepsilon_1) / (T_i - T_1)$ и ее дифференциальные значения по формуле $\alpha_d = (\varepsilon_{i+1} - \varepsilon_i) / (T_{i+1} - T_i)$. Под интегральными значениями ТКЛР здесь подразумеваются абсолютные его значения во всем диапазоне от исходной до заданной температуры, а под дифференциальными - приращения его значений в двух последующих испытаниях. Значения относительного удлинения ε, интегральных α, и дифференциальных α_d значений ТКЛР предварительно нагретых, ненагретых и повторно нагретых образцов жаростойкого бетона приведены на рис.3.

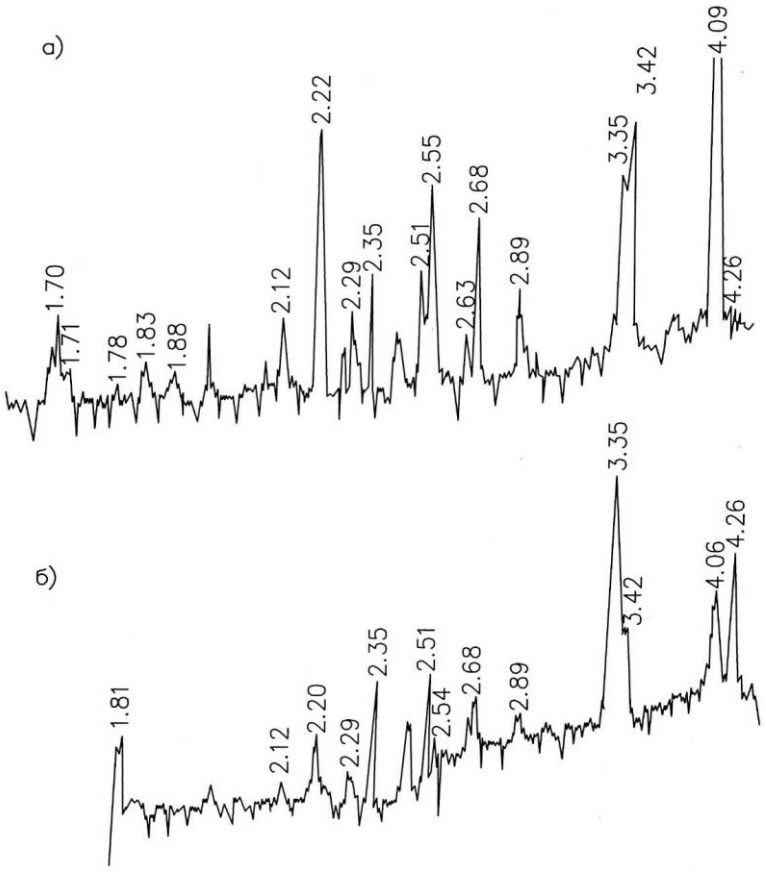


Рисунок 2 - Рентгенограммы карборунд-шамот-силикат-натриевого композиционного вяжущего после обжига при 1250°С (а) и 1450°С (б)

Относительное удлинение ε в зависимости от температуры у образцов после первого и повторного нагревания и у предварительно нагретого образца при первом нагревании изменяется линейно до 600°С и для каждого образца соответственно составляет – "+"0.385%; "+"0.419% и для образца после обжига при первом нагревании от 700 до 850°С дает резкую усадку, и при 850°С она равна "-"0.486%, а затем до 900°С наблюдается резкое расширение и при 900°С ε составляет "-"0.0798%.

Из анализа таблицы видно, что усадка, которую дает композиционное вяжущее, начиная с 400°С и до 900°С, становится больше температурного расширения. Однако первоначальные размеры в образцах при повторном нагревании и в предварительно

нагретых не восстанавливаются при 680°С, а уменьшение в объеме прекращается при 850°С.

Из графиков зависимости абсолютных значений ТКЛР от температуры (см. рис.3.) видно, что у всех испытанных образцов одинаковое расширение наблюдается до 200°С, и ТКЛР составляет в среднем "+"7.4×10^{-6} c^{-1}. При повышении температуры до 600°С заметно почти одинаковое плавное уменьшение в объеме всех образцов, т.е. нет резкого различия между влажным и предварительно нагретым образцом. ТКЛР при 600°С составляет для влажного образца "+"6.64×10^{-6} c^{-1}, для повторно нагреваемого "+"7.24 и для предварительно нагретого - "+"6.65×10^{-6} c^{-1}. От 600°С до 900 °С графики зависимости «α–Т» изменяются так же, как и графики зависимости «ε–Т» при этих же температурах. Такая же картина характерна и для графиков зависимости дифференциальных значений ТКЛР от температуры (см. рис. 3.). Отсутствие резкого уменьшения линейных размеров в интервале температур 20-600°С объясняется тем, что в композиционном вяжущем до 600°С сохраняется химически связанная вода, а также отсутствуют какие-либо кристализационные процессы. Интенсивное удаление химически связанной воды наблюдается в интервале от 600 до 700°С и тут же, начиная с температуры 700°С до 850°С возможно кристаллизуется кварц. Резкое расширение образцов в интервале от 850°С до 900°С возникает, вероятно, в результате размягчения аморфной стеклофазы. Однако решающее влияние на расширение оказывает модификационное превращение α-кварца в β-тридимит при температуре 1000°С. В присутствии щелочей отмечено прямое превращение кварца в тридимит при 872-893 °С [2, 193].

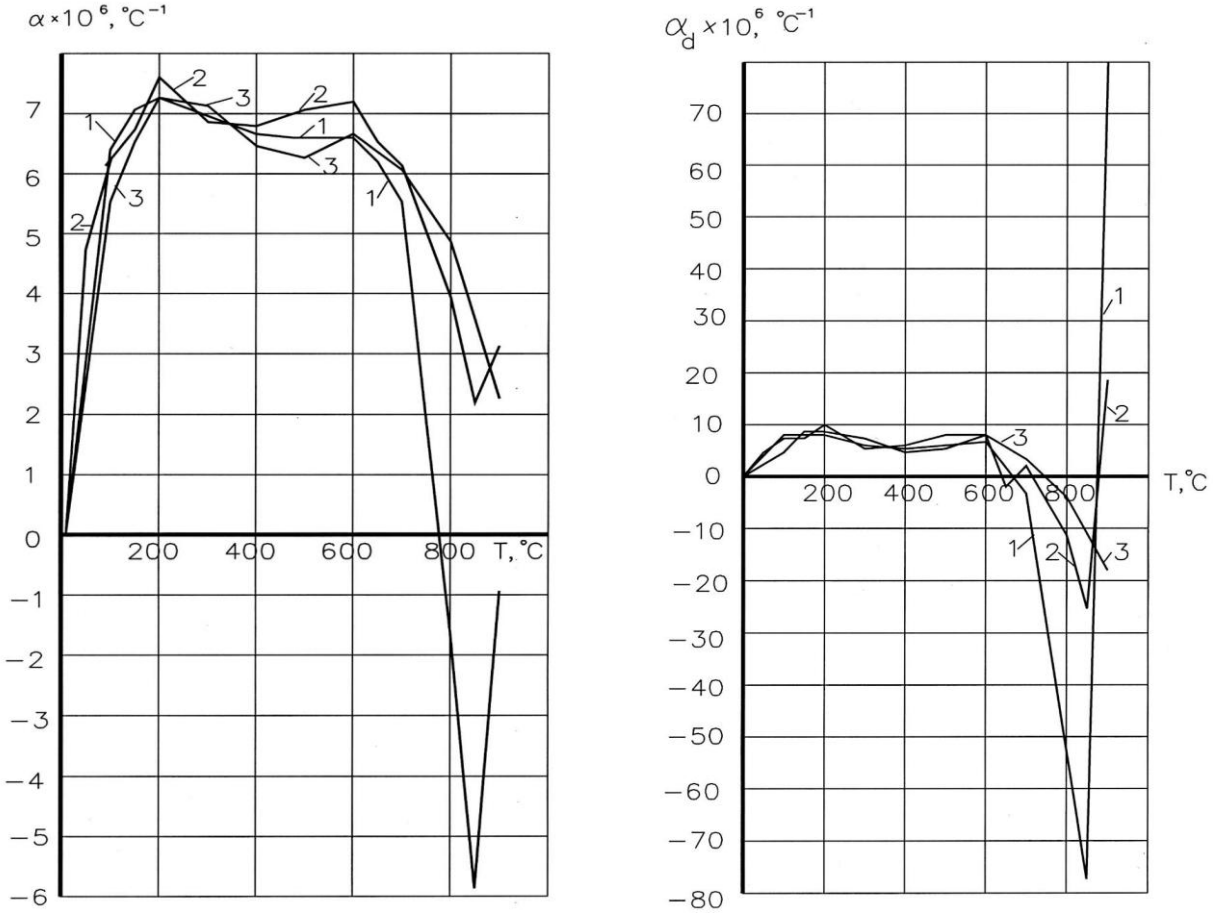


Рисунок 3 - Зависимость интегральных α и дифференциальных значений температурных коэффициентов линейного расширения карборунд-шамот-силикат-натриевого композиционного вяжущего от температуры 1 – первый нагрев; 2 – второй нагрев; 3 – после обжига 1350°С.

Таблица 1 - Значения относительного удлинения образцов из жаростойкого карборунд-шамот-силикат-натриевого композиционного вяжущего

Температура, °С	Относительные удлинения $\varepsilon=\Delta l/l_0\times10^6$		
	Образец исходный, 1-й нагрев	Образец исходный, 2-й нагрев	Образец после обжига при 1350°С
20	0	0	0
50	114	143	–
100	514	496	438
150	917	873	860
200	1316	1317	1311
300	1957	1928	2003
400	2545	2573	2467
500	3168	3405	3022
600	3851	4197	3857
650	3917	4115	–
700	3755	4186	4176
800	– 985	3061	3790
850	– 4858	1809	–
900	– 798	2750	1999

Представляет интерес сохранение химически связанной воды в геле кремниевой кислоты до 600°С. Предположительно это явление объясняется увеличением содержания кремнезема в стеклофазе, который, обволакивая вместе со всеми частицами и гель кремниевой кислоты, закупоривает их в микрообъемах и тем самым препятствует удалению воды из геля до температур размягчения этой оболочки. Надо полагать, что эти оболочки по минералогическому составу представляют собой низкоосновные (высокомодульные) силикаты натрия.

По-видимому, под действием щелочи разрушается поверхность карборундовых частиц и образуется кремнеземистая пленка, т.е. появляется дополнительное количество геля кремниевой кислоты на карборундовых частицах, а поверх кремнеземистой пленки образуется силикатная. Силикатная пленка под действием натрия возникает и на поверхности шамота, но ее меньше.

Плавная усадка от 200 до 600°С на кривой (см. табл.1) объясняется, по-видимому, разрушением силикатной пленки на шамотных частицах и уплотнением их после потери шамотом физически связанной воды. Все это дает основание полагать, что в исследуемой жаростойкой композиции аморфная фаза стекла за счет карборунда становится более кремиеземистой, чем стеклофаза шамот-силикат-натриевой композиции без карборунда. Таким образом, карборунд, вероятно, способствует увеличению кремнеземистого модуля стеклофазы, за счет чего в свою очередь повышается температура службы исследуемой жаростойкой силикат-натриевой композиции, следовательно, и жаростойкого бетона на его основе.

Таким образом, в результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований жаростойкого безобжигового карборунд-шамот-силикат-натриевого композиционного вяжущего выявлен качественный состав новообразований при различных температурах, которые хорошо согласуются с известными данными образования муллита, модификационных изменений кремнезема, тридимита и кристобалита, а также закономерностями взаимодействия карборунда с щелочью до рабочих температур и окисления последнего в период первого разогрева и эксплуатации, что способствует образованию прочных контактов. Кроме того, физико-химические

процессы, происходящие в исследуемом композиционном вяжущем при различных температурах нагрева, согласуются с результатами его дилатометрических исследований.

Библиографический список:

1. Новое в технологии жаростойких бетонов/ под ред. К.Д. Некрасова.– М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1981.– 110 с.
2. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций.– М.: Стройиздат, 1988.– 208 с.
3. Жаростойкий бетон на основе композиций из природных и техногенных стекол/ Ю.П. Горлов, А.П. Меркин, М.И. Зейфман, Б.Д.Тотурбиев.– М.: Стройиздат, 1986.– 144с.
4. Мантуров З.А. Карборунд-шамот-силикат-натриевое композиционное вяжущее как основа для получения безобжиговых жаростойких теплоизоляционных материалов // Вестник Дагестанского государственного технического университета, №23.– Махачкала, 2011. С.117–126.
5. Мантуров З.А. Безобжиговое композиционное вяжущее из местных кремнистых пород и безводного силиката натрия модифицированное щелочесодержащей добавкой // Фундаментальные исследования.– 2012.– №11.– С.153–157.
6. Мантуров З.А. Исследование клеящей способности безобжигового жаростойкого композиционного вяжущего на безводном силикате натрия // Естественные и технические науки.– 2012.– №4 (60).– С.371–373.

УДК 539.3:624.04

Муртазалиев Г.М., Акаев А. И., Пайзулаев М. М.

ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА ПОСЛЕКРИТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

Murtazaliyev G.M., Akaev A.I., Payzulaev M.M.

MAIN RATIOS OF THE INITIAL STAGE OF POSLEKRITICHECHKY OF DEFORMATION OF DESIGNS

Несмотря на громадное количество работ теоретического и экспериментального характера, проблема классификации явлений потери устойчивости строительных конструкций по группам предельных состояний, ни в теоретическом ни в практическом отношениях полностью еще не решена и она остается привлекательной, сложной и актуальной проблемой строительной механики.

Ключевые слова: *потеря устойчивости, послекритическое поведение, предельные состояния, точка бифуркации.*

Despite enormous number of works of theoretical and experimental character, the problem of classification of the phenomena of loss of stability of construction designs on groups of limit conditions neither in theoretical nor in practical the relations completely isn't solved yet and it remains an attractive, complex and actual problem of construction mechanics.

Key words*: stability loss, postcritical behavior, limit conditions, bifurcation point.*

В существующем нормативном документе (1), устанавливающем основные положения по расчету строительных конструкций, оснований всех видов зданий и сооружений на силовые воздействия, явление потери устойчивости формы равновесия отнесено к первой или ко второй группе предельных состояний, ставшее предметом

обсуждений на страницах научно-технической литературы (2,3).

Для однозначного ответа на поставленный вопрос следует исследовать характер начального этапа послекритического (послебифуркационного) деформирования строительных конструкции на основе решения задачи в более высоком приближении, чем это требуется в задачах определения критических значений нагрузок.

В предыдущих работах автора (4,5) приводится схема вывода уравнений начального этапа послекритического деформирования на примере класса пологих оболочек, основанных на общих идеях послекритического поведения конструкций, содержащихся в работе В. Т. Койтера (6,7). При этом имеются следующие отличия от указанных работ.

1. Как в работах В.Т. Койтера, так и во многих последующих работах рассматриваются случаи линейного начального состояния конструкций, что значительно упрощает решение задачи. Здесь же рассматривается анализ с учетом нелинейных эффектов исходного докритического процесса.

2. Решение задачи послекритического деформирования осуществляется для случая независимых форм выпучивания, т.е. для случая простых (не кратных) форм выпучивания.

Учет взаимодействия форм выпучивания может стать необходимым при исследовании равновесных состояний, находящихся вне ближайшей окрестности критической точки. Поскольку в данной работе изучается характер начального этапа послекритического деформирования на основе некоторых критериев теории ветвления решений нелинейных уравнений, вопросы взаимодействия форм выпучивания, а также вопросы вторичного и последующих ветвлений устойчивых послекритических решений не рассматриваются.

При этих предположениях более общее понятие послекритического поведения конструкции (поведение после ветвления равновесных форм) может быть заменено конкретным - послебифуркационное поведение (после раздвоения равновесных форм), которое и используется ниже.

Рассмотрим вкратце основные соотношения, описывающие поведение конструкций во всех трех указанных выше этапах напряженно-деформированного состояния:

- на начальном (исходном, добифуркационном) этапе нелинейного деформирования;
- в момент бифуркации исходной равновесной формы;
- на начальном этапе послебифуркационного деформирования.

Обобщенные напряжения, деформации и перемещения, характеризующие поведение конструкций, обозначим через σ, ε и соответственно амплитуду приложенной нагрузки, пропорциональную значению параметра нагрузки λ - через P.

Напряженно-деформированное состояние упруго – нелинейного деформирования конструкций описывается следующими тремя группами уравнений:

- геометрическими, имеющими вид нелинейных зависимостей между компонентами тензора деформации и вектора перемещений

$$\varepsilon = L_1(u) + \frac{1}{2} L_2(u), \tag{1}$$

где $L_1(u)$ и $L_2(u)$ - однородные функционалы, линейный и квадратичный относительно u соответственно;

- физическими, которые примем в виде

$$\sigma = \Omega(\varepsilon), \tag{2}$$

где $\Omega(\varepsilon)$ - линейный однородный функционал компонент деформаций;

- статическими, получаемыми из принципа возможных перемещений, записанного в виде равенства работ всех внешних и внутренних сил на любых кинематически возможных перемещениях точек конструкции

$$\sigma \cdot \delta\varepsilon = P \cdot \delta u, \tag{3}$$

где $\delta\varepsilon$ и δu - возможные перемещения.

Предположим, что послебифуркационные равновесные состояния конструкции, характеризуемые величинами σ, ε, u, выражается через величины исходного (основного) равновесного состояния σ_0, ε_0, u_0 при той же самой величине параметра нагрузки следующим образом:

$$\begin{aligned} \sigma &= \sigma_0 + \xi\sigma_1 + \xi^2\sigma_2 + ..., \\ \varepsilon &= \varepsilon_0 + \xi\varepsilon_1 + \xi^2\varepsilon_2 + ..., \\ u &= u_0 + \xi u_1 + \xi^2 u_2 + ..., \end{aligned} \tag{4}$$

где σ_0, ε_0, u_0 - являются нелинейными функциями параметра нагрузки λ, определяемыми из решения исходной нелинейной краевой задачи, в то время как σ_k, ε_k, u_k не зависят от λ и ξ;

σ_k, ε_k, u_k - дополнительные напряжения, деформации и перемещения, обусловленные возникновением побочной равновесной формы при значении параметра нагрузки λ равном λ_{cr}, соответствующему точке бифуркации исходной равновесной формы;

ξ - бесконечно малый скалярный параметр.

В качестве параметра ξ принимается отношение амплитуды A формы выпучивания u_1 к толщине оболочки h: ξ=A/h.

Ряды (4) предполагаются сходящимися в окрестности критической точки бифуркации, т.е. при $\lambda=\lambda_{cr}$ и $\xi=0$.

Подставляя ряды (4) в уравнения (1÷3) и группируя слагаемые по степеням параметра ξ получим:

$$\begin{aligned} &\varepsilon_0 - L_1(u_0) - L_2(u_0)/2 + \xi\left[\varepsilon_1 - L_1(u_1) - L_{11}(u_0,u_1)\right] + \\ &+ \xi^2\left[\varepsilon_2 - L_1(u_2) - L_2(u_1)/2 - L_{11}(u_0,u_2)\right] + \\ &+ \xi^3\left[\varepsilon_3 - L_1(u_3) - L_{11}(u_0,u_3) - L_{11}(u_1,u_2)\right] + ... = 0; \end{aligned} \tag{5}$$

$$\sigma_0 - \Omega(\varepsilon_0) + \xi\left[\sigma_1 - \Omega(\varepsilon_1)\right] + \xi^2\left[\sigma_2 - \Omega(\varepsilon_2)\right] + \xi^3\left[\sigma_3 - \Omega(\varepsilon_3)\right] + ... = 0; \tag{6}$$

$$\begin{aligned} &\sigma_0\delta\varepsilon_0 + \xi\left[\sigma_0 L_{11}(u_1,\delta u) + \sigma_1\delta\varepsilon_0\right] + \xi^2\left[\sigma_0 L_{11}(u_2,\delta u) + \sigma_1 L_{11}(u_1,\delta u) + \sigma_2\delta\varepsilon_0\right] + \\ &+ \xi^3\left[\sigma_0 L_{11}(u_3,\delta u) + \sigma_1 L_{11}(u_2,\delta u) + \sigma_2 L_{11}(u_1,\delta u) + \sigma_3\delta\varepsilon_0\right] + ... = 0; \end{aligned} \tag{7}$$

где $L_{11}(u_i,u_j)$ - билинейный оператор, определяемый из тождества:

$$L_2(u_i,u_j) = L_2(u_i) + 2L_{11}(u_i,u_j) + L_2(u_j). \tag{8}$$

Приравнивая нулю слагаемые при одинаковых степенях малого параметра ξ, получим уравнения нулевого, первого и последующих приближений, описывающие поведение конструкции на всех трех этапах: в исходном, критическом и послекритическом состояниях:

$$\begin{cases} \varepsilon_0 = L_1(u_0) + L_2(u_0)/2; & (9) \\ \sigma_0 = \Omega(\varepsilon_0); & (10) \\ \sigma_0 \cdot \delta\varepsilon_0 = P \cdot \delta u, & (11) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varepsilon_1 = L_1(u_1) + L_{11}(u_0,u_1); & (12) \\ \sigma_1 = \Omega(\varepsilon_1); & (13) \\ \sigma_1 \cdot \delta\varepsilon_0 + \sigma_0 L_{11}(u,\delta u) = 0. & (14) \end{cases}$$

Уравнения (9) - (11) описывают поведение конструкции в рамках исходной докритической равновесной формы, а уравнения (12) - (14) определяют момент потери устойчивости исходной равновесной формы и соответствующие ему параметры.

Для получения зависимости параметра нагрузки λ от ξ и параметров высших форм потери устойчивости, представим параметры начального участка послебифуркационного поведения в окрестности точки бифуркации в следующем виде:

$$u_0 = u_0 + (\lambda - \lambda_{cr})u_0 + (\lambda - \lambda_{cr})^2 u_0/2 + \ldots; \quad (15)$$

$$\sigma_0 = \sigma_0 + (\lambda - \lambda_{cr})\sigma_0 + (\lambda - \lambda_{cr})^2 \sigma_0/2 + \ldots; \quad (16)$$

где u_0, σ_0 - перемещения и напряжения, вычисленные при критическом значении параметра нагрузки ($\lambda=\lambda_{cr}$).

