



ISSN 2308-9865

№4,  
2014

# МЕХАНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ғылыми журналды



Научный журнал

# МЕХАНИКА И ТЕХНОЛОГИИ



Scientific Journal

# MECHANICS & TECHNOLOGIES





ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

«М.Х. ДУЛАТИ атындағы  
ТАРАЗ МЕМЛЕКЕТТІК УНИВЕРСИТЕТІ»  
ШЖҚ РМК



## МЕХАНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ISSN 2308-9865

Ғылыми журнал  
1994 жылдың қаңтарынан бастап шығады  
Жылына төрт рет шығады

№ 4 (46)  
Қазан-желтоқсан  
2014 ж.

*Бас редактор* И.И. Бекбасаров

*Бас редактордың орынбасары* Д.К. Джакияев

*Редакция алқасы:* Н.А. Абиев, К.И. Баданов, И.И. Бекбасаров,  
Ю.Л. Винников, Т.П. Герасимович, Н.А. Горбатовская,  
Д.К. Джакияев, М.М. Мукумов, М.И. Никитенко, С.К. Нурпеисов,  
Х.Р. Садиева, А.Н. Семернин, Н.А. Смирнова, А.Н. Шевцов,  
А.Г. Шлейкин, Я. Шульц

*Корректор және компьютерлік беттеу* Е.И. Атенов

*Редакция мекен-жайы:*

080012, Тараз қаласы, Төле би көшесі, 60.

Тел.: 8 7262 45-35-10, факс: 8 7262 43-24-02.

<http://www.tarsu.kz> E-mail: [bekbasarov.isabai@mail.ru](mailto:bekbasarov.isabai@mail.ru)

Тіркеу куәлігі №1193 (23.11.1993), №560-Ж (4.02.1999), №4244-Ж  
(08.10.2003), №13521-Ж (15.04.2013)

Басуға қол қойылған күн 25.12.2014. Форматы 70x180/16. Шартты баспа  
табағы 14,6. Тираж 300 дана. Тапсырыс 1756.

М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университетінің «Тараз  
университеті» баспасы. 080012, Тараз қаласы, Төле би көшесі, 60.

© М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, 2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

РГП на ПХВ  
«ТАРАЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени М.Х. ДУЛАТИ»



## МЕХАНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ISSN 2308-9865

Научный журнал  
Издается с января 1994 года  
Выходит четыре раза в год

**№ 4 (46)**  
Октябрь-декабрь  
2014 г.

*Главный редактор И.И. Бекбасаров*

*Заместитель главного редактора Д.К. Джакияев*

*Редакционная коллегия: Н.А. Абиев, К.И. Баданов, И.И. Бекбасаров,  
Ю.Л. Винников, Т.П. Герасимович, Н.А. Горбатовская,  
Д.К. Джакияев, М.М. Мукумов, М.И. Никитенко, С.К. Нурпеисов,  
Х.Р. Садиева, А.Н. Семернин, Н.А. Смирнова, А.Н. Шевцов,  
А.Г. Шлейкин, Я. Шульц*

*Корректор и компьютерная верстка Е.И. Атенов*

*Адрес редакции:*

080012, г. Тараз, ул. Толе би, 60.

Тел.: 8 7262 45-35-10, факс: 8 7262 43-24-02.

<http://www.tarsu.kz> E-mail: [bekbasarov.isabai@mail.ru](mailto:bekbasarov.isabai@mail.ru)

Свидетельство о регистрации №1193 (23.11.1993), №560-Ж (4.02.1999),  
№4244-Ж (08.10.2003), №13521-Ж (15.04.2013)

Подписано в печать 25.12.2014. Формат 70×180/16. Усл. печ. л. 14,6. Тираж  
300 экз. Заявка 1756.

Издательство «Тараз университеті» Таразского государственного  
университета им. М.Х. Дулати. 080012, г. Тараз, ул. Толе би, 60.

© Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, 2014

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN



TARAZ STATE UNIVERSITY  
named after M.Kh. DULATI

## MECHANICS & TECHNOLOGIES

ISSN 2308-9865

Scientific Journal

Published since January 1994

Published four times a year

**№ 4 (46)**

October-December  
2014

*Editor in chief* I.I. Bekbasarov

*Deputy Editor in Chief* D.K. Jakiyaev

*Editorial board:* N.A. Abiev, K.I. Badanov, I.I. Bekbasarov,  
T.P. Gerasimovich, N.A. Gorbatovskaya, D.K. Jakiyaev, M.M. Mukimov,  
M.I. Nikitenko, S.K. Nurpeisov, Kh.R. Sadieva, J. Schulz, A.N. Semernin,  
N.A. Smirnova, A.N. Shevtsov, A.G. Shleikin, Yu. L. Vinnikov

*Press-corrector and computer page makeup* Ye.I. Atenov

*Editorial address:*

080012, Taraz, Tole bi street, 60.

Tel.: 8 7262 45-35-10, fax: 8 7262 43-24-02.

<http://www.tarsu.kz> E-mail: [bekbasarov.isabai@mail.ru](mailto:bekbasarov.isabai@mail.ru)

Registration certificate №1193 (23.11.1993), №560-Ж (4.02.1999), №4244-Ж (08.10.2003), №13521-Ж (15.04.2013)

Signed in print 25.12.2014. Form 70×180/16. Cond. print. sh. 14.6. Edition 300 copies. Application 1756.

Printing House «Taraz University» of Taraz State University  
named after M.Kh. Dulati. 080012, Taraz, Tole bi street, 60.

© Taraz State University named after M.Kh. Dulati, 2014

## МАЗМУНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

<b>Агеева Е.В., Агеев Е.В., Воробьев Е.А., Семернин А.Н., Семернин Н.А.</b> Исследование микроструктуры и элементного состава изделия из электроэрозионных частиц быстрорежущей стали, полученных в керосине .....	6
<b>Агеева Е.В., Агеев Е.В., Хорьякова Н.М., Семернин А.Н., Семернин Н.А.</b> Оптические исследования спеченных медных электроэрозионных порошков .....	12
<b>Баданов И.К., Баданова А.К., Баданов К.И.</b> Алгоритм моделирования автоматизированной микроконтроллерной системы управления технологическим процессом .....	18
<b>Баданова Р.Р., Баданов И.К., Баданов К.И.</b> Устройство для реализации химико-технологических процессов текстильной промышленности .....	24
<b>Байешов Б.Т., Сейтпахиева А.Т., Байешов Б.Б.</b> Қоғамдық көлік жұмысшыларына арналған арнайы форманы жетілдіру .....	31
<b>Бекбасаров И.И., Байтелиев Р.Т., Шилибеков С.К., Исаков Г.И., Равилов Р., Исаков С.</b> Перспективные свайные конструкции .....	34
<b>Бержанов К-Т. Д., Бекибаев Н.С., Бакытжанов С.</b> Разработка системы управления экологическими рисками на предприятии по производству ферросплавов .....	42
<b>Гуляев Р.А., Сулейманов Р.Ш., Лугачев А.Е.</b> Разработка нового ворошителя линтера .....	49
<b>Есимханова Н.А., Туралина М.Т., Кемелбек Т.</b> Құрылыс кешені ұйымының инженерлік-экологиялық үрдістері .....	53
<b>Кейкиманова М.Т., Абдувалов А.Ж., Ажибаев Ж.К.</b> Оценка влияния упругих свойств композиционного материала на напряженно-деформированное состояние подземного трубопровода .....	57
<b>Коньсбаева Ж.О., Иманмусаева А.К., Шолақ А.</b> Фосфогипсті екіншілік шикізат ретінде өндеп кальций полифосфатын алу мүмкіншілігін зерттеу .....	77
<b>Немеребаев М., Бекмұратов М.М., Қарымсақов Н.</b> Композит материалдан жасалған тор көзді құрылымдардың динамикалық жүктеме теориясы және жобалаудың қазіргі жағдайына шолу .....	80
<b>Сахы М., Шолақ А., Карибаева Ш.</b> Влияние гранулометрического состава флотационного отхода фосфорита Каратау на ее качество .....	92
<b>Спандияров Е., Немеребаев М., Саржанова Г.Ш., Маликтаева П.М.</b> Талқанның табиғи еңкіштік бұрышын анықтау .....	97

<b>Холиков К.М., Мукимов М.М., Гуляева Г.Х.</b> Пути эффективного использования местного сырья при выработке трикотажных изделий .....	101
<b>Шоя Е.Н., Горбатовская Н.А., Умирбаева Ш. Д., Атенев Е.И.</b> Влияние наноструктурированных зерновых и бобовых культур на показатели качества теста .....	106
<b>Nurimbetov A.U., Keikimanova M.T., Orynbayev S.A.</b> Peculiarities of the processes in the electromagnetic exciter of low-frequency oscillations in its functioning mode .....	117
<b>Semernin A.N., Semernin N.A.</b> Universal fuel system for diesel engines .....	145
<b>Біздің мерейтой иесі</b> <i>Мұхтарбек Әбдіғалиев – 75 жаста!</i> .....	149
<b>Наш юбиляр</b> <i>Бекбасарову Исабай Исаковичу – 60 лет!</i> .....	150
<b>Приложение</b> Требования к оформлению статей для публикации в научном журнале «Механика и технологии» .....	153

УДК 621.762.227

Е.В. Агеева<sup>1</sup>, Е.В. Агеев<sup>2</sup>, Е.А. Воробьев<sup>3</sup>,  
А.Н. Семернин<sup>4</sup>, Н.А. Семернин<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, доц. <sup>2</sup>Д-р техн. наук, проф. <sup>3</sup>Аспирант  
Юго-Западный государственный университет, г. Курск, РФ

<sup>4</sup>Канд. техн. наук, проф. <sup>5</sup>Магистр, ст. преподаватель  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, РК

### ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ИЗДЕЛИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ ЧАСТИЦ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ, ПОЛУЧЕННЫХ В КЕРОСИНЕ

В статье представлены результаты исследования микроструктуры и элементного состава изделия, спеченного из частиц быстрорежущей стали, полученных методом электроэрозионного диспергирования отходов стали Р6М5. Установлено, что изделие имеет ровную, однородную поверхность. Основными элементами являются Fe, W, V, Cr.

**Ключевые слова:** переработка металлических отходов, электроэрозионное диспергирование, микроструктура поверхности, элементный состав.

Одним из основных направлений развития технологии машиностроения в настоящее время является совершенствование существующих и разработка новых безотходных, экологически чистых, материалосберегающих производственных процессов, которые будут обеспечивать получение заготовок с минимальными припусками под последующую механическую обработку либо вообще без них при одновременном снижении расхода дефицитных материалов. В решении этой проблемы определенная роль принадлежит порошковой металлургии.

Порошковая металлургия – это отрасль техники, включающая изготовление порошков из металлов и их сплавов и получение из них заготовок и изделий без расплавления основного компонента. Методами порошковой металлургии можно создавать материалы из различных компонентов с резко отличающимися свойствами и температурами плавления, новые материалы с разнообразным комплексом физико-механических свойств. Порошковая металлургия используется как для создания принципиально новых материалов и изделий из них, так и для изготовления самой широкой номенклатуры конструкционных деталей общего назначения.

Изготовление многих сплавов практически возможно только из порошка, например, изготовление твердых металлокерамических сплавов, керметов, сплавов из тугоплавких металлов – вольфрам, молибден, тантал, ниобий – или композиций этих металлов с легкоплавкими металлами, или из металлов с неметаллическими материалами. Многие детали из порошковых сплавов отличаются лучшими качествами и дешевле, чем из обычных металлов.

Особенно велико значение порошковой металлургии в новых отраслях техники: атомной и химической промышленности, ракетной технике,



реактивных двигателях, радио- и электротехнике, энергетической промышленности и в производстве особо жаропрочных сплавов.

К форме и размерам используемых порошков предъявляется ряд требований. Например, для некоторых деталей требуются порошки чешуйчатой формы, полученные на вихревых мельницах, а для фильтров, наоборот, – шарообразной формы, полученные распылением. Прессуются лучше крупные порошки, особенно если среди них есть и мелкие частицы, а спекаются лучше мелкие. Зернистость порошков определяется путем ситового анализа: порошок просеивают через ряд сит с все более мелкими отверстиями и взвешивают остатки с каждого сита. Форму зерен определяют, рассматривая их под микроскопом с сетчатым окуляром. Насыпной вес порошка определяется весом  $1 \text{ см}^3$  свободно насыпанного порошка. Он зависит от размера, формы и состояния поверхности его частиц и является очень важной его характеристикой.

Для спекания порошковых сплавов применяют электропечи с металлическим сопротивлением, с угольными сопротивлениями в виде труб и высокочастотные. При спекании вольфрама, молибдена, твердых сплавов, магнитных и электротехнических материалов применяют водород. Температура спекания составляет примерно  $2/3$  температуры плавления металла, например для меди  $800-850 \text{ }^\circ\text{C}$ , для железа –  $1050 - 1150 \text{ }^\circ\text{C}$ . Длительность спекания примерно 2-3 ч. Различаются два основных типа спекания – спекание однокомпонентной системы, спекание многокомпонентной системы с образованием или без образования жидкой фазы. При спекании происходят следующие явления: повышение температуры увеличивает подвижность атомов, происходит изменение контактной поверхности частиц, которая большей частью увеличивается; происходит снятие напряжений в местах контакта и рекристаллизация, сопровождающаяся ростом зерна через контактные поверхности; восстанавливаются окислы и удаляются адсорбированные газы и жидкости, и в результате контакт становится металлическим.

В случае многокомпонентных систем, кроме перечисленных явлений, происходит образование твердых растворов, диффузия и образование химических соединений. При спекании порошков с большой разницей температур плавления, например порошков карбида вольфрама с порошком кобальта, образуется жидкая фаза, которая капиллярными силами стягивает нерасплавившиеся частицы. В результате получают плотные детали. Иногда, например, при производстве медновольфрамовых электродов, сначала прессуют и спекают порошковый вольфрамовый каркас, потом пропитывают его расплавленной медью. Спекание обычно сопровождается усадкой, которая тем больше, чем выше температура спекания и чем ниже давление прессования. Усадка изменяет размеры деталей; поэтому детали, требующие высокой точности, например подшипники и зубчатые колеса, после спекания калибруют путем протягивания через сквозные прессформы. У сплавов, образующих жидкую фазу, усадка и процессе спекания составляет 5-25%, а у сплавов, не образующих жидкой фазы, 0,5-2,5%.

Горячее прессование, совмещающее прессование и спекание, благодаря ряду преимуществ начинает распространяться всё шире. При горячем прессовании требуется более низкое давление, которое составляет всего 5-10% давления обычного прессования. Порошок лучше заполняет форму, и горячее прессование позволяет получать детали более сложной формы и

более точных размеров, не требующих калибрования. Нагрев порошка производится электрическим током.

Готовые детали также подвергаются исследованиям и проверкам.

Примером является исследование микроструктуры и элементного состава образцов, проведенное методами растровой электронной микроскопии с использованием растрового электронного микроскопа Quanta 200 3D; а также испытания твердости покрытий по микрошлифу, проводимые с помощью автоматической системы анализа микротвердости DM-8 по методу микро-Виккерса при нагрузке на индентор 300 г в соответствии с ГОСТом 9450-76 (Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников).

На рисунках 1, 2 представлены результаты исследования микроструктуры спеченной детали из порошка быстрорежущей стали, полученного методом электроэрозионного диспергирования в керосине [1-8]. Видно, что поверхность изделия однородная и имеет малую пористость. На рисунке 3 отмечены точки, с которых был снят элементный состав. Результаты анализа элементного состава представлены на рисунках 4-6. Микротвердость образца представлена в таблице 1.

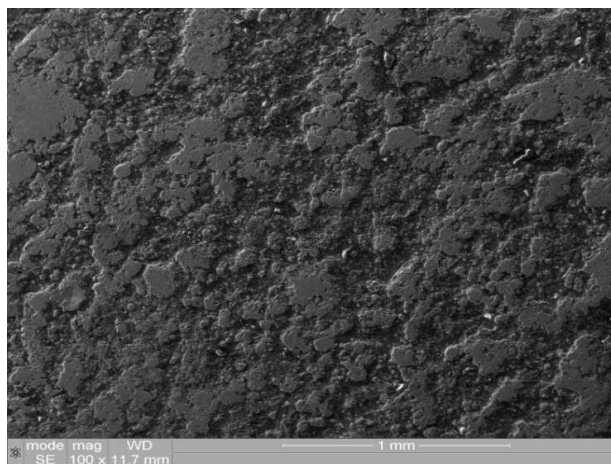


Рис. 1. Поверхность детали при увеличении 100

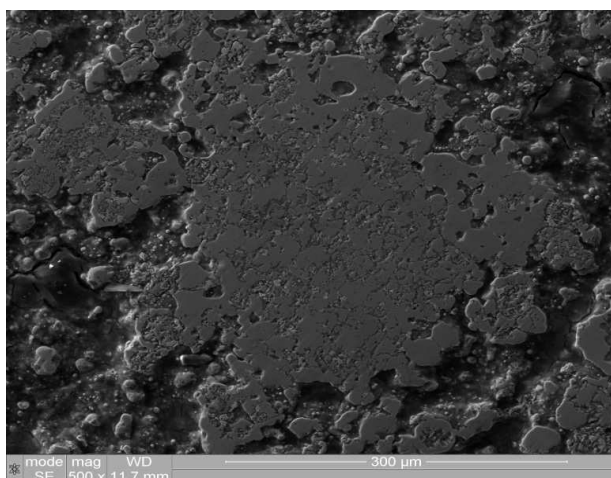


Рис. 2. Поверхность детали при увеличении 500

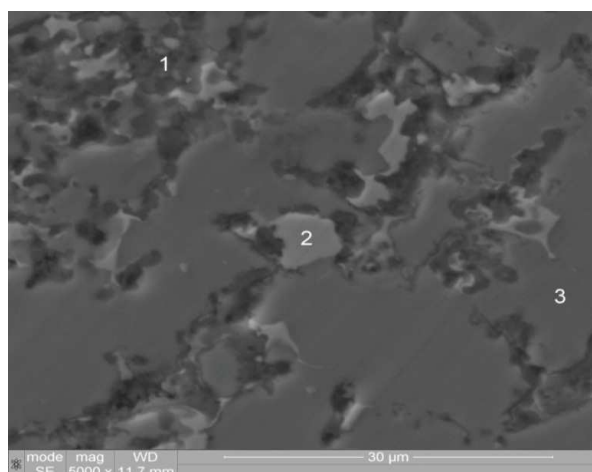


Рис. 3. Поверхность детали при увеличении 5000  
(1,2,3 – Контрольные точки)

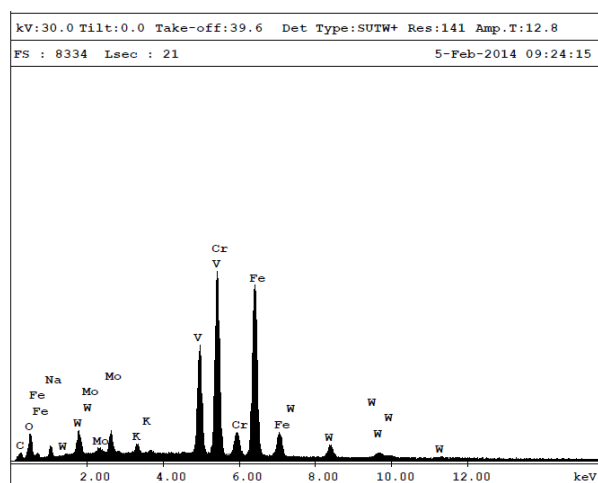


Рис. 4. Элементный состав в точке 1

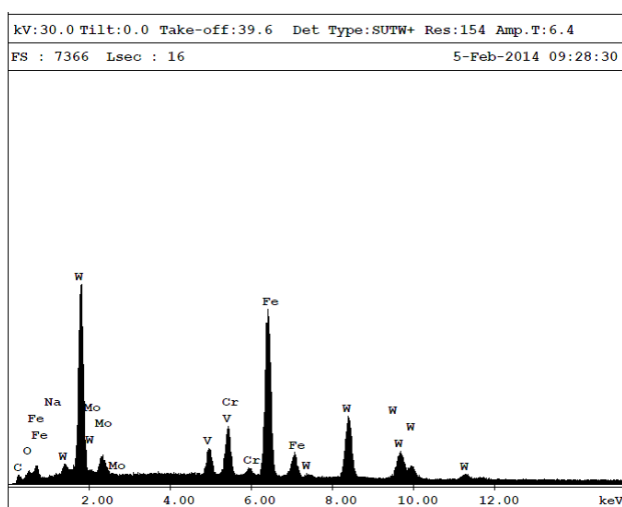


Рис. 5. Элементный состав в точке 2

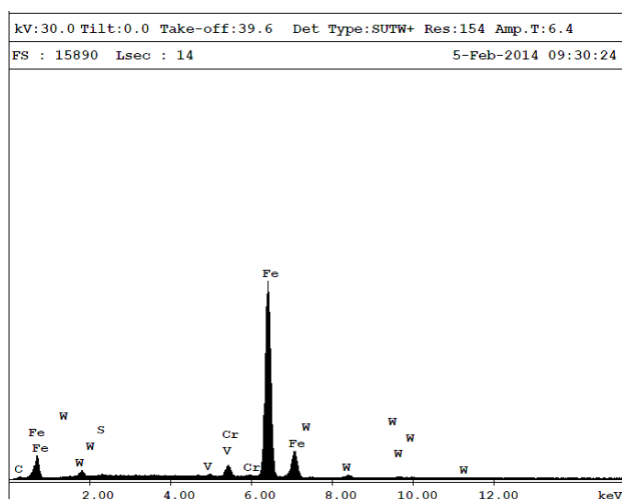


Рис. 6. Элементный состав в точке 3

Таблица 1

Результаты исследования микротвердости образца

Замер	Нагрузка HV 0,3
1	115
2	419
3	419
4	107
5	257
6	208
7	117
8	260
9	132
10	84,9
Среднее	212

Установлено, что средняя микротвердость составляет 212; основными элементами являются Fe, W, V, Cr.

*Вольфрам* повышает твердость и сохраняет режущие свойства стали даже при высоких температурах, но снижает теплопроводность. Поэтому вольфрамовую сталь следует нагревать медленно, чтобы избежать трещин, а ковать – при высоких температурах. Содержание вольфрама в обычных сталях доходит до 0,5%, а в специальных – до 20%.

*Ванадий* способствует раскислению стали, повышает ее твердость и режущие свойства, не оказывает на ковку заметного влияния, препятствует перегреву стали. Содержание ванадия в обычных сталях доходит до 0,1-1%, а в специальных – до 18%.

*Хром* повышает прочность, закаливается и жаростойкость, режущие свойства и стойкость на истирание, но снижает вязкость и теплопроводность стали. Поэтому хромистую сталь следует нагревать медленно и следить за выдержками, ковать при высоких температурах, так как ковка при пониженных температурах вызывает наклеп (поверхностную уплотненную

корку). Содержание хрома в обычных сортах стали доходит до 2%, а в специальных – до 25%.

**Работа выполнена по теме гранта Президента Российской Федерации № МК-1765.2013.8.**

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, Е.В. Изучение физико-механических свойств твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов [Текст] / Е.В. Агеев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – № 6. – С. 8–14. – ISSN 1813-1336.
2. Латыпов, Р.А. Исследование твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием вольфрамсодержащих отходов [Текст] / Р.А. Латыпов, Г.Р. Латыпова, Е.В. Агеев, П.И. Бурак // Международный научный журнал. – 2013. – №5. – С. 80-86.
3. Агеев Е.В. Получение, исследование и практическое применение износостойких порошковых материалов из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов [Текст] / Е.В. Агеев // Технология металлов. – 2012. – №. 9. – С. 36–45.
4. Агеев Е.В. Получение порошков из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования / Е.В. Агеев // Электрометаллургия. – 2011. – № 10. – С. 24–27. – ISSN 1684-5781.
5. Агеев Е.В. Форма и морфология поверхности частиц порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердых сплавов, содержащих вольфрам / Е.В. Агеев // Технология металлов. – 2011. – № 7. – С. 30–32.
6. Агеев Е.В. Проведение рентгеноспектрального микроанализа твердосплавных электроэрозионных порошков / Е.В. Агеев, Г.Р. Латыпова, А.А. Давыдов // Известия ЮЗГУ. – 2012. – № 5. – Ч. 2 – С. 99–102.
7. Патент 2449859, Российская Федерация, С2, В22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. – № 2010104316/02; заяв. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. – 4 с.
8. Агеев Е.В. Разработка оборудования и технологии для получения порошков из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов, пригодных к промышленному использованию / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева // Вестник машиностроения. – 2013. – № 11.– С. 51–57.

*Материал поступил в редакцию 24.11.14.*

**Е.В. Ageeva<sup>1</sup>, E.V. Ageev<sup>1</sup>, E.A. Vorobyev<sup>1</sup>,  
A.N. Semernin<sup>2</sup>, N.A. Semernin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Southwestern State University, Kursk, Russia*

<sup>2</sup>*Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan*

**RESEARCH THE MICROSTRUCTURE AND ELEMENTAL  
COMPOSITION OF PRODUCTS ELECTROEROSIVE PARTICLES OF  
HIGH SPEED STEEL RECEIVED KEROSENE**

The article presents the results of a study of the microstructure and elemental composition of the product of the sintered particles speed steel produced by electroerosive dispersing waste steel R6M5. It was established that the product has a smooth, uniform surface. The main elements are Fe, W, V, Cr.