Представим разность ($\lambda-\lambda_{cr}$) в виде:

$$\lambda - \lambda_{cr} = C_1\lambda_{cr}\xi + C_2\lambda_{cr}\xi^2 + \ldots \quad (17)$$

Подставляя выражения (15)-(17) в уравнения (5)-(7) получим выражения для слагаемых при высших степенях параметра ξ в уравнениях (5)-(7):

$$\begin{cases} \varepsilon_2 = L_1(u_2) + L_2(u_1)/2 + L_{11}(u_0, u_2) + C_1\lambda_{cr}L_{11}(u_0, u_1); \\ \sigma_2 = \Omega(\varepsilon_2); \\ \sigma_2 \cdot \delta\varepsilon_0 + \sigma_1 L_{11}(u_1, \delta u) + \sigma_2 L_{11}(u_2, \delta u) + C_1\lambda_{cr}J_1(u_1, \delta u) = 0, \end{cases} \quad (18)$$

$$\begin{cases} \varepsilon_3 = L_1(u_3) + L_{11}(u_1, u_2) + L_{11}(u_0, u_3) + C_1\lambda_{cr}L_{11}(u_0, u_2) + \\ \quad + C_1\lambda_{cr}L_{11}(u_0, u_1)/2 + C_2\lambda_{cr}L_{11}(u_0, u_1); \\ \sigma_3 = \Omega(\varepsilon_3); \\ \sigma_3 \cdot \delta\varepsilon_0 + \sigma_2 L_{11}(u_1, \delta u) + \sigma_1 L_{11}(u_2, \delta u) + \sigma_0 L_{11}(u_3, \delta u) + \\ + C_1\lambda_{cr}J_1(u_2, \delta u) + C_1\lambda_{cr}J_2(u_1, \delta u)/2 + C_2\lambda_{cr}J_1(u_1, \delta u) = 0, \end{cases} \quad (19)$$

где $J_i(u_k, u) = \sigma_k L_{11}(u_0^i, u) + \sigma_0^i L_{11}(u_k, u)$ (20)

Окончательные формулы для определения значений коэффициентов C_1 и C_2 получим, если в уравнении (17) положим $\delta u=u_1$, и учтем уравнения (12)-(14):

$$\begin{aligned} &(\lambda - \lambda_{cr})J_1(u_1, u_1) + \xi[\sigma_0 L_{11}(u_2, u_1) + \sigma_1 L_2(u_1) + \sigma_2\varepsilon_1] + \\ &+ \xi^2[\sigma_0 L_{11}(u_3, u_1) + \sigma_1 L_{11}(u_2, u_1) + \sigma_2 L_2(u_1) + \sigma_3\varepsilon_1 + \\ &+ C_1\lambda_{cr}J_1(u_2, u_1) + C_1\lambda_{cr}J_2(u_1, u_1)]/2 + \ldots = 0. \end{aligned} \quad (21)$$

С учетом соотношений взаимности (самосопряженности)

$$\sigma_i\varepsilon_j = \sigma_j\varepsilon_i; \quad G_1(u_i)u_j = G_1(u_j)u_i; \quad L_{11}(u_i, u_j) = L_{11}(u_j, u_i),$$

подставим в (21) первые из выражений (18)-(19):

$$\begin{aligned} &(\lambda - \lambda_{cr})J_1(u_1, u_1) + (C_1\lambda_{cr}\xi + C_2\lambda_{cr}\xi^2 + \ldots)\sigma_1 L_{11}(u_0, u_1) + \\ &+ \xi[3\sigma_1 L_2(u_1)/2] + \xi^2[\sigma_2 L_2(u_1) + 2\sigma_1 L_{11}(u_1, u_2) + \\ &+ C_1\lambda_{cr}B_1(u_2, u_1) + C_1\lambda_{cr}B_2(u_1, u_1)/2] + \ldots = 0, \end{aligned} \quad (22)$$

где $B_n(u_i, u_j) = J_n(u_i, u_j) + \sigma_j L_{11}(u_0, u_i)$.

Подстановка (17) в (18) и сравнение полученного уравнения с (2.33) приводит к следующим выражениям для коэффициентов C_1 и C_2:

$$C_1 = -3\sigma_1 L_2(u_1)/2\lambda_{cr}B_1(u_1, u_1); \quad (23)$$

$$\begin{aligned} C_2 = -[&\sigma_2 L_2(u_1) + 2\sigma_1 L_{11}(u_1, u_2) + C_1\lambda_{cr}B_1(u_1, u_2) + \\ &+ C_1\lambda_{cr}B_2(u_1, u_1)/2]/\lambda_{cr}B_1(u_1, u_1). \end{aligned} \quad (24)$$

В некоторых случаях, в частности, для оболочек вращения при потере устойчивости осесимметричной формы и возникновении вторичной неосесимметричной равновесной формы по единственной (а не кратной) форме выпучивания коэффициент $C_1=0$.

Представим (17) в несколько видоизмененной форме:

$$\lambda/\lambda_{cr} = 1 + C_1\xi + C_2\xi^2 + \ldots, \quad (25)$$

откуда следует, что $C_1=0$ всякий раз, когда характер начального этапа послебифуркационного поведения конструкции оказывается не зависимым от знака параметров формы выпучивания. В таком случае характер начального этапа

послебифуркационного поведения будет определяться знаком коэффициента C_2: если $C_2>0$ кривая зависимости λ/λ_{cr} от $\xi(u_1)$ поднимается выше критической точки бифуркации, имеем точку бифуркации первого типа, принадлежащую к устойчивой послебифуркационной (вторичной) равновесной кривой, в которой наблюдается потеря устойчивости исходной равновесной формы с сохранением несущей способности конструкции; если $C_2<0$ имеем критическую точку бифуркации второго типа, в которой конструкция теряет не только устойчивость исходной равновесной формы, но и несущую способность; если окажется, что вычисленное по приведенным выше формулам значение $C_2=0$, то в приведенных выше формулах нужно учесть слагаемые более высокого порядка относительно ξ.

Библиографический список:

1. ГОСТ 27751-88 (СТ СЭВ 384-87). Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету. Введ. с 01.07.88. -М.: Изд-во стандартов, 1988. -9 с.
2. Броуде Б.М., Бельский Г.И., Беляев Б.И. О потере устойчивости как предельном состоянии стальных конструкций //Строит. механика и расчет сооружений. -1990. -N3. -С.88-91.
3. Совершенствование нормирования расчета строительных конструкций и оснований. Райзер В.Д., Бать А.А., Отставнов В.А., Сухов Ю.Д. //Строит. механика и расчет сооружений, 1988. -N3. -С.59-61.
4. Райзер В.Д., Муртазалиев Г.М. Закритические равновесные состояния пологих оболочек вращения //Строит. механика и расчет сооружений.-1980. -N1. -С.40-45.
5. Муртазалиев Г. М. Методы теории катастроф в задачах устойчивости оболочек. ДГТУ, Махачкала. 2004 год. 176 с.
6. Koiter W.T. General theory of shell stability /In:Olszak W. (ed.). Thin shell theory. New trends and applications. Berlin: Springer Verlag, 1980. -P.63-87.
7. Koiter W.T. The application of the initial postbuckling analysis to shells //Buckling Shells. Proc. State - of- the Art. Colloq., Univ. Stutgart. -Berlin e. a., 1982. -P.3-11.

УДК 539.3

Устарханов О.М., Алибеков М.С., Устарханов Т.О.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ БАЛКИ С СОТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ ПИРАМИДАЛЬНОЙ ФОРМЫ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Ustarkhanov O.M., Alibekov M.S., Ustarkhanov T.O.

THE STRESS-STRAIN STATE OF SANDWICH BEAM WITH A HONEYCOMB CORE PYRAMIDAL SHAPE UNDER STATIC LOADING

Работа посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям напряженно деформированного состояния трехслойных балок с сотовым заполнителем пирамидальной формы при статическом нагружении. Данные теоретические и экспериментальные исследования позволяют использовать их при проектировании трехслойных конструкций в космической и авиационной технике, а так же в строительстве и машиностроении, что представляет интерес для инженерно-технических работников и проектировщиков.

***Ключевые слова**: трехслойная балка, сотовый заполнитель, статическое загружение, шарнирное опирание.*

The work is devoted to theoretical and experimental studies of the stress strain state of sandwich beams with honeycomb pyramidal shape under static loading. These theoretical and experimental studies allow to use them in the design of sandwich structures in the aerospace, aeronautical engineering, as well as in the construction and engineering industry, which is of interest to engineers, technicians and designers.

***Key words:** three-layer beam, honeycomb, static load, the swivel bearing.*

Целью данной статьи является определение напряженно-деформированного состояния (НДС) трехслойной конструкции (ТК) с пирамидальным сотовым заполнителем. Для определения НДС используются апробированные теоретические зависимости и графики и сравниваются с экспериментальными характеристиками НДС.

В случае получения удовлетворительных результатов - совпадения теоретических расчётов ТК, выполняемых с использованием методик, приведённых в [1], с экспериментальными данными можно сделать вывод, что полученные в [2] расчётные зависимости для определения параметров пирамидального заполнителя являются достаточно корректными.

В качестве примера рассматривается трёхслойная балка с сотовым заполнителем, шарнирно опертая по концам и нагруженная равномерно распределённой нагрузкой (рис.1).

При этом, рассматривались три варианта трехслойных балок со следующими размерами сот : а) С = 0,05 м, а х а = 0,03 х 0,03 м; б) С = 0,07 м, а х а = 0,04 х 0,04 м; в) С = 0,08 м, а х а = 0,04 х 0,04 м., (где С- высота сотового заполнителя, а- размер основания сотового заполнителя), длина трехслойной балки (ТБ) равнялась: L = 0,45 м, L= 0,64 м, L= 0,72 м

В качестве материала заполнителя была принята алюминиевая фольга с толщиной tст = 10^{-4} м. Материалом для несущих слоёв ТК служил алюминиевый сплав АМГ6М толщиной t = 1,5 х 10^{-3} м.

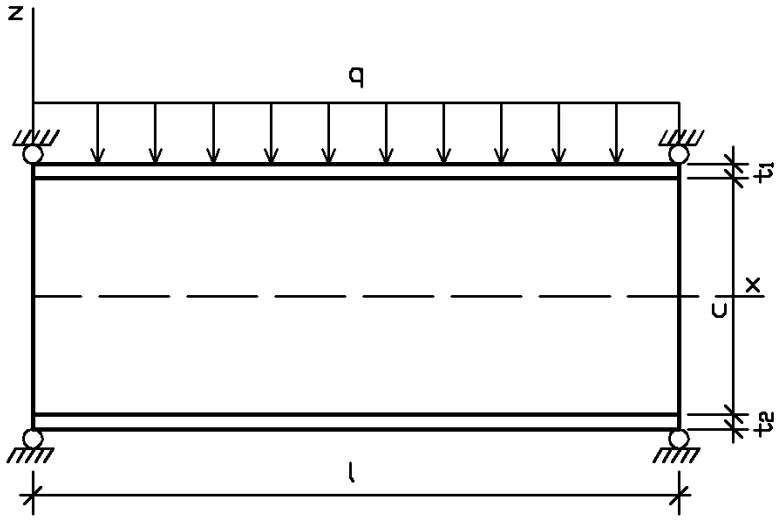


Рисунок 1 - Трёхслойная балка, шарнирно опертая по концам и нагруженная равномерно распределённой нагрузкой

Для трёхслойной балки, с шарнирным опиранием по концам определялись по [1]:

1. Наибольший прогиб балки в сечении $x = \frac{l}{2}$

$$\omega = \frac{qx}{2B_{TP}(h_2 - h_1)^2}\left[l\left(\frac{cB_{TP}}{G_{xoz3}} + \frac{l^2}{2}\right) - \frac{cB_{TP}}{G_{133}}x - \frac{lx^2}{6} + \frac{x^3}{12}\right] = \frac{ql^2}{8B_{TP}(h_2 - h_1)^2}\left(\frac{cB_{TP}}{G_{133}} + \frac{5l^2}{48}\right)$$

,

2. Максимальные нормальные напряжения в верхнем несущем слое в сечении $x = \frac{l}{2}$

$$\sigma_{12\max} = \frac{q\overline{B}_2}{2B_{TP}(h_2 - h_1)^2}\left(\frac{cB_{TP}}{G_{133}} - \frac{l^2}{8}\right) - \frac{qcB_{TP}}{(h_2 - h_1)t_2 G_{133}},$$

3. Напряжения в срединой поверхности верхнего несущего слоя в сечении $x = \frac{l}{2}$

$$\sigma_{12cp} = \frac{ql^2}{[8t_2(h_2 - h_1)]},$$

4. Касательные напряжения в заполнителе в сечении $x = 0, l$ (в сечении

$$x = \frac{l}{2} \quad \tau_{133} = 0)$$

$$\tau_{133} = \pm\frac{ql}{2(h_2 - h_1)} = \pm\frac{1}{2}\cdot\frac{ql}{C + \frac{(t_1 + t_2)}{2}},$$

где q – равномерно распределённая по пролёту балки нагрузка;

l – длина балки;

$$h_1 = \frac{t_1(1 + \xi_1)}{2};$$

$$h_2 = -\frac{t_2(1 + \xi_2)}{2};$$

t_1, t_2 – толщина наружных несущих слоёв,

$$\xi_1 = \frac{c}{t_1}; \quad \xi_2 = \frac{c}{t_2};$$

c – высота заполнителя,

$$B_{TP} = \frac{B_1 B_2}{B_1 + B_2}; \; B_1 = \frac{E_1 t_1}{1 - \nu_1^2}; \; B_2 = \frac{E_2 t_2}{1 - \nu_2^2};$$

E_1, E_2 – модуль упругости внешних несущих слоёв,

ν_1, ν_2 – коэффициент Пуассона несущих слоев,

G_{133} – модуль сдвига заполнителя

$$\overline{B}_2 = \frac{2B_{TP}(h_2 - h_1) + t_2 B_2}{t_2}$$

В таблице 1.1, приведен результат расчета на поперечный изгиб трехслойной балки с шарнирным опиранием по концам.

Распределённая нагрузка во всех случаях нагружения менялась от 1 до 10 КПа.

Теоретические расчёты показали, что такие параметры ТБ как ω,

σ_{12max} и $\sigma_{12\ ср}$ для шарнирного опирания концов находятся в линейной зависимости от распределённой нагрузки и нелинейной от длины ТБ. Касательное напряжение τ_{133} линейно от распределённой нагрузки и длины ТБ.

Для испытания трехслойных конструкций стандартом установлены геометрические и прочностные параметры, методы изготовления, обработки и испытания ТК с сотовым заполнителем различной формы ячеек [3-7].

Для экспериментальной проверки теоретических расчетов были испытаны на поперечный изгиб трехслойные балки с сотовым заполнителем пирамидальной формы. При этом нагружение осуществлялось с помощью специальных устройств и приспособлений, с равномерно распределенной нагрузкой.

Наиболее приемлемым как с точки зрения реализации, так и с точки зрения обеспечения равномерной нагрузки на образец, следует принять метод создания давления воздухом или жидкостью (например, водой).

В данном эксперименте равномерно распределенное нагружение осуществлялось давлением воздуха. Принципиальная схема установки приведена на рис.2.

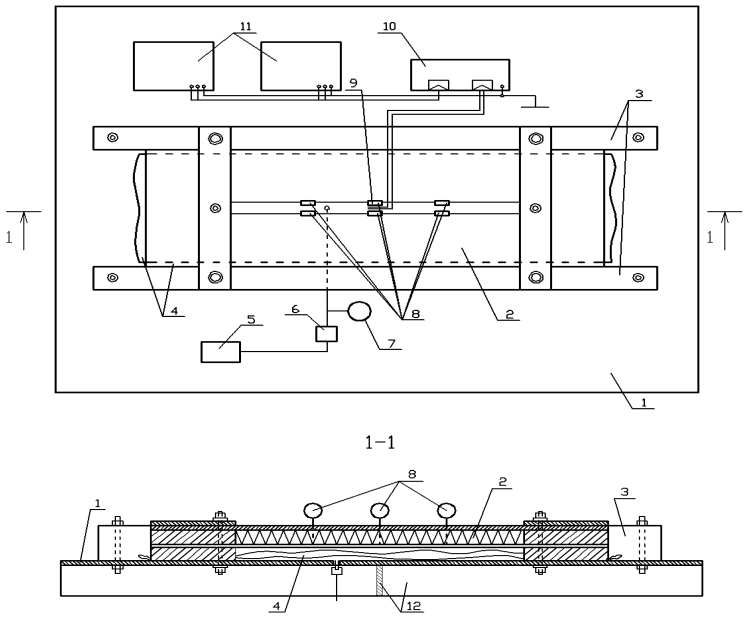


Рисунок 2 - Принципиальная схема установки для поперечного изгиба трехслойной балки

Установка собрана на основе стальной плиты 1 с ребрами жесткости, расположенными на нижней стороне. Испытываемые трехслойные балки устанавливались на плите между ограничивающими металлическими брусьями 3, закрепленными на плите 1. Между плитой и балкой располагалась камера 4 из эластичного материала. Давление в камере создавалось компрессором 5 типа СО27Б через редуктор 6 и измерялось образцовым манометром 7 типа ОБМ-0.6. Очевидно, что давление в камере равномерно передается балке. Измерение деформации балки осуществлялось при помощи стрелочных индикаторов 8- часового типа ИЧ в трех точках, вдоль балки. При этом индикаторы располагались на верхнем и нижнем несущих слоях трехслойной балки. Контакт индикаторов с нижней гранью осуществлялся с помощью иглы, опущенной через отверстие диаметром 0.5 мм. Такое отверстие практически не сказывается на прочностных характеристиках образцов.

Измерение деформаций несущих слоев осуществлялось с помощью тензодатчиков 9, наклеенных на несущие слои трехслойной балки. Тензодатчики подключались по полумостовой схеме к усилителю 10 «Топаз». Регистрация выходных сигналов с усилителя производилась самописцем 11 «Эндим 621.02». Таким образом осуществлялась непрерывная регистрация деформаций.

Таблица 1 - Теоретические исследования шарнирно опертой по краям ТБ с пирамидальным заполнителем из алюминиевой фольги при поперечном изгибе

Распределенная нагрузка (КПа)	Алюминиевая фольга											
	L=0.45 м				L=0.64 м				L=0.72 м			
	ω (мм)	σ_{12max} (МПа)	σ_{12cp} (МПа)	τ_{133} (КПа)	ω (мм)	σ_{12max} (МПа)	σ_{12cp} (МПа)	τ_{133} (КПа)	ω (мм)	σ_{12max} (МПа)	σ_{12cp} (МПа)	τ_{133} (КПа)
1	0.0042	0.316	0.328	4.369	0.0087	0.466	0.477	4.48	0.011	0.519	0.53	4.42
2	0.0084	0.633	0.655	8.738	0.017	0.931	0.955	8.95	0.021	1.04	1.06	8.83
3	0.0125	0.943	0.983	13.11	0.026	1.400	0.143	13.4	0.032	1.56	1.59	13.3
4	0.0167	1.270	1.311	17.48	0.035	1.860	1.910	17.9	0.042	2.08	2.12	17.7
5	0.021	1.582	1.638	21.85	0.044	2.33	2.39	22.4	0.053	2.59	2.65	22.1
6	0.025	1.899	1.966	26.21	0.052	2.79	2.86	26.9	0.063	3.11	3.18	26.5
7	0.029	2.215	2.294	30.58	0.061	3.26	3.34	31.3	0.074	3.63	3.71	30.8
8	0.0334	2531	2.621	34.95	0.070	3.73	3.82	35.8	0.085	4.15	4.24	35.3
9	0.038	2.848	2.949	39.32	0.078	4.19	4.30	40.3	0.095	4.67	4.77	39.8
10	0.042	3.164	3.277	43.69	0.087	4.66	4.77	44.8	0.106	5.13	5.3	44.2

Таблица 2 - Экспериментальные исследования прочности жестко защемленной по кромкам ТБ с пирамидальным заполнителем из алюминиевой фольги при поперечном изгибе

Распределенная нагрузка (КПа)	Алюминиевая фольга											
	L=0.45 м				L=0.64 м				L=0.72 м			
	ω, прогиб балки (мм)	Расхождения между теор. и экспери м. данными	σ_{12max} Напряж. в верхн. несущ. слое (МПа)	Расхождения между теор. и экспери м. данными	ω, прогиб балки (мм)	Расхождения между теор. и экспери м. данными	σ_{12max} Напряж. в верхн. несуще м слое (МПа)	Расхождения между теор. и экспери м. данными	ω, прогиб балки (мм)	Расхождения между теор. и экспери м. данными	σ_{12max} Напряж в верхн. несущ. слое (МПа)	Расхождения между теор. и эксперим данными
1	0.005	16.56	0.3769	15.97	0.010	13.66	0.5355	13.04	0.0128	17.42	0.6121	15.25
2	0.010	16.56	0.7350	13.81	0.0198	11.93	1.0657	12.61	0.023	8.09	1.1569	10.32
3	0.014	10.6	1.0404	8.66	0.030	12.8	1.6386	14.75	0.0384	17.42	1.867	16.64
4	0.019	12.17	1.447	12.47	0.041	14.93	2.142	13.04	0.050	15.44	2.4486	15.25
5	0.027	22.74	1.9224	17.62	0.053	17.74	2.7311	14.75	0.065	18.69	3.1219	16.92
6	0.029	13.68	2.1976	13.52	0.058	9.79	3.1541	11.42	0.071	10.68	3.6606	14.92
7	0.037	21.07	2.6763	17.15	0.070	12.92	3.7967	14.15	0.090	18.33	4.3768	17.03
8	0.041	18.6	3.0532	17.00	0.083	15.95	4.2787	12.94	0.099	14.67	4.891	15.15
9	0.043	16.56	3.3548	15.02	0.089	11.82	4.8189	13.03	0.111	14.3	5.5031	15.16
10	0.051	18.2	3.8259	17.21	0.104	16.15	5.4621	14.75	0.119	11.18	5.9989	13.52

Испытанию подверглись три серии балок высотой сотового заполнителя 5, 7 и 8 см, с площадью основания отдельных ячеек 3х3 см2, 4х4 см2. Длины балок: 45 см (для заполнителя с высотой 5 см); 64 см (для заполнителя с высотой 7 см); 72 см (для заполнителя с высотой 8 см). Несущие слои балки изготовлены из сплава АМГ6М и вся трехслойная балка собиралась с помощью эпоксидного клея ЭД-20. Эксперименты производились при шарнирном опирании трехслойных балок по сторонам. Давление воздуха при испытаниях изменялось от 0 до 10^4 Па. Во время проведения эксперимента одновременно измерялись смещение концов балки и расстояния между несущими слоями. Нагрузка изменялась в пределах упругости балки, т.е. после снятия нагрузки остаточная деформация балки не наблюдалась.

Сравнительные данные теоретических и экспериментальных исследований деформаций трехслойных балок и напряжений, возникающих в верхнем несущем слое при поперечном изгибе, приведены в таблицах 1 и 2.

При испытании балок, защемленных по кромкам с пирамидальным заполнителем из алюминиевой фольги, расхождение прогибов между теоретическими и экспериментальными данными не превышало 18%.

Аналогичное различие наблюдалось между теоретическими и экспериментальными данными напряжений в несущем слое.

Анализ сравнения результатов теоретических и экспериментальных исследований показал, что полученные в [2] расчётные зависимости для определения параметров пирамидального заполнителя являются достаточно корректными для инженерных расчетов.

Библиографический список:

1. Кобелев В.Н., Коварский Л.М., Тимофеев С.И. Расчет трехслойных конструкций. М.: Машиностроение, 1984. 304 с.
2. Кобелев В.Н., Батдалов М.М., Устарханов О.М., Новиков В.Н. Приведенные характеристики конического заполнителя для трехслойной конструкции, известия северо-кавказского научного центра высшей школы, 1988. С. 66-74.
3. Берсудский В.Е., Крысин В.Н., Лесных С.И. Технология изготовления сотовых авиационных конструкций. М.,1975.
4. Ендогур А.И., Вайнберг М.В., Иерусалимский К.М. Сотовые конструкции. М., 1986.
5. Камошильский В.П. Экспериментальное изучение устойчивости сжато-изогнутых трехслойных пластин за пределами пропорциональности, аэронавтика. 1972. №15(1). С.105-108.
6. Панин В.Ф. Конструкции с сотовым заполнителем. М., 1982.
7. Панин В.Ф., Гладков Ю.А. Конструкции с заполнителем: Справочник. М., 1991.

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 519.6

Мелехин А.В., Джунаидов А.С.

ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРИНЯТИЯ НЕПРОГРАММИРУЕМЫХ РЕШЕНИЙ В НЕСТАНДАРТНЫХ СИТУАЦИЯХ

Melehin A.V., Dzhunaidov A.S.

HEURISTIC METHOD OF THE TAKING THE NONPROGRAMMABLE DECISIONS IN NON-STANDARD SITUATION

Предлагается метод принятия управленческих решений в нестандартных, плохо формализуемых проблемных ситуациях.

Ключевые слова: *принятия решений, нестандартная ситуация, эвристический метод.*

The method of the taking the management decisions is Offered in non-standard, bad formalized problem-solving situation.

Key words: *decision making, non-standard situation, heuristic method.*

Одной из актуальных и слабоизученных проблем современной науки об управлении является разработка эффективных методов принятия непрограммируемых решений в нестандартных ситуациях проблемной среды.

Непрограммируемые решения относятся к классу разовых, нечетко сформулированных задач. Для их принятия особое значение приобретает умение лица, принимающего решения, провести правильную оценку альтернатив, его интуиция, проницательность, опыт, а также профессионально-техническая подготовка и специальное обучение.

Практика показывает, что, как правило, наибольшее число решений, принимаемых в процессе управления сложными объектами, являются устойчиво повторяющимися по своему содержанию и носят общепринятый характер. Опыт проведения исследований за рубежом показывает, что почти 90% управленческих решений являются решениями стандартного типа [1]. Другими словами, имеется возможность в автоматизации или программировании принятия оптимальным образом таких решений с тем, чтобы лица принимающие решения различной квалификации могли эффективно решать поставленные перед ними задачи управления.

Поскольку работа, например, руководства предприятий, заключается в основном в принятии решений, то ему следует отойти от решения краткосрочных тактических задач и рутинных операций, отнести такие решения к категории программируемых и обеспечить оптимальное принятие решений с помощью специальных технических средств и методов. Для этого необходимо привести в массовом порядке к стандартной форме представления информацию, используемую для принятия решений точно так же, как, например, осуществляется стандартизация строительных материалов для производства каждого вида строительных работ.

В общем случае процесс подготовки условий для принятия оптимальных программируемых решений в сложных проблемных ситуациях может быть реализован следующим образом:

Шаг 1. Формирование различных классов стандартных ситуаций путем их объединения в определенные множества аналогичных друг другу проблемных ситуаций и построения для каждого такого множества обобщенной эталонной ситуации.

Шаг 2. Формирование множества допустимых альтернатив для каждой сформированной эталонной проблемных ситуации.

Шаг 3. Определение параметров управления и критериев выбора для каждой эталонной ситуации.

Шаг 4. Формирование множества ключевых слов и словосочетаний для каждого класса решаемых проблем для отбора только полезной для принятия решений информации**.**

Шаг 5. Обработка поступающей из окружающей среды информации в соответствии с установленными правилами принятия решений.

Шаг 6. Оценка альтернатив и выбор оптимальных значений параметров управления с учетом особенностей конкретной проблемной ситуации на объекте управления и соответствующей ей эталонной ситуации, например, с учетом конкретных значений заданных ограничений.

Шаг. 7. Выдача рекомендаций лицу, ответственному за принятие решений.

Шаг 8. Анализ полученных данных и принятие оптимального решения.

Шаг 9. Формирование управленческих мероприятий, соответствующих принятому решению. **Конец.**

Как видно из содержания приведенного выше метода особое место в этом процессе все же занимает квалификация управленческого персонала и ранее приобретенные им навыки. Основные же методы программирования решения стандартных проблем обычно имеют обобщенную структурируемую форму представления, от которого и зависит эффективность принимаемого решения.

Что же касается непрограммируемых решений, то пока еще нет полностью разработанной теории принятия решений в нестандартных проблемных ситуациях. Для принятия таких решений лица, принимающие решения, должны уметь «оценивать» сложившуюся проблемную ситуацию и такая оценка в значительной степени зависит от их опыта, интуиции и проницательности.

Обычно ответственные за принятие решений принимают более эффективные решения, если их обучают упорядоченному процессу мышления. Например, если процесс принятия решения осуществляется в следующем порядке[2]:

Шаг 1. Анализ внешней и внутренней среды объекта управления.

Шаг 2. Выделение проблемной ситуации из окружающей среды, постановка задачи, формирование критериев выбора и определение граничных условий.

Шаг 3. Формирование и оценка множества допустимых альтернатив.

Шаг 4. Анализ и выделение противоположных по своему характеру альтернатив и исключение из заданного множества неэффективных альтернатив, противоречащих наиболее эффективным альтернативам.

Шаг 5. Сравнение между собой результатов, к которым приводят оставшиеся эффективные альтернативы на основании решения задач оптимизации и выбора наилучшей альтернативы.

Шаг 6. Формирование плана реализации выбранной альтернативы.

Шаг 7. Реализация выбранной альтернативы.

Шаг 8. Анализ получаемых результатов и корректировка при необходимости выбранной альтернативы.

Следует отметить, что в ряде случаев в процессе поиска оптимального решения нестандартных сложных проблем возникает необходимость формирования критерия оптимальности для каждой сравниваемой альтернативы. В данных условиях необходимо сформировать такие критерии поиска оптимальных параметров управления для каждой альтернативы, которые позволяют получить сопоставимые результаты, обеспечивающие путем их сравнения выбор наиболее эффективной альтернативы. Например, в качестве критерия оптимальности в этом случае для всех альтернатив можно использовать

критерий минимальности затрат, связанных с реализацией соответствующей ему альтернативы.

Необходимо также отметить, что, несмотря на обилие материалов по данному вопросу, процесс принятия решений в нестандартных проблемных ситуациях пока еще полностью не изучен и остается искусством лица принимающего решения. Не разработаны пока и какие-либо эффективные способы в общей теории приятия решений, которые могли бы привести к существенному усовершенствованию этого процесса. Новая теория принятия решений, по-видимому, будет связана с формализацией накопленного опыта управления, реализованного в экспертных советующих системах и в интеллектуальных системах поиска оптимальных решений. Другими словами, все большее число нестандартных проблем будет программироваться с помощью эвристических (интеллектуальных в смысле искусственного интеллекта) методов принятия решений. Исходя из вышеизложенного, для эффективного разрешения задач управления в нестандартных проблемных ситуациях предлагается использовать следующий эвристический метод принятия решений:

Шаг 1. Если имеется возможность, то формируется экономико-математическая модель проблемной ситуации, по которой определяется множество допустимых альтернатив. В противном случае строится информационно-логическая модель представления знаний, содержащая множество допустимых альтернатив;

Шаг 2. Выполнить в соответствии с полученной моделью постановку задачи оптимального выбора;

Шаг 3. Сформировать критерий оптимального выбора и ограничения на ресурсы, имеющиеся для решения стоящей проблемы;

Шаг 4. Для решения проблемы:

а) в случае наличия экономико-математической модели:

- сформулировать задачу оптимального выбора параметров управления при заданных ограничениях, используя сформированные критерии оценки эффективности альтернатив. Другими словами, для каждой альтернативы необходимо найти такие значения параметров управления, при которых соответствующий им критерий оптимальности принимает экстремальное значение;

- используя принятый критерий выбора и подставляя в него найденные для каждой альтернативы параметры управления, определить в соответствии с заданной целью наиболее эффективную альтернативу, т.е. альтернативу, для которой принятый критерий выбора согласно поставленной задаче и найденным параметрам принимает максимальное или минимальное значение;

б) если предполагается использовать информационно-логическую модель представления знаний о проблемной ситуации, то:

- выбрать модель представления знаний в пространстве состояний или подзадач, сформировать процедуры поиска решения проблемы. Обычно модель представления знаний строится в виде дерева решений, содержащего альтернативные пути достижения поставленной цели (см. рис. 1), а процедуры поиска представляют собой методы поиска путей на графах;

- использовать эвристические процедуры автоматического формирования и поиска путей на графе, выявить оптимальный путь достижения поставленной цели;

- в качестве решения проблемы использовать полученный оптимальный путь на графе, связывающий исходное состояние (корень дерева) с висячей вершиной, помеченной целью принимаемого решения. **Конец.**

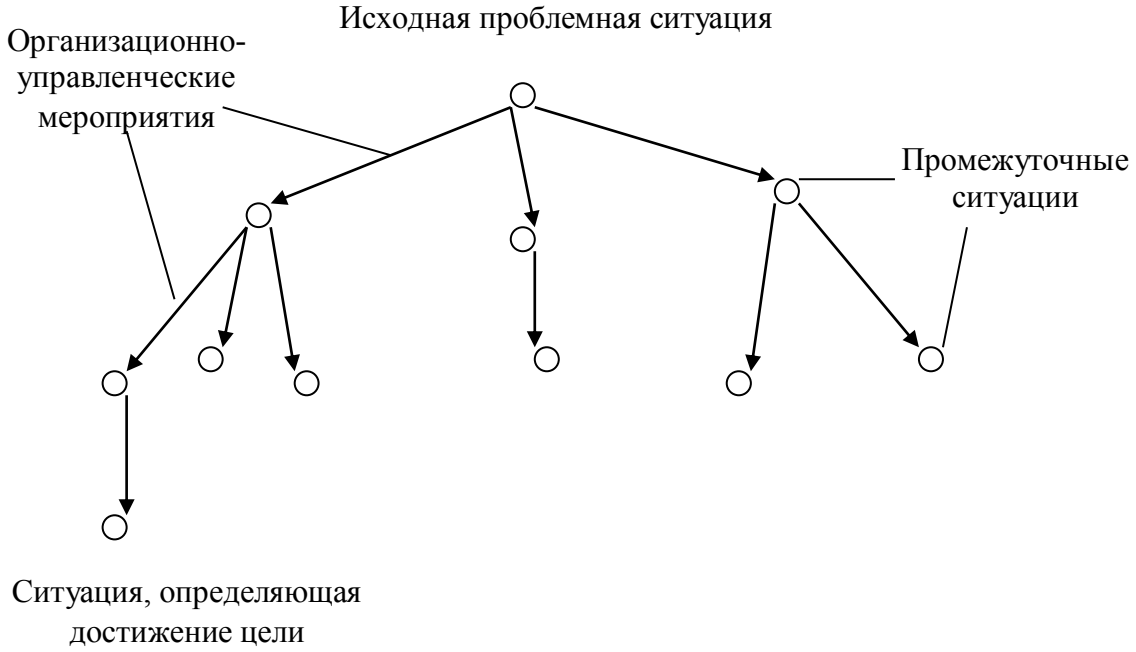


Рисунок 1 - Информационно-логическая модель решения сложной проблемы в пространстве состояний

Основная проблема использования предложенного метода поиска эффективного решения заключается в получении эвристик, обеспечивающих оценку эффективности альтернатив, определяемых различными маршрутами, связывающими корневую вершину дерева с вершинами, помеченными достижением цели. Обычно данные эвристики формируются в соответствии с содержанием задач и предметной области, в которой они решаются.

При этом следует отметить, что в процессе принятия нестандартных решений следует также учитывать и изменяющиеся во времени различные факторы внешней среды, существенным образом влияющие на объект управления.

На основе рассмотренных выше теоретических положений, связанных с организацией принятия оптимальных и нестандартных управленческих решений, в системе управления, например, строительного предприятия целесообразно сформировать аналитический центр или следующую структуру аналитического центра для принятия оперативных решений (подсистемы принятия решений) (рис. 2).

Приведенная структура аналитического центра в процессе принятия оптимальных оперативных решений функционирует следующим образом. Цель управления и постановка задачи принятия решений осуществляются на основе анализа возникшей на производственном процессе проблемной ситуации. Возникшая проблемная ситуация определяется вектором различий между фактической текущей ситуацией и требуемой согласно производственному плану текущей ситуацией строительного производства.

После определения проблемной ситуации и соответствующей ей цели управления выполняется сбор информации, необходимой для принятия решения, позволяющего достигнуть заданной цели управления. Сбор информации, необходимой для принятия решений, выполняется в реальном времени, на всем протяжении процесса принятия и реализации принятого решения, которые затем используются для корректировки принятого решения, если после его реализации не полностью достигается цель управления. После сбора необходимых для принятия решения данных, проведения анализа поставленной цели, условий ее достижения и сформулированной задачи выполняется выбор параметров управления, формирование множества альтернатив,

критериев оптимального выбора и ограничений, а также выбор процедуры (метода) принятия решений. Затем решаются необходимые оптимизационные задачи и выполняется выбор оптимальной альтернативы решения возникшей проблемы. Полученные таким образом данные передаются в блок планирования и реализации управленческих мероприятий, соответствующих выбранной альтернативе.

Рисунок 2 - Структура аналитического центра и реализуемые в нем задачи в процессе принятия управленческих решений

После реализации данных управленческих мероприятий осуществляется анализ полученных результатов. Для этого выполняется сравнение полученного текущего состояния строительного производства с желаемым его состоянием на данный момент времени. Если полученные результаты являются удовлетворительными, т.е. поставленная цель достигнута, то система управления переходит в обычный режим функционирования. В противном случае выполняется корректировка найденных управленческих мероприятий и устранение проблемной ситуации, возникшей в производственном процессе, продолжается на основе скорректированных управленческих воздействий и т.д., пока не будет достигнута поставленная цель управления.

Рассматривая функционирование предложенной системы принятия решений в общем виде, следует отметить, что информация о состоянии строительного производства и сформированного плана его реализации является отправным элементом для принятия оперативных решений.

Библиографический список:
1. Райфа Г. Анализ решений; -М.: Наука, 1997.
2. Мелехин А.В., Джунаидов А. С. Технологии принятия эффективных управленческих решений в процессе регулирования строительного производства в условиях неопределенности // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2012. № 2. № ГР 0421200034/. Режим доступа: http://uecs.mcnip.ru

УДК 677.027/504

Шагина Н.А.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПОСЛЕ ПРОТРАВНОГО КРАШЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ В СТРУКТУРЕ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА

Shagina N.A.

DETERMINATION OF CONCENTRATION OF HEAVY METALS AFTER MORDANT DYEING WITH VEGETABLE DYES IN WOOL FIBERS STRUCTURE

В работе приведена методика определения количественного содержания ионов тяжелых металлов на примере протравного крашения растительным красителем чертополоха. В качестве протравы использовались соли меди. Результаты эксперимента показывают, что предельно допустимые концентрации ионов меди в структуре шерстяного волокна находятся в пределах нормы. В статье показано, что способы колорирования шерстяной ткани не влияют на механические свойства волокна.

Ключевые слова: *экологический текстиль, растительный краситель, протравное крашение, предельно допустимые концентрации.*

This paper describes a method for quantifying the content of heavy metal ions on the example of mordant dyeing with vegetable dyes thistle. As mordant used copper salts. The experimental results show that the maximum allowable concentration of copper ions in the structure of the wool fiber are within normal limits. It is shown that the methods of coloring wool fabric does not affect the mechanical properties of the fiber.

Key words: *ecologycal textiles, vegetable dye, mordant of dyeing, the maximum allowable concentration.*

Введение. Формирование окраски на текстильном материале является одной из главных целевых функций отделочного производства. В процессе крашения текстильному материалу сообщают необходимый колористический, эстетический вид, окраску, цвет, разнообразие которых теоретически бесконечно может удовлетворять вкусы любого потребителя.

Современная технология колорирования текстильных материалов, опираясь на химию полимеров и красителей, на физическую и коллоидную химию, использует современные достижения науки [1]. В свою очередь, она должна отвечать современным требованиям:

- качество продукции (цветовые характеристики и устойчивость окраски);
- экономичность;
- совершенствование ассортимента красителей;
- автоматизация процессов;
- экологичность.

В зависимости от химического строения и физической структуры волокна, характера переплетения, структуры ткани, ее назначения, экономичности выбирают различные классы красителей [1].

В настоящее время наблюдается возврат к использованию более безвредных, по сравнению с синтетическими, натуральных красителей, и ведутся исследования по нахождению путей расширения возможностей их применения в текстильной, кожевенно-меховой и других отраслях промышленности.

Как показал анализ литературных источников [3, 4, 5, 6, 7, 8], в мире возрос интерес к натуральным красителям растительного происхождения.

Последние 20 лет вопрос о качестве и экологической безопасности текстиля и изделий из него становится все актуальней. Страны Европы добровольно вошли в сертификационную систему «Экотекс», в основы которой положены принципы экобезопасности текстиля. Стандарт Экотекс имеет более жесткие ограничения, чем другие действующие стандарты и предусматривает контроль за содержанием вредных веществ в структуре волокна. Экотекстиль представляет собой природное волокно, окрашенное растительными красителями. Поэтому задачей исследования являлось количественное содержание металлов согласно предельно допустимым концентрациям Экотекс – стандарт.

Всякая промышленность влияет отрицательно на окружающую среду. Абсолютно экологически чистых производств человек пока не создал в отличие от самой природы. В текстильном производстве значительная часть текстильных вспомогательных веществ, красители и пигменты удаляются и попадают в сточные воды [1]. По некоторым данным, каждый год в мире в реки попадает 40000 – 50000 тонн красителей и 200000 тонн неорганических соединений [2].

Растительные красители и дубители отличаются от синтетических не только экологической безопасностью, но и рядом других преимуществ. В отличие от индивидуальных по химическому строению синтетических веществ, растительные красители и дубители состоят из целого набора природных дубящих, красящих и сопутствующих веществ. Сложный состав красящего вещества дает эффектные красочные художественные эффекты, какие не всегда могут дать синтетические красители. Природные красители и дубители позволяют получить оригинальную красивую окраску текстильному материалу.

Народы Северного Кавказа в процессе своего исторического формирования носили одежду из текстиля, окрашенного природными красителями. Использовались различные ремни, повязки из натуральной кожи, выдубленной растительными дубителями. На появление новых ремесленных технологий, в том числе и окрашивания тканей влияли многие факторы. Это и проходивший по Северному Кавказу Великий Шелковый путь, благодаря которому происходил своеобразный обмен опытом культивирования новых растений дающих краситель. Народы и государства (Византия, Иран, Монгольская Империя), в разные периоды контактирующие с северокавказскими народами оказывали влияние на их культуру и быт [9, 10, 11].

В «Известиях древних греческих и римских писателей о Кавказе» имеются высказывания Геродота (480-426 гг. до н.э.) о необыкновенном мастерстве и умении народов Кавказа использовать природные красители: «Говорят, что на этих горах есть деревья, листья которых они растирают, разбавляют водой, и этим рисуют себе фигуры на материях, и что эти рисунки не линяют в стирке и не изменяются, старея с шерстью, как будто были в нее вотканы уже сначала …» [12].

В Дагестане издревле выращивались растения, дающие красители. Уже в III в. до н. э. – IV в. н. э. в Дагестане использовали растительные красители и разводили марену. Арабские исследователи указывают на то, что в X в. экспорт марены и шафрана из Дагестана в среднеазиатские страны был достаточно велик [13]. Петр I во время своего Каспийского похода на Кавказ поручил дербентскому коменданту Юнгеру выявить в

Дагестане естественные красящие вещества, необходимые для русской текстильной промышленности [14]. С тех пор Дербент стал передовым городом по разведению и использованию красящих растений.

А при царице Елизавете Петровне на Кавказе в 1757 году заведены были красильные фабрики в Астрахани и Кизляре. На этих фабриках производились красители, сырье для которых выращивалось на местных плантациях [15].

В XIX в. в окрестностях г. Дербента разведение марены становится профилирующей отраслью сельского хозяйства, приносящей огромный доход населению. По архивным данным известно, что только за 1 год дербентцы реализовали корней марены на сумму 1130850 рублей серебром. А в 1832 году здесь было собрано 35 тысяч пудов этого сырья. Марену успешно разводили в Кайтаге, Табасаране, Кизляре [16, 17].

Некоторые красители, такие как, металокомплексные, протравные являются главным «источником» таких тяжелых металлов как никель, кобальт, хром, медь. Эти металлы способны образовывать связи с органическими красителями и волокном. И, как следствие такой связи, металл может находиться в высоких концентрациях в готовой одежде [18].

Безвредность тканей для человека в готовых изделиях является одной из проблем экологии, решение которой входит в задачу создания экологически чистого текстиля – «экотекстиля»[1].

Постановка задачи

Задачей данного исследования является определение количественного содержания тяжелых металлов в структуре волокна и определение влияния условий крашения на механические свойства волокна. Задача была выполнена на примере колорирования шерстяного волокна растительным красителем чертополоха по медной протраве.

Методы испытаний

Для данного вида испытания были взяты следующие образцы: чистошерстяная ткань без окрашивания (эталон) и чистошерстяная ткань, окрашенная растительным красителем чертополоха по медной протраве.