**Keywords:** recycling of metal waste, electroerosive dispersion, microstructure of surface, elemental composition.

Е.В. Агеева<sup>1</sup>, Е.В. Агеев<sup>2</sup>, Е.А. Воробьев<sup>3</sup>,  
А.Н. Семернин<sup>4</sup>, Н.А. Семернин<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3</sup> Оңтүстік-Батыс мемлекеттік университеті, Курск қаласы, РФ  
<sup>4, 5</sup> М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы, ҚР

### КЕРОСИНДЕ АЛЫНҒАН ТЕЗ КЕСЕТІН БОЛАТТЫҢ ЭЛЕКТРОЭРОЗИЯЛЫҚ БӨЛШЕКТЕРІНІҢ БҰЙЫМДАРЫНЫҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЖӘНЕ ЭЛЕМЕНТТІК ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Мақалада Р6М5 болатының қалдықтарын электроэрозиялық дисперстеу әдісімен алынған, тез кесетін болат бөлшектерінен пісіріліп алынған бұйымның микроқұрылымы мен элементтік құрамын зерттеудің нәтижелері ұсынылған. Бұйымның беті тегіс, біртекті екені анықталды. Негізгі элементтері Fe, W, V, Cr.

**Түйін сөздер:** металл қалдықтарын өңдеу, электроэрозиялық дисперстеу, беткі микроқұрылым, элементті құрам.

УДК 621.762.227

Е.В. Агеева<sup>1</sup>, Е.В. Агеев<sup>2</sup>, Н.М. Хорьякова<sup>3</sup>,  
А.Н. Семернин<sup>4</sup>, Н.А. Семернин<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, доц. <sup>2</sup>Д-р техн. наук, проф., <sup>3</sup>Аспирант  
Юго-Западный государственный университет, г. Курск, РФ  
<sup>4</sup>Канд. техн. наук, проф., <sup>5</sup>Магистр, ст. преподаватель  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, РК

### ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕЧЕННЫХ МЕДНЫХ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ ПОРОШКОВ

Представлены оптические снимки заготовки, полученной из медного электроэрозионного порошка, изготовленной холодным изостатическим прессованием при давлении 300 МПа, температуре 900 °С и спеканием в вакууме в течение 1 часа. Установлено, что полученные заготовки не имеют пористости.

**Ключевые слова:** медные электротехнические отходы, электроэрозионное диспергирование, медный порошок, спекание, холодное изостатическое прессование, оптические снимки спечённой заготовки.

Порошковая металлургия, наряду с другими наукоемкими и энергосберегающими отраслями промышленности, является одним из

основных направлений развития современного, высокоэффективного производства технологически развитых стран мирового сообщества.

К переделам порошковой металлургии относятся следующие процессы: производство порошков с использованием методов, которые основаны на процессах механической или физико-химической обработки материалов, имеющих различное агрегатное состояние; формование пористых порошковых заготовок; спекание сформованных пористых материалов с целью придания им необходимых свойств.

В настоящее время, одним из наиболее перспективных методов получения медного порошка из отходов, отличающийся относительно невысокими энергетическими затратами и экологической чистотой процесса, является метод электроэрозионного диспергирования, представляющий собой разрушение токопроводящего материала в результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами [1-4].

Операции формования и спекания порошков являются завершающими операциями технологического цикла получения порошковых изделий. Именно на этих этапах производственного цикла порошковой металлургии формируются основные свойства порошковых материалов.

В металловедении под термином «спекание» понимают одну из важнейших технологических операций порошковой металлургии, при которой в результате диффузионных, рекристаллизационных и других процессов при термической обработке из свободно насыпанного или уплотненного конгломерата частиц порошка создается единое тело, обладающее определенной структурой и свойствами.

В связи с вышесказанным, и учитывая тот факт, что на сегодняшний день в литературе отсутствуют сведения о свойствах спеченного медного порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования, исследование данного процесса является актуальным и необходимым.

Поэтому, целью данной работы является изучение спеченных заготовок из медных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием электротехнических отходов.

Для получения медного порошка методом электроэрозионного диспергирования использовали установку для токопроводящих материалов, разработанную авторами [5, 6] и отходы электротехнической медной проволоки (ТУ 16-705.492-2005). Проволоку загружали в реактор, заполненный рабочей жидкостью – дистиллированной водой, процесс проводили при следующих электрических параметрах: емкость разрядных конденсаторов 33,5 мкФ, напряжение 200...220 В, частота следования импульсов 28 Гц. В результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами произошло разрушение медной проволоки и образование дисперсного медного порошка.

Спеченные заготовки медного электроэрозионного порошка, изготовлены холодным изостатическим прессованием при давлении 300 МПа, температуре 900 °С и спеканием в вакууме в течение 1 часа.

Для достижения поставленной цели были выполнены снимки на растровом электронном микроскопе «Quanta 600 FEG». При помощи растровой электронной микроскопии имеется возможность непосредственного анализа частиц порошка с достаточно высоким разрешением. В растровом электронном микроскопе достигается большая



глубина фокуса, что позволяет наблюдать объемное изображение изучаемой структуры. Полученные снимки представлены на рис. 1-5.

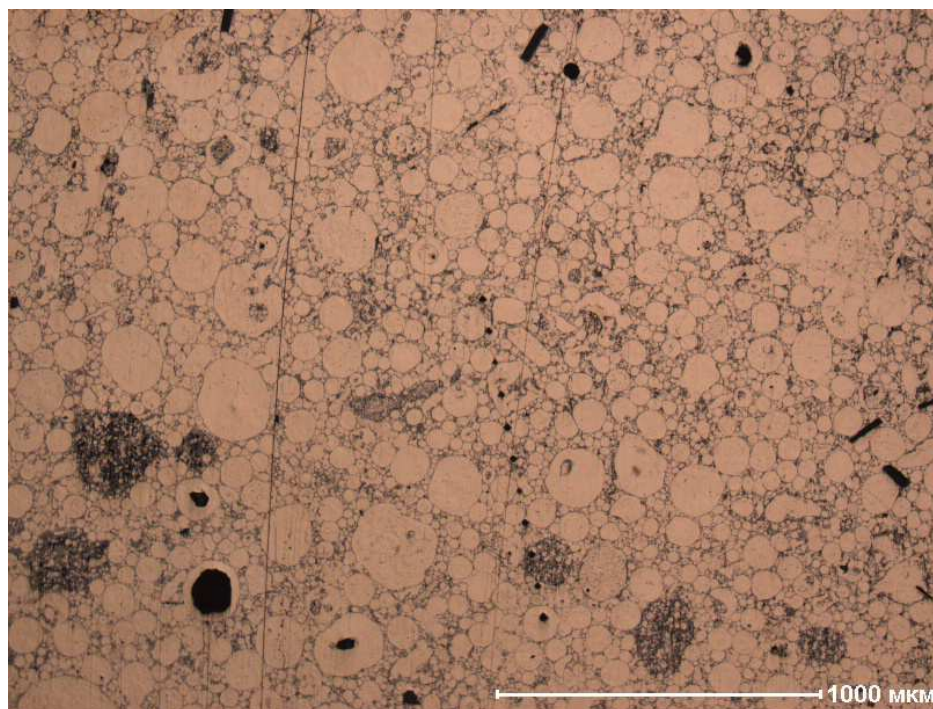


Рис. 1. Спеченный медный порошок (увеличение 50)

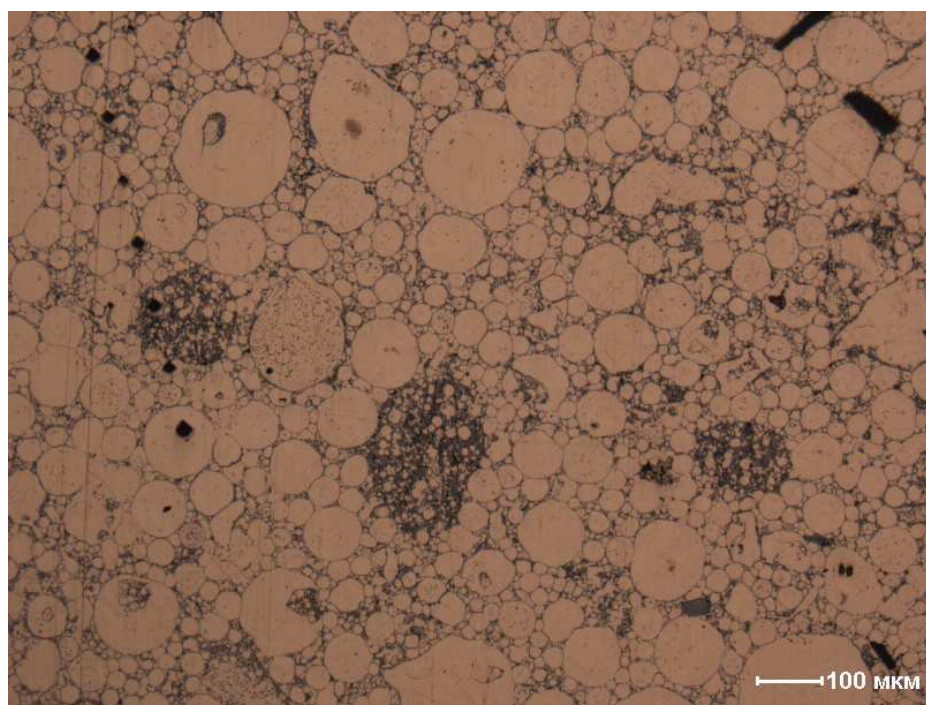


Рис. 2. Спеченный медный порошок (увеличение 100)



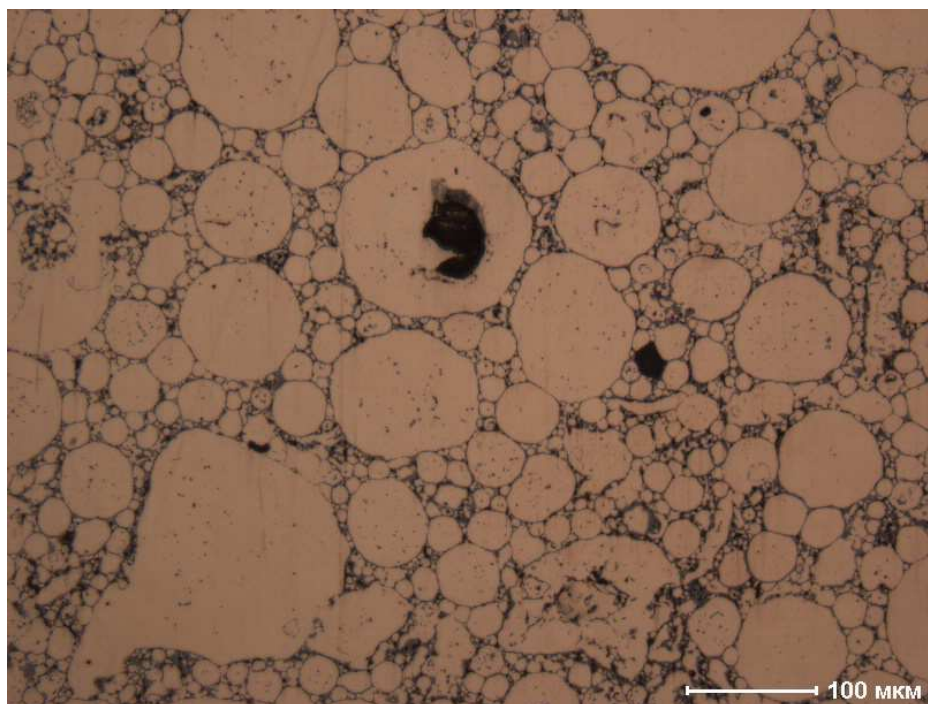


Рис. 3. Спеченный медный порошок (увеличение 200)

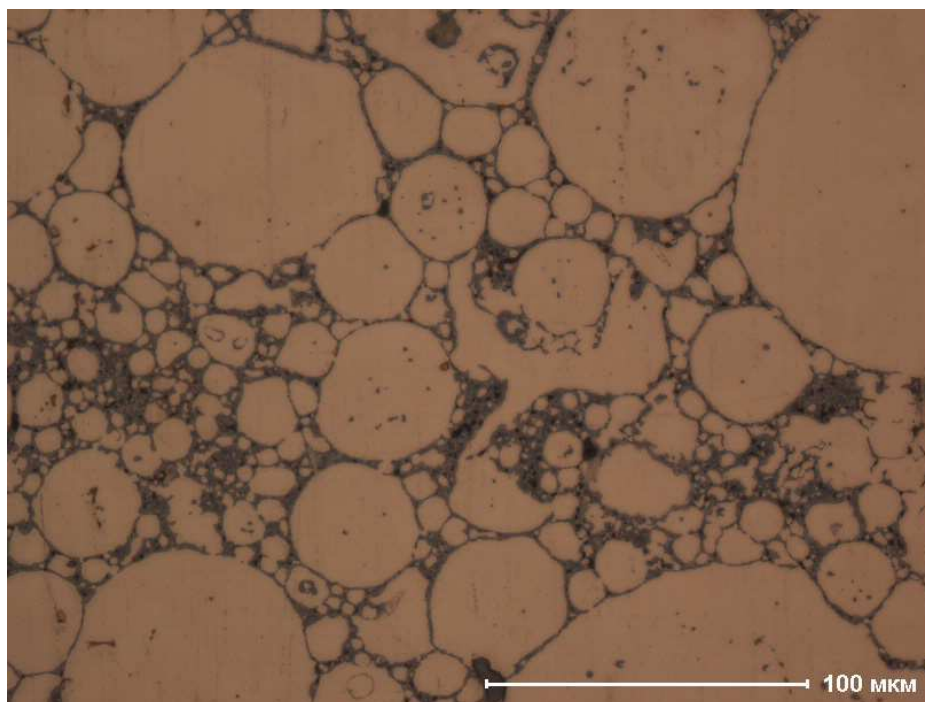


Рис. 4. Спеченный медный порошок (увеличение 500)

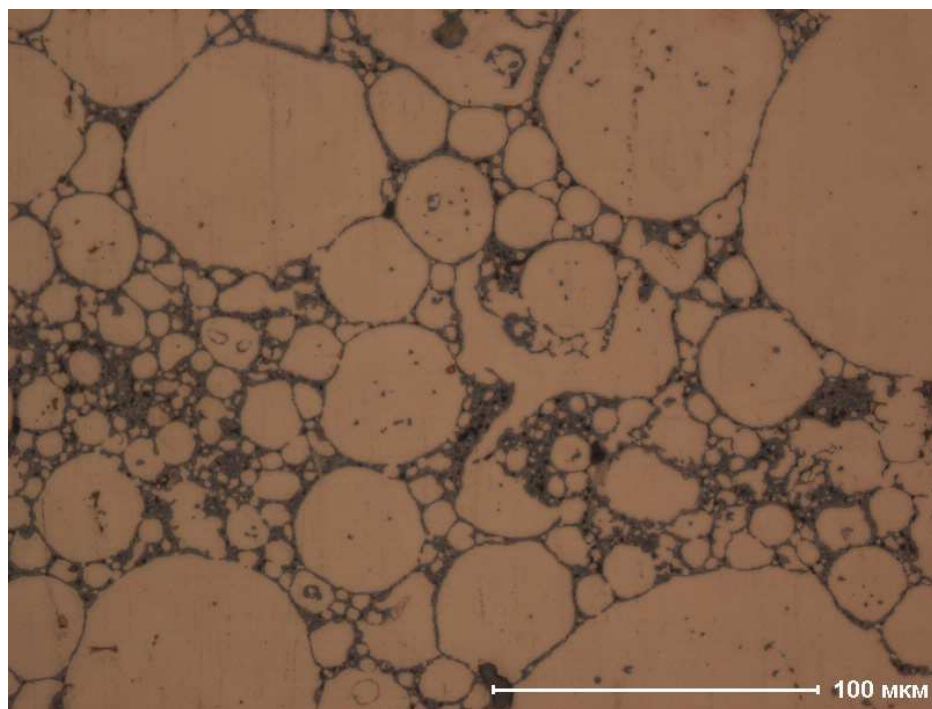


Рис. 5. Спеченный медный порошок (увеличение 1000)

Экспериментально установлено, что заготовки, полученные из медного электроэрозионного порошка, изготовленного холодным изостатическим прессованием при давлении 300 МПа, температуре 900 °С и спеканием в вакууме в течение 1 часа, не имеют пористости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, Е.В. Изучение физико-механических свойств твердосплавных порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов [Текст] / Е.В. Агеев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – № 6. – С. 8–14. – ISSN 1813-1336.
2. Агеев, Е.В. Получение, исследование и практическое применение износостойких порошковых материалов из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов [Текст] / Е.В. Агеев // Технология металлов. – 2012. – № 9. – С. 36–45.
3. Агеев, Е.В. Получение порошков из отходов твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования / Е.В. Агеев // Электрометаллургия. – 2011. – № 10. – С. 24–27. – ISSN 1684-5781.
4. Агеев, Е.В. Форма и морфология поверхности частиц порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердых сплавов, содержащих вольфрам / Е.В. Агеев // Технология металлов. – 2011. – № 7. – С. 30–32.
5. Патент 2449859, Российская Федерация, С2, В22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. – № 2010104316/02; заявл. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. – 4 с.

6. Агеев, Е.В. Разработка оборудования и технологии для получения порошков из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов, пригодных к промышленному использованию / Е.В. Агеев, Е.В. Агеева // Вестник машиностроения. – 2013. – № 11. – С. 51–57.

Материал поступил в редакцию 24.11.14.

**E.V. Ageeva<sup>1</sup>, E.V. Ageev<sup>1</sup>, N.M. Horyakova<sup>1</sup>,  
A.N. Semernin<sup>2</sup>, N.A. Semernin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Southwestern State University, Kursk, Russia

<sup>2</sup>Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan

### OPTICAL INVESTIGATIONS SINTERED COPPER ERODING POWDERS

Shows the optical images of the workpiece, obtained from EDM-tional copper powder made by cold isostatic pressing at a pressure of 300 MPa, temperature of 900 °C and sintered in vacuum for 1 hour. It was established that semi-tained preform have porosity.

**Keywords:** copper electrical waste electroerosive dispersion, copper powder, sintering, cold isostatic pressing, optical images sintered preform.

**Е.В. Агеева<sup>1</sup>, Е.В. Агеев<sup>2</sup>, Н.М. Хорьякова<sup>3</sup>,  
А.Н. Семернин<sup>4</sup>, Н.А. Семернин<sup>5</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Оңтүстік-Батыс мемлекеттік университеті, Курск қаласы, РФ

<sup>4, 5</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы, ҚР

### ПІСІРІЛГЕН МЫСТЫ ЭЛЕКТРОЭРОЗИЯЛЫҚ ҰНТАҚТАРДЫ ОПТИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

300 МПа қысымда салқын изостатикалық қысу, 900 °C температурада және 1 сағат аралығында вакуумда пісіру арқылы дайындалған мысты электроэрозиялық ұнтақтан алынған әзірлеменің оптикалық суреттері келтірілген. Алынған әзірлемелердің кеуіктілігі жоқ екені анықталды.

**Түйін сөздер:** мысты электроэрозиялық қалдықтар, электроэрозиялық дисперстеу, мысты ұнтақ, пісіру, салқын изостатикалық қысу, пісірілген әзірлеменің оптикалық суреттері.

УДК 621.398.(075.5)

И.К. Баданов<sup>1</sup>, А.К. Баданова<sup>2</sup>, К.И. Баданов<sup>3</sup><sup>1</sup>Магистрант, <sup>2</sup>Студент, <sup>3</sup>Канд. техн. наук, проф.  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, РК**АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ**

Рассмотрены особенности технологического процесса сушки текстильных материалов, предложен обобщенный алгоритм расчета динамики функционирования системы управления технологическим процессом сушки текстильного материала, который является основой для создания системы автоматизированного исследования микроконтроллерной системы управления.

**Ключевые слова:** микроконтроллер, микроконтроллерная система управления, алгоритм, автоматизация процесса, информационная модель.

С развитием средств микроконтроллерной техники стало реальным решение широкого круга задач, связанных с алгоритмизацией и оптимальным управлением сложных технологических процессов в различных отраслях народного хозяйства, в том числе текстильной промышленности.

Разработка систем оптимального управления отделочным производством текстильной промышленности на основе микроконтроллерной техники требует решения ряда задач, связанных с разработкой и совершенствованием существующих методов исследования микроконтроллерной системы управления процессом сушки текстильных материалов.

В настоящее время накоплен богатый опыт внедрения микроконтроллерной системы в различных отраслях промышленности. Вместе с тем большое значение приобретает разработка теоретических и прикладных вопросов построения, реализации и промышленного исследования автоматизированных систем управления процессами текстильной промышленности на базе новых технических средств.

К организации сушки текстильных материалов предъявляются высокие требования. Ручное управление процессом сушки не может обеспечить поддержание абсолютной влажности высушенного текстильного материала в пределах, обусловленных технологическими требованиями. Пересушка и недосушка приводят к нежелательным результатам. Такое положение приводит к значительной потере качества текстильного материала, а также вызывает непроизводительные простои оборудования. Одной из основных причин этого является отсутствие способов и устройств непрерывного контроля и автоматизированного управления технологическими процессами в реальном масштабе времени. Исходя из этого очевидна важность и актуальность постановки вопроса об оптимальном управлении процессом сушки текстильного материала.

В настоящее время интенсификация процесса сушки осуществляется в основном за счет регулирования изменения температуры теплоносителя с учетом влажности высушиваемого текстильного материала. Одним из путей интенсификации процесса сушки является его автоматизация с привлечением

современных технических средств, которая связана с детальным изучением самого процесса с точки зрения объекта управления и определения факторов, влияющих на этот процесс. Выявление особенностей технологического процесса позволит определить те функциональные задачи, которые должна решать автоматизированная система управления.

На качество сушки материала наибольшее влияние оказывают: влагосодержание воздуха, скорость движения воздуха и температура воздуха. Таким образом, основной задачей для решения данной проблемы является регулирование перечисленных факторов. При этом необходимо применение энергосберегающих технологий в процессе сушки, т.к. этот процесс является энергоемким из-за применения оборудования с высоким потреблением электроэнергии.

Сложность технологического процесса сушки текстильных материалов, обусловленная наличием большого числа факторов, влияющих на ход процесса, трудностью оценки взаимовлияния между множеством возмущающих факторов, а также их слабой наблюдаемостью в реальном времени, предопределяет формализацию процесса с учетом определяющих его основных параметров. Сложность наблюдаемости возмущающих факторов в реальном времени обусловлена тем, что конечный результат получается только после проверки соответствия полученного продукта требуемому качеству изделия.

Влагосодержание воздуха влияет на скорость сушки. Применение воздуха с низким влагосодержанием повышает скорость сушки, но при этом увеличивается удельный расход тепла и повышается равномерность сушки материала. Применение же воздуха с высоким влагосодержанием приводит к обратному соотношению. Наиболее важным параметром является температура воздуха – теплоагента. Температурный режим подбирается в соответствии с изменяющимся характером связи влаги с материалом. Вначале, при высокой влажности текстильного материала, сушка должна проводиться высокотемпературным теплоносителем, затем температура теплоносителя должна уменьшаться. На этой стадии влагосодержание теплоносителя должно быть низким, иначе процесс удаления влаги замедляется. Выбор конкретных значений температуры определяется начальной влажностью материала. Чем она выше, тем выше выбирается температура теплоносителя. Применение теплоносителя с повышенной температурой значительно снижает удельный расход энергии, что экономически целесообразно, но он может и отрицательно повлиять на физико-механические свойства материала, связанные с длительностью воздействия температуры на агент сушки. Допускаемые температуры воздуха зависят от конструкции сушилки, скорости движения воздуха, поверхностной плотности материала.

Предлагается рассмотреть сушильный барабан в комплексе с теплогенератором (рис.1).

Здесь:

- $W_{TM}$  – влажность текстильного материала, %;
- $t_{TM}$  – температура текстильного материала, °C;
- $t_{OA}$  – температура отработанного теплоагента, °C;
- $F$  – основные возмущения, созданные изменением влагосодержания (%), температуры (°C) текстильного материала, изменением подачи (кг/с), влагосодержания (%) и температуры (°C) агента сушки (газов теплогенератора) на входе в сушилку;

- $G_{1B}$ ,  $W_{1B}$ ,  $t_{1B}$  – соответственно подача, влажность, первичная температура воздуха в теплогенераторе;
- $G_{2B}$  – вторичная подача воздуха в теплогенераторе;
- $G_T$  – подача топлива в теплогенераторе;
- $Q_P$  – расход топлива в теплогенераторе;
- $G_{CA}$ ,  $t_{CA}$  – соответственно подача и температура сушильного агента.

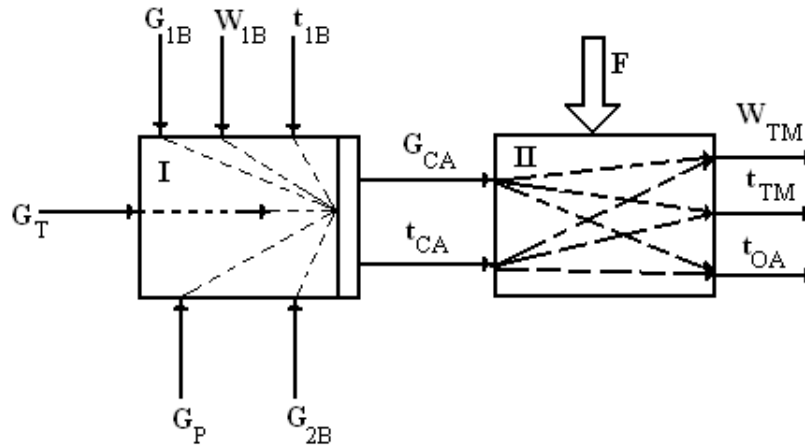


Рис. 1. Обобщенная структурная схема процесса сушки

Существуют функциональные связи каждого фактора с другими. На этом сформированы подмножества параметров (рис. 2).