Первоначально эталон массой 10 г. помещался в заранее взвешенные фарфоровые чашки и выдерживался в тигле при температуре 800-900 ^{0}С до полного сгорания. Образовавшаяся зола представляет собой примеси возможных неорганических соединений, содержащихся в ткани. Остаток взвешивался. Далее были взяты образцы ткани массой 10 г., окрашенные растительным красителем чертополоха с применением сульфата меди через 30, 40 и 60 минут колорирования. Образцы ткани помещали в заранее взвешенные фарфоровые чашки и выдерживали в тигле при температуре 800-900 ^{0}С до полного сгорания. В процессе прокаливания получили неорганический остаток. Для конечного перевода меди в оксид была добавлена концентрированная перекись водорода. Остаток снова довели до постоянной массы, высушивая несколько раз в сушильном шкафу при температуре 95-100 ^{0}С. Взвешивали неорганический остаток на аналитических весах и методом пропорции рассчитывали массу меди, сорбировавшейся на волокне.

Экспериментально изучено влияние условий крашения растительными красителями на механическую прочность шерстяной ткани, т.е. определение показателей при растяжении ткани до разрыва. Для определения разрывных характеристик использовали разрывную машину с постоянной скоростью опускания нижнего зажима РМ – 250. Для определения механических характеристик были взяты следующие образцы шерстяной ткани: 1 – без окрашивания; 2 – окрашенный экстрактом чертополоха без протравливания; 3 – окрашенный экстрактом чертополоха по медной протраве. Испытания проводились согласно ГОСТ 20269-74 Шерсть натуральная сортированная. Методы определения разрывной нагрузки и разрывного удлинения.

Результаты эксперимента

В результате прокаливания эталона (неокрашенный образец шерстяной ткани) получили массу неорганического остатка шерстяного волокна. Массовую долю ионов

меди в структуре шерстяного волокна рассчитывали, вычитая массу зольного остатка. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Массы неорганических остатков, присутствующих в шерстяном волокне до и после окрашивания

№ образца	Масса золы, мг	Масса меди, мг/10 г	Масса меди, мг/кг
1	0,53	-	-
2	1,222	0,5536	55,36
3	1,261	0,5848	58,48
4	1,323	0,6344	63,44

где - №1 – неокрашенный образец ткани; № 2 – образец ткани, окрашенной 30 минут; №3 – образец ткани, окрашенной 40 минут; №4 – образец ткани, окрашенной 60 минут.

Из данных таблицы следует, что наибольшее содержание меди соответствует образцу №4. По-видимому, через 60 минут после крашения диффузия ионов металла и органического растительного красителя достигает максимума, и как следствие, образуется больше комплексов между металлом, красителем и волокном.

Согласно некоторым данным предельно допустимые концентрации ионов меди в одежде составляют 50 мг/кг [1, 19].

В процессе эксплуатации одежды, а также при переработке ткани подвергаются разнообразным механическим воздействиям. Под этими воздействиями ткани растягиваются, изгибаются, испытывают трение [20].

Поэтому, следующей задачей исследования было определение условий колорирования шерстяной пряжи на основные механические свойства шерстяной ткани. Показатели механических свойств шерстяной ткани приведены в следующей таблице.

Таблица 2 - Показатели механических свойств шерстяной ткани при разрыве

№ образцов	P, кгс(н)		l_p, мм		ε_p, %	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток
1	19,2	12,25	2,8	3	14	15
2	20,3	11,3	2,2	2,5	11	12,5
3	21,3	12	2,3	2,7	11,5	13,5

где - №1 – неокрашенный образец ткани; № 2 – образец ткани, окрашенной экстрактом чертополоха без протравливания; № 3 – образец ткани, окрашенной экстрактом чертополоха по медной протраве.

Как видно из таблицы 2, разрывные характеристики по основе выше у тканей, прошедших операцию окрашивания. Это может быть обусловлено тем, что чистошерстяные ткани после операции крашения в результате повышения температуры имеют свойство свойлачиваться. То есть ткань становится более плотнее, и, следовательно, прочнее, нежели ткань, не прошедшая операцию крашения ($P_{основа}$ = 19,2 кгс). В целом показатели разрывной нагрузки и удлинение ткани при разрыве окрашенных образцов с протравой или без нее не имеют больших отклонений от показателей неокрашенного образца. Поэтому делать выводы о том, имеет ли влияние процесс крашения на разрывную нагрузку или нет, не следует.

Заключение

Важным экологическим показателем любого производства является качественный состав сточных вод. Согласно Федеральному закону РФ «Об охране окружающей среды»

№ 7-ФЗ от 10.01.2002 г. существуют нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ (ст. 22). Следовательно, и вопрос об очистке сточных вод приходится решать в комплексе с совершенствованием технологии. Самым оптимальным вариантом очистки производственных стоков текстильного производства является организация системы оборотного водопользования, с возвратом воды на технологические нужды [21].

Для решения экологических проблем текстильного производства необходим комплексный подход ученых, законодателей, исполнительной власти и общества в целом, необходимы инвестиции, которые должны производиться на разных уровнях [1].

Выводы

1. Учитывая, что в мире ужесточились требования, предъявляемые к текстильным материалам по содержанию в них тяжелых металлов, проведено исследование на содержание в шерстяной ткани ионов меди после протравливания. Показано, что предельно допустимые концентрации при использовании данной технологии выдерживаются.
2. Условия крашения растительными красителями на физико-механические показатели шерсти не влияют. Экспериментальные данные подтверждают, что показатели прочности окрашенного образца с протравой и без нее не имеют больших отклонений от показателей неокрашенного образца.

Библиографический список:

1. Кричевский, Г.Е. Химическая технология текстильных материалов: учебник для вузов / Г.Е. Кричевский. - : М.: РосЗИТЛП, 2001. – Т.3. - 298 с.
2. Dyes – synthetic and “natural” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://oecotextiles.wordpress.com.
3. Пармон, Ф.М. Композиция костюма. / Ф.М. Пармон – М.: - Легпромбытиздат, 1997. – 318 с.
4. P Khanna, E.M. Dedhia. Natural colour from ratanjot and eucalyptus leaves. // Colourage. – Oct 1999. – № 46. – Vol. 25. – 3 pp.
5 K. Nakagawa, M. Sugita. Spectroscopic characterisation of vegetable tannins // Soc. Leath. Technol. Chem. – 1999. – № 83. – Vol. 261. – 4 pp.
6. S.D. Bhattacharya, A.K. Shah. Metalion effect of dyeing of wool fabric with catechu. // The Society of dyers and colourists. – January 2000. – Vol. 116. – pages 1-40.
7. Илларионова, К. В. / Влияние биоповреждений на структуру и свойства природноокрашенного волокна новых селекционных линий хлопчатника : автореф. дисс. … канд.техн.наук : 05.19.01 / Илларионова Ксения Викторовна. – С-Пб, 2007. – 18 с.
8. Берлова, Н.В. / Товароведное исследование маньчжурского ореха как сырья легкой промышленности : дисс. канд.техн.наук : 05.19.08 / Берлова Наталья Викторовна. – М, 2005. – 176 с.
9. Shishlina, N. Bronze Age Textiles from the North Caucasus: new evidence of fourth millennium BC fibres and fabrics / N. Shilina, O. Orfinskaya, V. Golikov. // Oxford Journal of Archaeology. – November. – 2003. – Vol. 22. – № 4. – p. 331-344
10. Иерусалинская, А.А. Кавказ на Шелковом пути / А.А. Иерусалинская. – Санкт-Петербург. – 1992. – 72 с.
11. Доде, З. В. Костюм населения Северного Кавказа VII–XVII веков **:** автореф. дисс. … д-ра.истор.наук : 07.00.06 / Доде Звездана Владимировна. **–** Москва: Институт археологии РАН, – 2007. – 40 с.
12. Ташлицкая, Э. Безворсовые ковры Дагестана / Э. Ташлицкая. – Махачкала: Дагкнигиздат, 1995. – 84 с.
13. Гаджиев, М.Г. История Дагестана с древнейших времен до конца XV в. / М.Г. Гаджиев, О.М. Давудов. – Махачкала: ДНЦ РАН, 1996. – 462 с.

14. Магомедов, Р.М. История Дагестана с древнейших времен до начала XIX в. / Р.М. Магомедов. – Махачкала: Дагучпедиздат, 1991. – 302 с.
15. Артемов, А.В. Производство изделий из кожи проблемы экологии / А.В. Артемов // Экология и промышленность России. – февраль. – 2004. – С.32–35.
16. Гаджимурадов, С.М. Основы ковроделия / С.М. Гаджимурадов. – Махачкала: Дагучпедиздат, 1993. – 130 с.
17. Дебиров, П.М. Ковры Дагестана: традиционное и современное / П.М. Дебиров. – Махачкала: ДГПУ, 1995. – 94 с.
18. Walters, A., An overview of textiles processing and related environmental concerns [Электронный ресурс] / A. Walters, D. Santillo, P. Johnston // Greenpeace research laboratories: Department of biological sciences. – 2005. – June. – Режим доступа: www.greenpeace.to/publications/textiles 2005.
19. Артемов, А.В. Производство изделий из кожи проблемы экологии / А.В. Артемов // Экология и промышленность России. – февраль. – 2004. – С.32–35.
20. Савостицкий, Н.А. Материаловедение швейного производства / Н.А. Савостицкий, Э.К. Амирова. – М.: Академия, 2000. – 240 с.
21. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г.

УДК 664.8.036.62

Ахмедов М.Э., Демирова А.Ф., Загиров Н.Г., Пиняскин В.В., Ахмедова М.М.

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ РОТАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОМПОТОВ В ТАРЕ СКО-1-82-3000

Achmedov M.E., Demirova A.F., Zagirov N.G., Pinyaskin V.V., Achmedova M.M.

JUSTIFICATION OF OPTIMUM PARAMETERS AND MATHEMATICAL MODEL OF HIGH-TEMPERATURE ROTATIONAL STERILIZATION OF COMPOTES IN SKO-1-82-3000 CONTAINER

Проведены исследования для выяснения влияния температуры и скорости нагретого воздуха на динамику и продолжительность процесса нагрева компотов в таре СКО 1-82-3000. Исследования проведены при скоростях нагретого воздуха от 1,2 м/с до 8,5м/с и температурах 120–150^{0}С.

Выявлено, что для банки СКО 1–82–3000 оптимальной температурой теплоносителя (нагретого воздуха) можно считать $t_в$=150 и выше ^{0}С. Анализ экспериментальных данных и их обработка с использованием метода наименьших квадратов позволили получить уравнение для расчета продолжительности нагрева компотов в потоке нагретого воздуха в таре СКО 1-82-3000 в зависимости от температуры греющей среды $t_в$ и ее скорости $υ_в$.

Относительная погрешность при сопоставлении расчетных и опытных данных колеблется в пределах 5–8%.

Ключевые слова: *компот, стерилизация, температура, скорость, продолжительность нагрева, воздушный поток, теплоноситель, уравнение.*

Researches for clarification of influence of temperature and speed of heated air on dynamics and duration of process of heating of compotes in SKO 1-82-3000 container are conducted. Researches are conducted at speeds of heated air from 1,2 m/s to 8,5m/s and temperatures 120-150^{0}C.

It is revealed that for SKO 1-82-3000 banks it is possible to consider as the optimum temperature of the heat carrier (heated air) t_v =150 and higher than ^0C. The analysis of experimental data and their processing with use of a method of the smallest squares allowed to receive the equation for calculation of duration of heating of compotes in a stream of heated air in SKO 1-82-3000 container depending on temperature of the heating t_v environment and its speed $\upsilon_в$.

The relative error by comparison of settlement and skilled data fluctuates within 5–8%

Key words: *compote, sterilization, temperature, speed, heating duration, air stream, heat carrier, equation.*

Основной задачей стерилизации консервов является уничтожение или инактивация микроорганизмов, способных вызвать опасную для здоровья потребителей порчу пищевых продуктов. При этом необходимо помнить и об обратной стороне этого вопроса: необходимости как можно более полного сохранения всех качественных показателей продукта [1,2].

Для обеспечения проведения процесса стерилизации, удовлетворяющего обоим этим требованиям, необходим научно обоснованный выбор основных параметров процесса стерилизации, основу которого составляют термоустойчивость микроорганизмов, химическая и физическая природа пищевых продуктов и скорость проникновения тепла в банку с продуктом.

Как известно из литературных источников[1], уничтожение микроорганизмов можно осуществить при разных температурах, начиная приблизительно с 60-70^{o}C, выдерживая в течение определенного времени, носящего название “смертельного времени”, и поэтому какой-то определенной температуры, смертельной для данного вида микроорганизмов, не существует. Так, вегетативные клетки бактерий, дрожжей и плесени погибают почти мгновенно при температуре 100^{o}C, в то время как споры определенных бактерий исключительно устойчивы к нагреванию и для их уничтожения необходима продолжительная выдержка при высоких температурах. Скорость протекания процесса отмирания микроорганизмов является функцией времени и температуры, которые взаимно изменяются при прочих равных условиях, и чем выше температура, воздействующая на клетки, тем скорее они погибают. Поэтому летальные условия не могут быть выражены только одной температурой, а только в совокупности со временем выдержки при данной температуре [1]. При этом зависимость между смертельным временем и температурой является обратной, т.е. с повышением температуры стерилизации смертельное время снижается, причем относительно небольшое увеличение температуры стерилизации значительно влияет на продолжительность смертельного времени, или, если температуру стерилизации повышать в арифметической прогрессии, то смертельное время уменьшается в геометрической прогрессии.

Достижение полной стерильности консервов, т.е. полное уничтожение всех микроорганизмов, в промышленных условиях практически невозможно и не нужно: в продукте даже после очень жестких режимов стерилизации могут выжить единичные клетки микроорганизмов, которые, тем не менее, никак не являются признаком микробиологического неблагополучия консервов, поскольку они, хотя и остаются жизнеспособными, но сильно ослаблены и при нормальных условиях хранения не растут. Только при хранении в экстремальных условиях, особенно благоприятных для их роста, они могут размножаться.

Учитывая логарифмический характер гибели микроорганизмов при нагревании, полностью уничтожить их при стерилизации невозможно.

И промышленная стерилизация не ставит своей задачей обеспечение абсолютной стерильности продукта, так как абсолютная стерильность может быть достигнута нагревом и длительной выдержкой банок с продуктом при весьма высоких температурах,

при которых продукт претерпевает настолько глубокие изменения, что становится непригодным к употреблению.

Поэтому при выборе режимов стерилизации консервов следует исходить из того, что режим стерилизации должен обеспечивать заданную промышленную стерильность консервов, но не более. Чем выше биологическая ценность исходного сырья, тем больше его потери при тепловом воздействии, поэтому при обработке такого продукта следует предъявлять более высокие требования к технологии [2,3,4] и, в частности, к выбору режима тепловой стерилизации.

Современный подход к решению вопросов стерилизации консервов заключается в изыскании таких способов и режимов стерилизации, которые обеспечивали бы, наряду с необходимой инактивацией микрофлоры, и более полное сохранение пищевой ценности готового продукта.

Как было сказано выше, основным фактором, который играет существенную роль в процессе тепловой стерилизации пищевых продуктов, является температура продукта. Динамика изменения температуры в наименее прогреваемой точке и продолжительность самого процесса нагрева продукта до заданной конечной температуры являются основополагающими факторами для исследования, расчета и разработки режимов тепловой стерилизации консервов [5,6,7]. При этом при тепловой обработке пищевых продуктов с вращением тары при оптимальных параметрах вращения, обеспечивающих практически равномерную тепловую обработке по всему объему банки, понятие «наименее прогреваемая точка» практически уже не играет той роли, которая имеет место при стерилизации консервов в статическом состоянии банок.

Вместе с тем, существенную роль в интенсификации внешнего теплообмена при стерилизации консервов в потоке нагретого воздуха играет не только температура теплоносителя (нагретого воздуха), но и его скорость [4], которая также существенно способствует интенсификации процесса внешнего теплообмена.

Для определения влияния температуры и скорости нагретого воздуха на динамику и продолжительность процесса нагрева компотов, нами проведены экспериментальные исследования прогреваемости компотов в стеклянной таре СКО 1-82-3000. Исследования проведены при следующих параметрах теплоносителя: скорость 1,2 м/с - 8,5м/с; температура 120–150^{0}С.

На рис. 1 представлены кривые прогреваемости консервов «Компот из черешни» при вращении банки СКО 1–82–3000 с «донышка на крышку» с $n = 0{,}33с^{-1}$ (оптимальная частота вращения для банки СКО 1-82-3000) в потоке нагретого воздуха температурой 120^{0}С при различных скоростях воздушного потока: 1 – $\upsilon_в$=1,2 м/с; 2 – $\upsilon_в$=3, 5м/с; 3 – $\upsilon_в$=5,75 м/с; 4 – $\upsilon_в$=6,5 м/с; 5 – $\upsilon_в$=8,5 м/с

Как видно из рис. 1, продолжительность нагрева компота от $t_н$=50^{0}С до $t_к$=100^{0}С составляет при скорости воздушного потока, равной $\upsilon_в$=1,2 м/с – 90 мин. Увеличение скорости воздушного потока до $\upsilon_в$=3,5 м/с, при неизменной ее температуре, приводит к сокращению продолжительности процесса нагрева компота до 100^{0}С, которая составляет при этих параметрах – 69 мин. Дальнейшее увеличение скорости нагретого воздуха до $\upsilon_в$=5,75 м/с также приводит к сокращению продолжительности процесса нагрева до 53 мин, и этот процесс сокращения продолжительности процесса нагрева компота, в зависимости от увеличения скорости нагретого воздуха, продолжается и дальше, но, однако, зависимость продолжительности нагрева от скорости теплоносителя постепенно становится несколько менее заметной. В частности, при увеличении скорости воздушного потока с $\upsilon_в$=5,75 м/с до $\upsilon_в$=6,5 м/с, продолжительность процесса нагрева до заданной конечной температуры сокращается на 3 мин, т.е. составляет 50 мин, при скорости $\upsilon_в$=8,5 м/с – составляет порядка 43 мин.

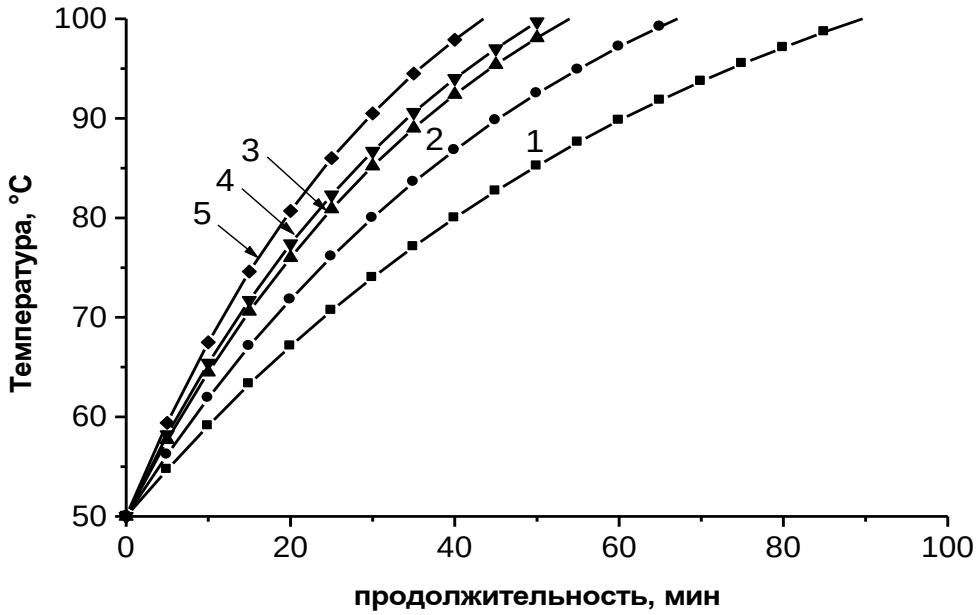


Рисунок 1 - Кривые прогреваемости наименее прогреваемой точки консервов «Компот из черешни» при вращении банки СКО 1-82-3000 с «донышка на крышку» с частотой n= 0,33с$^{-1}$ при температуре нагретого воздуха $t_в$= 120^{o}С и различных скоростях воздушного потока: 1) $υ_в$=1,2 м/с; 2) $υ_в$=3,5м/с; 3) $υ_в$=5,75м/с; 4) $υ_в$=6,5м/с; 5) $υ_в$=8,5м/с

Таким образом, анализ кривых прогреваемости консервов «Компот из черешни» в банках СКО 1–82–3000 с вращением тары в потоке нагретого воздуха температурой 120^{0}С показывает, что скорость воздушного потока в пределах $υ_в$=8–8,5 м/с можно считать оптимальной, так как дальнейшее увеличение скорости воздушного потока практически мало влияет на сокращение продолжительности процесса нагрева.

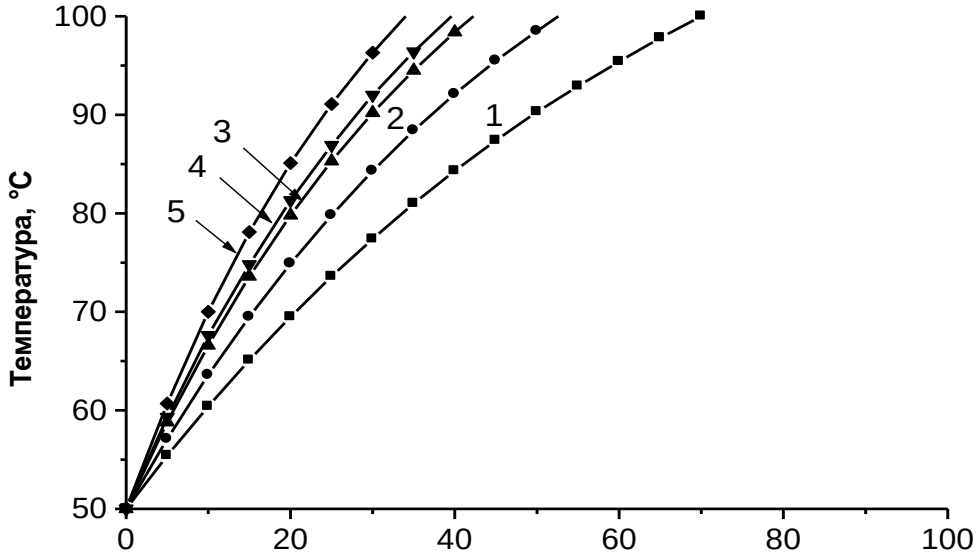


Рисунок 2 - Кривые прогреваемости наименее прогреваемой точки консервов «Компот из черешни» при вращении банки 1-82-3000 с «донышка на крышку» с частотой n= 0,33с$^{-1}$ при температуре нагретого воздуха $t_в$= 130^{o}С и различных скоростях воздушного потока: 1) $υ_в$=1,2 м/с; 2) $υ_в$=3,5м/с; 3) $υ_в$=5,75м/с; 4) $υ_в$=6,5м/с; 5) $υ_в$=8,5м/с

На рис. 2 представлены кривые прогреваемости консервов «Компот из черешни» при вращении банки СКО 1–82–3000 с «донышка на крышку» с частотой n=0, 33$с^{-1}$ при температуре нагретого воздуха $t_в$=130^{0}С и различных скоростях воздушного потока: 1 – $υ_в$=8,5 м/с; 2 – $υ_в$=6,5 м/с; 3 – $υ_в$=4,75 м/с; 4 – $υ_в$=3,5 м/с; 5 – $υ_в$=1,5 м/с; 6 – $υ_в$=1,2 м/с.

продолжительность, мин

Как видно из рис. 2, при минимальной скорости воздушного потока, равной $υ_в$=1,2 м/с, продолжительность процесса нагрева компота от $t_н$=50^{0}С до $t_к$=100^{0}С составляет – 69 мин, т.е. на 21 мин меньше, чем при такой же скорости воздушного потока, но при температуре нагретого воздуха, равной 120^{0}С (рисунок 1). Увеличение скорости воздушного потока приводит, соответственно, к сокращению продолжительности процесса нагрева, которая составляет при скорости $υ_в$=3,5 м/с – 52 мин и, уменьшаясь, в дальнейшем достигает при $υ_в$=8,5 м/с величины, равной 32 мин. И при данной температуре также видно, что увеличение скорости воздушного потока выше 8–8,5 м/с менее существенно влияет на продолжительность процесса нагрева компотов.

На рис. 3 представлены кривые прогреваемости консервов «Компот из черешни» в банке СКО 1–82–3000 при нагреве в потоке нагретого воздуха температурой 140^{0}С при различных скоростях теплоносителя и вращения тары с «донышка на крышку» с частотой n=0,133$с^{-1}$. Как видно из рис. 3, увеличение скорости воздушного потока с $υ_в$=1,2 м/с до $υ_в$=8,5 м/с приводит к сокращению продолжительности процесса нагрева компота с 58 мин (при $υ_в$=1,2 м/с) до 28 мин (при $υ_в$=8,5 м/с); т.е. увеличение скорости воздушного потока с 1,2 м/с до 8,5 м/с обеспечивает сокращение продолжительности процесса нагрева на 20 мин и при этом так же, как и в предыдущем случае, оптимальной скоростью можно считать $υ_в$=8÷8,5 м/с.

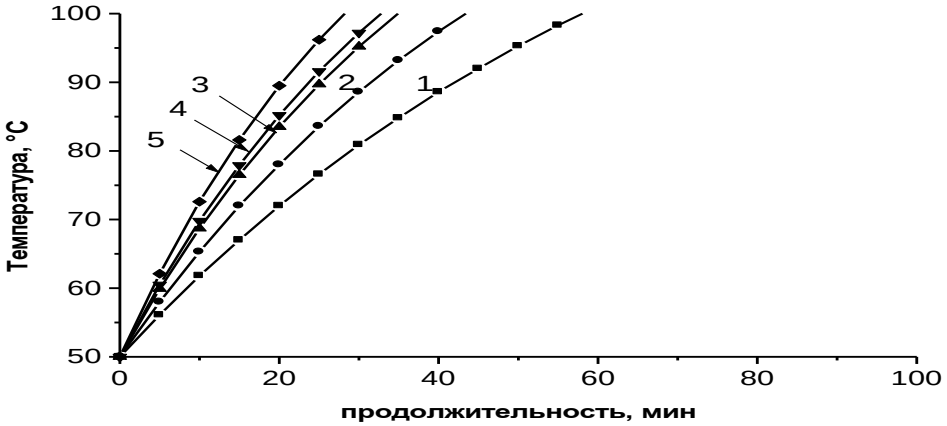


Рисунок 3 - Кривые прогреваемости наименее прогреваемой точки консервов «Компот из черешни» при вращении банки 1-82-3000 с «донышка на крышку» с частотой n= 0,33$с^{-1}$ при температуре нагретого воздуха $t_в$= 140^{o}С и различных скоростях воздушного потока: 1) $υ_в$=1,2 м/с; 2) $υ_в$=3,5м/с; 3) $υ_в$=5,75м/с; 4) $υ_в$=6,5м/с; 5) $υ_в$=8,5м/с

Дальнейшее увеличение температуры нагретого воздуха до 150^{0}С (рисунок 4) обеспечивает интенсификацию процесса теплообмена и, следовательно, также приводит к сокращению продолжительности процесса нагрева с 50 мин (при $υ_в$=1,2 м/с) до 22 мин (при $υ_в$=8,5 м/с).

Анализ кривых прогреваемости, представленных на рисунках 1 – 4, показывает, что увеличение температуры нагретого воздуха не обеспечивает пропорциональное ее величине сокращение продолжительности нагрева компотов: в частности при повышении температуры нагретого воздуха со 120^{0}С до 130^{0}С, при одной и той же его скорости, продолжительность процесса нагрева компота до 100^{0}С сокращается с 38 мин (при 120^{0}С) до 32 мин (при 130^{0}С), т.е. продолжительность сокращается на 6 мин. При дальнейшем

увеличении температуры нагретого воздуха до 140^0С продолжительность процесса нагрева при скорости воздушного потока, равной $\upsilon_в$=1,2 м/с, составляет 25 мин; и при температуре воздуха, равной 150^0 – 23 мин.

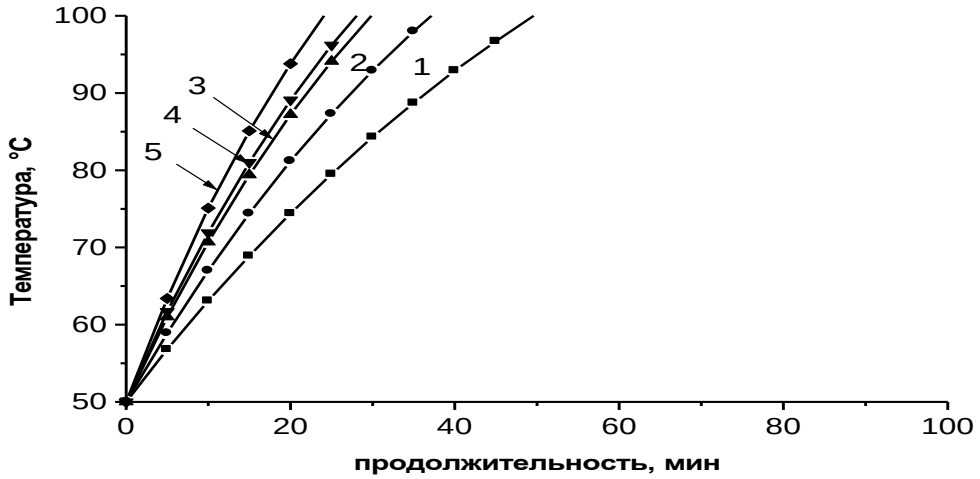


Рисунок 4 - Кривые прогреваемости наименее прогреваемой точки консервов «Компот из черешни» при вращении банки 1-82-3000 с «донышка на крышку» с частотой n= 0,33$с^{-1}$ при температуре нагретого воздуха $t_в$= 150°С и различных скоростях воздушного потока: 1) $\upsilon_в$=1,2 м/с; 2) $\upsilon_в$=3,5м/с; 3) $\upsilon_в$=5,75м/с; 4) $\upsilon_в$=6,5м/с; 5) $\upsilon_в$=8,5м/с

Таким образом, можно сделать вывод о том, что для банки СКО 1–82–500 оптимальной температурой теплоносителя (нагретого воздуха) можно считать $t_в$=140÷150^0С, и дальнейшее увеличение температуры нецелесообразно.

Анализ экспериментальных данных и их обработка с использованием метода наименьших квадратов позволили получить уравнение для расчета продолжительности нагрева компотов в потоке нагретого воздуха в таре СКО 1-82-3000 в зависимости от температуры греющей среды $t_в$ и ее скорости $\upsilon_в$.

Полученное уравнение при объеме тары СКО 1-82-3000, имеет вид:

$$\tau = \frac{P_1 - \sqrt{P_2 - T}}{P_3}, \qquad (1)$$

где P_1=2,9 + 0,038 $t_в$; P_2=33 + 0,6 $t_в$; P_3=0,084 + 0,0129 $\upsilon_в$;

Относительная погрешность при сопоставлении расчетных и опытных данных колеблется в пределах 5–8%.

Экспериментальные и расчетные значения по уравнению (1) представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Зависимость продолжительность процесса нагрева компота от параметров теплоносителя

Наименование тары	Скорость нагретого воздуха, $\upsilon_в$ м/с	Продолжительность нагрева от $t_н$=50^0С до $t_к$=100^0С, мин							
		120^{0}С		130^{0}С		140^{0}С		150^{0}С	
		опыт.	расч.	опыт.	расч.	опыт.	расч.	опыт.	расч.
СКО 1-82-3000	1,2	88	90	68,5	70	57,5	58	48,5	50
	2,75	73	74	55,8	57	48	47	41,0	41
	4,75	57	59	44	46	38	38	33,5	33
	6,5	52	51	39	40	33,5	33	29,	28
	7,75	46	47	36,5	37	29,5	30	26	26
	8,5	41,5	43	34,5	34	26	28	24	24

Относительная погрешность при сопоставлении расчетных и опытных данных колеблется в пределах 5–8%.

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что оптимальными параметрами для тепловой обработки компотов в таре СКО 1-82-3000 являются: температура 140 и 150^{0}С и скорость воздушного потока 6,5-8,5м/с.

Библиографический список:

1. Флауменбаум Б.Л. Основы консервирования пищевых продуктов, -М. : Легкая и пищевая промышленность,1972.-260с.
2. Сборник технологических инструкций по производству консервов. Т-2, -М.: Легкая и пищевая промышленность,1977.
3. Ахмедов М.Э.Интенсификация технологии тепловой стерилизации консервов «Компот из яблок» с предварительным подогревом плодов в ЭМП СВЧ //Известия вузов. Пищевая технология, 2008, № 1. – С. 15-16.
4. Ахмедов М.Э., Исмаилов Т.А. Прогреваемость консервов при стерилизации в потоке нагретого воздуха // Продукты длительного хранения, 2007, № 2. – С. 9-10.
5. Мурадов М.С. Изыскание высокотемпературных режимов ротационной стерилизации консервов в потоке воздуха: Дис…канд. техн. наук. – Одесса, 1978.
6. Ахмедов М.Э., Исмаилов Т.А. Математическое планирование эксперимента при ротационной стерилизации консервов в потоке нагретого воздуха //Хранение и переработка сельхозсырья, 2009, № 1. – С.
7. Ахмедов М.Э, Шихалиев С.С., Суракатов С.С., Рахманова М.М. Высокотемпературная ротационная стерилизация компотов //Пищевая промышленность, 2009, № 7. – С.30-31.

УДК 547.789.9

Абакаров Г.М.

МЕТОДЫ СИНТЕЗА БЕНЗОСЕЛЕН(ТЕЛЛУР)АЗОЛОВ, 1,5 БЕНЗОТЕЛЛУРАЗЕПИНОВ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ

Abakarov G. M.

METHODS OF SYNTHESIS *BENZOSELENIUM(TELLURIUM)AZOLES, 1,5-BENZOTELLURAZEPINES AND THEIR DERIVATIVES*

В данной статье рассмотрены методы получения бензоселен(теллур)азолов, 1,5-бензотеллуразепинов и их производных.

Ключевые слова: *селен, теллур, бис(аминофенил)дителлурид, 2-иодфенилизоцианид, вторичные и циклические амины, дифениламин, морфолин.*

In this article receiving methods benzoselenium(tellurium)azoles, 1,5-benzotellurazepines and their derivatives.

Key words: *selenium, tellurium, bis(aminophenil)ditellurid, 2-iodfenilizotsianid, secondary and cyclic amines, diphenylamine, morfolin.*

1.Бензохалькогеназолы

Химия халькогенорганических соединений является важным и интенсивно развивающим направлением элементорганической химии. Мощным стимулом для столь интенсивных исследований является разнообразие важных и полезных свойств этих

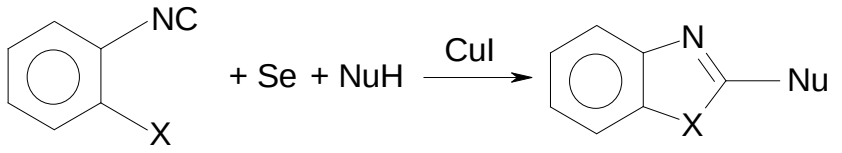
соединений. Интерес синтетиков к разработке методов синтеза разнозвенных гетероцикловсодержащих в структуре атомы элементов селена и теллура закономерен, так как это может привести к получению веществ с «неожиданным» и высокоэффективным характером биологических свойств. Известно, что бензотиазолы довольно широко применяются в сфере медицины и промышленности.

Бензотиазольное кольцо – важный каркас фармакологически активных соединений [1], цианиновых красителей [2] флуоресцентных [3] и фотохромных [4] соединений.

На основе бензодиазепинов созданы эффективные психотропные препараты, которые широко используются в медицинской практике. Круг органических соединений селена представляет интерес с точки зрения фармакологии и за последнее время значительно расширен, причем в существенной степени за счет синтеза селензамещенных аналогов биологически активных и природных соединений (адриамицин, эпселен и 5-арилселензамещенные урацилы).

Многие теллурорганические соединения также обладают биологической активностью, достаточно напомнить тот факт, что препарат АС-101 [трихлор(оксиэтилен-о,о)теллурат аммония] обладает мощной имуномоделирующей активностью и используется для лечения и СПИДа. В научной литературе имеется большое количество работ, посвященных исследованиям бензохалькогеназолов, бензоазепинов, но методы синтеза достаточно сложны. Например, известно, что наиболее часто используемый метод конструирования бензотио (селен) азольного цикла является реакция цинковых солей бис[о-аминофенилтио(селената)] с соответствующими хлорангидридами карбоновых кислот [6]. Однако этот метод не применим к получению 2-гетерозамещенных бензоселеназолов и бензотеллуразолов.

Новым высокоэффективным методом синтезабензоселен(теллур)азолов, содержащих гетероатомные заместители NRR′, OR, SR во втором положении может служить реакция 2-иодфенилизоцианида с селеном и теллуром (1) [7]. Реакция катализируется CuI и происходит в присутствии нуклеофильных реагентов (вторичных и циклических) аминов.

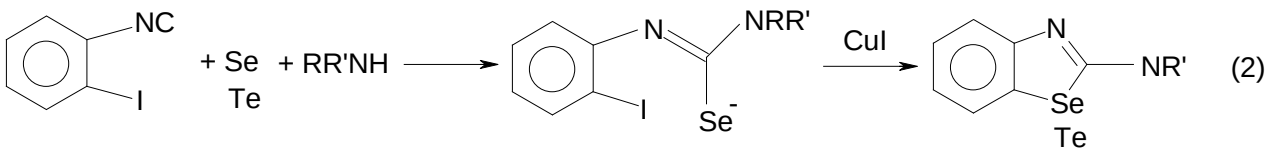


(1)

X=Br, I

NuH=RR'ROH, RSH

Изучение механизма этой реакции показало, что прикурсором бензоселен(теллур)азолов является соответсвующий селенолят или теллуролят. Роль CuI – ускорение процесса циклизации. Таким образом, был предложен путь реакций, включающий SNAr механизм, т.е. (селено, теллуро)имидоилирование из ацианилидов, приводящее к соединению (1), и последующая циклизация, приводящая к конечному продукту. Это реакция (2).

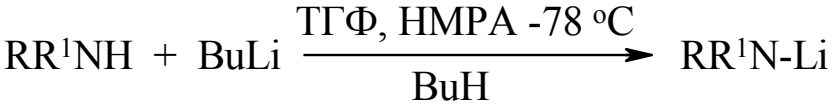


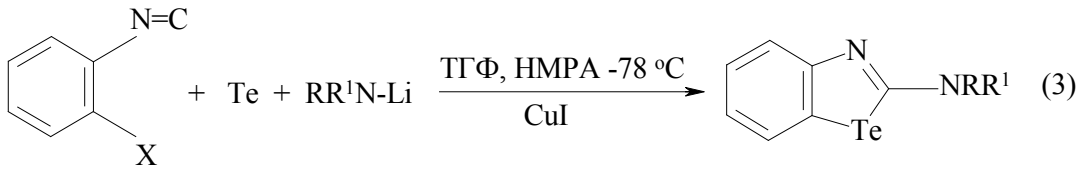
(2)

1

Вместо аминов в реакции (2) можно использовать пипиридид лития, полученный по

реакции (3) таблица 1.





X = Br, I

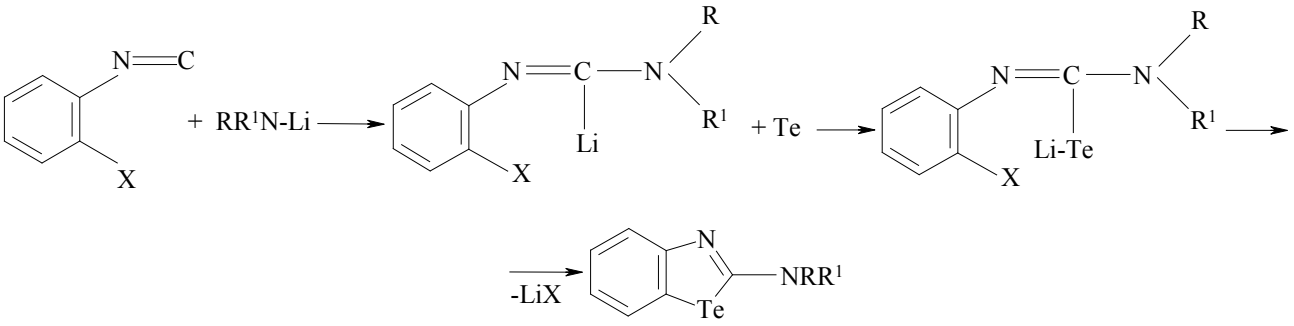
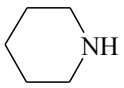
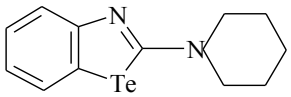
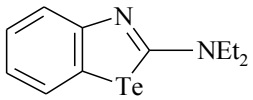
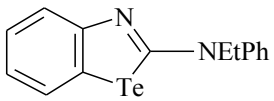
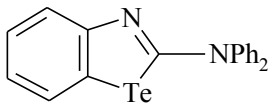


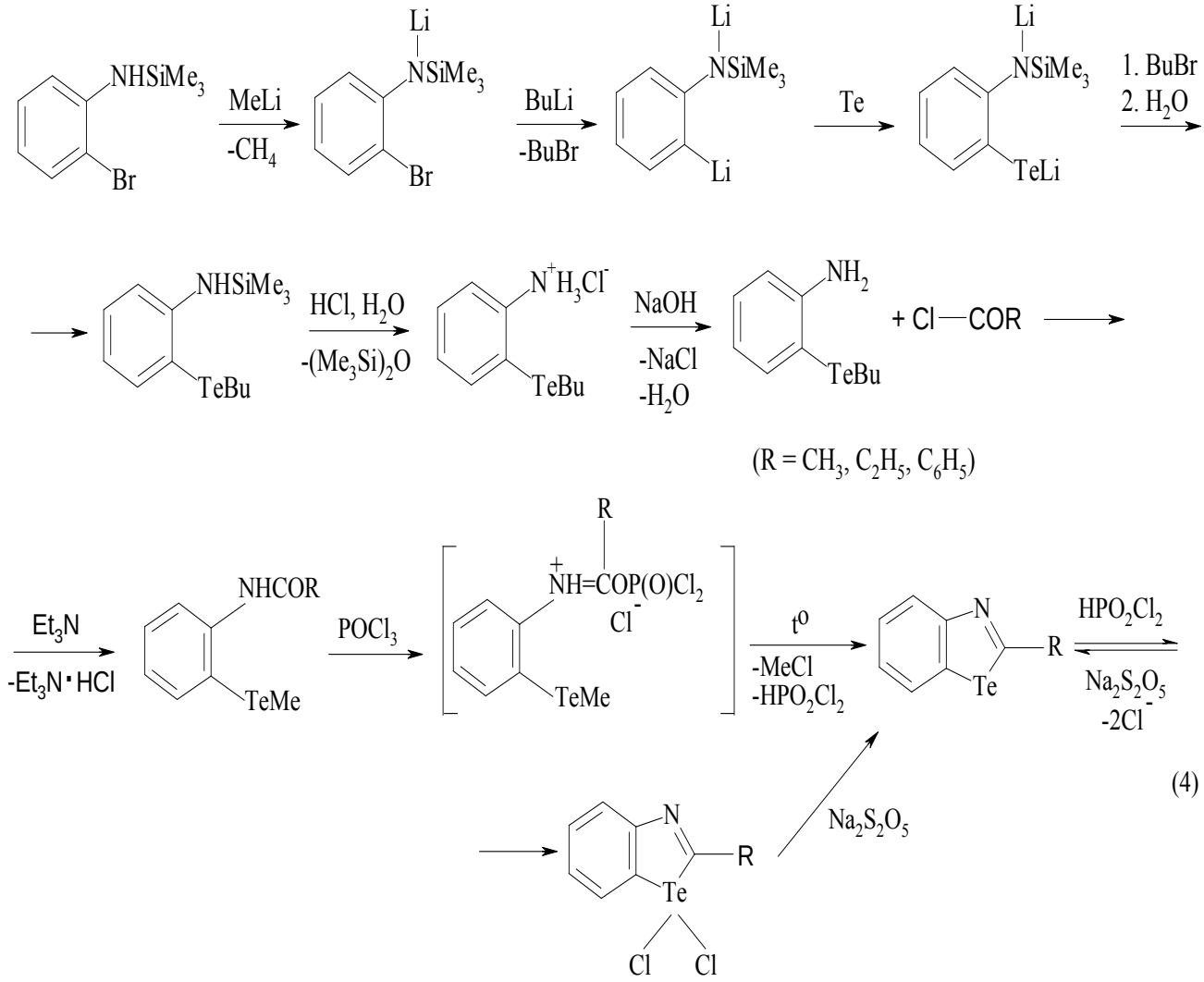
Таблица 1 - Производные бензотеллуразолов

	Продукт	Выход
1. 		75%
2. Et_2NH		31%
3. EtPhNH		53%
4. Ph_2NH		65%

2-(1-Пиперидил)-1,3-бензотеллуразол ЯМР ^{1}H (400 MHz, $CDCl_3$), δ, м.д.: 1,67 (ш.с, 6H), 3.50 (ш.с, 4H), 6.83-6.87 (м, 1H), 7.23-7.27 (м, 1H), 7.56-7.60 (м, 2H); ЯМР ^{13}C (100 MHz, $CDCl_3$), δ, м.д.: 24.6; 25.6; 52.5; 120.6; 120.8; 126.7; 130.3($'J_{Te-C}$= 15.7 Hz), 159.8; 164.3. ИК (KBr), □/см$^{-1}$: 2931, 1515, 1436, 1199, 751 см$^{-1}$. Найдено, %: C = 45.75; H = 4.36; N = 8.81. $C_{12}H_{14}N_2Te$. Вычислено, %: C = 45.92; H = 4.50; N = 8.93.