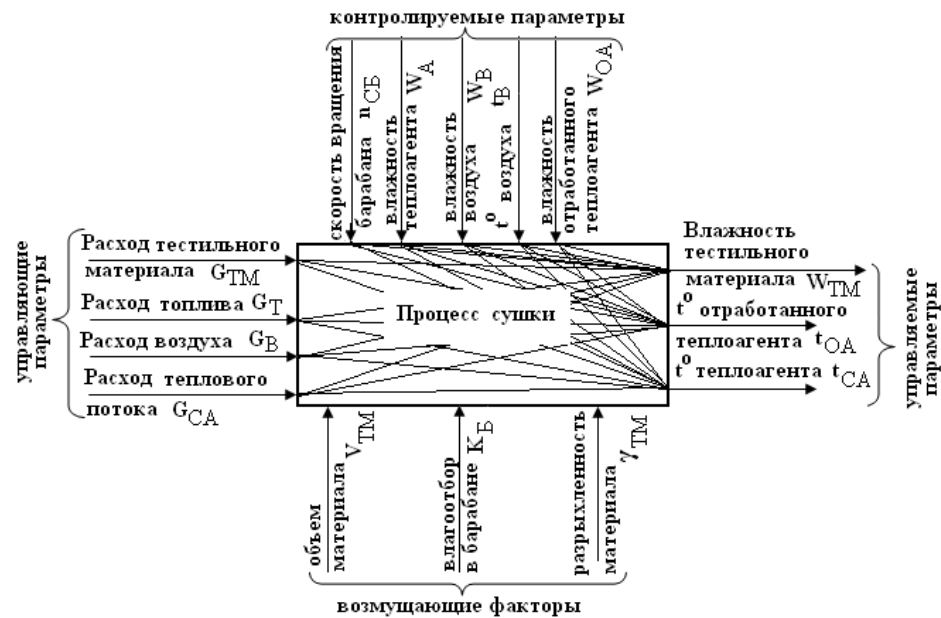


Рис. 2. Информационная модель процесса сушки

При создании систем управления для текстильной промышленности необходимо использовать теорию и практические результаты автоматического контроля и управления. Необходимо иметь и учитывать

информацию о поведении технологического объекта управления под влиянием управляющих воздействий. Эффективное управление процессами и промышленными объектами возможно в том случае, когда основные характерные черты, присущие объекту, представлены в виде математического описания. При математическом описании процесса, выбранного как объект управления, необходимо учитывать многие факторы, которые будут влиять на выходные параметры объекта как ошибки или возмущения. Некоторые факторы носят характер неисключаемой статической ошибки, что снова приводит к новой переменной в уравнении, которую нельзя будет игнорировать. К такому роду ошибок можно отнести взаимодействие реагента с материалом при различных колебаниях температуры или отличаемостью реагента по параметрам взаимодействия с материалом от предыдущих экспериментов. В таком случае выходные данные могут измениться в допустимом диапазоне, что позволит оставить «первичные» настройки микроконтроллера, или же изменения глобально повлияют на конечный результат. Процесс сушки текстильного материала как объект управления характеризуется следующими особенностями:

- наличием колебаний характеристик сырья;
- неполнотой оперативной информации о ходе процесса и состоянии оборудования;
- зависимостью конечных результатов производства от оперативного управления процессом сушки;
- отсутствие рекомендаций и алгоритмов по настройке режима работы сушильной машины,
- отсутствие разработанных, работоспособных и апробированных математических моделей, алгоритмов и систем управления процессом сушки;
- высоким уровнем помех при измерении основных переменных процесса, связанных с несовершенством соответствующих датчиков;
- неконтролируемость ряда выходных переменных процесса (влажность, температура и т.д.) из-за отсутствия соответствующих датчиков, что затрудняет оценку состояния процесса и оперативное управление им.

Среди используемых математических моделей микроконтроллерной системы управления технологическими процессами особое место занимают модели, представленные в виде дифференциального и разностного уравнения, системы массового обслуживания, конечные автоматы, сети Петри, теория графов и др.[1-3].

Данные модели можно назвать типовыми математическими схемами, поскольку они широко используются при исследованиях динамических свойств микроконтроллерной системы управления.

Актуальной задачей является поиск путей построения моделей, которые позволили бы:

- 1) обеспечить единство подхода к узлам системы, различающиеся по характеру работы и назначению;
- 2) разрешить принципиальные сложности, возникающие на этапе моделирования системы, имеющей логико-динамический характер;
- 3) учесть технологические особенности системы, с учетом изменения ее структуры в динамике.

Многообразие типов и классов математических моделей, описывающих микроконтроллерную систему управления (МПСУ), большая структурная сложность, размерность моделей, делают предпочтительным следующий подход к расчету процессов:

- расчет сложных систем по частям;
- учет в расчлененной модели сил, присутствующих в реальных системах;
- единство подхода к расчету различных типов и классов систем;
- формализуемость и удобство автоматизации всех этапов моделирования;
- многоуровневое представление процессов как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации.

Обобщенный алгоритм расчета динамики системы управления включает в себя следующие основные этапы:

1. Формализация образа модели элементов и входных воздействий.
2. Построение модели системы в виде фазовых координат на основе информации о структуре и параметрах исследуемой системы.
3. Переход во временную область исследования.
4. Формализация режима работы элементов микроконтроллерных средств в виде матрицы состояний.
5. Выбор момента выработки управляющий переключениями микроконтроллера управляющего устройства и определения значения управляющих сигналов для всех логических элементов.
6. Определение выходных координат системы.

Представленный на рисунке 3 обобщенный алгоритм расчета динамики функционирования системы управления технологическим процессом сушки текстильного материала является основой для создания системы автоматизированного исследования микроконтроллерной системы управления.

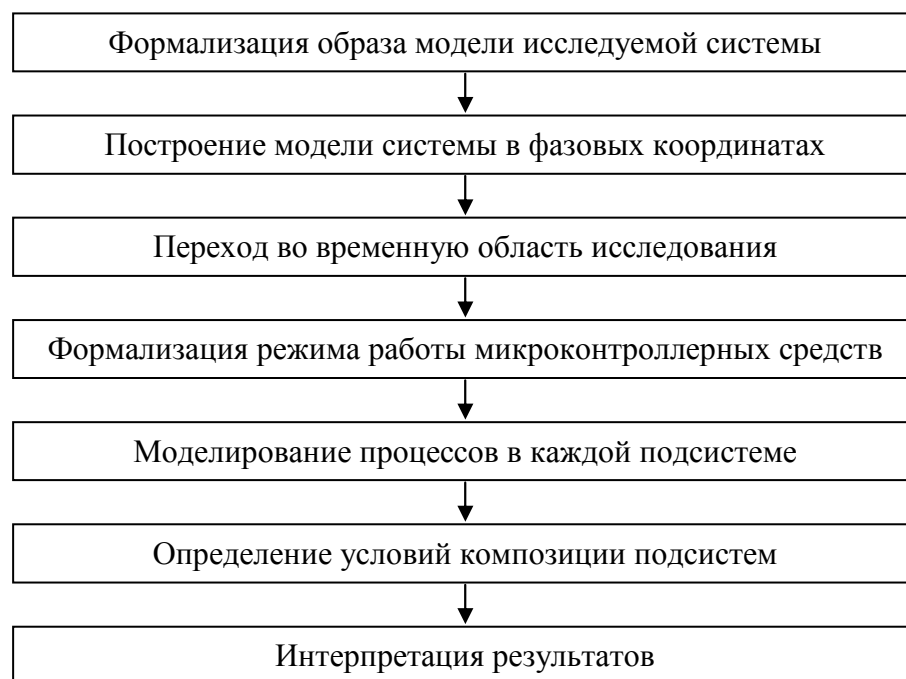


Рис. 3. Алгоритм расчета динамики сложных систем

Алгоритмы, разработанные на базе топологического интерполяционного метода, позволяют автоматизировать процесс



исследования динамики функционирования системы управления сушильным барабаном, описанные детерминированными линейными непрерывными, дискретными и нелинейными моделями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пупков, К.А. Методы классической и современной теории автоматического управления [Текст] / Под ред. К.А. Пупкова. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. Т.1. – 656 с.
2. Иванников, А.Д. Моделирование микропроцессорных систем [Текст] / А.Д. Иванников. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 144 с.
3. Точки, Рональд Дж. Цифровые системы. Теория и практика [Текст] / Рональд Дж. Точки, Нил С. Уидмер. – М.: Вильямс, 2004. – 1024 с.

*Материал поступил в редакцию 05.11.14.*

**I.K. Badanov, A.K. Badanova, K.I. Badanov**

*Taraz State University named after M.Kh.Dulaty, Taraz, Republic of Kazakhstan*

#### **ALGORITHM OF MODELLING OF THE AUTOMATED MICROCONTROLLER CONTROL SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PROCESS**

Features of technological process of drying of textile materials are considered, the generalized algorithm of calculation of dynamics of functioning of a control system of technological process of drying of textile material which is a basis for creation of system of the automated research of a microcontroller control system is offered.

**Keywords:** microcontroller, microcontroller control system, algorithm, process automation, information model.

**И.К. Баданов, А.К. Баданова, К.И. Баданов**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы, ҚР*

#### **ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҮРДІСТІ БАСҚАРУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН МИКРОБАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІН МОДЕЛЬДЕУ АЛГОРИТМІ**

Текстиль материалдарын құрғатудың технологиялық үрдісінің ерекшеліктері қарастырылған, текстиль материалын құрғатудың технологиялық үрдісін басқару жүйесінің жұмыс істеу динамикасын есептеудің жалпыланған алгоритмі ұсынылған, бұл басқарудың микробақылау жүйесін автоматтандырылған зерттеулер жүйесін құру үшін негіз болып табылады.

**Түйін сөздер:** микробақылағыш, басқарудың микробақылау жүйесі, алгоритм, үрдістің автоматтандырылуы, ақпараттық модель.

УДК 677.31.027.41

Р.Р. Баданова<sup>1</sup>, И.К. Баданов<sup>1</sup>, К.И. Баданов<sup>2</sup><sup>1</sup>Магистрант, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, профессор  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, РК**УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ХИМИКО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Рассмотрена конструкция красильной установки, позволяющей окрашивать шерстяное волокно, ленту при циркуляции красильного раствора через паковку волокна. На установке можно предварительно готовить красильные растворы при постоянной заданной температуре и автоматически ее поддерживать с точностью  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Предполагается использование данного устройства в условиях лаборатории «Наноинженерные методы исследований им. А.С. Ахметова» при ТарГУ им. М.Х. Дулати. Крашение шерстяного волокна в аппаратах подобного типа позволит максимально сохранить первоначальные физико-механические свойства шерстяного волокна, свести к минимуму свойлачивание шерсти, максимально выбрать компоненты красильной ванны и снизить вредное воздействие на экологию окружающей среды.

**Ключевые слова:** красильная установка, шерстяное волокно, паковка волокна, красильные растворы, компоненты красильной ванны, циркуляция раствора.

Химико-технологические процессы промывки, крашения и отделки шерстяных материалов относятся к числу операций, характеризующихся повышенным водопотреблением. При их проведении образуется большое количество сильно загрязненных стоков, очистка которых связана с определенными трудностями. Весьма высок расход трудовых, материальных и энергетических ресурсов. Кроме того, химически активный кератин шерсти, вступая в реакции с компонентами технологических растворов, подвергается частичному разрушению, падает прочность волокна, ухудшаются его технологические и потребительские свойства. При повышении температуры (например, при крашении) эти негативные явления выражены более отчетливо.

Текстильное производство является одним из наиболее водоемких производств. Потребление воды основных его составляющих не одинаково. Прядильное и ткацкое производства потребляют лишь небольшую долю воды, поступающей на текстильный комбинат. Доля воды для прядильного производства значительно возрастает, если в его состав входит цех крашения волокна или ленты. Основное водопотребление приходится на отделочное производство, так как технологические процессы в нем осуществляются в водной среде. Огромные количества воды используются в процессах промывки волокна и ткани на различных этапах их отделки. Удельные расходы воды красильно-отделочных фабрик колеблются от 100 до 300-400 м на тонну ткани, составляя для шерстяных – до 300-400 м<sup>3</sup>/т. Тонкосуконный комбинат наиболее водоемкий из всех текстильных производств. Отделочное производство, цех крашения волокна, расположенный в прядильном производстве, и химстанция являются основными потребителями воды. Они

используют 73% от всей поступающей на комбинат воды. Расходуемая на технологические нужды вода является главным источником образования производственных сточных вод. Значительное количество воды потребляется в производстве технологического пара, в системах кондиционирования, охлаждения оборудования, вентиляции и др. Потребление воды зависит также от ассортимента выпускаемой продукции.

Состав сточных вод отделочных предприятий шерстяной промышленности в значительной степени зависит от профиля производства: тонко-суконное, камвольно-суконное, технических сукон, ковровое, цех крашения ленты камвольно-прядельной фабрики и т.п. [1].

Использование значительных количеств реагентов, красителей, ПАВ и воды происходит в процессах карбонизации шерсти и крашения шерстяного волокна и гребенной ленты. В цехах крашения волокна кроме шерсти окрашивают и другие волокна, используемые для изготовления изделий: вискозное, нитрон, капрон. Поэтому сточные воды могут содержать различные красители: кислотные, хромовые, металлокомплексные, активные, катионные, прямые. Помимо красителей сточные воды содержат кислоты (серную, уксусную), соли (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>OH и другие), соединения Cr<sup>+3</sup> и Cr<sup>+6</sup>, ПАВ и выравниватели.

Кроме различных химических загрязнителей в сточных водах всех типов шерстяных красильно-отделочных производств присутствуют значительные количества механических загрязнений (волоконца, нити). Примерные показатели качества сточных вод шерстяных предприятий приведены в табл. 1.

Таблица 1

Качество сточных вод шерстяных предприятий

Показатели качества сточной воды	Значения показателей для предприятий		
	Камвольносуконный комбинат с цехами крашения волокна и ленты	Тонкосуконная фабрика с цехом крашения волокна	Камвольнопрядельная фабрика с цехом крашения ленты или волокна
Взвешенные вещества, мг/л	150-250	150-250	150-30
Масла и эфирорастворимые продукты, мг/л	20-35	15-30	25-40
pH	7-8,5	6-8,5	6-9
Сухой остаток (общее содержание солей), мг/л	1000-1250	1000-1500	1000-2000
Хлориды, мг/л	100-200	100-200	150
Cr <sup>+3</sup> , мг/л	3-6	3-6	5-7
ПАВ, мг/л	40-60	40-60	30-50
Азот аммонийный, мг/л	15-20	22-26	15-25
Фосфаты, мг/л	5-6	5-8	6-8

Количество красителей, ПАВ,  $\text{Cr}^{+6}$  и  $\text{Cr}^{+3}$ , может значительно колебаться для сточных вод различных производств. Так, красители могут присутствовать в усредненных сточных водах в количествах 5-15 мг/л, в то время как сточные воды красильных аппаратов (т.е. концентрированный поток) могут содержать красителей до 70 мг/л. Количество ПАВ в среднем составляет 70-100 мг/л. В зависимости от используемых классов красителей хром может и не содержаться в сточных водах, но если применяются хромовые красители, то содержание в концентрированном красильном потоке может достигать, мг/л:  $\text{Cr}^{+3}$  – до 15,  $\text{Cr}^{+6}$  – до 50. В промывном потоке содержание хрома значительно ниже и составляет, мг/л:  $\text{Cr}^{+3}$  – 0,03-0,05,  $\text{Cr}^{+6}$  – до 10.

Решение экологических проблем шерстяной отрасли текстильной промышленности возможно осуществлять различными путями. Одним из них является замена экологически вредных веществ на безопасные и создание таких условий обработки, при которых химические вещества максимально поглощаются шерстью и, связываясь с активными центрами кератина, образуют новые безопасные соединения. Можно использовать методы физико-химической активации технологических процессов, совершенствование красильного оборудования, которые будут способствовать более полной сорбции и фиксации химических веществ. При этом попадание их в сточные воды будет минимальным.

В шерстяной отрасли текстильной промышленности основная доля сырья окрашивается на начальной стадии переработки. Наиболее распространен периодический способ крашения в кипящей ванне.

Крашение шерсти хромовыми красителями в силу большей экономичности и высокой устойчивости окрасок к машинной стирке сохраняет ведущее место. Однако в последнее время некоторые проблемы их использования вызвали сомнения в целесообразности их применению. В качестве таких проблем можно отметить следующие:

- трудность получения заданного оттенка и достижения точного соответствия цвету эталона, его воспроизводимости;
- ограниченность гаммы цветов; высокое содержание ионов хрома в сточных водах;
- повреждение шерстяного волокна, вызывающее ухудшение переработки в прядении.
- жесткие требования по содержанию в изделиях бытового назначения  $\text{Cr}$  (VI).

В Европе уделяется пристальное внимание охране прав потребителей по безопасности изделий в соответствии со стандартом ОЕКО-ТЕХ-100, в котором выдвигаются жесткие требования по содержанию в изделиях бытового назначения солей тяжелых металлов, в частности,  $\text{Cr}$  (VI) [2].

В связи с предстоящим вхождением Казахстана в ВТО и расширением импортно-экспортного текстильного рынка проблема присутствия  $\text{Cr}$ (VI) в текстильном полуфабрикате и изделиях становится весьма актуальной.

Примером снижения экологической опасности технологического процесса крашения шерстяного волокна хромовыми красителями является пересмотр принятой рецептуры и технологии крашения. При используемых технологиях с последующим или одновременным хромированием применяют дихромат калия или натрия, количество которого выше необходимого для образования требуемых комплексов. Избыточное количество ионов хрома остается в ванне и попадает в сточные воды. Нормы содержания хрома в

сточных водах, спускаемых в водоемы, периодически пересматриваются и становятся все более жесткими. Можно было бы отказаться от использования хромовых красителей, однако пока не существует красителей, способных заменить хромовые при крашении шерсти в темные тона с достижением таких высоких показателей по устойчивости окраски к различным видам воздействий. На протяжении нескольких десятков лет количество шерсти, окрашиваемой с использованием хромовых красителей, составляет около 30% (в 1995 году хромовыми красителями окрашивалось 29% от всего объема окрашиваемой шерсти в мире) [1]. Поэтому Международным секретариатом по шерсти, рядом фирм, выпускающих хромовые красители, а также рядом исследователей проведены работы по изменению рецептур и технологического процесса крашения шерсти хромовыми красителями с целью значительного сокращения количества хрома в остаточной красильной ванне. Фирма *Wauerg* рекомендовала использовать минимальные количества дихромата калия, который добавляли после достижения максимальной температуры процесса. При этом не должна присутствовать глауберова соль. Фирма *Siba-Seigu* также рекомендовала подбирать для каждого индивидуального красителя требуемое минимальное количество дихромата калия. Крашение и хромирование проводили при температуре 92°C. Для красителей указанной фирмы расчет рационального количества дихромата калия предложено проводить следующим образом: количество  $K_2Cr_2O_7$  равно 0,2% от массы окрашиваемой шерсти + 15% от массы красителя, требующегося для крашения данного количества шерсти. Фирма *Sandoz* рекомендовала при использовании минимального количества дихромата калия добавлять специальное *TBB Lyocol CR* в количестве 2,4-4% от массы волокна. Крашение проводят при температуре 90°C. *Lyocol CR* добавляют после введения дихромата калия, затем температуру поднимают до температуры 98°C и обрабатывают в течение 30 мин. Считают, что *Lyocol CR* образует с ионами  $Cr^{+3}$  комплекс, который сорбируется шерстью. При всех указанных выше способах качество окраски практически не изменяется по сравнению с традиционным способом, а содержание ионов хрома в сточной воде значительно снижается [1].

Известно, что хром проявляет переменную степень окисления. Следовательно, для перевода  $Cr(III)$ , который присутствует в шерстяных волокнах, в окислительную форму  $Cr(VI)$  требуется довольно сильный окислитель.

Соли шестивалентного хрома являются токсичными для многих живых организмов, включая и те организмы, которые используются при биологической очистке сточных вод. Максимальная концентрация в сточных водах ограничена до 0,5 мг/л для шестивалентного хрома и 2-5 мг/л для трехвалентного хрома.

Механизм восстановления шестивалентного хрома до трехвалентного при хромировании окраски достаточно сложен. В работе [3] предлагается следующий механизм: шестивалентный хром восстанавливается цистиновыми группами шерсти до четырехвалентного, который под действием аминокислот с восстановительными свойствами превращается в двухвалентный, образующий комплекс с карбоксильными группами волокна, и быстро окисляющийся воздухом до комплекса трехвалентного хрома с шерстью. Связывание трехвалентного хрома карбоксильными группами, вероятно, приводит к образованию некоторого количества поперечных связей. Подтверждением этого является уменьшение растворимости

хромированного волокна в щелочном растворе. Количество хрома, связанного шерстью, зависит от ряда факторов: начальной концентрации дихромата; присутствия сульфата натрия; pH и температуры. Сорбция шерстью шестивалентных ионов хрома (хроматы) в условиях крашения происходит быстро и достаточно полно. Одновременно с этим начинается восстановление шестивалентных соединений хрома до трехвалентных:  $\text{Cr}^{+6} \rightarrow \text{Cr}^{+3}$  (волокно-восстановитель). Кинетика образования трехвалентного хрома проходит через максимум, при этом изменяется pH среды от кислой до слабощелочной. Ионы шестивалентного хромата могут быть десорбированы с волокна, в то время как трехвалентный хром прочно удерживается волокном. С одной стороны это указывает на участие функциональных групп шерсти в комплексообразовании с трехвалентным хромом. С другой стороны потеря подвижности трехвалентного хрома осложняет задачу выравнивания окраски после прохождения реакции восстановления хрома. Относительно мало сведений об использовании при крашении хромовыми красителями физических методов активации технологических процессов. Дальнейшее совершенствование и интенсификация всех стадий крашения хромовыми красителями должно быть направлено на использование не только химических, но и физических способов воздействия на красильную систему за счет совершенствования красильного оборудования. Крашение при пониженной температуре улучшает технологические свойства шерсти, позволяет более экономно расходовать дорогостоящее сырье. Однако, понижение температуры приводит к замедлению скорости процесса крашения, к увеличению длительности операции, снижению качества окраски по равномерности и устойчивости. Для исключения этих отрицательных явлений необходимы дополнительные способы интенсификации процесса, которые помимо решения чисто технологических задач способны положительно повлиять на экономию и экологию красильно-отделочного производства шерстяной отрасли текстильной промышленности.

Для крашения шерстяного волокна предлагается устройство, разработанное в ТарГУ им. М.Х. Дулати (рис.1).

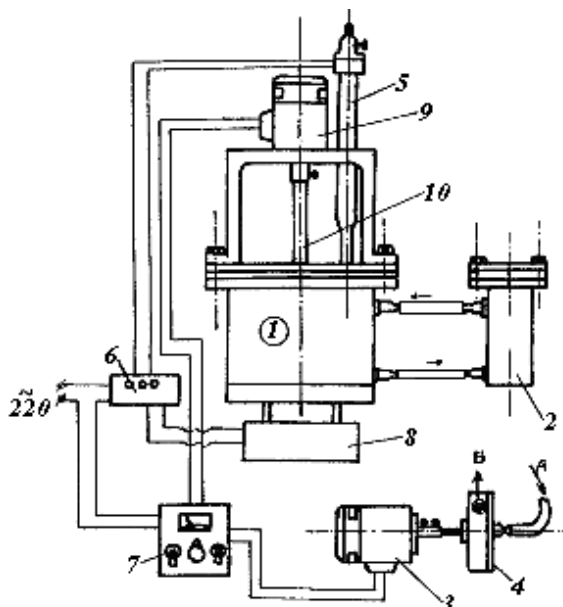


Рис. 1. Экспериментальное устройство для крашения шерстяного волокна

Крашение образцов шерсти осуществляется в устройстве для жидкостной обработки материалов [2]. Конструкция устройства представляет два бака, соединенных между собой системой циркуляции растворов через трубопроводы. Первый бак предназначен для приготовления технологических растворов при заданной температуре и непрерывном перемешивании для лучшего растворения компонентов технологического раствора. Второй бак предназначен для жидкостной обработки шерсти, в котором размещается перфорированный цилиндр для окрашиваемого материала. Крышка перфорированного цилиндра может перемещаться и фиксироваться в заданном положении. Блоки регулировки температуры и регулировки скорости вращения валов электродвигателей позволяют создать оптимальные скорости перемешивания и циркуляции технологического раствора, что влияет на диффузионные процессы при жидкостной обработке. Блок регулировки температуры автоматически поддерживает температуру технологического раствора в заданном значении.

Устройство работает следующим образом: в бак приготовления растворов 1 заливается вода. Контактным термометром 5 устанавливается температура приготовления раствора и включается электронагреватель 3. В бак 1 через загрузочный люк засыпаются химреагенты согласно рецептуре, и включается электродвигатель 9 привода мешалки 10 до полного приготовления раствора. Скорость вращения мешалки регулируется блоком 7. Окрашиваемый субстрат шерсти размещают в цилиндрическом баке 2. Для размещения окрашиваемого материала в цилиндрическом баке открывают крышку, вынимают внутренний перфорированный цилиндр, размещают в нем окрашиваемый материал и закрывают крышкой. Раствор, нагнетаемый циркуляционной системой, входит в цилиндр через патрубок и проходит через окрашиваемый материал, расположенный в цилиндре. Таким образом, красильный раствор проходит через волокно и прокрашивает его. Скорость циркуляции раствора варьируется блоком 7 регулировки скорости вращения вала электродвигателя 3 центробежного насоса 4.

Предлагаемая красильная установка позволяет окрашивать шерстяное волокно, ленту при циркуляции красильного раствора через паковку волокна. На установке можно предварительно готовить красильные растворы при постоянной заданной температуре и автоматически ее поддерживать с точностью  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Предполагается использование данного устройства в условиях лаборатории «Наноинженерные методы исследований им. А.С. Ахметова» при ТарГУ им. М.Х. Дулати. Крашение шерстяного волокна в аппаратах подобного типа позволит максимально сохранить первоначальные физико-механические свойства шерстяного волокна, свести к минимуму свойлачивание шерсти, максимально выбрать компоненты красильной ванны и снизить вредное воздействие на экологию окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садова, С.Ф. Экологические проблемы отделочного производства [Текст]: учеб. для вузов / С.Ф. Садова, Г.Е. Кривцова, М.В. Коновалова. Под ред. С.Ф. Садовой. – М.: РИО МГТУ, 2002. – 284 с.
2. Баданов К.И., Кауымбаев Р.Т., Баданова Р.Р. Устройство для жидкостной обработки текстильных материалов [Текст]. А.с. №49741 Комитет по правам интеллектуальной собственности Министерства юстиции Республики Казахстан, 2007.