Следует отметить, что при получении бензотеллуразолов, в отличие от бензоселеназолов, выход конечного продукта существенно зависит от строения вторичных аминов, объемные заместители у атома азота (напримеризопропильные группы) не приводят к продукту реакции.

Одним из перспективных методов синтеза 2-алкилбензотеллуразолов является метод с использованием в качестве исходного соединения N-триметилсилил-2-броманилина, синтез которого был осуществлен по следующей схеме (4)

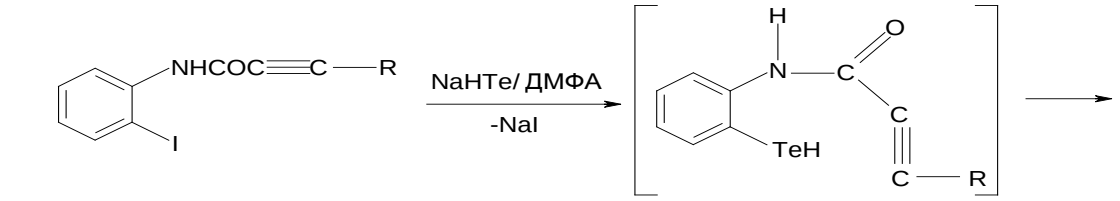


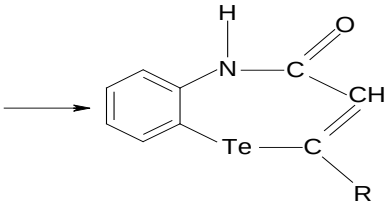
(4)

Простота получения 2-бутилтеллуроанилина, по сравнению с раннее описанным синтезом 2-этилтеллуроанилина [8], свидетельствует о преимуществе этого метода. Строение 2-бутилтеллуроанилина доказано ЯМР^1 Н спектроскопией. В спектре этого соединения помимо протонов бутильной группы (м, 9Н, 0.88-2.77 м.д.) и ароматических протонов (м, 4Н, 6.45-7.58 м.д.) при 5.18 м.д.(с, 2Н) наблюдается сигнал протонов аминогруппы. Для 2-метилбензотеллуразола ЯМР^1 Н (м, 4Н, 8.10-6.95 м.д. – аромат.протоны) 2.76 м.д. (с, 3Н, CH_3).

2.1,5-Бензотеллуразепины

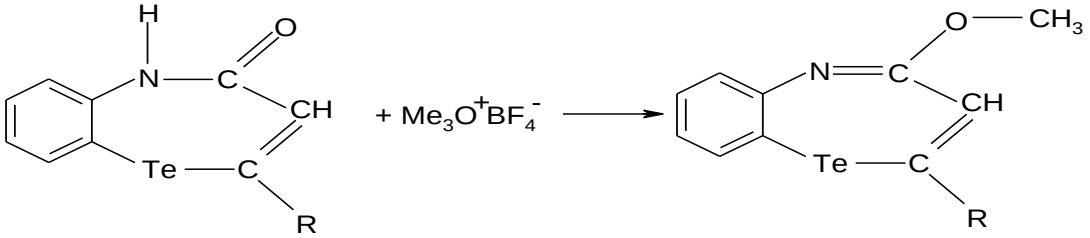
Первые представители 1,5-бензотеллуразепинов были получены трехстадийным синтезом, исходя из 2-иодбензойной кислоты [9]. Взаимодействие последней с труднодоступным азидом дифенилфосфиновой кислоты приводит к 2-иодфенилизоцианату, реакция которого с различными этинилмагнийбромидами в ТГФ дает 2-иодпропиониланилиды. Обработка этих соединений NaTeH, полученным из теллура и $NaBH_4$ и ДМФА позволяет получать 2-R-1,5-бензотеллуразепин-4-оны. Взаимодействием полученного соединения 2 (5) с борфторидомтриметилоксония были синтезированы 2-R-4-метокси-1,5-азепиноны 3(6)





2

(5)



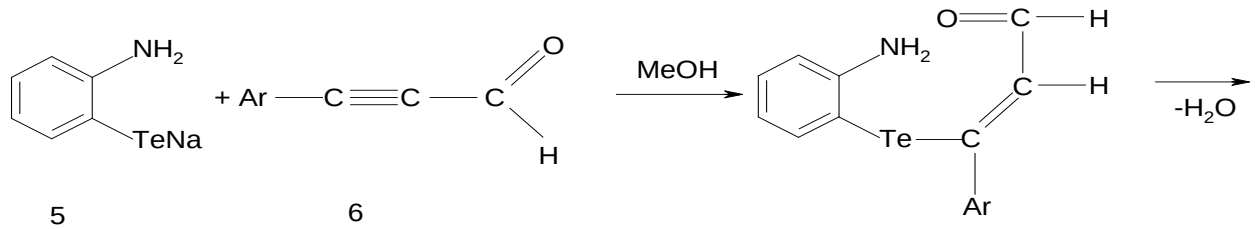
3

(6)

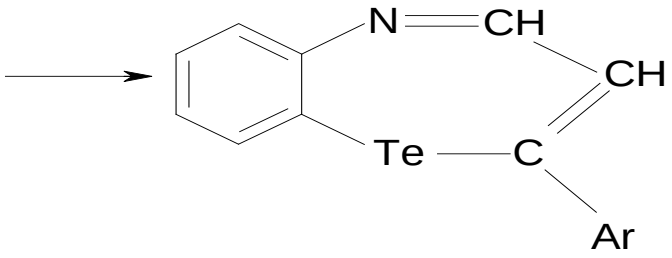
R=But, Ph

В дальнейшем был предложен однореакторный метод синтеза 2-арил-1,5-бензотеллуразепинонов 4 (7) [10].

Эти соединения 4 а,б были получены с выходом 40-50% реакцией нуклеофильного присоединения 2-аминофенилтуллуролят аниона 5 с пропаргиловым альдегидом 6 в метаноле. Альтернативынй механизм реакции – первоначальное образование Шиффа с последующим присоединением группы $TeNa^-$ по тройной связи маловероятен учитывая высокую нуклеофильность туллуролят анионов и большие скорости присоединения этих анионов по активированным тройным связям (7).



5 6



(7)

4а,б

Ar=Ph(а),$_4$-CH_3-C_6H_4(б)

В ЯМР1 Н спектре 4 а наблюдается дублет дублетов протонов в положениях 3,4 при 7.19-8.0 м.д. (J_{HH}=3.81 Гц) и мультиплет ароматических протонов при 6.60-7.38 м.д.

Библиографический список:

1. Mortimer C.G., Wells G., Croshard J.P., Stone E.L., Bradshaw T.D., Stevens M.F.G., Westwell A.D.//J. Med.Chem.2006. 49, P.179-185.
2. Santos P.F., Reis L.V., Almeidia P., Serano J.P., Oliveira A.S., Ferreira L.F.//J.Photochem.Photobiol.A.2004,163,P.263-269.
3. Costa S.P.G., Ferreira J.A.,Rirsch G., Oliveira – Campos A.M.F.// J.Chem.Res.1997, P.314-315.
4. Heynderickx A., Guglielmetti R., Dubest R., Aubard J., Samat A. // Synthesis. 2003, P.1112-1116.
5. Albeck M., Tamari T., Sredni B. // Synthesis.1989,№8, P.635-636.
6. Bogert M.T., Still A.// J.Am.Chem.Soc.1927, 49, P.2011-2016/
7. Fujiwara S., Asanuma Y., Shin-ike T. and Kambe N. // J.Org.Chem. 2007,72, P.8087-8090.
8. Mbyi M., Evers M., Tihange G., Luxen A., Christiaens L. //J. Tetr. Lett. 1983, V24, №52, P.5873-5876.
9. SashidaH.//Heterocycles. 1998,48,P.631-634.
10. Sadekov I.D., Minkin B.I. //Advances in Geterocyclic Chemistry.2001,V79,P.23-24.

ЭКОНОМИКА ОТРАСЛИ

ББК 65.010.63

Долинская А.А.

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ МАЛОГО БИЗНЕСА В СФЕРЕ УСЛУГ В УСЛОВИЯХ РАСШИРЕНИЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ СРЕДЫ

Dolinskay A.A.

THE STRATEGY OF THE SMALL BUSINESS INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN THE SERVICE SPHERE IN THE CONDITIONS OF ENTREPRENEURIAL ENVIRONMENT ENHANCEMENT

В статье обосновывается необходимость стратегического подхода к выбору наиболее перспективных направлений развития инфраструктуры малого бизнеса в сфере услуг. На основе аналитического обобщения действующих форм поддержки малого бизнеса в сфере услуг предложена организационная инфраструктура малого бизнеса в условиях расширения международной предпринимательской среды в сфере услуг.

Ключевые слова: *инфраструктура, малый бизнес, стратегия развития, организационные формы, предпринимательство*.

The necessity of strategic approach to the option of the most perspective directions of small business development in the service sphere has been stipulated in the article. The organizational infrastructure of small business in the conditions of international entrepreneurial environment enhancement in the service sphere on the basis of analytical generalization of the existing forms of small business support in the service sphere has been developed.

Key words: *infrastructure, small business, strategy, organizational forms, entrepreneurship.*

В условиях начавшейся постиндустриальной модернизации экономики, перехода современной цивилизации на путь устойчивого развития, малый бизнес становится неотъемлемым звеном в структуре общественного воспроизводственного процесса, без которого невозможно обеспечить успешное социально-экономическое развитие и рост эффективности производства.

Формирование стратегии стабильного развития малого бизнеса в экономике России направлено на реализацию условий, обеспечивающих устойчиво-воспроизводственный режим развития экономики страны и ее регионов, сложившихся под воздействием ее внутренней структурной перестройки, совершенствования институциональной среды, вовлечения в малое предпринимательство трудоспособного населения, обеспечения целенаправленности государственного регулирования и высокой эффективности использования ресурсов.

Малое предпринимательство, как управляемая система и подсистема по отношению к региональной и национальной экономике, обладает рядом признаков системности: экономическая и социальная устойчивость, наличие структуры с совокупностью внутренних связей между подсистемами, внешние контакты с равноценными системами и системами более сложного порядка, относительная автономность опосредующих общественно-экономических отношений, а соответственно, и высокая степень экономико-правовой самостоятельности, направленность на получение совокупного результата, обладание различными внутренними факторами саморазвития.

По результатам исследования Национального института системных исследований проблем предпринимательства, к началу 2013 года в России было зарегистрировано 1 997,0 тыс. малых предприятий (в том числе, 1759,0 тыс. микропредприятий), что на 8,7% больше, чем в предыдущем году. При этом количество малых предприятий в расчете на 100 тыс. жителей составило 1395,9 ед., что превышает показатель прошлого года на 110,5 ед.

Количество малых предприятий в расчете на 100 тыс. человек населения выросло в 69 регионах.

Наиболее значительный рост показателя отмечен в г. Санкт-Петербурге (на 932,1 ед.), Красноярском крае (на 538,7 ед.), Калининградской (на 531,5 ед.) и Тверской (на 509,0 ед.) областях, Чукотском АО (на 467,3 ед.), Томской области (на 461,3 ед.), Республике Хакасия (на 375,1 ед.), Магаданской области (на 371,1 ед.), Хабаровском крае (на 360,9 ед.), Пензенской (на 336,8 ед.) и Ленинградской (на 330,7 ед.) областях и Ненецком АО (на 307,7 ед.).

Количество малых предприятий в расчете на 100 тыс. жителей за прошедший год сократилось только в 14 регионах. Наиболее значительное снижение отмечено в Забайкальском крае, где число малых предприятий сократилось почти на четверть.

По итогам 2012 года среднесписочная численность занятых на малых предприятиях (без учета внешних совместителей и работающих по договорам гражданско-правового характера) в целом по стране выросла на 0,6% по сравнению с показателем прошлого года и составила 10 481,1 тыс. человек. Удельный вес работников малых предприятий в общей среднесписочной численности занятых составил 22,6%.

Рост среднесписочной численности занятых на малых предприятиях за указанный период отмечается в 49 регионах.

В числе лидеров Чеченская Республика (показатель вырос на 66,4%) и Чукотский АО (на 53,6%).

Наиболее значительное сокращение числа занятых на МП отмечено в Забайкальском крае, Архангельской и Саратовской областях, Республике Хакасия, Карачаево-Черкесской Республике и Амурской области.

Общий объем оборота малых предприятий в Российской Федерации за 2012 год составил 23 465,9 млрд. рублей, что лишь на 3,8% выше показателя 2011 года (с учетом индекса потребительских цен оборот малых предприятий сократился на 2,4%).

За указанный период объем оборота малых предприятий с учетом ИПЦ по сравнению с показателем прошлого года вырос в 59 регионах.

Лидерами по темпам роста показателя стали Чеченская Республика (показатель вырос на 61,8%), Ярославская (на 42,8%), Самарская (на 31,8%) и Ивановская (на 26,6%) области. Снижение оборота малых предприятий с учетом ИПЦ отмечено в 24 регионах. Наибольшее сокращение объема оборота малых предприятий с учетом ИПЦ произошло в Чукотском АО, г. Москве, Республике Калмыкия, Республике Северная Осетия-Алания, Карачаево-Черкесской Республике, Амурской и Архангельской областях.

Объем инвестиций в основной капитал на малых предприятиях в 2012 году в целом по РФ составил 521 545,0 млн. рублей, что на 20,9% выше показателя 2011 года (с учетом индекса потребительских цен рост инвестиций в основной капитал составил 13,7%).

К лидерам по темпам роста показателя относятся: Республика Калмыкия (показатель вырос в 3,4 раза), Республика Северная Осетия-Алания (в 3,1 раза), Орловская (в 3 раза), Липецкая (в 2,4 раза), Челябинская (в 2,2 раза), Брянская (в 2 раза) и Курская (в 2 раза) области. Сильное увеличение показателя отмечено в Еврейской автономной области (на 99,7%), Республике Марий Эл (на 91,1%), Амурской области (на 85,9%), Республике Ингушетия (на 82,1%), Республике Мордовия (на 77,9%), г. Москва (на 76,8%), Тульской (на 71,9%), Архангельской (на 66,1%), Псковской (на 66,0%), Калининградской (на 52,5%) и Владимирской (на 50,4%) областях.

Наибольшее сокращение объема инвестиций в основной капитал на малых предприятиях с учетом ИПЦ наблюдается в 9 регионах, среди них Республика Тыва (показатель сократился на 89,6%), Республика Хакасия (на 82,6%), Карачаево-Черкесская Республика (на 80,8%), Чукотский АО (на 77,1%), Ямало-Ненецкий АО (на 67,4%), Республика Саха (Якутия) (на 65,2%), Магаданская область (на 63,1%), Тамбовская область (на 59,0%), Республика Алтай (на 57,1%).

В целом, как считают эксперты НИСИПП, итоги деятельности малых предприятий в 2012 году в региональном разрезе можно рассматривать как позитивные. В 69 регионах увеличилось количество зарегистрированных МП в расчете на 100 тыс. жителей; увеличение среднесписочной численности занятых на МП отмечено в 49 регионах, объемов оборота МП (с учетом ИПЦ) – в 59 регионах; инвестиций в основной капитал на МП (с учетом ИПЦ) – в 56 регионах.

В 2012 году количество малых предприятий в Республике Дагестан увеличилось на 39,3% и составило 7,8 тысяч единиц, оборот малых предприятий составил 149,9 млрд. рублей или 103,9 % к 2011 году. Государственную поддержку получили 12,2 тысяч субъектов малого и среднего предпринимательства, создано 2,3 тысяч новых рабочих мест.

В условиях глобальных трансформаций экономическая активность субъектов малого бизнеса в сфере услуг, вследствие социальной и макроэкономической значимости, требует выделения в системе государственного регулирования экономики и внешнеэкономической сферы такой подсистемы, как государственное регулирование инновационной деятельности малого бизнеса. Цели данного регулирования определены принципом рационал-протекционизма, что предполагает: обеспечение защиты интересов малых предприятий; оказание поддержки в создании эффективной инфраструктуры внешнеэкономической предпринимательской деятельности; ограждение малых предприятий, осуществляющих свою деятельность на национальном рынке, от иностранных импортеров; содействие в достижении конкурентных преимуществ малыми фирмами, производящими на экспорт наукоемкой и импортозамещающей продукции и др.

В 2012 году Россия присоединилась к Всемирной торговой организации (ВТО), главная задача которой – содействовать беспрепятственной международной торговле и это событие открывает множество новых возможностей для предпринимателей, поскольку на долю стран-членов организации приходится 97% мирового товарооборота, создаются более благоприятные условия как для доступа российских товаров на мировые рынки, так и для иностранных инвестиций.

Прежде всего, бизнес получает новые возможности в оказании услуг на собственном и внешних рынках в торговле, индустрии свободного времени, финансовых, юридических, информационных, инновационно-инжиниринговых услугах. То есть рынок для каждого российского предпринимателя потенциально существенно возрастает. При этом бизнес приобретает новые возможности международной правовой защиты своей конкурентоспособности не только от корпоративных конкурентов, но и от недобросовестных действий собственного и иностранных государств.

Российские предприниматели впервые получают возможность на равных оспаривать в российских и иностранных арбитражных судах решения предпринимателей других стран, в случае нарушения последними справедливой тарифной политики, например при установлении высоких импортных и сертификационных пошлин на определенные виды продукции, что приводит к резкому повышению цен на товары и услуги, то есть к потере их конкурентоспособности. Но для успешного бизнеса в ВТО нужно учесть, что есть еще одна важная составляющая защиты российских предпринимателей от давления импорта товаров и услуг иностранных конкурентов и одновременно облегчающая им доступ на рынки других стран- членов ВТО.

Мировой опыт показывает, что все страны, которые совершали технологический и экономический рывок выстраивали внутри страны эффективную систему развития и

коммерциализации научных разработок, во многом основанную на развитии и поддержке малого бизнеса, являющегося наиболее динамичным фактором экономического роста, создавая, таким образом, инфраструктуру.

Инфраструктура малого бизнеса – это совокупность государственных, негосударственных, общественных, образовательных, коммерческих организаций, осуществляющих регулирование деятельности малых предприятий в сфере услуг, обеспечивая среду и условия функционирования, необходимые для развития бизнеса с целью повышения эффективности производства и реализации товаров, работ и услуг.

Инфраструктура призвана предоставлять дополнительные возможности для субъектов малого бизнеса, способствующие преодолению специфических трудностей и проблем, с которыми сталкиваются как начинающие предприниматели, так и предприниматели, уверенно стоящие на ногах.

Экономическое содержание организационной инфраструктуры малого бизнеса раскрывается через систему ее функций: функция создания общих условий, системообразующая функция, функция создания общих условий для инновационного развития, функция обеспечения неразрывности рациональных товарных и денежных, информационных и других потоков, создание общих условий для повышения эффективности воспроизводства в предпринимательском секторе экономики. Исходя из этого, организационной инфраструктурой субъектов малого бизнеса является система коммерческих и некоммерческих организаций, которые создаются, осуществляют свою деятельность или привлекаются в качестве поставщиков (исполнителей, подрядчиков) в целях размещения заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных или муниципальных нужд при реализации областных программ развития субъектов малого предпринимательства, муниципальных программ развития субъектов малого предпринимательства, обеспечивающих условия для создания субъектов малого предпринимательства и оказания им поддержки.

За последние годы в стране созданы различные негосударственные структуры поддержки малого бизнеса, которые оказывают все более заметное влияние на развитие этой сферы деятельности. К негосударственной инфраструктуре предприятий малого бизнеса относятся: банки, страховые и лизинговые компании, факторинговые компании, консалтинговые фирмы, венчурные фонды, холдинговые компании, аудиторские фирмы, арбитражные суды, ассоциации предприятий малого бизнеса. В эту категорию включаются также технопарки, бизнес-инкубаторы, торгово-промышленные палаты. (рис. 1).

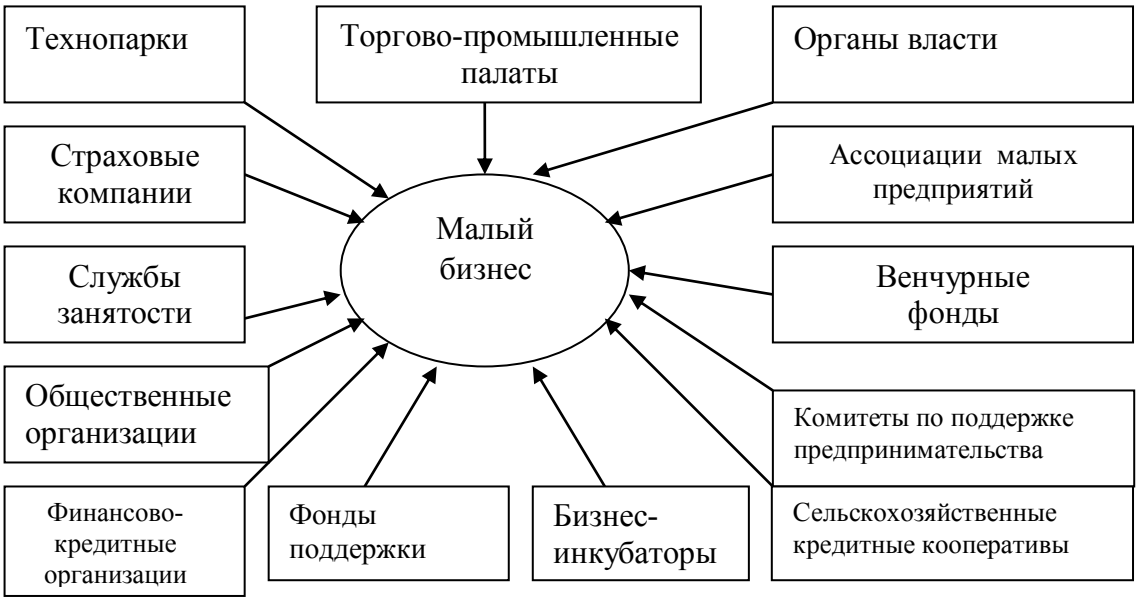


Рисунок 1 - Инфраструктура малого бизнеса

К объектам инфраструктуры в широком смысле можно отнести и различные общественные предпринимательские организации, которые прямо или косвенно представляют и лоббируют интересы предпринимателей либо содействуют объединению усилий для решения собственных проблем. Ассоциации, союзы, объединения, лиги и прочие образования зарегистрированы и действуют практически в каждом регионе РФ. Только на федеральном уровне в Торгово-промышленной палате РФ зарегистрировано более 50 таких объединений. Они призваны играть очень важную роль в защите интересов малых предприятий. Крупнейшей и наиболее авторитетной структурой на сегодня является Торгово-промышленная палата Российской Федерации, в состав которой входят более 110 региональных и городских торгово-промышленных палат.