*Материал поступил в редакцию 05.11.14.*

**R.R. Badanova, I.K. Badanov, K.I. Badanov**

*Taraz State University named after M.Kh.Dulaty, Taraz, Republic of Kazakhstan*

### **THE DEVICE FOR REALIZATION OF CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL PROCESSES OF THE TEXTILE INDUSTRY**

The design of the device for dyeing allowing dyeing a woolen fiber, a tape at circulation of dyeing solution through a fiber forging is considered. On installation it is possible to prepare previously dyeing solutions at the constant set temperature and to support it automatically with an accuracy  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Using of this device in the conditions of laboratory of nanoengineering methods of researches named after A.S. Akhmetov at TarSU named after M.Kh. Dulati is supposed. Dyeing of woolen fiber in devices of this kind will allow keeping as much as possible initial physic mechanical properties of woolen fiber, to minimize a wool felting, as much as possible to choose components of a dyeing bathtub and to reduce harmful effects on environment ecology.

**Keywords:** dyeing device, woolen fiber, fiber form, dyeing solutions, components of a dyeing bathtub, circulation of the solution.

**Р.Р. Баданова, И.К. Баданов, К.И. Баданов**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы, ҚР*

### **ТЕКСТИЛЬ ӨНЕРКӘСІБІНІҢ ХИМИКАЛЫҚ-ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҮРДІСТЕРІН ІСКЕ АСЫРАТЫН ҚҰРЫЛҒЫ**

Бояғыш ерітіндінің айналуы кезінде жүн талшығын, лентаны бояуға мүмкіндік беретін бояу қондырғысының конструкциясы қарастырылған. Қондырғыда берілген тұрақты температура жағдайында бояғыш ерітінділерді алдын-ала дайындауға және оны автоматты түрде  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  дәлдікпен қамтамасыз етіп отыруға болады. Жүн талшығын осындай тұрпатты аппараттарда бояу жүн талшығының бастапқы физикалық-механикалық қасиеттерін мейлінше сақтауға, жүннің киізденуін азайтуға, бояу ваннасының компоненттерін барынша таңдауға және қоршаған ортаға зиянды әсерін кемітуге мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** бояғыш қондырғы, жүн талшығы, талшық орамы, бояғыш ерітінділер, бояу ваннасының компоненттері, ерітінді айналымы.



УДК 687.152

**Б.Т. Байешов<sup>1</sup>, А.Т. Сейтпахиева<sup>2</sup>, Б.Б. Байешов<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Техника ғылымдарының кандидаты, <sup>2</sup>Техника және технология магистрі, <sup>3</sup>Магистрант

М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы

**ҚОҒАМДЫҚ КӨЛІК ЖҰМЫСШЫЛАРЫНА АРНАЛҒАН АРНАЙЫ ФОРМАНЫ ЖЕТІЛДІРУ**

Мақалада қазіргі заманға сай «Қоғамдық көлік жұмысшыларына» арналған арнайы киімге сауалнама жүргізіліп, нәтижесінде қазіргі заман талабына сай, барлық талаптарға сәйкес келетін арнайы киімнің жаңа үлгісінің пайда болуын қарастыру.

**Түйін сөздер:** қауіпті факторлардың классификациясы, қоғамдық көлік, жобалаудың ақпараттық құрылымы, киімге кешендік талап.

Киім – адамдардың денесін сыртқы әсерден қорғауға арналған тәжірибелік және эстетикалық қызметтер атқаратын бұйым немесе бұйымдар жиынтығы (аяқ киімдер және т.б.).

Костюм – тарихи қалыптасқан және әрдайым дамып тұратын, адам денесіне киілетін, өзара келісілген бұйымдар жиынтығы (киім, аяқ-киім, бас киім, қолғап және т.б.) және оларға ілесетін қосымшалар (сөмке, қолшатыр және т.б.), сонымен қатар адамның сыртқы бейнесін құрайтын сәнді шаш, бет бояу.

Киімдердің қызметі негізінен адамның дене құрылысына климаттық ортаның қолайсыз әсерінен (суық, жел, жаңбыр, күн радиациясы т.б.), механикалық зияндылықтан зақымдану және өндірістің қолайсыз әсерінен қорғауға (кірлену, жуу, суық т.б.) арналған болып табылады.

Физикалық-гигиеналық қызметі киім дененің тыныштық қалпында және қимыл-қозғалыста ыңғайлылығын қамтамасыз етеді [1].

Ақпараттық қызметі – адам және оның киімі туралы мәліметтерді береді (мамандығы, көзқарасы, мәдениеттілігі және т.б.).

Эстетикалық қызметі – адамның киген киімінің бір-біріне сәйкестілігімен, бұйым композициясының жетілгендігімен және оның өңдеу сапалылығымен анықталады.

Өндірістік киім дегеніміз – бұл арнайы әзірленген киім (костюм, комбинезон, халат, іш киім, фартуктер, қолғаптар және т.б.) жұмысшыны сыртқы ортаның кері әсерінен қорғауға арналған және жұмысқа өте қолайлы, барлық жұмыс талабына сай келетін арнайы киім.

Арнайы киімді дайындау кезінде әртүрлі текстиль материалдарының түрлері қолданылады, олар – мақта маталары, зығыр, жүн маталар, тоқыма және беймата. Өндірістік жұмыс киімі ыңғайлы және көзге тез түскіштік қасиетке ие болуы қажет. Ол әр уақытта жаңаланып тұрады, ал ескірген түрлері:

- өндірістен алынып тасталып, оның орнына жаңа түрлері шығарылады;
- жаңа талшықтардан, сәндік фактуралардан және түстерден құралады.

Материалдардың көптігі себебінен киімдер тәжірибелік мағынасы бойынша классификацияларға бөлінеді және сол сияқты бір немесе бірнеше нақты көрнекті белгілері бойынша материалдар түрлеріне топтасады.

Сол сияқты бір түрдегі тігін бұйымдары әртүрлі материалдардан дайындалуы мүмкін. Бір белгіленудегі әртүрлі материалдарға қойылатын талаптар бірдей болады [2].

Қоршаған ортадан ағзаны қорғау үшін жұмыс істеп жатқан адамның киімін уақытынан бұрын ескіріп кетпеуі үшін арнайы қоспамен өңдейді, мақталы мата және жасанды талшықтардан жасалған матаның отқа төзімді болуы үшін арнайы отқа төзімді қоспа пайдаланылады. Су мен ылғалға жақын жұмыс істейтіндердің киімдерінің матасы су өткізбейтіндей болуы керек, ол үшін судан қорғайтын қоспалар пайдаланылады. Өндірістік киімге поливинилхлорид маталары кеңінен қолданылады, ондай маталар әртүрлі қышқылдардан, майдан және мұнайдан сақтайды. Кейбір маталар поливинил пластикпен екі жағынан жабыстырылады. Өндірістік киімнің құрастырылуы бірқатар заңдылықтарға, өндірістің талаптарына сай жасалуы тиіс. Өндірісте қауіпсіздік ережелерімен әрбір жұмысшы танысып, сол ережелерді бұлжытпай орындаулары қажет.

Арнайы киімнің күрделілігі оны жан-жақты жобалаудан тұрады. Арнайы киімді тігу үшін алдымен оның қандай салаға қолданылатынын және қандай маталардан тігілу керектігін білу керек. Кейбір арнайы киімдердің мерзімді ұзақтығы болады.

Өндірістік киім жасау барысында оның сапа қасиеттерінің дұрыс қалыптастырылуы үшін өндірушіге әртүрлі факторлар әсер етеді. Жалпы өндірістік киімнің сапасы адамның жұмыс істеу кезінде оның денсаулығы мен жұмыс қабілетіне әсер етеді. Сондықтан өндірістік киімді жобалауда барлық факторларды ескеру үшін жүйелі тәсіл қолданылуы тиіс [3].

Сапасы оңтайлы бұйымды жобалау үрдісін басқару үшін жобаланылатын бұйымның қасиеттерін нақты анықтау қажет.

Өндірістік үрдістердегі факторлар, мейрамхана кәсібіндегі ерекшеліктер, санитарлық-гигиеналық факторлармен бірыңғай жүйеге біріккен. Жұмысшылардың еңбек шарттары келесі зиянды өндірістік факторлармен топтастырылады: үйлесімді, мүмкінді және зиянды [3].

Үйлесімді еңбек шарттары кезінде жұмысшылардың денсаулығы жақсы болады және жұмысқа деген қабілеті жоғары деңгейде.

Өндірістік факторлардың жиынтықтарының әрекеттесуі, жабық нысандарда орындалатын еңбек үрдісімен және қауіпті өндірістік факторлармен сипатталады:

- жаңа технологиялық жабдықтар;
- жұмыс уақытының ұзақтығы;
- жалпы салқындатылған немесе қыздырылған микроклиматтың жергілікті әрекеті;
- санитарлық нормалардан асатын, жоғары деңгейдегі шулар;
- жарықтың төмен болуы;
- инфрақызыл сәулелер және т.с.с.

Осыған байланысты, физикалық қауіпті факторларға келесі факторлар жатады: жоғары температура; жарықтың төмен болуы; электромагнитті өріс; инфрақызыл сәулелер [4].

Сонымен, қорыта айтқанда, жұмысшыларға әр түрлі зиянды сыртқы факторлар әсер етеді, сондықтан көлік жүргізушілерінің арнайы киіміне жоғары талаптар қойылады. Осы талаптарды жүзеге асыру үшін, физикалық тозу процесін ұзартуға бағытталған зерттеулер жүргізу қажет. Қоғамдық көлік жүргізушілерінің арнайы киімін жетілдіру қазіргі заманда өзекті мәселелердің бірі болып табылады.



Сурет 1. Қоғамдық көлік жүргізушілерінің арнайы формасы

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кокеткин, П.П. Промышленное проектирование специальной одежды [Текст] / П.П. Кокеткин. – М., 1982.
2. Жаркипов, Е.Ж. Мода и спецодежда [Текст] / Е.Ж. Жаркипов, К.К. Рудаченко. – Алма-Ата: Кайнар, 1988. – 210 с.
3. Романов, В.Е. Системный подход к проектированию специальной одежды. [Текст] / В.Е. Романов. – М., 1981.
4. Спецодежда для водителей [Электронный ресурс]. Режим доступа – [www.google.kz/?gws\\_rd=ssl](http://www.google.kz/?gws_rd=ssl).

*Материал редакцияға 02.10.14 түсті.*

**В.Т. Bayeshov, А.Т. Seitpakhiyeva, В.В. Bayeshov**

*Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan*

#### IMPROVEMENT OF SPECIAL INDUSTRIAL CLOTHES OF PUBLIC TRANSPORT WORKERS

The article discusses the possibility of improving the production of special clothing of public transport workers to meet modern requirements for the quality of materials and design.

**Keywords:** classification of occupational hazards, public transport, information structure design, complex requirements for manufacturing clothes.

**Б.Т. Байешов, А.Т. Сейтпахиева, Б.В. Байешов**

*Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОДЕЖДЫ РАБОТНИКОВ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

В статье рассмотрена возможность совершенствования специальной производственной одежды работников общественного транспорта с учетом современных требований к качеству материалов и оформления.

**Ключевые слова:** классификация опасных производственных факторов, общественный транспорт, информационная структура проектирования, комплексные требования к производственной одежде.

УДК 624.154.34

**И.И. Бекбасаров<sup>1</sup>, Р.Т. Байтелиев<sup>2</sup>, С.К. Шилибеков<sup>3</sup>, Г.И. Исаков<sup>4</sup>,  
Р. Равилев<sup>5</sup>, С. Исаков<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>3</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>5</sup>Магистрант  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз

<sup>2</sup>Почетный профессор ТарГУ,

<sup>4</sup>Магистр строительства

Жамбылский областной акимат, г. Тараз

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СВАЙНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Рассмотрены особенности забивных железобетонных свай с разной прочностью материала, свай с плоскими треугольными уширениями и свай с Х-образной формой ствола. Изложен способ устройства ленточного свайного фундамента с монолитным ростверком в выштампованной траншее, а также описаны конструктивные особенности свайного наголовника, обеспечивающего передачу ударных усилий, от молота на боковую поверхность головной части свай. Показаны преимущества разработанных свайных конструкции, их технологические схемы изготовления и способы забивки в грунты. Свайные конструкции, свайный наголовник и способ устройства фундамента экономичны, обладают новизной, подтверждающей патентами Республики Казахстан.

**Ключевые слова:** свая, ствол, бетон, прочность, уширение, ростверк, траншея, выштамповывание, молот, наголовник, напряжение, забивка, грунт.

В последние годы лабораторией инженерного профиля Таразского государственного университета им. М.Х. Дулати предложен ряд инновационных конструкций, относящихся к сфере свайного фундаментостроения и предназначенных для строительной отрасли Казахстана. К ним относятся:

- свая с тремя разнопрочными участками ствола (полипрочная свая) (инновационный патент №26652 Республики Казахстан);

- свая с плоскими уширениями ствола (инновационный патент № 26653 Республики Казахстан);

- свая с Х-образной формой ствола (инновационный патент №27763 Республики Казахстан);

- ленточный свайный фундамент с монолитным ростверком в выштампованной траншее (инновационный патент №27764 Республики Казахстан);

- свайный наголовник (инновационный патент №26400 Республики Казахстан).

**Полипрочные сваи.** Забивные железобетонные сваи, применяемые в свайном фундаментостроении, в пределах одного номенклатурного типа изготавливаются из одного вида, состава и класса бетона по прочности на сжатие. Исключением служат сваи со сталефибробетонной головной частью, в которых верхний участок сваи, длиной 40 см имеет повышенную прочность за счет ее армирования специальными металлическими фибрами [1]. Изготовление монопрочных свай (свай с постоянной прочностью бетона ствола) оправдано технологически, но необоснованно научно, а следовательно, нерационально практически. Это подтверждается тем, что как в период эксплуатации, так и в процессе забивки напряженное состояние свай не характеризуется равномерным распределением сжимающих напряжений по их длине [2, 3]. Причем высокий уровень напряжений и их неравномерного распределения по длине свай имеет место при их забивке молотами. Исходя из этого, была выдвинута идея формирования прочности ствола свай в соответствии с характера распределения сжимающих напряжений, возникающих в них в процессе их ударного погружения в грунты. Данная идея была положена в основу создания полипрочных, и полибетонных свай и освещена в работах [4, 5].

Полипрочные сваи представляют собой сваи, состоящие из нескольких разнопрочных участков ствола, изготавливаемых из одного вида бетона. Полибетонные сваи это те же полипрочные сваи, но изготавливаемые из нескольких видов бетона.

Разработаны три варианта полипрочных свай, каждая из которых состоит из трех разнопрочных участков, размеры, класс бетона и диаметр продольной арматуры которых назначаются дифференцированно в зависимости от величины и характера распределения сжимающих напряжений по длине свай при их забивке. В полипрочной свае участок 1, длиной  $L_1$  представляет собой головную часть сваи, участок 2, длиной  $L_2$  – среднюю часть, а участок 3, длиной  $L_3$  – нижнюю часть сваи (включая острие). Длина  $L_1$ ,  $L_2$  и  $L_3$ , а также класс бетона участков сваи  $B_1$ ,  $B_2$  и  $B_3$  назначаются по таблице 1. При этом вид эпюры сжимающих напряжений в сваях при забивке предварительно принимается по таблице 2 в зависимости от максимального значения напряжений в головной части свай при ударах молота. Рекомендации, представленные в таблицах 1 и 2, составлены с учетом результатов исследований, изложенных в работах [6, 7].

Данные, представленные в таблицах 1 и 2, распространяются на призматические сваи длиной до 12 м. Если прогнозный максимальный уровень сжимающих напряжений в сваях при забивке будет выше 22 МПа, то эпюру напряжений в них можно принимать близкой к прямоугольной, а прочность бетона и диаметр продольной арматуры – одинаковой по всему стволу, как для традиционных монопрочных свай.

Как видно, в полипрочных сваях обеспечивается рациональное использование материала их ствола, так как прочность бетона их отдельных участков подбирается с учетом фактического уровня напряжений в них при забивке. Изготовление каждой полипрочной сваи сопровождается снижением расхода материалов: цемента – на 15,9-20,7 %; щебня – на 28,6-33,3 %; песка на 13,8-15,9 %. Стоимость полипрочных свай на 13,1-28,6% ниже стоимости традиционных монопрочных свай. Причем разница в стоимости сравниваемых свай, тем выше, чем больше их длина (рис. 1).

Таблица 1

Длина и класс бетона разнопрочных участков сваи

№ п/п	Вид эпюры распределения сжимающих напряжений в свае при забивке	Длина разнопрочных участков в долях от общей длины сваи L			Класс бетона участков сваи на сжатие		
		$L_r$	$L_c$	$L_n$	$B_r$	$B_c$	$B_n$
1	В виде трапеции с вогнутостью в верхней части	0,15L	0,35,L	0,5 L	12,5	10	7,5
2	В виде правильной трапеции	0,25L	0,35 L	0,40 L	15	12,5	10
3	В виде трапеции с выпуклостью в верхней и средней части	0,40 L	0,40 L	0,20 L	20	15	12,5

Таблица 2

Виды эпюр сжимающих напряжений в сваях при забивке

№ п/п	Максимальный уровень сжимающих напряжений в головной части свай при забивке	Вид эпюры распределения сжимающих напряжений в свае при забивке
1	14 МПа и менее	В виде трапеции с вогнутостью в верхней части
2	от 14 до 19 МПа	В виде правильной трапеции
3	от 19 до 22 МПа	В виде трапеции с выпуклостью в верхней и средней части

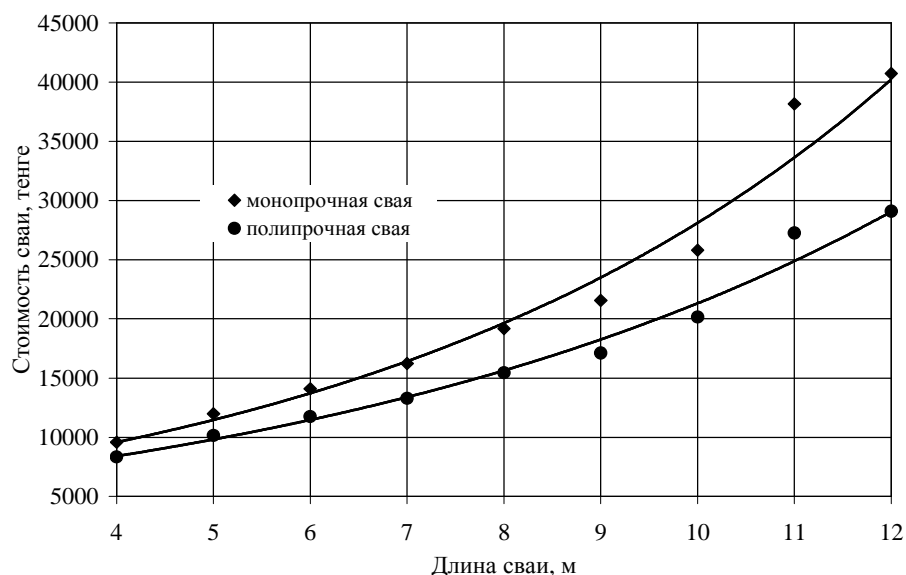
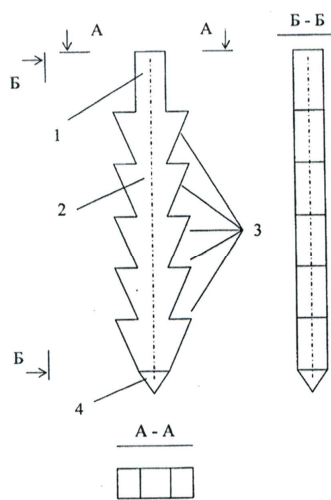


Рис.1. Зависимость стоимости свай от их длины

Разработаны две технологические схемы изготовления полипрочных свай в заводских условиях. Первая схема включает в себя одноопалубочное

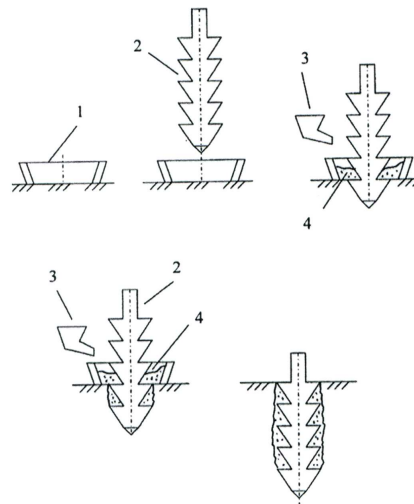
горизонтальное бетонирование сваи с делением ее ствола на разнопрочные участки при помощи вставляемых до и удаляемых после бетонирования тонких съемных пластин-перемычек. Вторая схема предусматривает раздельное изготовление в вертикальных опалубках головной и нижней частей сваи, и их последующее соединение со средней частью в горизонтальной опалубке.

**Сваи с уширениями ствола** представляют собой железобетонные сваи с 1-5 и более плоскими уширениями треугольной формы, обладающие клиновидной формой острия (рис. 2). Забивка таких свай производится с подсыпкой грунта под уширения (рис. 3).



1—головная часть сваи; 2—ствол;  
 3—плоские уширения; 4—острие

Рис. 2. Схема сваи с уширениями



1—воронка; 2—свая; 3—емкость;  
 4—жесткий материал

Рис. 3. Технологическая схема забивки сваи с уширениями

Экспериментальными исследованиями с применением моделей свай, обладающих разной продольной формой установлено, что сваи с уширениями по сравнению со свайей призматической формы обладают более высокой удельной несущей способностью (табл. 3). Причем этот эффект тем выше, чем больше количество уширений сваи. Так из таблицы 3 следует, что изменение количество треугольных уширений от 2-х до 5-ти приводит к увеличению удельной несущей способности новых свай по сравнению с призматической свайей от 7,9% до 43,3%. Высокая удельная несущая способность свай с уширениями сопровождается повышенной удельной энергоемкостью и большей относительной глубиной погружения. Вид уширения также оказывает влияние, как на параметры погружения свай, так и на их несущую способность. Свая с прямоугольно-треугольными уширениями по несущей способности незначительно отличается от сваи с треугольными уширениями (1,6%), а вот по сравнению с призматической свайей она обладает более высокой несущей способностью (превышение составляет 40,9%). Несущая способность свай с уширениями зависит также от объема жесткого материала, засыпаемого в пространство между

уширениями при ее забивке (табл. 4). Установлено, в целом, что для свай с пятью треугольными уширениями, объем засыпаемого песка (принятого в опытах в качестве жесткого материала) при забивке составляет 57-76% от полного объема пространства между уширениями. Из таблицы 4 следует, что погружение свай с засыпкой песка приводит к увеличению их удельной несущей способности на 19-46%. Причем, несущая способность тем больше, чем больше объем песка засыпанного между уширениями. С увеличением объема засыпки песка повышается также и удельная энергоемкость забивки свай (на 20-47%).

Таблица 3

Результаты испытаний моделей свай с разной продольной формой

Вид модели сваи	Относительная глубина забивки модели	Удельная энергоемкость погружения модели, Дж/см <sup>3</sup>	Удельная несущая способность модели, Н/см <sup>3</sup>
С двумя треугольными уширениями	0,785	0,25	1,37
С пятью треугольными уширениями	0,597	0,30	1,82
С пятью прямоугольно-треугольными уширениями	0,560	0,28	1,79
Призматическая	0,569	0,23	1,27

Таблица 4

Результаты испытаний моделей свай с засыпкой песка в пространство между уширениями

Вид модели сваи (объем засыпки песка в процентах от полного объема уширений)	Относительная глубина забивки модели	Удельная энергоемкость погружения модели, Дж/см <sup>3</sup>	Удельная несущая способность модели, Н/см <sup>3</sup>
С пятью уширениями (без подсыпки песка)	0,597	0,30	1,82
С пятью треугольными уширениями (57% )	0,601	0,36	2,17
С пятью треугольными уширениями (66 % )	0,589	0,39	2,40
С пятью треугольными уширениями (76%)	0,593	0,44	2,66

**Свая с X-образной формой ствола.** Свая состоит из призматической головной части, ствола, имеющего X-образную форму в поперечном сечении и острие пирамидальной формы. Изготовление сваи производится с применением соответствующей металлической формы. Для забивки таких свай используются сваебойные молоты, применяемые для погружения обычных железобетонных свай. Сваи с X-образной формой по сравнению с призматическими сваями обладают меньшими расходом бетона и



соответственно меньшим весом. Сваи с Х-образной формой ствола при толщине стенок ствола 6-12 см, обладают большей на 37-43% площадью боковой поверхности, чем призматические сваи. За счет большей площади боковой поверхности, рассматриваемые сваи имеют более высокую несущую способность.

**Ленточный свайный фундамент с монолитным ростверком в выштампованной траншее.** При устройстве данного фундамента, выштамповывание траншеи под ростверк производится после забивки определенного фрагмента свай. Ленточный штамп в поперечном сечении имеет форму перевернутой усеченной пирамиды с размерами соответствующими размерам будущего ростверка. Длина штампа определяется расстоянием между сваями. В зависимости от этого параметра штамп может изготавливаться для выштамповывания фрагмента ростверка отдельно для двух или трех свай. Поэтому штамп может обладать соответственно двумя или тремя отверстиями для пропуска головной части уже забитых свай. Выштамповывание фрагмента ростверка производится тем же молотом, который используется для забивки свай. Таким образом, выштамповывание ленточного ростверка производится отдельными фрагментами, места стыковки, которых выштамповываются с определенным запуском одного края штампа в готовый фрагмент траншеи.