Как показало проведенное исследование, несмотря на то, что технопарки и бизнес-инкубаторы предоставляют широкий перечень услуг, связанных с поддержкой и развитием малых предприятий, их количества в России недостаточно для помощи хотя бы половине представителей малого бизнеса. Технопарки и бизнес-инкубаторы не обеспечивают комплексность в инфраструктуре поддержки малого бизнеса. В связи с этим ежегодно в России создаются новые и совершенствуются уже имеющиеся объекты инфраструктуры, все это находит свое отражение в количестве объектов малого бизнеса и невысоких темпах роста количества малых предприятий. Связано это именно с несовершенством инфраструктуры, которая находится в стадии развития.

Именно по этой причине, одна из основных задач территориальных органов власти в сфере функционирования инфраструктуры малого бизнеса заключается в том, чтобы разнообразные источники и методы финансово-кредитной политики объединить в систему, позволяющую целенаправленно обеспечивать стимулирование предпринимателей и их участие в развитии рынка товаров и услуг. Другой, не менее важной задачей в этой сфере, является поиск и апробация новых подходов к финансовой поддержке предпринимателей с целью расширения возможностей малого бизнеса для выхода на новые рынки и усиление деловой активности.

Стратегическим направлением развития малого бизнеса является расширение деловых возможностей, развитие межрегиональных и международных связей с целью обеспечения потребностей предприятий малого бизнеса в сбыте своей продукции, налаживания производственной кооперации, создания совместных производств, привлечения в страну высококачественных потребительских товаров.

Подобные меры вытекают из дальнейшего развития глобальной экономики, где такие органы становятся важнейшим звеном интеграции рынков ВТО, оказывающим существенное регулирующее влияние на финансовые и товарные потоки в международной системе разделения труда. Именно поэтому в условиях ВТО необходимо повышать эффективность организационной инфраструктуры, развивать квалификацию и уровень знаний сотрудников для того, чтобы они могли оказывать комплекс актуальных информационно-консультационных услуг для малых предприятий, в том числе и по тематике ВТО, а также стимулировать их вовлечение во внешнеэкономическую деятельность.

На наш взгляд, стратегия развития инфраструктуры малого бизнеса предусматривает оказание специализированных услуг, связанных с подготовкой проектной документации, страхованием, получением конъюнктурной и особенно внешнеэкономической информации, участие в межрегиональных, международных выставках, ярмарках. В связи с чем должна быть усилена роль системы ТПП в развитии инфраструктуры поддержки малых предприятий (создание центров поддержки экспорта, промышленных парков, технопарков, бизнес-инкубаторов, подготовка кадров, выставочно-ярмарочная деятельность и др.) по следующим направлениям (табл.1).

Таблица 1 - Потенциал ТПП для развития малого бизнеса

Формы поддержки малого бизнеса		
Маркетинговые исследования	Обучение, консультации	Методическая поддержка внешнеэкономической деятельности
Поиск контрагентов	Организация деловых встреч	Сопровождение внешнеторговых сделок и операций
Заключение внешнеторговых контрактов	Сертификация, экспертиза	Поддержка проектов международных и донорских организаций, направленных на развитие малого бизнеса в стране

Важное направление поддержки малого бизнеса — система информационно-консультационных услуг. Она призвана удовлетворить все возрастающий дефицит в сфере информации, маркетинга, консультаций по различным аспектам предпринимательской деятельности, повысить профессиональный уровень работы малых предприятий. Все структуры, обеспечивающие поддержку малого бизнеса, должны функционировать как компоненты единой сети, взаимодействуя, взаимно дополняя друг друга, придерживаясь единой идеологии развития, используя общую методологию, программное обеспечение, а также реализуя согласованную ценовую политику в обслуживании предприятий малого бизнеса.

Таким образом, инфраструктура малого бизнеса призвана оказывать разнообразную помощь и поддержку малым предприятиям в организации своего дела, получении субсидий, контрактов, обучении и консультировании в целях сохранения и упрочения свободной конкуренции. Она позволяет реализовывать государственную политику в сфере малого бизнеса, содействовать развитию этой категории предприятий в отдельных административных округах, территориальных образованиях, внедрять соответствующие программы, проводить экспертизу предпринимательских проектов, способствовать прямым деловым контактам и инвестициям.

Развитие малого предпринимательства возможно лишь при наличии политической воли государства сформировать необходимые для этого социальные, экономические, правовые, политические и другие условия. Решение этой задачи невозможно без создания на федеральном, региональном и муниципальном уровнях специализированной, целостной инфраструктуры поддержки и развития малого предпринимательства.

Стратегической целью формирования организационной инфраструктуры малого бизнеса является обеспечение потребностей малых предприятий, возникающих в процессе организации, ведения и расширения предпринимательской деятельности.

Малые предприятия, вследствие ограниченности собственных ресурсов и других специфических особенностей, объективно не в состоянии на равных конкурировать с более крупными компаниями по таким параметрам, как доступ к финансовым ресурсам и инвестициям, маркетинг, исследование конъюнктуры рынка, обучение кадров, приобретение современных технологий, получение и анализ информации и т.д.

Поэтому инфраструктура малого бизнеса должна оказывать содействие субъектам малого предпринимательства на условиях, отличных от коммерческих (льготные кредиты и подготовка кадров, специальный режим аренды, информационные, консультационные и другие услуги по пониженным расценкам и т.п.). Кроме этого, инфраструктура призвана обеспечить предоставление дополнительных возможностей для субъектов малого бизнеса, способствующих преодолению специфических трудностей и проблем, объективно возникающих перед ними и, в первую очередь, перед начинающими предпринимателями.

Именно это выделяет организационную инфраструктуру малого бизнеса из совокупности организаций, специализирующихся на оказании деловых коммерческих услуг.

Создаваемая многоуровневая инфраструктура позволяет консолидировать возможности органов власти, органов местного самоуправления, организаций поддержки предпринимательства для реализации комплексного подхода к решению проблем, с которыми сталкиваются субъекты малого бизнеса в условиях расширения предпринимательской среды.

Библиографический список:

1. Федеральный закон от 24.07.2007г. N209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации»;
2. Федеральная служба государственной статистики http://www.gks.ru/;
3. http://www.nisse.ru/business/article/ Информационно–аналитический доклад «Динамика развития малого предпринимательства в регионах России в 2012 году//Национальный институт системных исследований проблем предпринимательства.

УДК 631.16:658.148

Белозерцева Ю.В., Гамидов С.Г.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЕМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН

Belozertseva J.V., Gamidov S.G.

MODERN MECHANISMS OF MANAGEMENT OF INCREASE EFFICIENCY OF INVESTMENTS INTO THE AGRICULTURAL BUILDING ON THE REPUBLIC DAGESTAN EXAMPLE

Работа посвящена информационным системам, позволяющим автоматизировать процесс управления повышением эффективности инвестиций в сельскохозяйственное строительство. Разработана система управления экономическим объектом, где выбор механизмов управления повышением эффективности инвестиций в сельскохозяйственное строительство осуществляется посредством автоматизированной системы анализа и оценки эффективности инвестиций. Предложено использование в распространении знаний по новым информационным технологиям в Республике Дагестан возможностей федерального государственного унитарного предприятия «Почта России».

Ключевые слова: *механизмы управления, эффективность инвестиций. информационные системы в строительстве, автоматизированная система, таблицы базы данных, сельскохозяйственное строительство, уровни управления, почта, новые информационные технологии, пункты коллективного доступа*

Work is devoted the information systems, allowing to automate managerial process by increase of efficiency of investments into agricultural building. The control system of economic object where the choice of mechanisms of management is carried out by increase of efficiency of investments into agricultural building by means of the automated system of the analysis and an estimation of efficiency of investments is developed. Use in spread of knowledge on new information technologies in Republic Dagestan of possibilities of the federal state unitary enterprise «Mail of Russia» is offered.

Key words: *management mechanisms, efficiency of investments. Information systems in the building, the automated system, database tables, agricultural building, management levels, mail, new information technologies, points of collective access*

Если есть некоторый коллектив, перед которым стоят общие для всех членов коллектива цели, то для координации их действий обязательно необходим некий механизм, называемый управлением. Общими для всех членов коллектива могут быть: обеспечение стабильного функционирования предприятия, на котором работает коллектив; организация конкурентной борьбы для выживания в рыночных условиях; повышение качества продукции и выход на иностранные рынки и т.д. В начальный период функционирования коллектива цели обычно бывают обобщенными, а затем они уточняются и формализуются аппаратом управления в виде функций качества.

Нами в настоящей работе предлагается приведенная на рис.1 обобщенная структурная схема системы управления повышением эффективности инвестиций в сельскохозяйственное строительство. Здесь под сельскохозяйственным строительством понимается строительство объектов сельскохозяйственного назначения, объектов социально-культурного характера и жилья для сельских тружеников.

Предложенная структурная схема системы управления может быть использована не только в рамках Республики Дагестан, но и в любом другом регионе, так как приведенные в ней цели, названные нами новыми механизмами, носят общий характер и не привязаны к какому-либо конкретному региону. Выбор целей, т.е. механизмов управления, для получения максимального экономического эффекта от внедрения того или иного инвестиционного проекта, зависит от внешних условий функционирования сельскохозяйственного объекта. Количество выбранных целей, как показывает практика, почти всегда равно максимуму, т.е. равно двенадцати.

Система управления представляет собой совокупность объекта управления - строительного предприятия, строительного комплекса муниципального образования, региона, страны по строительству сельхозобъектов и субъекта управления– управленческого аппарата, состоящего из руководства строительного предприятия, комплекса и т.д. и представителей заказчика.

П, $П_1$ – неформализуемая и формализуемая части директивной информации соответственно; О, $О_1$ – неформализуемая и формализуемая части информации обратной связи соответственно.

Управленческий аппарат – это люди из числа сотрудников предприятия. Они сначала формулируют цели предприятия и составляют соответствующие этим целям планы их достижения. Кроме того, они контролируют выполнение принятых планов. А объект управления выполняет составленные управленческим аппаратом планы, то есть осуществление той деятельности, ради которой разрабатывалась система управления. Субъект управления и объект управления должны быть связаны друг с другом прямой и обратной связями (прямая связь – П, обратная – О).

Информационная система в строительстве (ИСвС) – это совокупность информационных потоков ($П_1$ и $О_1$), технических средств и сотрудников аппарата управления, осуществляющих хранение, обработку и передачу данных.

Это следующие задачи:

1. Предоставление пользователю оперативно по его запросу интересующей его информации;

2. Обеспечение конфиденциальности, хранимой в ИС информации;

3. Обеспечение полноты и непротиворечивости хранимой и обрабатываемой в ИС информации.

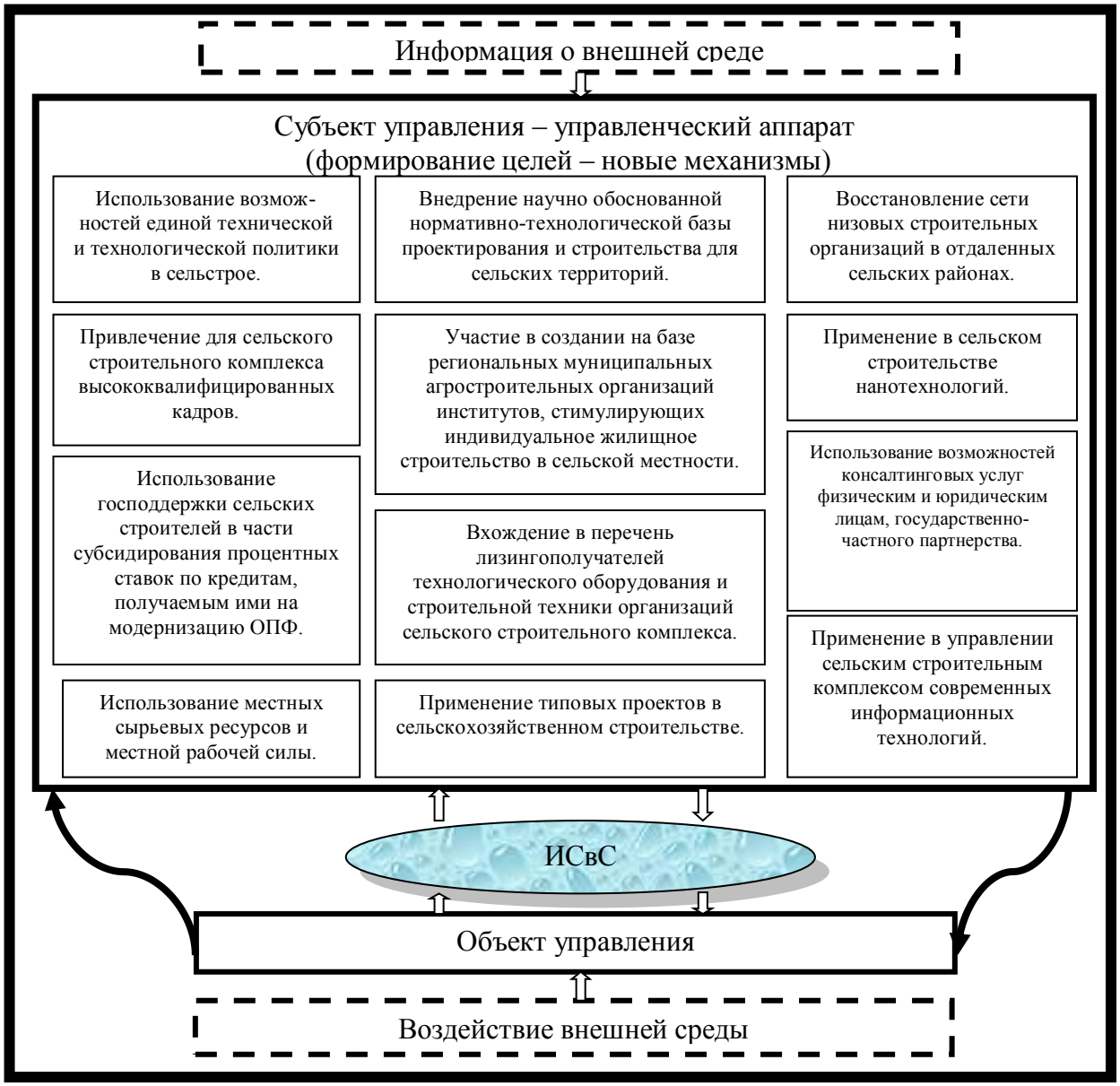


Рисунок 1 - Структурная схема системы управления повышением эффективности инвестиций в сельскохозяйственное строительство

Задачи и функции ИСвС.

Функции ИСвС зависят от того, на каком уровне управления она используется. Обычно уровни управления делят на три категории: стратегический уровень, тактический уровень и оперативный уровень. На каждом из этих уровней должна действовать своя ИСвС (вернее подсистема ИСвС).

На высшем (стратегическом) уровне управления решаются возникающие в предметной области проблемы. Здесь роль ИС не так велика, но, тем не менее, она используется и называется «Системой поддержки принятия решений» (СППР).

На среднем (тактическом) уровне управления главный упор делается на разработку тактических планов и контроль их выполнения, мониторинг использования ресурсов и выработку директивных указаний на вывод показателей функционирования предприятия на плановый уровень. На этом уровне ИС носит название «Информационная система управления» (ИСУ).

На нижнем (оперативном) уровне управления, как по времени, так и по пространству согласовываются с необходимой степенью конкретизации каждый элемент

производственного цикла. На этом уровне ИС носит название «Система обработки данных» (СОД).

В комплексе все три уровня управления обеспечивают управление всем объектом исследования. Работы, которые выполняются на каждом из этих уровней, называются функциями. Если разбить эти функции на три категории, то они такие:

1. Планирование – функция, в чистом виде (идеально) реализующая цели управления сельскохозяйственным строительным производством;

2. Анализ и регулирование – функция, позволяющая сопоставить фактические и плановые показатели с целью установления их отклонений друг от друга. В случае выхода этих отклонений за пределы допустимых значений установить их причины и выявить потенциальные возможности исправления создавшейся ситуации и предложить комплекс мер по выводу объекта управления на плановую траекторию;

3. Учет – функция, позволяющая получить оперативную информацию о состоянии и функционировании сельскохозяйственного строительного предприятия, комплекса.

В состав ИСвС обязательно должна входить, как подсистема, автоматизированная система анализа и оценки эффективности инвестиций в сельскохозяйственное строительство. Для анализа и оценки эффективности инвестиций в сельскохозяйственное строительство в работе предлагается следующая структура автоматизированной системы (АСАиОЭИ) (рис. 2). Количество таблиц в базе данных, называемой в дальнейшем Investic.dbc, в автоматизированной системе анализа и оценки эффективности инвестиций в сельскохозяйственное строительство АС «Инвестиции» равняется пяти. Эти таблицы данных соответственно будем называть так: «Инвесторы» (INVEST), «Гидромелиоративные объекты» (GMO), «Объекты для растениеводства и животноводства» (ORJ), «Объекты по переработке сельхозпродукции, рыболовства и лесного хозяйства» (OPSRL), «Жилье для тружеников села, проживающих в сельской местности» (JTS).

Исходными данными АСАиОЭИ «Инвестиции» являются сведения, собираемые из статистических сборников, издающихся в открытой печати, например, статистическими органами или другими структурами, а также материалы, собираемые пользователями в ходе своей научной работы по данной тематике.

В качестве основы для построения АСАиОЭИ «Инвестиции» служат данные о конкретном регионе (село, город, район, республика, край и т. д.), по которому проводятся анализ и оценка эффективности инвестиций в сельскохозяйственное строительство.

Выходными данными системы будут являться диаграммы, графики и прогнозные оценки эффективности инвестиций в строительство объектов сельскохозяйственного назначения, а также те формы документов, которые необходимы для анализа и принятия решения пользователем**.**

Техническая база для функционирования АСАиОЭИ «Инвестиции»: ПК Intel Pentium IV и выше, операционная система Windows XP и выше. Система разрабатывается на языке СУБД Visual FoxPro.

Блок программ для анализа и оценки эффективности инвестиций в сельскохозяйственное строительство в предложенной автоматизированной системе «Инвестиции» нами предлагается разработать, используя пакеты программ Statistica, SPSS и программу, разработанную нами для прогнозной оценки эффективности инвестиций [1].

В сельскохозяйственном строительстве используются как фактографические так и документальные информационные системы для сбора, хранения, обработки и передачи информации.

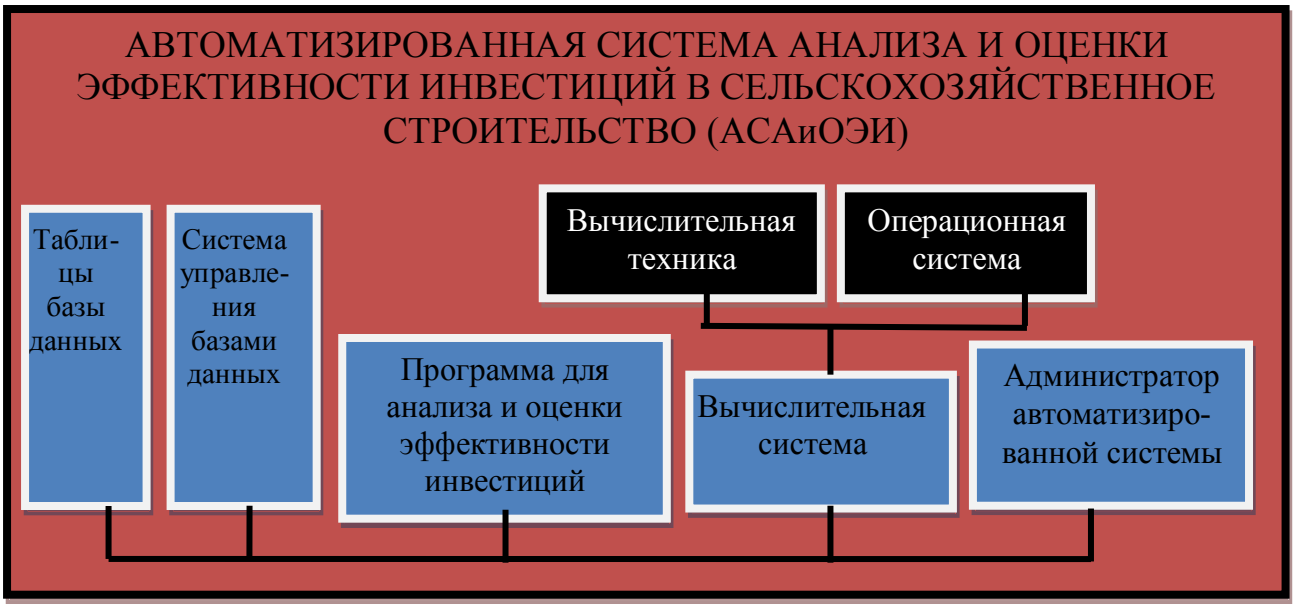


Рисунок 2 - Структурная схема автоматизированной системы анализа и оценки эффективности инвестиций в сельскохозяйственное строительство

В настоящее время, как на федеральном, так и на региональном уровнях разработаны программы внедрения новых информационных технологий, т.е. технологий обработки и передачи информации, основанных на использовании фактографических и документальных информационных систем, в деятельность предприятий и организаций АПК, занимающихся строительством объектов сельскохозяйственного назначения в рамках федеральной целевой программы «Развитие АПК».

В информационных системах, используемых в подобных организациях и на предприятиях, аккумулируется информация по выбору участка строительства, размещению животноводческих комплексов, ферм, предприятий по переработке сельхозпродукции и т.д.