Устройство ленточного свайного фундамента с ростверком в выштампованной траншее позволяет:

- сократить объем земляных работ, за счет изготовления полости под ростверк без выемки грунта;
- повысить несущую способность забитых свай, за счет уплотнения разрыхленного грунта в их верхней части;
- значительно повысить несущую способность ростверка.

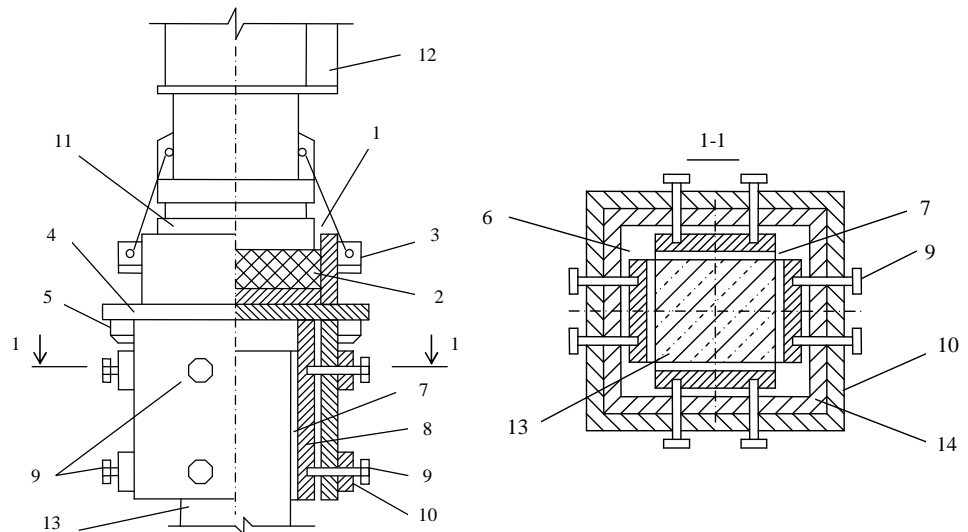
Общее повышение несущей способности свайного фундамента за счет дополнительного увеличения несущей способности ростверка и уже забитых свай приводит к существенному увеличению удельной несущей способности фундамента, а, следовательно, и к экономии материалов на его изготовление.

Для отработки технологии устройства и выявления особенностей работы ленточного свайного фундамента с ростверком в выштампованной траншее, а также свай с Х-образной формой ствола организованы и реализуются экспериментальные исследования с применением соответствующих моделей в лабораторных условиях.

**Свайный наголовник.** Существующие свайные наголовники, используемые для забивки свай, позволяют передавать ударные усилия от молота на горизонтальную или наклонные поверхности торца головы свай. Разработанный наголовник, отличается от них, тем, что он обеспечивает передачу ударных усилий не через торцовую часть головы сваи, а через ее боковые грани. Это обеспечивается через систему прижимных винтов и пластин (рис. 4).

При использовании традиционных наголовников, площадь контактной зоны (площадь торцевой поверхности свай) постоянна и ее невозможно увеличить, разве только за счет использования свай с большими размерами торцевой части головы. Преимуществом нового свайного наголовника является то, что он конструктивно позволяет увеличивать площадь контактной зоны молота и свай (площадь передачи ударных усилий молота на боковую поверхность свай). Это в свою очередь вызывает уменьшение сжимающих напряжений, возникающих в свае, при ударах молота.

Например, при высоте боковой контактной зоны, равной 30 см (для свай с размерами поперечного сечения головы 30x30 см), ее площадь увеличивается в 4 раза. При этом, как показали расчеты, выполненные в соответствии с методикой, изложенной в работе [3], применение нового наголовника позволяет снижать уровень динамических сжимающих напряжений в голове свай в 3,6 раза. Таким образом, использование свайного наголовника с боковой контактной зоной обеспечивает бездефектное погружение железобетонных свай. К тому же наличие подобных наголовников открывает возможность забивки свай, имеющих выпуски продольной арматуры, необходимой для жесткого сопряжения головы свай с монолитным ростверком. Промышленное изготовление таких свай и их применение в комплекте с рассматриваемым свайным наголовником, позволяет традиционную технологию забивки свай переводить в разряд ресурсосберегающей технологии, при которой исключаются дефекты свай, и оголение арматуры их головной части после забивки. В настоящее время в ТарГУ им. М.Х. Дулати проводятся экспериментальные исследования по апробации нового свайного наголовника для условий забивки микросвай штанговым дизель-молотом с весом ударной части 500 кН.



1 – верхняя выемка; 2 – верхний амортизатор; 3 – верхний обруч; 4 – диафрагма; 5 – нижний обруч; 6 – нижняя выемка; 7 – резиновые амортизаторы; 8 – вертикальные подвижные пластины; 9 – прижимные винты; 10 – обжимные пояса; 11 – шабот; 12 – молот; 13 – свая; 14 – корпус.

Рис. 4. Схема свайного наголовника

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родов, Г.С. Забивные сваи с железобетонным стволом и сталефибробетонной головой [Текст] / Г.С. Родов, Л.Г. Курбатов, В.С. Куприянов, М.Я. Хазанов // Материалы семинара по повышению качества нулевого цикла. – Ленинград, 1979. – С. 54-62.
2. Бартоломей, А.А. О динамических сжимающих напряжениях, возникающих в сваях при их забивке в грунты [Текст] / А.А.

- Бартоломей, И.И. Бекбасаров // Межвузовский сборник научных трудов. Основания и фундаменты в геологических условиях Урала. – Пермь, 1984. – С. 6-12.
3. Бекбасаров, И.И. Основы рациональной забивки железобетонных свай в грунты [Текст]: монография / И.И. Бекбасаров. – Тараз: Изд-во «Тараз университети», 2011. – 155 с.
  4. Бекбасаров, И.И. Принципы создания полибетонных железобетонных свай [Текст] / И.И. Бекбасаров, Г.И. Исаков // Материалы XIII студенческой научно-практической конференции по естественным, техническим, социально-гуманитарным и экономическим наукам, посвященной 20-летию Независимости Республики Казахстан. – Тараз: Изд-во «Тараз университети», 2011. – С. 141-142.
  5. Бекбасаров, И.И. Полипрочные и полибетонные сваи [Текст] / И.И. Бекбасаров, Г.И. Исаков // Сборник тезисов V Всемирного конгресса инжиниринга и технологий – WCET – 2012: «Наука и технологии: шаг в будущее». – Алматы, 2012. – С. 82-84.
  6. Бекбасаров, И.И. Забивная свая с переменной прочностью и технологические принципы ее изготовления [Текст] / И.И. Бекбасаров, Г.И. Исаков // Materialy VII mezinarodni vedecko-prakticka Konference “Vedecky prumysl evropskeho kontinentu - 2011”. Dil 26 Technicke vedy, Vystavba a architektura. – Praha: Publishing House “Education and Science” s.r.o.pp. 72-75.
  7. Бекбасаров, И.И. Технология изготовления и технико-экономические показатели полипрочных свай [Текст] / И.И. Бекбасаров, Г.И. Исаков, Б.Т. Саимбетова // Materialy VIII mezinarodni vedecko-prakticka Konference “Efektivni nastroje modrnich ved - 2012”. Dil 31 Vystavba a architektura Technicke vedy. – Praha: Publishing House “Education and Science” s.r.o.pp. 69-73.

*Материал поступил в редакцию 28.10.14.*

**I.I. Bekbasarov<sup>1</sup>, R.T. Baiteliyev<sup>2</sup>, S.K. Shilibekov<sup>1</sup>, G.I. Isakov<sup>2</sup>,  
R. Ravirov<sup>1</sup>, S. Isakov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz

<sup>2</sup>Zhambyl regional administration, Taraz

## **PROSPECTIVE GEOTECHNICAL DESIGNS**

The features of precast concrete piles with different material strength, with flat triangular piles and piles with a broadening of the X-shaped trunk are considered. Discloses a method of pile foundation tape device with a monolithic grillage in forged into the trench, and describes the design features of the pile caps, ensuring the transfer of impact force from a hammer on the side surface of the head of the pile. The advantages of the developed pile construction, their technological schemes and methods of manufacturing pile into the ground are showed. Pile designs, pile cap and method for the installation of foundations are economical, new, confirming the patents of the Republic of Kazakhstan.

**Keywords:** pile, trunk, concrete, strength, broadening, grillage, trench, punching, hammer, pile cap, tension, piling, soil.

И.И. Бекбасаров<sup>1</sup>, Р.Т. Байтелиев<sup>2</sup>, С.К. Шилибеков<sup>1</sup>, Г.И. Исаков<sup>2</sup>,  
Р. Равилов<sup>1</sup>, С. Исаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы

<sup>2</sup>Жамбыл обласының әкімдігі, Тараз қаласы

### КЕЛЕШЕКТЕГІ ҚАДАЛЫҚ КОНСТРУКЦИЯЛАР

Материалының беріктігі әртүрлі қағылатын темірбетон қадаларының, жалпақ үшбұрышты кеңейтулері бар қадалардың және дінгегінің пішіні Х-тәріздес қадалардың ерекшеліктері қарастырылған. Тоқпақталған қазаншұңқырдағы монолитті ростверкі бар ленталы қадалы іргетасты орналастыру тәсілі баяндалған, сонымен қатар балға соққысының күштерін қаданың бас жағының шет бетіне берілуін қамтамасыз ететін қадалы басқалпақтың құрылымдық ерекшеліктері айтылған. Жасалған қадалық конструкциялардың, оларды дайындаудың технологиялық сұлбалары мен топыраққа қағу тәсілдерінің артықшылықтары көрсетілген. Қадалық конструкциялар, қадалық басқалпақ және іргетастар орнату тәсілдері экономикалық тұрғыдан тиімді, жаңашылдығы Қазақстан Республикасының патенттерімен дәлелденген.

**Түйін сөздер:** қада, дінгек, бетон, беріктік, кеңею, ростверк, траншея, штампен тоқпақтау, соққыш, басқалпақ, кернеу, соғу, топырақ.

УДК 65.011.56

К-Т.Д. Бержанов<sup>1</sup>, Н.С. Бекибаев<sup>1</sup>, С. Бакытжанов

<sup>1</sup>Магистрант, <sup>2</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>3</sup>Магистр  
Южно-Казахстанский государственный университет им. М.О. Ауезова,  
г. Шымкент, Казахстан

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ФЕРРОСПЛАВОВ

В разработанной автоматизированной системе удалось совместить информационные потоки о воздействии предприятия на окружающую среду, а также о состоянии производственной среды, здоровья работающих и населения региона, что выводит систему на уровень решения широких эколого-гигиенических проблем.

**Ключевые слова:** автоматизированная информационная система (АИС), экологический риск, структура АИС, алгоритм.

Адаптация методов управления промышленными предприятиями в условиях усиления глобальной экономической нестабильности является одной из наиболее актуальных задач экономики страны. Для её решения, кроме технического перевооружения производств необходимо разработать и внедрить адекватные усложнившимся условиям ведения бизнеса новые управленческие подходы, методы и математические модели бизнес-процессов, учитывающие усиливающуюся неопределенность и воздействия

финансово-экономических кризисов. При этом осуществление промышленного рывка не должно пониматься как внедрение на отдельных участках работы или в производственных подразделениях каких-то новых промышленных технологий или иных технических разработок. Подобный рывок просто немыслим без комплексного обновления управленческих механизмов промышленных предприятий, которые должны базироваться на единой развитой информационной системе, обеспечивающей взаимосвязку основных факторов производства и показателей деятельности всех подразделений и служб предприятий. Только в этом случае все принимаемые управленческие решения смогут достаточно корректным образом корреспондироваться по всей управленческой вертикали промышленных предприятий [1].

Особо важное значение для работы промышленных предприятий в кризисные периоды приобретает формирование такого управленческого комплекса, который способен обеспечивать реализацию динамично меняющихся задач в зависимости от складывающихся на мировом рынке ситуаций без изменений организационной структуры предприятия или каких-либо иных существенных пертурбаций в его работе, заведомо ухудшающих управляемость и негативно влияющих на работоспособность трудового коллектива, а в итоге на производительность труда и рентабельность производств

Другим важным вопросом является вопрос о качестве исходной информации. На многих крупных предприятиях действуют лаборатории охраны окружающей среды, данных которых может не хватать для идеального описания природоохранных проблем предприятия. Вместе с тем, как показывает опыт, само по себе использование новых информационных технологий позволяет (а) повысить на несколько порядков эффективность использования имеющейся информации, (б) стимулировать предприятие к развитию лабораторной базы, (в) обеспечить в перспективе открытость к переходу на более систематический мониторинг и автоматизированные системы лабораторного контроля.

Никакие лабораторные возможности не дадут предприятию рычагов управления экологическими рисками в отсутствие систем обработки, автоматизированного анализа и оценки информации. В связи с этим, работы по созданию автоматизированных информационных систем могут быть начаты даже на тех предприятиях, где мониторинг воздействия на окружающую среду требует своего улучшения и развития.

Важнейшей позицией является предоставление менеджерам и специалистам предприятий возможностей, ранее доступных лишь проектным организациям. Например, инвентаризация источников выбросов, расчеты рассеивания загрязнителей в атмосфере, оценка эффективности мероприятий, решение разного рода обратных задач должны перейти из сферы узкоспециального применения в сферу аналитического потенциала сотрудников предприятий.

В систему должно быть вовлечено как можно больше исходной информации. Нужно, чтобы в нее поступала информация о параметрах производственного процесса (например, состоянии печных агрегатов), метеоданные, данные замеров концентраций загрязнителей на источниках выбросов, на рабочих местах, на промплощадках, на санитарно-защитной зоне, данные о заболеваемости работающих, данные об эколого-экономической деятельности предприятия, нормировании выбросов и т.д.

Система должна выполнять как можно больше текущих расчетов для сотрудников лаборатории охраны окружающей среды, специалистов-экологов, специалистов по охране труда.

Система должна связать эти службы первичной информации с основными потребителями, которыми являются менеджеры предприятия. Вместе с тем, специалисты-экологи, лаборанты, медики также могут и должны получать из этой системы необходимую аналитическую информацию.

Принятие решений в разрабатываемой иерархической системе управления экологическими рисками на предприятии по производству ферросплавов (рис. 1) происходит последовательно на каждом уровне иерархии и при этом каждая система оптимизирует свою функцию цели с учётом ограничений, поступающих от управляющего органа высшей ступени.

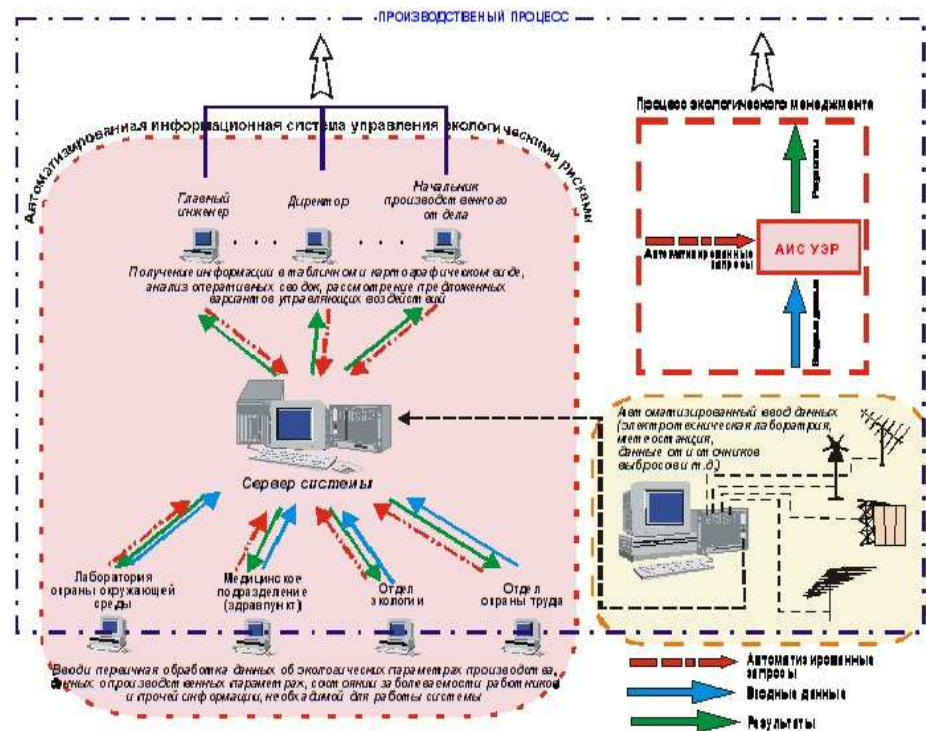


Рис. 1. Принципиальная структура автоматизированной информационной системы управления экологическими рисками

Естественно, что совокупность решений, принятых во всех подсистемах, не будет оптимальной в целом для всей системы, так как функции цели отдельных подсистем не будут совпадать с функцией цели центрального органа. Правда, эта совокупность решений будет допустимой для системы и, поэтому в большом числе реальных ситуаций при жёстких ограничениях на время и средства, приходится мириться с неоптимальностью принятого решения.

Схема принятия таких решений часто основана на применении в подсистемах эвристических, интуитивных методов. При таком подходе к принятию решения, очевидно, что у управляющих органов подсистем появляется свобода действий (выработки решения), которую они используют

для принятия варианта решения, оптимизирующего локальную функцию цели. В этом отчётливо проявляются свойства подсистем, обусловленные участием человека в их работе. Такие элементы часто называют активными элементами. Основным отличительным свойством таких элементов является то, что каждый из них имеет свою, отличную в большинстве случаев от центрального органа, функцию цели. Во многих случаях эта функция неизвестна центральному органу и может изменяться во времени в зависимости от обстоятельств функционирования подсистем.

Указанное свойство является характерной чертой как для отдельных элементов, так и большой системы в целом. Эти обстоятельства необходимо учитывать при управлении подсистемами. При этом задача координирующего органа заключается в определении таких воздействий на подсистемы, при которых принимаемое ими решение было бы возможно ближе к оптимальному в смысле глобальной целевой функции. Координирующий орган может это осуществить, вводя некоторые дополнительные ограничения и тем самым, сужая множество допустимых решений для подсистем.

Формально, схема принятия решений в иерархической системе управления экологическими рисками на предприятии по производству ферросплавов может трактоваться следующим образом.

Обозначим через  $R_i$  - множество допустимых решений, которое сформировано в подсистеме  $i=1, \dots, N$ .  $\bar{R}_i = R_i \cap Y_i$  - множество решений с учётом дополнительных ограничений  $Y_i$ , задаваемых координирующим органом  $x_i$ ,  $x_i^*$  - решения, оптимальные соответственно для подсистемы для всей системы в целом.

При управлении экологическими рисками на предприятии по производству ферросплавов, имеющем иерархическую структуру, всю совокупность возникающих задач целесообразно разделить на два больших класса: локальные и глобальные.

Локальные – это задачи, решаемые в подсистеме с учётом своей целевой функции и известных ограничений без обмена информацией с координирующим органом и другими подсистемами. Локальная задача для подсистемы может быть записана в виде: найти  $\max_{x_i} F_i(x_i)$  такое, что  $x_i \in \bar{R}_i$ ,  $\bar{R}_i = R_i \cap Y_i$   $i=1, \dots, N$ , где:  $Y_i$  – множество допустимых решений, заданных координирующим органом.

Множество  $Y_i$ , с помощью которого координирующий орган влияет на подсистемы, формируется на основе управляющих воздействий, вырабатываемых координирующим органом. В качестве таких воздействий могут выступать различные физические и экономические показатели: объём выпускаемой продукции, её качество, цены на продукцию и сырьё, средства, выделяемые подсистеме и т.д. При заданных величинах управляющих воздействий, а, следовательно, заданном множестве  $\bar{R}_i = R_i \cap Y_i$ , каждая из подсистем, решая задачу оптимизации своей целевой функции, определяет значение вектора  $x_i^*$ , которые затем обобщаются К.О. Таким образом, управляющим воздействием на подсистемы являются множества  $Y_i$   $i=1, \dots, N$ , а выходными переменными – совокупность векторов  $x_i^*$ ,  $i=1, \dots, N$ , получаемых после решения локальных задач оптимизации.

Глобальной будем называть задачу, в результате решения которой должно быть найдено управляющее воздействие (множество  $Y_i \quad i=1, \dots, N$ ) и соответствующий ему набор векторов  $x_i^* \quad i=1, \dots, N$ , характеризующий принятые подсистемами решения. При этом требуется, чтобы выполнялись все ограничения, и достигала максимума глобальная целевая функция  $F(x)$ .

Эту задачу можно представить в следующем виде:

$$\max_{x_i^*} F(x) = \sum_{i=1}^N F_i(x_i^*), \quad X_i^* \in \bar{R} \quad i=1, \dots, N$$

Здесь множество допустимых решений определяется глобальными ограничениями и взаимосвязью между отдельными подсистемами как по входным и выходным потокам, так и используемым ресурсам.

Решение поставленной задачи может быть найдено путём реализации некоторой итеративной процедуры многократного взаимного обмена информацией между координирующим органом и подсистемами.

Необходимо предусмотреть современное техническое обеспечение автоматизированной системы. В связи с тем, что для крупных предприятий характерны такие условия, как:

- большие расстояния между объектами (пользователями системы управления экологическими рисками);
- отсутствие прямой видимости (плотность строений);
- большие электрические помехи от работающего оборудования.

В качестве сетевого решения может быть выбрана, к примеру, сеть Ethernet, как наиболее прогрессивная и динамично развивающаяся на оптоволоконном кабеле, типа звезда. Традиционной и наиболее широко распространенной физической средой передачи информации в локальных сетях являются кабели. Альтернативой кабелю является связь с помощью инфракрасного излучения и радиосвязь, но эти виды связи по ряду причин пока используются весьма ограниченно.

Применение оптической связи позволяет разносить узлы (и центральные устройства) на расстояния, измеряемые километрами. Таким образом, топология локальной сети может стать практически независимой от применяемых технологий передачи данных.

Коммуникации должны выполняться по принципу открытой кабельной системы, что предполагает возможность свободного выбора сетевого приложения (так в контексте Структурированных Кабельных Систем называются сетевые технологии). При необходимости смена приложения (технологии) должна обходиться без дорогостоящей «кабельной революции».

Следующие основные принципы и требования должны являться основой для выбора программного решения автоматизированной информационной системы управления экологическими рисками:

- работа в реальном времени;
- работа в сети;
- совместная работа с базами данных по вводу различной информации, ее обработки для создания ряда документов;
- обработка больших объемов информации;
- выполнение графических работ (карты рассеивания, диаграммы);
- сочетание доступности в обслуживании, общности форматов передачи данных с обеспечением сохранности и конфиденциальности информации.



С учетом многофункциональности системы, необходимости ее модульной разработки и дальнейшей адаптации, при создании системы может использоваться мультисредовый подход.

Для разработки информационно-логической модели автоматизированной информационной системы управления экологическими рисками, рассматриваем предметную область в виде взаимосвязанных информационных потоков (рис. 2). Этот подход предполагает, что отдельные модули системы разрабатываются в тех программных средах и на основе тех программных продуктов, которые будут наиболее приспособлены для обеспечения соответствующих функций.

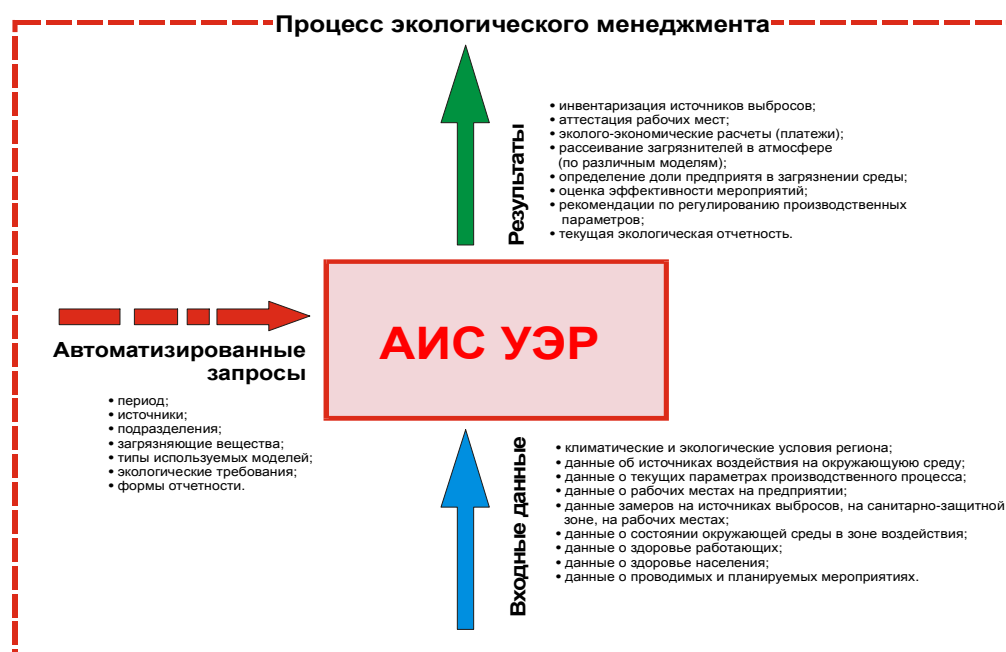


Рис. 2. Схема входных и выходных потоков информации в автоматизированной информационной системе управления экологическими рисками (АИС УЭР)

При этом будет сохранено единство идеологии различных элементов системы, однако будут достигнуты следующие два существенных результата:

- каждый модуль в отдельности обеспечит максимальную эффективность при решении конкретных задач;
- совместное функционирование модулей различной природы позволит уже на стадии разработки обеспечить максимальную адаптируемость системы и возможности ее совершенствования на любой стадии.

Фактически, в этом случае к разработанной системе можно подключить новые модули, созданные практически в любой Windows-совместимой среде.

Например, основной модуль системы, выполняющий функции формирования банков данных, выполняется с применением Microsoft Visual FoxPro. Расчетные модули, осуществляющие сложное моделирование, выполняются в Borland C++. Графика и топографический интерфейс выполняются в Borland Delphi.

Таким образом, в целом, стадийность разработки и внедрения системы может выглядеть следующим образом:

- проведение экологического аудита предприятия и определение основных содержательных характеристик автоматизированной информационной системы;
- разработка технико-экономического обоснования и технического проекта системы;
- разработка программного обеспечения системы;
- формирование технического обеспечения системы;
- инсталляция системы и ее апробирование на реальных данных;
- корректировка системы в зависимости от результатов практической апробации;
- итоговые технорабочие испытания;
- обучение пользователей;
- дальнейшее развитие и совершенствование системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Святов, Б.А. Принцип и модель оптимального управления ферросплавным производством в современных условиях [Текст] / Б.А. Святов // Сталь. – 2002. – №7. – С.30-33.
2. Святов, Б.А. Автоматизированное управление экологическими рисками на ферросплавном производстве [Текст] / Б.А. Святов, Т.И. Слажнева, А.А. Корчевский. – Алматы: Искандер, 2001. – 264 с.
3. [?] Автоматизированное управление экологическими рисками на Аксуском заводе ферросплавов [Текст] // Сталь. – 2002. – №6. – С. 40-43.

*Материал поступил в редакцию 15.12.14.*

**К-Т.Д. Berzhanov, N.S. Bekibayev, S. Bakytzhanov**

*The Southern Kazakhstan state university of M.O. Auezov, Shymkent, Kazakhstan*

#### DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL RISKS AT THE ENTERPRISE FOR PRODUCTION OF FERROALLOYS

In the developed automated system it was succeeded to combine information streams about impact of the enterprise on environment, and also about the condition of the production environment, health working and the population of the region that brings system to the level of the solution of wide ekologo-hygienic problems.

**Keywords:** automated information system (AIS), ecologically risk, structure of AIS, algorithm.

**К-Т.Д. Бержанов, Н.С. Бекибаев, С. Бакытжанов**

*М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік-Қазақстан мемлекеттік университеті,  
Шымкент қаласы, Қазақстан*

#### ФЕРРОҚҰЙМА ШЫҒАРУ ӨНДІРІСІНДЕГІ ЭКОЛОГИЯ ҚАУПІН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ЗЕРДЕЛЕУ

Зерделенген автоматтандырылған жүйеде ферроқұйма шығару өндірісіндегі экология қаупін басқару бағытындағы ақпараттық ағынның негізгі мәселері қарала отырып, өңірдегі эколого-санитарлық жағдайды реттеудің мүмкіндіктері мен қоршаған ортаға және адам ағзаларына әсер етуі ауқымды жағдайда қаралады.

**Түйін сөздер:** автоматтандырылған ақпараттық жүйе (ААЖ), экологиялық қауып, ААЖ құрылымы, алгоритм.

УДК 677.02.051

**Р.А. Гуляев<sup>1</sup>, Р.Ш. Сулейманов<sup>2</sup>, А.Е. Лугачев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Канд. техн. наук

*Ассоциация «Узпахтасаноат», г. Ташкент, Узбекистан*

<sup>2</sup> ОАО «Рахтасаноат Илтиъ маркази», г. Ташкент, Узбекистан

<sup>3</sup> Д-р техн. наук, профессор

*Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,*

*г. Ташкент, Узбекистан*

## **РАЗРАБОТКА НОВОГО ВОРОШИТЕЛЯ ЛИНТЕРА**

В статье отражена информация о разработке новой конструкции ворошителя линтера. Лабораторно-производственными испытаниями определены производительность по семенам 900-1000 кг/ч, по ленту 35-40 кг/ч.

**Ключевые слова:** хлопкозавод, ворошитель линтера, линтерование, хлопковые семена, производительность линтера.

После процесса джинирования на семенах хлопчатника еще остается покров, состоящий из сравнительно коротких волоконцев, носящих название хлопкового линта и делинта (подпушка).

В зависимости от селекционного и промышленного сорта перерабатываемого хлопка-сырца количество остающихся на семенах после джинирования хлопкового линта и делинта различно и колеблется в среднем от 11 до 17% (к исходной массе семян) для хлопка средневолокнистых сортов и от 2,4 до 5% – для тонковолокнистых.

Общую массу линта, остающегося на семенах после джинирования, выраженную в процентах от исходной массы, называют полной или общей опушенностью семян.

Процесс снятия хлопкового линта с семян называется линтерованием, а машины, с помощью которых осуществляется этот процесс, – линтерами.

В пильных линтерах, как и в пильных джинах, основным рабочим органом является пильный цилиндр с пильными дисками, зубья которых отрывают от семян или соскабливают с них линт и подпушек. В линтере так же, как и в джине, имеется рабочая (семенная) камера, ограниченная фартуком с семенной гребенкой, колосниковой решеткой и лобовым брусом. В ней происходит процесс линтерования семян. Для съема линта с зубьев пил имеется щеточное или воздухосъемное устройство с приспособлениями для регулирования выделения улюка и сорных примесей.

Для обеспечения равномерной подачи семян в зону линтерования в рабочей камере линтера имеются ворошители специальной конструкции. Комплексный анализ исследований в области совершенствования процесса линтерования и совершенствования рабочей камеры и ее элементов позволяет отметить следующее:

- повышение производительности предыдущих модификаций линтеров сопровождалось увеличением установленных на них мощностей;

- при увеличении объема рабочей камеры и диаметра ворошителя наблюдается тенденция к повышению производительности, которая обуславливается ростом частоты вращения семенного валика и увеличением активной поверхности пыльного цилиндра (дуги захода пил в рабочую камеру).

- одним из основных факторов, влияющих на интенсивность процесса линтерования, является перемешивания семян и плотность семенного валика в зоне взаимодействия с пыльным цилиндром.

Ворошитель активно влияет на вышеуказанные факторы, однако, до сих пор не определена оптимальная конструкция ворошителя, позволяющая интенсифицировать процесс линтерования.

На хлопкозаводах в технологическом процессе линтерования семян применяются линтеры марки 5ЛП. Процесс линтерования на этой машине осуществляется путем соскабливания зубьями пил с поверхности семян волокнистого покрова – линта и выносом его за пределы колосниковой решетки.

Согласно технологическому регламенту ПДИ 30-2012 после процесса дженирования хлопка-сырца на семенах остаётся линт, составляющий в общем объёме около 10-15 % от его исходной волокнистости. В связи с этим на хлопкозаводах предусмотрена технологическая операция – линтерование хлопковых семян на линтерных машинах с целью получения линта, широко используемого в текстильной, химической и целлюлознобумажной отраслях промышленности.

Степень съема линта определяется величиной зазора между краем вертикальной части лопасти ворошителя и поверхностью гарнитуры пыльного цилиндра. Из-за низкого процента съема линта (1,5-2,0%) затрудняется вывод семян из рабочей камеры, что приводит к продолжительному пребыванию их в зоне линтерования, и повышению при этом механической поврежденности семян, снижению качества линта.

Низкая производительность линтера 5ЛП по семенам характеризуется неэффективным соскабливанием волокнистого покрова с поверхности семян. Наиболее вероятная причина данного явления заключается в несовершенстве одного из основных рабочих органов – ворошителя семян. Из-за недостатков конструкции ворошителя, его планчатые органы ограничивают соскабливание линта с семян зубьями пил. Это приводит к понижению эффективности съема линта, и соответственно, производительности линтера по семенам и линту, ухудшению качества производимой продукции, неоправданно высокому расходу электроэнергии на вращение семенного валика и повышенную опущенность и поврежденность семян, выходящих из рабочей камеры.

Важным фактором, определяющим результаты процесса линтерования, является интенсивность соскабливания линта по дуге пропилывания семенной массы и эффективность выделения семян из рабочей камеры. В связи с этим, разработана новая конструкция ворошителя для рабочей камеры

линтера, работающего по принципу перемешивания семенного валика вокруг его оси с одновременным осуществлением возвратно-поступательного движения слоя семян вдоль оси ворошителя, особенно в зоне взаимодействия их с вершинами и передними боковыми гранями зубьев пил пильного цилиндра (рис. 1-3).

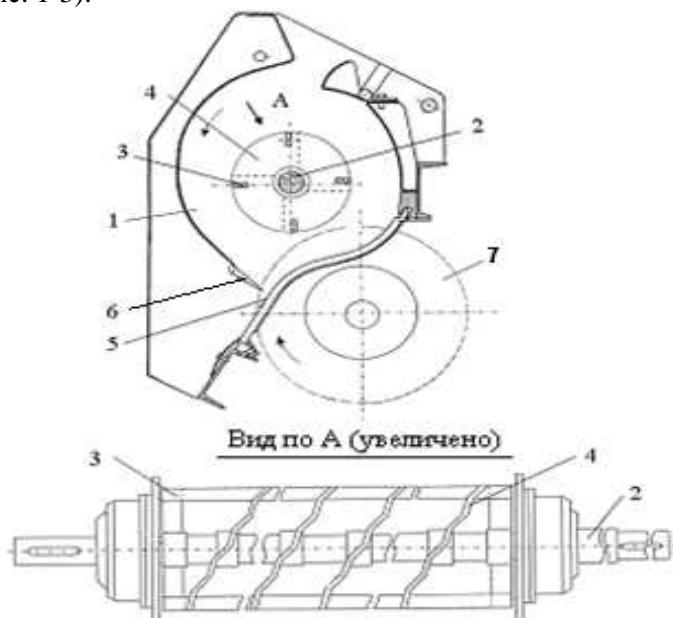
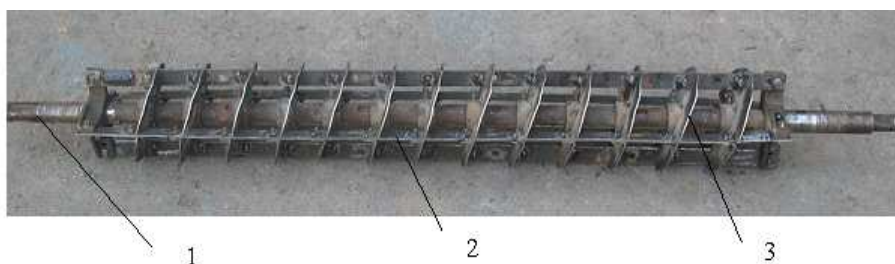


Рис. 1. Схема линтера 5ЛП с новым ворошителем



1 – вал; 2 – планки; 3 – волнообразные диски

Рис. 2. Общий вид ворошителя новой конструкции для линтера 5ЛП в сборе



1 – рабочая камера; 2 – ворошитель с осевым перемещением семян

Рис. 3. Усовершенствованный линтер 5ЛП с предлагаемым ворошителем в производственных условиях

Данный факт наглядно иллюстрируется схемой рабочей камеры с предлагаемым ворошителем. Рабочая камера 1 содержит вал 2, планки 3, наклонные ребристые диски 4, колосниковую решетку 5, семенная гребенка 6, пыльный цилиндр 7.

В работе семена, наполняя рабочую камеру 1, образуют семенной валик (на рис.1 не показан). Пилы цилиндра 7, при вращении, сообщают семенному валику вращательное движение. При этом слой семян, находящийся в зоне цилиндра 7, получает скорость, большую скорости планок 3. Таким образом, сзади планок 3 по ходу движения в зоне пыльного цилиндра 7 образуются плотные слои семян, в результате чего обеспечивается соскабливание с них линта зубьями пил. Снятый с семян линт пыльным цилиндром 7 выводится из рабочей камеры 1. Очищенные семена также выводятся из камеры 1 по колосниковой решетке 5 в зону у семенной гребенки 6.

Лабораторно-производственными испытаниями определены производительность по семенам 900-1000 кг/ч, по линту 35-40 кг/ч, с повышением качества линта и семян при линтеровании семян низких и высоких сортах. При этом линтер работает стабильно, устойчиво без забоев с интенсивным перемешиванием и выравниванием плотности семенного валика по всему объему рабочей камеры.

*Материал поступил в редакцию 17.06.14.*

**R.A. Gulyaev<sup>1</sup>, R.I. Suleymanov<sup>2</sup>, A.E. Lugachev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> «Uzpahtasanoat» Assosiation, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup> Open joint-stock company «Paxtasanoat Ilmiy markazi», Tashkent, Uzbekistan

<sup>3</sup> Tashkent Textile and Light industry Institute, Uzbekistan

Because of lacks of an existing design of cotton turner, bar bodies limit lint shaving from seeds by teethes of saws. It leads to efficiency fall lint picking, and accordingly, productivity of delinter on seeds and lint, to deterioration of made production quality, unfairly high expense of the electric power on rotation of the seed platen and raised pubescence and damaging of the seeds leaving the working chamber. The article presents the information about development of new design of linter's accelerator. Laboratory and industrial tests defined the capacity by seeds 900-1000 kg/h, by linter 35 - 40 kg/h.

**Keywords:** ginnery, lint turner, linting, cotton seeds, productivity of delinter.

**Р.А. Гуляев<sup>1</sup>, Р.Ш. Сулейманов<sup>2</sup>, А.Е. Лугачев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> «Узпахтасаноат» ассоциациясы, Ташкент қаласы, Өзбекстан

<sup>2</sup> «Paxtasanoat Ilmiy markazi» ААҚ, Ташкент қаласы, Өзбекстан

<sup>3</sup> Ташкент текстиль және жеңіл өнеркәсіп институты, Ташкент қаласы, Өзбекстан

### ЛИНТЕРДІҢ ЖАҢА ҚОПСЫТҚЫШЫН ЖАСАУ

Мақалада линтерді қопсытқыштың жаңа конструкциясын жасау жайында ақпарат келтірілген. Зертханалық-өндірістік сынақтармен тұқымдар бойынша 900-1000 кг/сағ, линт бойынша 35-40 кг/сағ өнімділігі анықталды.

**Түйін сөздер:** мақта зауыты, линтер қопсытқышы, линтерлеу, мақта тұқымдары, линтер өнімділігі.

ӘОЖ 504.064.36:574

Н.А. Есимханова<sup>1</sup>, М.Т. Туралина<sup>2</sup>, Т. Кемелбек<sup>3</sup><sup>1</sup>Магистрант

Арапбаева атындағы Қырғызстан университеті, Бішкек қаласы, Қырғызстан

<sup>2</sup>Ph.D докторы, доцент м.а., <sup>3</sup>Студент

М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы, Қазақстан

**ҚҰРЫЛЫС КЕШЕНІ ҰЙЫМЫНЫҢ ИНЖЕНЕРЛІК –  
ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҮРДІСТЕРІ**

Мақалада ҚОӘҚ жүргізілген үрдістері қарастырылған. Экологиялық негіздеуі бойынша қала құрылысының үрдісі талданған. Бекітілген жобалау тәртібі бойынша сәйкес орындалуына берілген бөлімшелердің үрдістері көрсетілген. Қоршаған орта нысанының әсерін бағалау үрдісінің сұлбасы ұсынылған.

**Түйін сөздер:** сапа менеджмент жүйесі, құрылыс нысанындағы экологиялық көрсеткіштер, қоршаған орта әрекетін бағалау, нормативті техникалық құжат.

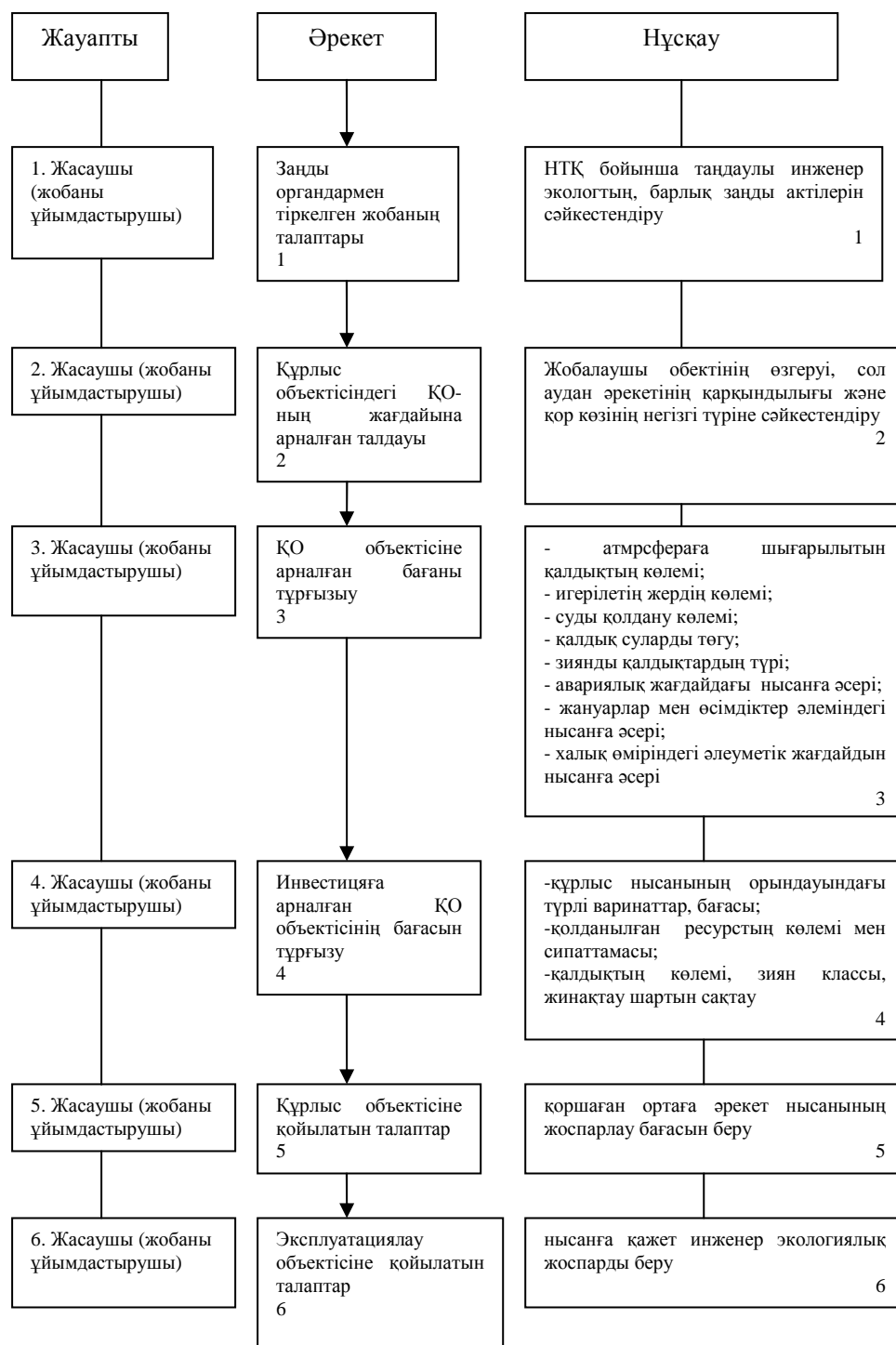
Өнімнің құндылығы, оның құрамының сәйкес деңгейімен анықталады, тұтынушының күту және бағалау шарттарымен сәйкестендіріледі. Тек қана сол жағдайда ғана өнім өз тұтынушысын табады.

Жүйелі процесті ұйымдастыруды қолдануда, олардың өзара байланысы мен ұқсастығын, былай ойлауға «процеске жақын» болады, яғни әдістеменің негізін қолдануға байланысты, ол көптеген қателерді жөндеуге септігін тигізеді. Бұл жұмыстың құрылуына және қайта өндірілуіне, салыстыру, мониторинг, ескертуші және түзетуші әрекеттер, үзіліссіз орындалу, өзара байланыс, инфрақұрылымның менеджменті және қызметкерлер, жоспарды орындау процесінде қолданылады.

Әрекетті орындаудағы негізгі схемалар, ол инженерлік-экологиялық процесс жобасы – зерттеу кезіндегі жұмыстарында берілген (1 сұлба). Процестегі негізгі әрекеттерді басқа деңгейдегі процестер түрінде сипаттауға болады. Мысалы, үшінші әрекет мына шарттарды қажет етеді «қоршаған ортадағы әрекетті бағалауды жүргізу жетекшілігі» және көлемді анықтауды қажет етеді, шаруашылық объектінің құрылыс жоспары мен соған сәйкес техника – экономикалық пайымдау және қосымша, олардың салыстырмалы құны.

Қазіргі жағдайда қоршаған орта әрекетін бағалауда түсіндіріледі: айқындау, талдау, бағалау және қоршаған ортадағы әрекеттің нәтижелерін есепке алу, сонымен қатар қоғамға әсері, қоршаған ортаға әкелетін өзгерісі [1]. Қоршаған орта әрекетін бағалау шаруашылық-өндіріс әрекетін ұйымдастырумен қарастырылады, яғни экономикалық даму және қоршаған ортаны қорғаудағы жолдарын біркелкі жолдарына бағытталады, сонымен бірге экологияны экономикамен жақсартады.

Қоршаған орта әрекетін бағалау шаруашылық қызметінің қауіпті түрінде толықтай көлемде қарастырылады. Құрылыс комплексін ұйымдастыруда, шаруашылық қызметіне зиян келтіретіні емес «Қоршаған орта әрекет жоспарын мәлімдеу» құрастырылады.



1 сұлба. Қоршаған орта нысанының әсерін бағалау үрдісі

Қоршаған орта әрекетін бағалау келесі бірыңғайлықпен жүргізіледі:

- жоспар құру «Қоршаған орта әрекетін мәлімдеу» («ҚОӘМ жоспары»);
- «ҚОӘМ жоспарын» мемлекеттік орындағы қызметкерлерге түсіндіру;



- қоршаған орта әрекетін мәлімдеуді «ҚОӘМ жоспары» бойынша негізгі зерттеу нәтижесін және зерттеуді ұйымдастыру;  
- ҚОӘМ орындауда қоғамдық пікірмен жүргізуін ұйымдастыру;  
- шаруашылық объекті және кешенді құрылысының жоспарын немесе экономика-техникалық негізін қайта жасау.

Қоршаған орта әрекетін мәлімдеу тұтынушы мен мемлекеттік құзыреттілік адамдарына арналған және жоспардың мақсатына қарай ойластырылады, инженердің таңдауы, технология, архитектор – жобасы және тағы басқа жоспарланған мәселенің аумағындағы шарттарға сәйкестендірілген жоспарлаушы құзыреттілік аумағы мемлекеттік басқару мен бақылауда қадағаланады.

Қоршаған орта әрекетін мәлімдеу «ҚОӘМ жоспары» негізінде жасалынады, зерттеудің орындалу нәтижесіне қарай: инженерлік-экологиялық, инженер-геологиялық, гидрогеологиялық, жер қыртысы, өсімдік және жануарлар әлемі, әлеуметтік, тарихи-мәдени және т.б. және ғылыми зерттеу шарттарына сәйкес жоспарланған, «ҚОӘМ жоспары» мемлекеттік құзыретпен қарастырылған.

Тұтынушының өзара әрекетін қарастыру үрдісі, жасаушы, қоршаған ортаны қорғау маманы: альтернативті бағалау, «нөлдік нұсқа» жеткізу және жоспарлаудың жаңа нұсқаларын жасау, кезеңдерге сәйкес үрдісін орындау және үрдісін сипаттау.

ҚОӘМ нәтижесін пікірлесуде және тұтынушының материалдар жоспарын дайындап болғанда өзіне қажетті жақтарын қарастыратын адамдар өзара байланысты ұғынады, әрекеттің орындалуына нақты мақсаттар қойып, экологиялық аумақтан ауытқымай кезеңдер бойынша бірыңғайлықпен бекітілген шарттар арқылы орындайды.

Барлық материалдар ҚОӘБ үрдісі бойынша дайындалады, жоспардың негізінде техника-экологиялық бөлімінде өз бетінше безендіріледі.

Құрылыс үрдісі жалғаспайтын болады, бірақ қоршаған ортаның нысанымен байланысы, оның сипаттамсы және салдары ұзақ эксплуатациялау кезеңінде анықталады. Осыдан инженерлік-экологиялық және экономикалық зерттеу қажеттілігі, экологиялық нысаны және оны бағалау оның пайда болуына әсері, бірақ қоршаған ортаның жағдайы ескерілуі қажет.

Инженерлік-экологиялық зерттеу СН РК Б.1-6-98 жарнамаланбайды және ауданның табиғат шарттарын зерттеуді, олардың құрылыс аумақтарын, негізгі кезеңге дайындықтарын анықтауды талап етеді.

Зерттеудің көлемі және құрамы құрылыстың сипаттамасына байланысты (берілген мекеменің өнімдері және оның күші, тұрғын үй өзінің анықталған этаждары, конфигурациясы, белгіленгені және т.б), құрылыс ауданының негізгі кезеңі (өндіріс ауданы немесе аумақ, қала немесе ауыл, игерілген аудан), климаттық зонасы және ерекше шарттары (сейсмикалық, таулық аймақ, ауыл).

Инженер зерттеуімен қатар экономикалық саласыда жүргізіледі. Экономикалық зерттеудің негізгі мақсаты – салушыларды қажетті қанағаттандырылуын орындау, яғни нысаныны бойынша құрастыру материалдары, отын, электр, су, газ, жылу, көлік байланысы, жұмыс кадрымен, сонымен қатар жатын орын мен мәдени-тұрмыстық жабдықтармен қамтамасыз ету [2].

Инженерлік-экологиялық зерттеудің мақсаты құрылыстың экологиялық негізгі мақсатын болдырмауын қарастырады, экологияның қолайсыздығы

немесе төмендеуі және әлеуметпен байланысы, экономикалық және басқа да нәтижелер және тұрғындардың өмір сүру шартының сақталғанына байланысты.