Кроме того, в этих системах содержится нормативно-справочная информация для строительства сельхозобъектов: ныне используемые нормы и правила по технологическому проектированию, отраслевые строительные нормы, руководящие документы, которые входят в Систему нормативных документов АПК РФ, а также документы, разработанные научно-исследовательскими и проектными организациями, входящими в состав АПК, которые носят рекомендательный характер; базы данных по типовым проектам [2].

Использование новых информационных технологий вкупе с новейшими достижениями в области средств связи (например, сотовая связь) в сельскохозяйственном строительстве в Республике Дагестан позволит существенно увеличить эффективность инвестиций в эту отрасль экономики за счет интенсификации всех строительных процессов на основе мобильности, точности и автоматизации всего цикла строительства и функционирования сельскохозяйственного объекта.

Изложим свой взгляд на процессы внедрения в сельскохозяйственное строительство в Республике Дагестан новых информационных технологий и на существующие проблемы в этом плане.

Что касается современного состояния использования НИТ индивидуальными и коллективными пользователями в Республике Дагестан, то следует отметить следующее:

- в Дагестане представлены практически все операторы сотовой связи: «МегаФон», «Билайн» и др.;

- начиная с 7 октября 2008 года Дагестан стал первым регионом в ЮФО и вторым среди российских регионов (после Санкт-Петербурга), где применяются сети третьего

поколения 3G (Generation-поколение), позволяющие передавать данные с реальной скоростью в 2,4 Мбит/с (при теоретической – 3,6 Мбит/с);

- дагестанские абоненты считаются, по признанию экспертов компаний, занимающихся услугами сотовой связи, своего рода новаторами, которые с большим вниманием относятся к развитию мобильных технологий и являются активными пользователями самых прогрессивных услуг и сервисов, предлагаемых компаниями-операторами сотовой связи. Например, в Дагестане при численности постоянного населения в 2975,3 тыс. человек в 2010 году (данные, полученные профессором Абдулгалимовым А.М. в процессе прогнозирования численности населения РД в 2008 году) сетью «МегаФон» пользуются 1450 тыс. абонентов;

- проведенный анализ показывает, что в последние годы в Дагестане, как и в России в целом, наблюдается рост использования населением персональных компьютеров (ПК), хотя мы еще далеки от среднероссийских показателей (они указаны в скобках). Так, число компьютеров на 1000 чел. населения увеличилось с 11(18) в 1995 г. до 115 (169) в 2010 г., количество пользователей Интернет − с 8 (52) чел. до 114 (175) чел. на 1000 чел. населения. Однако наблюдаемый рост недостаточен для того, чтобы Дагестан занял достойные позиции в общероссийских рейтингах (справочно: в США в 2005 году на 1000 чел. приходилось около 800 компьютеров, во Франции – свыше 500, в Японии – около 600, в Чехии – около 300).

В области использования компьютерной техники и НИТ в сельскохозяйственном строительстве в Республике Дагестан мы видим следующие проблемы:

- ограниченность возможностей приобретения большей частью населения и строительных предприятий на селе современной вычислительной техники с соответствующим программным обеспечением из-за низкого жизненного уровня. Например, в 2010 году в Дагестане уровень безработицы по методологии МОТ составил 17,0%, уровень бедности − 44,3%, а величина прожиточного минимума в среднем на душу постоянного населения − 3237,1 рубля в месяц;

- низкий уровень компьютерной грамотности населения и отсутствие в сельской местности достаточного количества системных программистов и инженеров-наладчиков вычислительной техники.

На наш взгляд, руководству Министерства сельского хозяйства РД необходимо обсудить с ФГУП «Почта России» по РД вопросы совместной подготовки кадров для оказания консультационных услуг сельскому населению по использованию информационных систем и сетей.

ФГУП «Почта России» является победителем конкурса на право оказания универсальных услуг связи на территории России. Поэтому в рамках федеральной целевой программы «Электронная Россия» по всей территории страны производится подключение отделений почтовой связи к сети Интернет для реализации проекта «КиберПочт@». Главная задача этого проекта заключается в использовании так называемых пунктов коллективного доступа (ПКД) в глобальную сеть Интернет, что позволит получить навыки работы на компьютере с выходом во всемирную сеть Интернет миллионам граждан России.

Используя возможности такого проекта, можно в полной мере на всей территории России, в частности в такой горной республике, как Дагестан, развить такую услугу, как дистанционное обучение граждан страны. Эта услуга достаточно ощутимо сократила бы расходы граждан на обучение в вузах и техникумах. В этом случае консультации, получение учебно-методических материалов и сдачу экзаменов можно было бы организовать интерактивно в режиме On-line. Это поставило бы молодых людей в сельской местности в условия, близкие к городским условиям не только в Дагестане, но и по всей России.

Всего в Дагестане 569 отделений почтовой связи. Из них в 500-х отделениях в настоящее время уже установлены ПКД, в том числе спутниковое оборудование

установлено на 115 ПКД, 18 имеют доступ к сети Интернет посредством выделенного канала связи (радио-доступ), 76 ПКД подключены посредством GPRS – модемов (посредством SIM-карт операторов сотовой связи).

На сегодняшний день производится установка спутникового оборудования еще в 57 отделениях почтовой связи.

Что касается современного состояния использования НИТ предприятиями и организациями различных форм собственности на территории Дагестана, то здесь ситуацию можно охарактеризовать следующим образом. И государственные, и частные структуры на достаточно высоком уровне оснащают себя современной вычислительной техникой и программным обеспечением. Но беда в том, что их компетентное обслуживание до настоящего времени практически отсутствует. Здесь необходимы кадры по обслуживанию корпоративных информационных систем (КИС) как в части фактографических и документальных ИС, так и в части информационной безопасности. КИС становятся сегодня одним из главных инструментов управления бизнесом и важнейшим средством сельскохозяйственного производства.

Для того чтобы обеспечить надежную защиту ресурсов КИС, передаваемых по сети Интернет, применяются защищенные виртуальные частные сети VPN (Virtual Private Network), которые приобретают все большую привлекательность в качестве инструмента организации электронного бизнеса, документооборота, оперативного средства совершения финансовых операций и др. [3, 5].

Строительство объектов сельскохозяйственного назначения в России, в частности в Республике Дагестан, в настоящее время находится в зачаточном состоянии после развала всей сельскохозяйственной отрасли в результате перестроечных и постперестроечных процессов в стране.

Сельскохозяйственное строительство в данный момент времени особо остро нуждается в поддержке государства, хотя оно делает для этого достаточно много. Страна сейчас наводнена иностранной сельхозпродукцией. Навести порядок в этом процессе может только государство. На кону продовольственная безопасность страны. Больше всего тревожное состояние, по нашему мнению, просматривается в таких отраслях сельского хозяйства, как птицеводство и животноводство. Статистика свидетельствует о том, что с 1991года по 2005 год поголовье крупного рогатого скота в России сократилось с 54,7 до 21,4 млн. голов, свиней - с 35,4 до 13,3 млн. голов. Производство мяса скота и птицы на убой в живом весе снизилось с 14,5 до 7,6 млн. тонн. В Дагестане проблема ухудшается в несколько раз из-за того, что почти все объекты (фермы, перерабатывающие сельхозпродукцию заводы, холодильники, элеваторы и т.д.) не действуют или разрушены. В такой ситуации увеличивается зависимость нашей страны от импорта.

Импорт иностранной продукции в обязательном порядке будет сдерживать рост реальных доходов населения, повысит цены на сельхозпродукцию, будет подстегивать инфляционные процессы, приведет к росту уровня безработицы и бедности в сельской местности.

Перспективы строительства объектов сельскохозяйственного назначения нам видятся в использовании новых строительных технологий, позволяющих в кратчайшие сроки с малым количеством рабочей силы, материалов и технических средств строить объекты сельскохозяйственного назначения. Нужно использовать технологии быстровозводимых зданий, сооружений, основанные на унифицировании и промышленном выпуске конструкций и деталей. Такие конструкции быстро монтируются, экологичны и пожаробезопасны, легко перепланируются и демонтируются. Сокращение сроков ввода в эксплуатацию и высокое качество несомненно способствуют при правильной эксплуатации сельхозобъекта высокой и быстрой отдаче от вложенных в них инвестиционных средств.

Металлокаркасы и «сэндвич» - панели, выпускаемые промышленностью, позволяют быстро возводить здания и сооружения в сельской местности. Для размещения птиц или

скота сооружения из этих конструкций наиболее предпочтительны в плане их абсолютной инертности к различным химическим и биологическим веществам, применяемым для дезинфекции таких объектов.

Здания и сооружения из металлокаркаса и «сэндвич» - панелей не имеют тех недостатков, которые имеют сельхозобъекты, построенные из кирпича, бетона и дерева [4, 6].

Библиографический список:

1. Абдулгалимов А.М. Статистическое прогнозирование социально-экономических процессов.– Махачкала: Даг. книжн. изд-во, 1998.- 142 с.

2. Белозерцева Ю.В. Информационные технологии в сельскохозяйственном строительстве. - Сб. тез. докл. XXX итоговой науч.-техн. конф. преподавателей, сотрудников, аспирантов и студентов ДГТУ. Гуманитарные науки.- Махачкала: ДГТУ, 2009.- Ч. 2 .- С.202.

3. Мегафон запустил в Дагестане связь третьего поколения 3G. // Газета «Новое дело», 2008. № 41. - С. 4.

4. Развитие сельского строительства в России. Решение Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и рыбохозяйственному комплексу.- *HTML-версия документа от* 17.07.2011. Оригинал: http://www.stroyorbita.ru/arhiv/0111/18.htm

5. Соколов А.В., Шаньгин В.Ф, Защита информации в распределенных корпоративных сетях и системах //Серия: Администрирование и защита. М.: ДМК-Пресс, 2002.-656 с.

6. Социально-экономическое положение Республики Дагестан за январь-декабрь 2007 года.- Махачкала: Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Республике Дагестан, 2008.- 272 с.

РЕДАКЦИОННЫЙ ОТДЕЛ

НАШИ АВТОРЫ:

Абакаров Гасан Магомедович - доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии технологического факультета Дагестанского государственного технического университета.

Агаханов Элифхан Керимханович - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильные дороги, основания и фундаменты транспортного факультета Дагестанского государственного технического университета.

Акаев Абдулжафар Имамусейнович - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры сопротивления материалов, теоретической и строительной механики архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.

Алибеков Митхат Султанмахмудович - ассистент кафедры строительных конструкций и гидротехнических сооружений архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.
E-mail: mithat@yandex.ru

Ахмедов Ганапи Янгиевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой радиотехники и телекоммуникаций факультета радиоэлектроники, телекоммуникаций и мультимедийных технологий Дагестанского государственного технического университета.

Ахмедов Магомед Эминович - доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой товароведения и экспертизы технологического факультета Дагестанского государственного технического университета. Заслуженный изобретатель РД.

Ахмедова Милена Магомедовна - аспирант кафедры товароведения и экспертизы технологического факультета Дагестанского государственного технического университета.

Ахмедпашаев Магомедпаша Узайруевич - доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой основы конструирования машин и материаловедения филиала Дагестанского государственного технического университета в г. Каспийск.

Базаев Ахмед Рамазанович – доктор технических наук, Институт проблем геотермии ДНЦ РАН.

Белозерцева Юлия Владимировна - соискатель кафедры информационных технологий и прикладной информатики в экономике Дагестанского государственного технического университета. Ведущий экономист ОАО “Росселхозбанк”.

Гаджиева Солтанат Магомедовна - кандидат физико-математических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики Дагестанского государственного технического университета.

Гаджиев Хаджимурат Магомедович - кандидат технических наук, доцент кафедры радиотехника факультета радиоэлектроники, телекоммуникаций и мультимедийных технологий Дагестанского государственного технического университета.

Гаджиева Эсмира Мурадагаевна - аспирант Дагестанского государственного технического университета.
E-mail: B_A_M86 @ mail.ru

Гамидов Сефербег Гамидович – соискатель кафедры информационных технологий и прикладной информатики в экономике Дагестанского государственного технического университета. Глава администрации муниципального образования “Курахский район”.

Гусейнов Расул Вагидович - доктор технических наук, профессор кафедры технических комплексов и САПР филиала Дагестанского государственного технического университета в г. Каспийск.

Демирова Амият Фейзудиновна - доцент кафедры товароведения и экспертизы технологического факультета Дагестанского государственного технического университета.

Джунаидов Асланбек Сираждиевич – соискатель кафедры бухгалтерского учета Дагестанского государственного технического университета.

Долинская Алла Анатольевна – соискатель кафедры мировой экономики факультета финансов и аудита Дагестанского государственного технического университета.

Евдулов Олег Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической и общей электротехники факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики Дагестанского государственного технического университета

Загиров Надир Гейбетулаевич - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Директор Дагестанского научно-исследовательского института сельского хозяйства РАСХН.

Ирзаев Гамид Хайбулаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий и прикладной информатики в экономике факультета информационных систем Дагестанского государственного технического университета.

Исмаилов Тагир Абдурашидович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и общей электротехники факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики. Ректор Дагестанского государственного технического университета.

Котенко Марина Евгеньевна - кандидат биологических наук, доцент. Проректор по воспитательной и социальной работе Дагестанского государственного технического университета.
E-mail: kukonya 21@ mail.ru

Курбанов Рамазан Магомедович – главный инженер ООО “УМС-2”, ст. преподаватель кафедры материаловедения и технологии конструкционных материалов

архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.

Мантуров Загир Абдулнасирович - кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии конструкционных материалов, заместитель декана по научной работе архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.

Мелехин Андрей Владимирович - кандидат экономических наук, докторант кафедры вычислительной техники факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики Дагестанского государственного технического университета.

Мелехин Владимир Борисович - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной техники факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики Дагестанского государственного технического университета.

Муртазалиев Гелани Муртазалиевич - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сопротивления материалов, теоретической и строительной механики архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.

Мусаибов Балуглан Маилович - аспирант и ассистент кафедры основы конструирования машин и материаловедения филиала Дагестанского государственного технического университета в г. Каспийск.

Нежведилов Тимур Декартович - кандидат технических наук, докторант Дагестанского государственного технического университета.
E-mail: timur.nezhvedilov@yandex.

Пайзулаев Магомед Муртазалиевич - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры сопративления материалов, теоретической и строительной механики архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.

Пиняскин Владимир Викторович – кандидат химических наук, доцент кафедры прикладной математики и информатики факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики Дагестанского государственного технического университета.

Рустамова Мадина Расуловна – старший преподаватель Дагестанского филиала Московского государственного технического университета радиотехники, электроники и автоматики.

Саркаров Таджидин Экберович - доктор технических наук, профессор, декан факультета информационных систем Дагестанского государственного технического университета.

Сусин Александр Юрьевич – соискатель кафедры вычислительной техники факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики Дагестанского государственного технического университета.

Сулин Александр Борисович – доктор технических наук, заведующий лабораторией Федерального государственного унитарного предприятия НИИ промышленной и морской медицины Федерального медико-биологического агентства РФ.

Устарханов Осман Магомедович - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций и гидротехнических сооружений архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.

Устарханов Тагир Османович - инженер кафедры строительных конструкций и гидротехнических сооружений архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.

Хаджишалапов Гаджимагомед Нурмагомедович – доктор технических наук, профессор кафедры организации строительства, современных технологий и контроля качества, декан архитектурно-строительного факультета Дагестанского государственного технического университета.
E-mail: yarus-x @mail.ru

Халилов Абдурахман Исмаилович – доктор технических наук, профессор Дагестанского государственного университета.

Хежев Толя Амирович – доктор технических наук, профессор, действительный член Адыгской (Черкесской) Международной академии наук, профессор кафедры строительного производства Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова.
E-mail: hejev_tolya@mail.ru.

Хежев Хасанби Анатольевич – аспирант кафедры «Строительные материалы и технологии» Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета.

Челушкина Татьяна Алексеевна - старший преподаватель кафедры теоретической и общей электротехники факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики Дагестанского государственного технического университета.

Шагина Надежда Александровна – инженер Управления научных исследований Дагестанского государственного технического университета, аспирант ФГБОУ ВПО “Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского”.

Шахмаева Айшат Расуловна - кандидат технических наук, доцент, декан факультета повышения квалификации и переподготовки Дагестанского государственного технического университета.
E-mail: фк 12@mail.ru, fpk@dstu.ru

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

Верстка журнала осуществляется с электронных копий. Используется компьютерная обработка штриховых и полутоновых (в градациях серого) рисунков. Журнал изготавливается по технологии офсетной печати. В редакцию журнала необходимо представить:

- распечатку рукописи (2 экз.). Распечатка должна представлять собой твердую копию файла статьи;
- электронную копию, допустима передача по электронной почте;
- элементы заглавия на английском языке (1 экз.);
- экспертное заключение о возможности опубликования в открытой печати (1 экз.);
- справку об авторах и ее электронную копию (1 экз.);
- рекомендацию кафедры (отдела) к опубликованию (следует указать предполагаемую рубрику) (1 экз.);
- две рецензии от докторов наук. Подписи рецензентов должны быть заверены по месту их работы;
- сопроводительное письмо (1 экз.) для сторонних авторов.

Правила оформления текста

Текст подготавливается в текстовом редакторе MicrosoftWord. Статья должна предусматривать разделы: «Введение», «Постановка задачи», «Методы испытаний», «Результаты эксперимента и их обсуждение», «Выводы» или «Заключение». Объем статьи не должен превышать 6-7 страниц машинописного текста, 5 рисунков или фотографий.

Формулы подготавливаются во встроенном редакторе формул MicrosoftWord или в редакторе MathType.

Шрифтовое начертание обозначений в формулах, в таблицах и в основном тексте должно быть полностью идентичным.

Ссылки на формулы и таблицы даются в круглых скобках, ссылки на использованные источники (литературу) - в квадратных прямых.

Формат бумаги А4. Параметры страницы: поля - левое 3 см, верхнее и нижнее 2 см, правое 1,5 см; колонтитулы отсутствуют.

Элементы заглавия публикуемого материала

- УДК/ББК
- Перечень авторов (разделяется запятыми, инициалы после фамилий).
- Название статьи.
- Аннотация - 3-7 строк, характеризующих содержание статьи.
- Ключевые слова - 3-10 слов и словосочетаний, отражающих содержание статьи, разделенных запятыми.

Каждый элемент заглавия приводится, начиная с новой строки, выравнивание проводится по левому краю.

Основной текст

Шрифт TimesNewRoman12 pt, выравнивание по ширине, первая строка с отступом 1 см, межстрочный интервал - 1.

Список литературы

Строка с текстом «**Библиографический список:**».

Собственно библиографический список: каждая ссылка с номером в отдельном абзаце выполняется по ГОСТ 7.1-2003. Библиографическое описание документа. Введ. 01.07.2004. М.: Изд-во стандартов, 2004.

Не должен превышать 10 наименований; приводятся только источники, на которые есть ссылки в тексте (ссылки на неопубликованные работы не допускаются).

Ссылки на материалы, размещенные на электронных носителях, следует давать

лишь в крайнем случае. Редакция оставляет за собой право потребовать от автора замены ссылки, если на момент обработки статьи по указанному адресу материал будет отсутствовать.

Элементы заглавия на английском языке

- Перечень авторов (разделяется запятыми, инициалы после фамилий).
- Название статьи.
- Аннотация.
- Ключевые слова.

Элементы заглавия на английском языке должны представлять собой перевод соответствующих элементов заглавия, приведенных на русском языке перед основным текстом.

Верстка формул

Формулы подготавливаются во встроенном редакторе формул MicrosoftWord или в редакторе MathType; нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте статьи; использование при нумерации букв и других символов не допускается.

Выписанные в отдельную строку формулы выравниваются по середине строки, номер (при необходимости) заключается в круглые скобки и выравнивается по правому краю текста. Все впервые встречающиеся в формуле обозначения должны быть расшифрованы сразу после формулы.

Верстка рисунков

Рисунки, представляющие собой графики, схемы и т. п., должны быть выполнены в графических векторных редакторах (встроенный редактор MicrosoftWord, CorelDraw, MicrosoftVisio и т. п.). Использование точечных форматов (.bmp, .jpeg, .tif, .html) допустимо только для рисунков, представление которых в векторных форматах невозможно (фотографии, копии экрана монитора и т. п.).

Верстка таблиц

Таблица состоит из следующих элементов: нумерационного заголовка (слова «Таблица» и ее номера арабскими цифрами); шапки (заголовочной части), включающей заголовки граф (объясняют значение данных в графах); боковика (первой слева графы) и прографки (остальных граф таблицы).

Справка об авторах

Включает для каждого автора фамилию, имя, отчество (полностью), год рождения, ученую или академическую степень, ученое звание (с датами присвоения и присуждения), краткую научную биографию (не более 5-6 строк), название организации. Если ученых и/или академических степеней и званий нет, то следует указать место получения высшего образования, год окончания вуза и специальность. Далее указывается область научных интересов, количество печатных научных работ и адрес электронной почты при наличии.

План-график издания журнала

Выпуск 1 (март) – до 31 декабря предыдущего года;

Выпуск 2 (июнь) – до 31 марта текущего года;

Выпуск 3 (сентябрь) – до 30 июня текущего года;

Выпуск 4 (декабрь) – до 30 сентября текущего года.

Редколлегия оставляет за собой право производить редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

Статьи, не отвечающие правилам оформления, к рассмотрению не принимаются, рукописи и магнитные носители авторам не возвращаются. Датой поступления считается день получения редколлегией окончательного текста статьи. Рукописи аспирантов публикуются бесплатно.

Адрес редакционного совета: 367015, РД, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, ФГБОУ ВПО «ДГТУ», Учебно-лекционный корпус 2, редакция журнала «Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки». Технические вопросы можно выяснить по адресу: vestnik.dgtu@mail.ru и по телефону 8(8722)62-39-64.

Министерство образования и науки РФ

ВЕСТНИК

Дагестанского государственного технического университета

ТОМ 28
1 - 2013

Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Махачкала, 2013. – Том 28 (1). – 144 с.

Верстка: Бутаева А.Т.

Адрес редакции:
367015, РД, г. Махачкала, пр. И.Шамиля, 70, ФГБОУ ВПО «ДГТУ»
Тел./факс (8722)623715
(8722)623964
E-mail: vestnik.dgtu@mail.ru

Подписано в печать 02.03.2013г. Сдано в печать 25.03.2013г.
Формат 60*84 1/8. Гарнитура «Times». Бумага офсетная
Тираж 500. Усл. п.л.18.5 Уч. изд.л. 18.5
Заказ № 0112
Отпечатано в ИПЦ ФГБОУ ВПО «ДГТУ»
367015, г. Махачкала, пр. Имама Шамиля, 70.