Инженерлік-экологиялық зерттеу жоспардың реттік құрастырылуына сәйкес орындалады. Оларды келесі үрдістерде бөліп қарастыруға болады [3]:

- инвестициялық, бағдарламаның концепциясын жоспарлауды қосады, табиғат ресурстарын қорғау схемасы, инженерлік қорғау жоспары және тағы басқа;

- қала құрлысы, өз алдын да жоспардың бөлшектерің құрастыру және схемасы, тұрғын үй құрастыру, аудан және қала аумақтарын қосады;

- құрлыс өндірісінің инвестиция негізінде ғимарат және жабдықтар;

- жоспар, құрлыс жоспарын алдын ала жоспарлау, құрлыс тапсырмаларын орындайтын жұмыс құжаттары, жабдықтар;

Инженерлік-экологиялық зерттеудің негізі көлемі алдын ала үрдісі (қала құрлысы инвестиция негізі) заманауи қамтамасыз ету мақсаты мен көлемді жоспар орындалады, ауқымды және нұсқауланған шешім экологиялық шарттының минималды бұзылудың кепілдемесі және экологиялық жағдайдың жағымсыз жағдайда болдырмауды қарастырады.

Инженерлік-экологиялық зерттеу материалдары «қоршаған орта әрекетін бағалау» негізінде және «қоршаған ортаны қорғау» құрлыс жоспарының бөлімдерін қарастыру барысында құрастырылады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Правила проведения государственной экспертизы документации на строительство [Текст]: СН РК Б.1-6-98, утв. М-вом энергетики, индустрии и торговли РК 18.12.1998. – 12, [1] с.; 22 см. – В надзаг.: – электрон. экз. – N 55.
2. Тутаришев, Б.З. Управление процессами в системе экологического менеджмента качества окружающей среды в строительном комплексе [Текст]: дис. д-ра эконом. наук : 08.00.05 : – Ростов н/Д, 2005. – 235 с. – Библиогр.: с 70-75. – 71:05-8/33.
3. Кодекс Республики Казахстан. [Текст]: офиц.: текст: Глава 7. Экологическая экспертиза на 9 января 2007 г. / Респуб. Казахстан – государственная экологическая экспертиза, 2007. – 182, [32] с.; 21 см. – электрон. экз. – N 212.

*Материал редакцияға 04.12.14 түсті.*

**N.A Esimkhanova<sup>1</sup>, M.T.Turalina<sup>2</sup>, T. Kemelbek<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Kyrgyz Univesrity named after Arapbaeva, Bishkek, Kyrgyzstan*  
<sup>2,3</sup>*Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan*

#### ENVIRONMENTAL PROCESS ENGINEERING AND CONSTRUCTION ORGANIZATIONS

In this article the process of EIA. Analysed the content of planning process for environmental reasons. Shown podrazdelâûšie processes to perform in accordance with the established procedure of designing. A diagram of the process of assessing the impact of the object on the environment.

**Keywords:** quality, environmental indicators system construction site monitoring, assessment of environmental impacts, regulatory white paper.

**Н.А. Есимханова<sup>1</sup>, М.Т. Туралина<sup>2</sup>, Т. Кемелбек<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Кыргызский университет им. Арапчаева, г. Бишкек, Кыргызстан

<sup>2, 3</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

## ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ОРГАНИЗАЦИЯХ СТОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

В данной статье рассмотрены процессы проведения ОВОС. Проанализированы содержание градостроительного процесса для экологического обоснования. Показано подразделяющие процессы для выполнения в соответствии с установленным порядком проектирования. Предлагается схема процесса оценки воздействия объекта на окружающую среду.

**Ключевые слова:** система качества, экологические показатели строительного объекта, оценка контроля на окружающую среду, нормативный технический документ.

УДК 539.3/5:678

**М.Т. Кейкиманова<sup>1</sup>, А.Ж. Абдувалов<sup>2</sup>, Ж.К. Ажибаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>2</sup>Студент

Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОДЗЕМНОГО ТРУБОПРОВОДА

Для надежности транспортировки жидких сред требуются коррозионно-стойкие и прочные трубы. Эффективное использование их при подземной укладке необходимо определение НДС трубы с учетом воздействия температуры, грунта, жидких сред, а также на основе компонентов материала. Композиционный материал из которого изготавливаются трубы относится к сложной механической системе. Основная проблема при решении задач моделирования механических свойств гетерогенной среды состоит в определении условий процедуры осреднения корректной с точки зрения прогнозирования эффективных свойств идеализированной среды на основании данных о механических свойствах и геометрических характеристиках компонентов реальной среды. В связи с этим задача оценки влияния упругих свойств материала на НДС подземного нефтепровода имеет важное прикладное значение и является актуальной.

**Ключевые слова:** фрагмент матрицы, подземный трубопровод, ячейка периодичности, термоупругие напряжения, структурный элемент композита, свойства структурного элемента, арматура, матрица, компоненты напряжений, давление транспортируемой нефти, давление грунта.

Развитие численных методов механики сплошной среды и возможностей вычислительной техники привели к появлению работ, в которых эффективные физико-механические свойства композитной среды оцениваются по результатам численного моделирования поведения ее ограниченного фрагмента [1]. Как было отмечено выше, такой подход может рассматриваться как развитие самосогласованной модели гетерогенной среды. Основной объект исследования при таком подходе – представительный объем материала. Под представительным понимается такой объем, которому присущи свойства материала в целом. Полагается, что трансляция представительного объема в трех ортогональных направлениях полностью позволяет восстановить структуру пространственно армированного композита. В рамках данного направления при оценке эффективных свойств часто используются разнообразные допущения, позволяющие упростить математическую постановку вычислительной задачи: допущение о правильной геометрической форме включений, строгая периодичность армирования и др.

Если рассматриваемый композиционный материал имеет пространственно-периодическую структуру, то для расчета эффективных упругих постоянных характеристик применяется метод асимптотического осреднения, предложенный И.С. Бахваловым и Б.Е. Победрей и независимо Э. Санчес-Паленсией, Bensoussan A., Lions J.-L., Papanicolaou G. и развитый в работах [2]. Как уже было сказано выше, композит с периодической структурой представляют как набор минимальных элементов, называемых ячейками периодичности. Пусть глобальный размер области, занятой композитом, равен  $L$ , а размер ячейки периодичности –  $l$  (рис. 1).

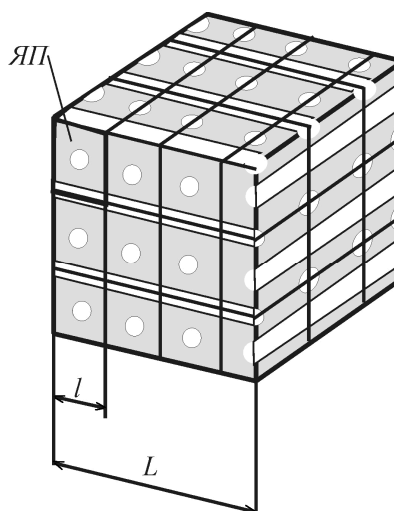


Рис. 1. Ячейка периодичности (ЯП) в композите периодической структуры

Идея многоуровневого подхода применительно к описанию вязкоупругого деформирования развита в работах В.Е. Панина и др. Поведение деформируемой среды при этом рассматривается как совокупность физических процессов, протекающих на разных масштабных уровнях. На каждом уровне (микроуровне) используется аппарат физики пластичности и прочности, позволяющий описать движение отдельных дефектов (дислокаций) в твердом теле. На следующем уровне – мезоуровне,

рассматривается поведение структурных элементов деформации, в качестве которых могут выступать различные физические объекты: отдельные зерна, их конгломераты, элементы дислокационной структуры, блоки материала между полосовыми структурами и т.д.. Допускается возможность описания движения введенных таким образом структурных элементов деформации с использованием традиционных уравнений механики, что должно обозначать переход на верхний уровень иерархии – макроуровень. При этом аккомодационные процессы внутри структурных элементов деформации и на их границах описываются в рамках теории дислокаций. Движение различного рода структурных элементов в рамках такого подхода рассмотрена в работах. В работах Н. Кулькова, П.В. Макарова, В.И. Масловского, С.Г. Псахье, В.А. Скрипняка, О.И. Черепанова, выполняемых в этом направлении исследуются вопросы создания перспективных композитов, компоненты которых, в частности, могут характеризоваться структурной неустойчивостью.

Объединение представлений о материале как о «многоуровневой иерархически самоорганизующейся системе» с численным моделированием поведения среды на нескольких уровнях представлено в работах Б.А. Люкшина с сотрудниками [4]. Методом конечных элементов анализируется напряженно-деформированное состояние дисперсно-наполненного композита для трех уровней рассмотрения: фрагмент матрицы с рядом включений, фрагмент матрицы между соседними включениями, межфазный слой на границе «матрица - включение».

Таким образом, вопросы оценки и прогнозирования эффективных физико-механических свойств композиционных материалов представляют собой одну из актуальных проблем современной механики деформируемого твердого тела. Проблемы, возникающие при разработке и использовании таких материалов делают необходимыми разработку физико-математических моделей, позволяющих получать адекватные оценки их механического поведения и свойств, а также пригодных для создания новых технологий проектирования и получения таких материалов и изделий из них. В данной работе на основе определения эффективных упругих характеристик композиционного материала с анизотропными компонентами исследуется напряженно-деформированное состояние подземного нефтепровода из композиционного материала и зависимость данного состояния от изменения свойств компонента или схемы их армирования. Рассмотрим в связи с этим основные методы исследования напряженно-деформированного состояния подземного нефтепровода с учетом современных требований.

При работе трубопровода большое значение имеет его прочность к воздействию агрессивных сред и к изменениям температуры. В этой связи особые требования предъявляются к материалу трубопровода. Одним из эффективных и перспективных методов повышения эксплуатационной надежности и коррозионной стойкости трубопроводных систем является применение трубопроводов из полимерных материалов. При этом у них большая пропускная способность и значительно меньшие затраты на изготовление и монтаж. Но трубопроводы из полимеров имеют ограничительный фактор для их применения – низкие рабочие давления. Более высокой несущей способностью обладают композиционные материалы. Широко применяемые в настоящее время стеклопластиковые трубы выдерживают высокое давление, однако гигроскопичность и влагопоглощение таких труб делает их неработоспособными для

транспортировки обводненной нефти в зонах с колебанием температуры в отрицательном диапазоне (замерзание воды в теле материала приводит к накоплению и разрастанию микротрещин). Экспериментальные исследования [5] показали, что более предпочтительными в этих условиях оказываются металлопластовые полиэтиленовые трубы, обладающие высокой стойкостью к любым химическим соединениям. Были исследованы только стеклопластиковые и металлопластовые полиэтиленовые трубы.

Естественно, экспериментально нереально сравнить все возможные комбинации связующего и армирующего элементов для изготовления материала трубы – с целью выбора оптимального композита, надежно работающего в определенных эксплуатационных условиях. Наилучшим методом для достижения данной цели является метод математического моделирования, который позволяет прогнозировать напряженно-деформированное состояние трубы (по которому впоследствии рассчитывают прочность и долговечность трубопровода) в данных условиях эксплуатации еще на стадии проектирования.

Математические методы приведения упругих постоянных структурно-неоднородных сред (композиционные материалы), а также прогноз поведения таких материалов в условиях эксплуатации при различных режимах нагружения подробно изложены в работе А.Н. Власова [6]. Для данных целей используется метод связи механических характеристик материала с механическими характеристиками связующего и армирующего материалов, коэффициентами и геометрией армирования. Рассмотрены материалы, получаемые путем наложения различным образом ориентированных слоев. Исследовано влияние механических свойств компонентов и коэффициентов армирования на распределение напряжений в деталях из армирующих материалов. Материал связующего и материал армирующего элементов приняты изотропными. Все вычисления выполнены в плоской постановке. Задачи выбора оптимального выбора геометрии армирования исследовались в [7]. Е.А. Митюшовым [8] предложен вариант теории армирования композиционных материалов, позволяющий при прогнозировании упругих макроскопических характеристик ввести в определяющие соотношения явным образом параметры армирования при произвольном дискретном и непрерывном пространственном распределении армирующих волокон. В зависимости от угла армирования были определены напряжения, возникающие в ортотропном материале композитной оболочки вращения при осесимметричном нагружении.

Волокна приняты линейно-упругими ортотропными с цилиндрической симметрией. Расчеты приведены для квадратичной и гексагональной упаковок. В [9] произведен расчет ползучести композита по свойствам компонентов.

Решена плоская задача в перемещениях о равновесии бесконечного горизонтального изотропного цилиндра, находящегося под действием массовых сил. Внутренняя поверхность цилиндра свободна от напряжений, по внешней поверхности цилиндр скреплен с жесткой оболочкой. Поставленная задача рассмотрена как для линейно-упругого, так и для вязкоупругого материала. Решение представлено в виде рядов Фурье. Вариационным методом В.З. Власова в перемещениях получены обыкновенные дифференциальные уравнения для анизотропной безмоментной цилиндрической оболочки [10]. Получено дифференциальное уравнение для построения полной системы ортогональных собственных

функций на произвольном контуре поперечного сечения такой оболочки. При использовании этих функций и их производных в разложениях для продольных и поперечных перемещений уравнения метода В.З.Власова распадаются и решаются точно. В [11] рассмотрена анизотропная безмоментная цилиндрическая оболочка с произвольным контуром поперечного сечения. Толщина оболочки и упругие характеристики материала изменяются только вдоль контура. Оболочка дискретно подкреплена продольными элементами. Получено аналитическое решение задачи расчета деформированного состояния оболочки для случая, когда на ее торцах заданы тангенциальные усилия или перемещения.

Разностный аналог дифференциальной постановки задачи намотки можно рассмотреть как задачу о напряженно-деформированном состоянии растущего тела с заданными напряженными состояниями на границе [12]. Применительно к осесимметричному кольцу разрешающие уравнения включают уравнения равновесия и соотношения Коши, относительно производных по растущему радиусу.

Ранние исследования относятся к расчету напряженно-деформированного состояния двухслойных и трехслойных оболочек, поскольку были направлены на конструкции из двух или трех материалов. С применением слоистых композиционных материалов возникла необходимость в расчете многослойных оболочек. К последним наиболее полным работам по теории многослойных оболочек следует отнести работы [13]. В работах [14, 15] проводится расчет напряженно-деформированного состояния многослойных оболочек с различными моделями анизотропии слоев.

Различные математические модели описания напряженно-деформированного состояния многослойных оболочек рассматриваются в работах [16].

Неосимметричное нагружение многослойных оболочек из композиционных материалов рассмотрено также в работах [17-19].

В процессе эксплуатации композиционные трубопроводы работают в условиях перепада температур на внутренней и внешней поверхности труб. Свойства материала трубы изменяются под воздействием температуры, что оказывает достаточно большое влияние на напряженно-деформированное состояние подземного трубопровода [20] и должно учитываться при его проектировании.

Впервые изучением вопроса возникновения температурных напряжений в композиционных материалах занялись в 60-е годы. В работах [21] учитываются вязкоупругие свойства связующего компонента композита и зависимость этих свойств от температуры. Для исследования влияния температурного поля на напряженное состояние цилиндрических тел, к которым относятся трубы, необходимо знать закон распределения температуры в теле цилиндра. Изучение, возникающих в материале температурных напряжений, представляет интерес с точки зрения их влияния на уровень напряженного состояния трубы и прогнозирования ее долговечности.

В стенках трубы при изменении температуры возникают термоупругие напряжения:

$$\sigma_z = \alpha \Delta T E . \quad (1)$$

Напряжение  $\sigma_z$  пропорционально модулю упругости материала и температурному перепаду. Участок трубы оказывается под воздействием силы:

$$\rho = \sigma_z F, \quad (2)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения трубы.

Из (2) видно, что усилия, возникающие в трубе при воздействии температурного поля, не зависят от длины трубы. Поэтому учет термоупругих напряжений необходимо проводить в любом закрепленном участке трубы независимо от ее длины. В работах Жумабаева М. [22, 23] были исследованы цилиндры, свойства которых существенно зависят от температуры. Однако материал цилиндров принимался изотропным, а задача – осесимметричной. Исследованию напряженного состояния цилиндров из вязкоупругих материалов при воздействии температуры посвящены работы [24-27]. В работе [28] исследуется напряженно-деформированное состояние подземной многослойной трубы при воздействии температуры и при учете влияния температуры на свойства материала трубы. Зависимость модуля Юнга от температуры принята в виде:

$$E(T) = E(T^*) \left[ \frac{(p-1)}{pk} (T^* - T) + 1 \right], \quad (21)$$

где  $p$  – коэффициент изменения модуля Юнга при изменении температуры в интервале  $k = T_2 - T^*$ .

Кривые распределения перемещений в сечении трубы с учетом влияния температуры показаны в соответствии с рисунком 2.

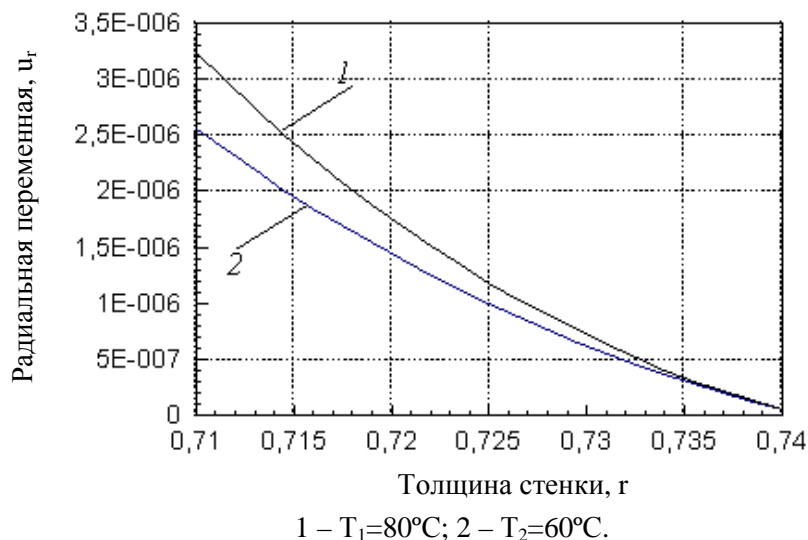


Рис. 2. Распределение радиального перемещения по толщине стенки трубы при изменении температуры на внутренней поверхности трубы



При исследовании напряженно-деформированного состояния трубопровода из композиционного материала необходимо учитывать зависимость свойств компонентов композиционного материала от температуры и влияние этих свойств на свойства всего композита. Для этих целей, как было уже сказано выше, проводится процедура гомогенизации.

Подробная процедура гомогенизации при нагреве композита приведена в работе Бардзокаса Д.И., Зобнина А.И. [29], которая заключается в осреднении свойств малого структурного элемента композита при учете зависимости свойств компонентов от температурного поля. Учет зависимости выражается записью уравнений Дюамеля-Неймана для связующего и армирующего элементов композита. Осреднение проводится асимптотическим методом в предположении изотропии связующего и армирующего элементов. В работе [30] разработан алгоритм решения задач об эффективных термоупругих и теплофизических свойствах композитов на основе ортотропных матрицы и эллипсоидальных включений, и исследовано влияние анизотропии компонентов, формы, концентрации и ориентации включений на термоупругие и теплофизические свойства таких материалов. Предполагается, что в каждой точке среды деформации, напряжения и температуры связаны законом Дюамеля-Неймана. Задача определения тензоров жесткостей и коэффициентов линейного расширения композита сводится к решению стохастических статистически нелинейных интегральных уравнений относительно случайных полей деформаций. На основе аппарата условного осреднения, разработанного Л.П. Хорошуном, эта система интегральных уравнений сводится к бесконечной системе взаимозацепляющих уравнений относительно моментов первого порядка:

$$\langle \varepsilon_{\nu} \rangle = \langle \varepsilon \rangle + G \left( x^{(1)} - x^{(2)} \right) \sum_{k=1}^n f \left( \varepsilon_k^{(2)} \middle| \varepsilon^{(1)} \right) (\lambda_k - \lambda^c) \langle \varepsilon^{(2)} \middle| \varepsilon^{(1)} \rangle_{k,\nu}; \quad (3)$$

$$\nu = 1, 2, \dots, n;$$

$$\langle \varepsilon^{(1)} \middle| \varepsilon^{(3)} \rangle_{k,\nu} = \langle \varepsilon \rangle + G \left( x^{(1)} - x^{(2)} \right) \sum_{r=1}^n f \left( \varepsilon_r^{(2)} \middle| \varepsilon^{(3)} \right) (\lambda_r - \lambda^c) \langle \varepsilon^{(2)} \middle| \varepsilon^{(3)} \rangle_{r,k,\nu}; \quad (4)$$

$$k, \nu = 1, 2, \dots, n$$

и т.д.

Интегральный оператор  $G$  определяется правилом:

$$G \left( x^{(1)} - x^{(2)} \right) \psi \left( x^{(2)} \right) = \int_{V^{(2)}} \left( G_{mi,jk} \left( x^{(1)} - x^{(2)} \right) + G_{mj,ik} \left( x^{(1)} - x^{(2)} \right) \right) \psi \left( x^{(2)} \right) dV^{(2)}. \quad (5)$$

Если ограничиться условными двухточечными плотностями распределения компонентов, то достаточно рассмотреть уравнение (3). Для его замыкания достаточно принять условие:

$$\left\langle \varepsilon^{(2)} \middle|_{k,v}^{(2)(1)} \right\rangle = \langle \varepsilon_k \rangle, \quad (6)$$

что соответствует пренебрежению флуктуациями деформаций в пределах каждого компонента.

В результате получим систему алгебраических уравнений относительно средних по компонентам деформаций:

$$\langle \varepsilon_V \rangle = \langle \varepsilon \rangle + G(x) P_{V_k}(x) (\lambda_k - \lambda^c) \langle \varepsilon_k \rangle, \quad (7)$$

где  $P_{V_k}(x^{(1)} - x^{(2)}) = f\left(\left. \varepsilon_k^{(2)} \right|_{V}^{(1)}\right)$  – вероятность нахождения точки  $x^{(2)}$  в компоненте  $k$  при условии, что точка  $x^{(1)}$  находится в компоненте  $V$ .

Рассмотрим трубу в цилиндрической системе координат (рис. 3). Вырежем из трубы малый кусок, в котором выделим повторяющийся элемент (рис. 4).

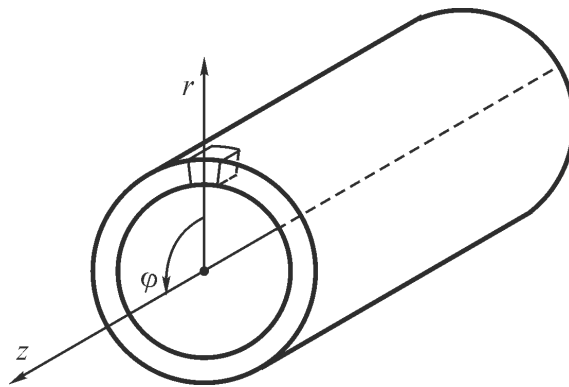


Рис. 3. Труба в цилиндрической системе координат

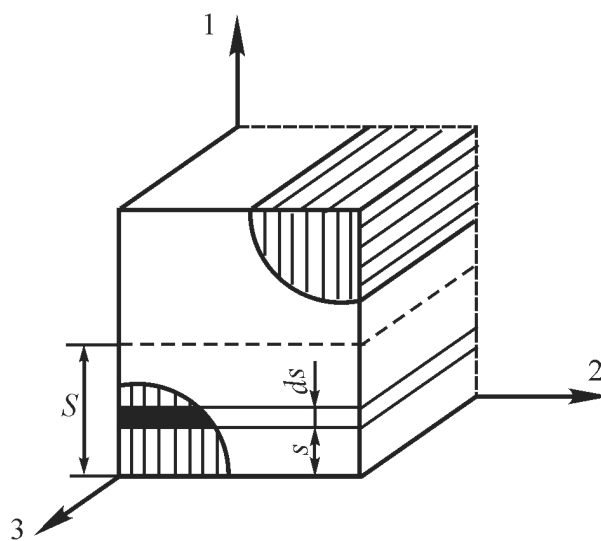


Рис. 4. Схема повторяющегося структурного элемента композита

Запишем уравнения равновесия слоя  $ds$  повторяющегося элемента в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{11}^* = \psi \sigma_{11}^a + (1 - \psi) \sigma_{11}^m; \sigma_{22}^* = \sigma_{22}^a = \sigma_{22}^m; \\ \sigma_{33}^* = \psi \sigma_{33}^a + (1 - \psi) \sigma_{33}^m; \sigma_{12}^* = \sigma_{12}^a = \sigma_{12}^m; \\ \sigma_{13}^* = \psi \sigma_{13}^a + (1 - \psi) \sigma_{13}^m; \sigma_{23}^* = \sigma_{23}^a = \sigma_{23}^m. \end{array} \right. \quad (8)$$

Связь между осредненными деформациями слоя и макроструктурными деформациями армирующего и связующего компонентов композита в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{11}^* = \varepsilon_{11}^a = \varepsilon_{11}^m; \varepsilon_{22}^* = \psi \varepsilon_{22}^a + (1 - \psi) \varepsilon_{22}^m; \\ \varepsilon_{33}^* = \varepsilon_{33}^a = \varepsilon_{33}^m; \varepsilon_{12}^* = \psi \varepsilon_{12}^a + (1 - \psi) \varepsilon_{12}^m; \\ \varepsilon_{13}^* = \varepsilon_{13}^a = \varepsilon_{13}^m; \varepsilon_{23}^* = \psi \varepsilon_{23}^a + (1 - \psi) \varepsilon_{23}^m. \end{array} \right. \quad (9)$$

Индексы  $a$  и  $m$  относятся к армирующему волокну и матрице соответственно.

В формулах (8) и (9)  $\sigma^*$ ,  $\varepsilon^*$  – средние значения напряжений и деформации слоя  $ds$  с коэффициентом армирования  $\psi$ . Для гексагональной упаковки волокон коэффициент армирования определяется выражением:

$$\psi = \sqrt{\frac{4\mu}{\pi} - \left(\frac{s}{S}\right)^2},$$

где  $\mu$  – относительное содержание волокон в композите.

Обобщенный закон Гука для армирующего и связующего материалов запишется в виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{11}^a = \frac{1}{E_1^a} \sigma_{11}^a - \frac{\nu_{12}^a}{E_2^a} \sigma_{22}^a - \frac{\nu_{13}^a}{E_3^a} \sigma_{33}^a; \\ \varepsilon_{22}^a = -\frac{\nu_{21}^a}{E_1^a} \sigma_{11}^a + \frac{1}{E_2^a} \sigma_{22}^a - \frac{\nu_{23}^a}{E_3^a} \sigma_{33}^a; \\ \varepsilon_{33}^a = -\frac{\nu_{31}^a}{E_1^a} \sigma_{11}^a - \frac{\nu_{32}^a}{E_2^a} \sigma_{22}^a + \frac{1}{E_3^a} \sigma_{33}^a; \\ \varepsilon_{23}^a = \frac{1}{G_{23}^a} \sigma_{23}^a; \\ \varepsilon_{13}^a = \frac{1}{G_{13}^a} \sigma_{13}^a; \\ \varepsilon_{12}^a = \frac{1}{G_{12}^a} \sigma_{12}^a; \end{array} \right. \quad (10)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{11}^m = \frac{1}{E_1^m} \sigma_{11}^m - \frac{\nu_{12}^m}{E_2^m} \sigma_{22}^m - \frac{\nu_{13}^m}{E_3^m} \sigma_{33}^m; \\ \varepsilon_{22}^m = -\frac{\nu_{21}^m}{E_1^m} \sigma_{11}^m + \frac{1}{E_2^m} \sigma_{22}^m - \frac{\nu_{23}^m}{E_3^m} \sigma_{33}^m; \\ \varepsilon_{33}^m = -\frac{\nu_{31}^m}{E_1^m} \sigma_{11}^m - \frac{\nu_{32}^m}{E_2^m} \sigma_{22}^m + \frac{1}{E_3^m} \sigma_{33}^m; \\ \varepsilon_{23}^m = \frac{1}{G_{23}^m} \sigma_{23}^m; \\ \varepsilon_{13}^m = \frac{1}{G_{13}^m} \sigma_{13}^m; \\ \varepsilon_{12}^m = \frac{1}{G_{12}^m} \sigma_{12}^m. \end{array} \right.$$

Выведем соотношения между осредненными напряжениями и осредненными деформациями. Для этого из выражений (8) и (9) следует исключить макроструктурные компоненты.

В результате вычислений получим (для линейных деформаций):

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{11}^* = A_{11} \sigma_{11}^* + A_{12} \sigma_{22}^* + A_{13} \sigma_{33}^*; \\ \varepsilon_{22}^* = A_{21} \sigma_{11}^* + A_{22} \sigma_{22}^* + A_{23} \sigma_{33}^*; \\ \varepsilon_{33}^* = A_{31} \sigma_{11}^* + A_{32} \sigma_{22}^* + A_{33} \sigma_{33}^*, \end{array} \right. \quad (11)$$

где коэффициенты  $A_{ij}$  имеют вид:

$$A_{11} = \frac{a_{11}}{\Lambda}, \quad A_{12} = \frac{a_{12}}{\Lambda}, \quad A_{13} = \frac{a_{13}}{\Lambda}, \quad A_{21} = \frac{a_{21}}{\Lambda}, \quad A_{22} = \frac{a_{22}}{\Lambda}; \quad (12)$$

$$A_{23} = \frac{a_{23}}{\Lambda}, \quad A_{31} = \frac{a_{31}}{\Lambda}, \quad A_{32} = \frac{a_{32}}{\Lambda}, \quad A_{33} = \frac{a_{33}}{\Lambda};$$

$$\begin{aligned} \Lambda = & E_2^a E_2^m (\psi^2 (E_1^a E_3^m (\nu_{31}^m \nu_{13}^a - 1) + E_1^m E_3^m (1 - \nu_{31}^a \nu_{13}^a)) + E_1^a E_3^a (1 - \nu_{31}^m \nu_{13}^m) + \\ & + E_1^m E_3^a (\nu_{31}^a \nu_{13}^m - 1)) + \psi (2 E_1^m E_3^m (\nu_{31}^a \nu_{13}^a - 1) + E_1^m E_3^a (1 - \nu_{31}^a \nu_{13}^m) + \\ & + E_1^a E_3^m (1 - \nu_{31}^m \nu_{13}^a)) + E_1^m E_3^m (1 - \nu_{31}^a \nu_{13}^a); \end{aligned}$$

$$a_{11} = \psi E_2^m E_2^a (E_3^m (\nu_{31}^a \nu_{13}^a - 1) - E_3^a (\nu_{31}^m \nu_{13}^m - 1)) + E_2^m E_2^a E_3^m (1 - \nu_{31}^a \nu_{13}^a);$$

$$a_{12} = \psi^2 ((E_3^a E_1^m v_{13}^m (-v_{32}^a - v_{12}^a v_{31}^a) + E_3^m (v_{12}^a + v_{13}^a v_{32}^a) + E_3^a v_{12}^a (v_{13}^m v_{31}^m - 1)) E_2^m + \\ - E_3^m E_2^a E_1^a v_{13}^a (v_{32}^m + v_{12}^m v_{31}^m) + (E_3^a (v_{12}^m + v_{32}^m v_{13}^m) + E_3^m v_{12}^m (v_{13}^a v_{31}^a - 1)) E_1^m E_2^a + \\ + ((E_1^a v_{13}^a (v_{32}^m + v_{12}^m v_{31}^m) + 2E_1^m v_{12}^m (1 - v_{13}^a v_{31}^a)) E_3^m - E_1^m E_3^a (v_{12}^m + v_{32}^m v_{13}^m)) E_2^a - \\ - E_3^m E_2^m E_1^a (v_{12}^a + v_{13}^a v_{32}^a) + E_1^m E_2^m E_3^a v_{13}^m (v_{12}^a v_{31}^a + v_{32}^a)) \psi + E_1^m E_3^m E_2^a v_{12}^m (v_{31}^a v_{13}^a - 1);$$

$$a_{13} = \psi E_2^a E_2^m (E_1^a v_{13}^a (v_{31}^m v_{13}^m - 1) + E_1^m v_{13}^m (1 - v_{31}^a v_{13}^a)) + E_2^a E_2^m E_1^m v_{13}^m (v_{31}^a v_{13}^a - 1)$$

$$a_{21} = \psi^2 ((E_3^a E_1^m v_{13}^m (-v_{32}^a - v_{12}^a v_{31}^a) + E_3^m (v_{12}^a + v_{13}^a v_{32}^a) + E_3^a v_{12}^a (v_{13}^m v_{31}^m - 1)) E_2^m + \\ - E_3^m E_2^a E_1^a v_{13}^a (v_{32}^m + v_{12}^m v_{31}^m) + (E_3^a (v_{12}^m + v_{32}^m v_{13}^m) + E_3^m v_{12}^m (v_{13}^a v_{31}^a - 1)) E_1^m E_2^a + \\ + ((E_1^a v_{13}^a (v_{32}^m + v_{12}^m v_{31}^m) + 2E_1^m v_{12}^m (1 - v_{13}^a v_{31}^a)) E_3^m - E_1^m E_3^a (v_{12}^m + v_{32}^m v_{13}^m)) E_2^a - \\ - E_3^m E_2^m E_1^a (v_{12}^a + v_{13}^a v_{32}^a) + E_1^m E_2^m E_3^a v_{13}^m (v_{12}^a v_{31}^a + v_{32}^a)) \psi + E_1^m E_3^m E_2^a v_{12}^m (v_{31}^a v_{13}^a - 1);$$

$$a_{22} = \{E_2^a (E_1^a E_3^m (2v_{31}^m v_{13}^a + v_{23}^a v_{32}^m + 2v_{21}^m v_{12}^m + v_{23}^a v_{31}^m v_{12}^m - 2 + 2v_{21}^m v_{13}^a v_{32}^m) + \\ + (E_1^m E_3^a (v_{21}^a v_{12}^m + 2v_{23}^a v_{31}^a v_{12}^m + 2v_{23}^m v_{32}^m + v_{21}^a v_{13}^m v_{32}^m - 2 + 2v_{31}^a v_{13}^m) + \\ + (E_1^a E_3^a (-v_{23}^m v_{32}^m - v_{23}^a v_{31}^m v_{12}^m - v_{31}^m v_{13}^m + 1 - v_{21}^m v_{13}^m v_{32}^m - v_{21}^m v_{12}^m) + \\ + (2E_3^m E_1^m (v_{23}^a v_{31}^a - v_{21}^a v_{12}^m - v_{23}^m v_{32}^m)) + E_2^m (E_1^m E_3^a (-v_{31}^m v_{13}^a - 2v_{23}^m v_{31}^a v_{12}^a + \\ + 1 - 2v_{23}^m v_{32}^a - v_{21}^a v_{13}^m v_{32}^a - v_{21}^a v_{12}^a) + (E_3^m E_1^m (2v_{21}^a v_{12}^a + 2v_{23}^a v_{31}^a v_{12}^a + \\ + 2v_{21}^a v_{13}^a v_{32}^a + 2v_{31}^a v_{13}^a - 2 + 2v_{23}^a v_{32}^a) + (E_1^a E_3^m (-2v_{21}^m v_{12}^a + 1 - v_{23}^a v_{31}^m v_{12}^a - \\ - 2v_{21}^m v_{13}^a v_{32}^a - v_{31}^m v_{13}^a - v_{23}^m v_{32}^a) + (E_1^a E_3^a (v_{21}^m v_{12}^a + v_{21}^m v_{13}^m v_{32}^a + v_{23}^m v_{31}^m v_{12}^a + \\ + v_{23}^m v_{32}^a)) - 3E_2^a E_1^m E_3^m (v_{31}^a v_{13}^a + 1)) \psi^2 + \{E_2^m E_1^m E_3^m (1 - v_{21}^a v_{12}^a - v_{21}^a v_{13}^a v_{32}^a - \\ - v_{31}^a v_{13}^a - v_{23}^a v_{32}^a - v_{23}^a v_{31}^a v_{12}^a) + E_1^a E_2^m E_3^m (v_{21}^m v_{12}^a + v_{23}^m v_{32}^a + v_{23}^m v_{31}^a v_{12}^a + \\ + v_{21}^m v_{13}^a v_{32}^a) + E_2^a E_1^a E_3^m (-v_{31}^m v_{13}^a + 1 - v_{21}^m v_{13}^a v_{32}^m - v_{21}^m v_{12}^m) + E_2^a E_1^m E_3^m (3v_{31}^a v_{13}^a - \\ - 3 + v_{23}^a v_{31}^a v_{12}^m + v_{23}^a v_{32}^m + v_{21}^a v_{13}^a v_{32}^m + v_{21}^a v_{12}^m) + E_1^m E_2^a E_3^a (-v_{23}^m v_{31}^a v_{12}^m + 1 - \\ - v_{23}^m v_{32}^m - v_{33}^a v_{13}^m)\} \psi + E_2^a E_1^m E_3^m (1 - v_{31}^a v_{13}^a);$$

$$a_{23} = \psi^2 (E_2^a E_1^m E_2^m (v_{21}^a v_{13}^a - v_{21}^m v_{13}^m + v_{23}^a - v_{23}^m - v_{23}^a v_{31}^a v_{13}^m + v_{23}^m v_{31}^a v_{13}^a) + \\ + E_1^a E_2^a E_2^m (v_{23}^m - v_{21}^m v_{13}^a + v_{23}^m + v_{23}^a v_{31}^m v_{13}^m - v_{23}^m v_{31}^m v_{13}^a + v_{21}^m v_{13}^m) + \\ + \psi (E_1^a E_2^a E_2^m (-v_{21}^m v_{13}^m + v_{21}^m v_{13}^a + v_{23}^m v_{13}^a - v_{23}^m) + E_2^a E_1^m E_2^m (v_{23}^a v_{31}^a v_{13}^m + v_{23}^a + v_{21}^a v_{12}^m - \\ - 2v_{23}^m v_{31}^a v_{13}^a - v_{21}^a v_{13}^a)) + E_2^a E_1^m E_2^m v_{23}^m (v_{31}^a v_{13}^a - 1);$$

$$a_{31} = \psi E_2^a E_2^m (E_1^a v_{13}^a (v_{31}^m v_{13}^m - 1) + E_1^m v_{13}^m (1 - v_{31}^a v_{13}^a)) + E_2^a E_2^m E_1^m v_{13}^m (v_{31}^a v_{13}^a - 1);$$

$$a_{32} = \psi^2 (E_2^a E_1^m E_2^m (v_{21}^a v_{13}^a - v_{21}^m v_{13}^m + v_{23}^a - v_{23}^m - v_{23}^a v_{31}^a v_{13}^m + v_{23}^m v_{31}^a v_{13}^a) + \\ + E_1^a E_2^a E_2^m (v_{23}^m - v_{21}^m v_{13}^a + v_{23}^m + v_{23}^a v_{31}^m v_{13}^m - v_{23}^m v_{31}^m v_{13}^a + v_{21}^m v_{13}^m) + \\ + \psi (E_1^a E_2^a E_2^m (-v_{21}^m v_{13}^m + v_{21}^m v_{13}^a + v_{23}^m v_{13}^a - v_{23}^m) + E_2^a E_1^m E_2^m (v_{23}^a v_{31}^a v_{13}^m + v_{23}^a + v_{21}^a v_{12}^m - \\ - 2v_{23}^m v_{31}^a v_{13}^a - v_{21}^a v_{13}^a)) + E_2^a E_1^m E_2^m v_{23}^m (v_{31}^a v_{13}^a - 1);$$

$$a_{33} = \psi^2 E_2^a E_2^m (E_1^m (1 - \nu_{13}^a \nu_{31}^a) - E_1^a (\nu_{13}^m \nu_{31}^m - 1)) + \psi E_1^m E_2^a E_2^m (\nu_{13}^a \nu_{31}^a - 1).$$

Нетрудно заметить равенство коэффициентов:

$$a_{12} = a_{21}, a_{23} = a_{32}, a_{13} = a_{31}. \quad (13)$$

Исходя из полученных данных, можно сделать следующий вывод: осредненные деформации и напряжения армированного слоя, составленного из ортотропных матрицы и арматуры, подчиняются закону Гука для ортотропного материала.

Для сдвиговых деформаций и касательных напряжений уравнение связи будет иметь вид:

$$\begin{cases} \varepsilon_{12}^* = D_{12} \sigma_{12}^* = \left( \frac{\psi}{G_{12}^a} + \frac{1-\psi}{G_{12}^m} \right) \sigma_{12}^*; \\ \varepsilon_{13}^* = D_{13} \sigma_{13}^* = \frac{1}{(1-\psi)G_{13}^m + \psi G_{13}^a} \sigma_{13}^*; \\ \varepsilon_{23}^* = D_{23} \sigma_{23}^* = \left( \frac{\psi}{G_{23}^a} + \frac{1-\psi}{G_{23}^m} \right) \sigma_{23}^*. \end{cases} \quad (14)$$

Уравнения равновесия всего структурного элемента запишутся в виде:

$$\sigma_{i3} = \sigma_{i3}^*; \quad \varepsilon_{i3} = \frac{1}{S} \int_0^S \varepsilon_{i3}^* ds; \quad i = 1, 2, 3; \quad (15)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{S} \int_0^S \sigma_{ij}^* ds; \quad \varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ij}^*; \quad i = 1, 2. \quad (16)$$

Связь между деформациями и напряжениями с учетом (15) и (16):

$$\begin{cases} \varepsilon_{11} = \bar{A}_{11} \sigma_{11} + \bar{A}_{12} \sigma_{22} + \bar{A}_{13} \sigma_{33}; \\ \varepsilon_{22} = \bar{A}_{21} \sigma_{11} + \bar{A}_{22} \sigma_{22} + \bar{A}_{23} \sigma_{33}; \\ \varepsilon_{33} = \bar{A}_{31} \sigma_{11} + \bar{A}_{32} \sigma_{22} + \bar{A}_{33} \sigma_{33}; \\ \varepsilon_{12} = \bar{D}_{12} \sigma_{12}; \\ \varepsilon_{13} = \bar{D}_{13} \sigma_{13}; \\ \varepsilon_{23} = \bar{D}_{23} \sigma_{23}. \end{cases} \quad (17)$$

$$\text{Здесь } \bar{A}_{ij} = \frac{1}{S} \int_0^S A_{ij} ds, \quad \bar{D}_{ij} = \frac{1}{S} \int_0^S D_{ij} ds.$$

Разрешая систему (17) относительно напряжений, получим:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{11} = \bar{E}_{11}\varepsilon_{11} + \bar{E}_{12}\varepsilon_{22} + \bar{E}_{13}\varepsilon_{33}; \\ \sigma_{22} = \bar{E}_{21}\varepsilon_{11} + \bar{E}_{22}\varepsilon_{22} + \bar{E}_{23}\varepsilon_{33}; \\ \sigma_{33} = \bar{E}_{31}\varepsilon_{11} + \bar{E}_{32}\varepsilon_{22} + \bar{E}_{33}\varepsilon_{33}; \\ \sigma_{12} = \bar{G}_{12}\varepsilon_{12}; \\ \sigma_{13} = \bar{G}_{13}\varepsilon_{13}; \\ \sigma_{23} = \bar{G}_{23}\varepsilon_{23}. \end{array} \right. \quad (18)$$

Заметим, что в соответствии с рисунками 3 и 4 направления  $\varphi$  и 2 противоположны, в этом случае имеем:

$$\sigma_{12} = -\bar{G}_{12}\varepsilon_{12}, \quad \sigma_{23} = -\bar{G}_{23}\varepsilon_{23}.$$

Таким образом, используя полученные выражения для определения постоянных систем (11) и (14), можно определить свойства структурного элемента с учетом свойств волокна и связующего, а по формулам (15) и (16) провести осреднение для всего материала трубы в целом.

Подземные трубопроводы находятся в сложном напряженном состоянии. Поэтому для получения достоверной информации о поведении подземной трубы в условиях эксплуатации необходимо проводить исследования напряженно-деформированного состояния в трехмерной постановке. В работах Джунисбекова Т.М., Андриященко О.В. [31, 32] поставлена математическая модель расчета напряженно-деформированного состояния подземного нефтепровода в пространственной постановке. Будем использовать данную модель для оценки влияния на напряженно-деформированное состояние трубы свойств компонентов материала трубы. Для решения задачи будем использовать метод конечных разностей. Развитие численных методов в настоящее время позволяет с успехом решать уравнения трехмерной теории упругости без привлечения кинематических и статических гипотез. Например, успешно используется метод конечных разностей вместе с методом расщепления.

Поскольку для оценки влияния свойств компонентов композиционного материала на напряженно-деформированное состояние подземного нефтепровода мы будем использовать математическую модель расчета, изложенную и апробированную в работах [33], то приведем здесь данную модель полностью.

Записывая закон Гука для ортотропного материала, подставим в него выражения деформаций через перемещения (по формулам Коши) – получим компоненты напряжений записанные через перемещения:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_r = E_{11} \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{E_{12}}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + E_{12} \frac{u_r}{r} + E_{13} \frac{\partial u_z}{\partial z}; \\ \sigma_\varphi = E_{12} \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{E_{22}}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + E_{22} \frac{u_r}{r} + E_{23} \frac{\partial u_z}{\partial z}; \\ \sigma_z = E_{13} \frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{E_{23}}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + E_{23} \frac{u_r}{r} + E_{33} \frac{\partial u_z}{\partial z}; \\ \tau_{\varphi z} = G_{23} \frac{\partial u_\varphi}{\partial z} + \frac{G_{23}}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \varphi}; \\ \tau_{rz} = G_{13} \frac{\partial u_z}{\partial r} + G_{13} \frac{\partial u_r}{\partial z}; \\ \tau_{r\varphi} = \frac{G_{12}}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + G_{12} \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - G_{12} \frac{u_\varphi}{r}. \end{array} \right. \quad (19)$$

Подставляя (19) в уравнения равновесия в напряжениях:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\varphi}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + X_r = 0; \\ \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial r} + \frac{2\tau_{r\varphi}}{r} + \frac{\partial \tau_{\varphi z}}{\partial z} + X_\varphi = 0; \\ \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\tau_{rz}}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{\varphi z}}{\partial \varphi} + X_z = 0, \end{array} \right. \quad (20)$$

получим систему трех дифференциальных уравнений в частных производных, в перемещениях:

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{11} \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{G_{12}}{r^2} \frac{\partial^2 u_r}{\partial \varphi^2} + G_{12} \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} + \frac{E_{12} + G_{12}}{r} \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial \varphi \partial r} + (G_{13} + E_{13}) \frac{\partial^2 u_z}{\partial z \partial r} + \\ + \frac{E_{11}}{r} \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{E_{22} + G_{12}}{r^2} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{E_{13} - E_{23}}{r} \frac{\partial u_z}{\partial z} - \frac{E_{22}}{r^2} u_r = 0; \\ G_{12} \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial r^2} + \frac{E_{22}}{r^2} \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial \varphi^2} + G_{23} \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial z^2} + \frac{E_{12} + G_{12}}{r} \frac{\partial^2 u_r}{\partial \varphi \partial r} + \frac{E_{23} + G_{23}}{r} \frac{\partial^2 u_z}{\partial \varphi \partial z} + \\ + \frac{G_{12}}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} + \frac{E_{22} + G_{12}}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} - \frac{G_{12}}{r^2} u_\varphi = 0; \\ G_{13} \frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + \frac{G_{23}}{r^2} \frac{\partial^2 u_z}{\partial \varphi^2} + E_{33} \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} + (E_{13} + G_{13}) \frac{\partial^2 u_r}{\partial r \partial z} + \frac{E_{23} + G_{23}}{r} \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial \varphi \partial z} + \\ + \frac{E_{23} + G_{13}}{r} \frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{G_{13}}{r} \frac{\partial u_z}{\partial r} = 0, \end{array} \right. \quad (21)$$

где  $E_{ij}$ ,  $G_{ij}$  – константы упругости.

На трубу в процессе эксплуатации в общем случае действуют давление транспортируемой нефти и давление грунта. Давление нефти на внутреннюю поверхность трубы запишем в виде:



$$f(\varphi) = \frac{Q - W}{\pi^2} (\varphi - \pi)^2 + W,$$

где  $Q$  – напряжение в точке  $(r_1, 0, z)$ ;  $W$  – напряжение в точке  $(r_1, \pi, z)$ .

Считаем, что внутреннее напряжение изменяется по длине трубы по некоторому закону  $H(z)$ . Вид функции  $H(z)$  подлежит вариации в зависимости от условий работы нефтепровода. Тогда на внутренней поверхности трубы будет задано напряжение вида:

$$f(\varphi, z) = \left[ \frac{Q - W}{\pi^2} (\varphi - \pi)^2 + W \right] H(z). \quad (22)$$

Давление же грунта на внешнюю поверхность трубы изменяется по синусоидальному закону:

$$\psi(\varphi, z) = P(\varphi) \sin\left(\frac{z}{l}\right), \quad (23)$$

где

$$P(\varphi) = \begin{cases} \frac{4\gamma_{есм}}{\pi^2} \left( h_{ср} (\xi - 1) - \frac{D_n}{2} \right) \varphi^2 + \\ + \gamma_{есм} \left( h_{ср} + \frac{D_n}{2} \right), & 0 \leq \varphi < \frac{\pi}{2}; \\ \frac{4\gamma_{есм}}{3\pi^2} \left( h_{ср} (1 - \xi) - \frac{D_n}{2} \right) \varphi^2 + \\ + \frac{\gamma_{есм}}{3} \left( h_{ср} (4\xi - 1) + \frac{D_n}{2} \right), & \frac{\pi}{2} \leq \varphi \leq \pi. \end{cases}$$

Здесь  $\gamma_{есм}$  – объемный вес грунта в естественном состоянии;  $h_{ср}$  – расстояние от поверхности грунта до горизонтальной поверхности, проходящей через центр сечения трубы (глубина заложения трубы до ее оси);  $D_n$  – внешний диаметр трубы;  $\xi$  – коэффициент бокового давления.

Поставим граничные условия на внутренней и внешней поверхностях трубы и на ее торцах.

На внутренней стороне трубы:

$$\sigma|_{r=r_1} = -f(\varphi), \quad (24)$$

на внешней:

$$\sigma|_{r=r_n} = -\psi(\varphi), \quad (25)$$

касательные напряжения:

$$\tau_{r\varphi} \Big|_{r=r_1}^{r=r_n} = 0; \quad (26)$$

$$\tau_{rz} \Big|_{r=r_1} = \tau_0;$$

$$\tau_{rz} \Big|_{r=r_n} = \tau_g, \quad (27)$$

где:  $\tau_0$  – касательное напряжение, создаваемое нефтью на внутренней стенке трубы;  $\tau_g$  – касательное напряжение, создаваемое грунтом на внешней стенке трубы.

Вид касательного напряжения на внешней поверхности трубы, создаваемого движением грунта, примем таким же, как и в работе [34]:

$$\tau_g = \left[ \gamma_{ем} \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg} \left( 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \right] \operatorname{tg} \varphi, \quad (28)$$

где:  $\varphi$  – угол внутреннего трения грунта, град;  $c$  – сцепление грунта;  $z$  – глубина заложения трубы.

На торцах положим:

$$\frac{\partial u_i}{\partial z} \Big|_{z=0}^{z=l} = 0 \quad (i = r, \varphi, z). \quad (29)$$

Математическая модель расчета напряженно-деформированного состояния подземной трубы для транспортировки нефти позволяет определять перемещения, деформации и напряжения в трубе при вариации граничных условий, упругих постоянных материала трубы, размеров трубы и функций приложенных напряжений.

Оценка влияния упругих свойств материала на напряженно-деформированное состояние подземного трубопровода осуществлялось двумя подходами:

- на основе модели рассчитывались упругие свойства композиционного материала по свойствам компонентов;
- на основе математической модели расчета НДС подземного нефтепровода с учетом свойства компонентов материала трубы при воздействии температуры.

Приведен расчет упругих свойств композита в зависимости от угла армирования и НДС подземного трубы при вариации угла армирования слоев трубы.

Ранее при решении практических задач НДС подземного трубопровода при учете пространственной анизотропии свойств компонентов композита не проводились на должном уровне оценка их влияния.

Не достаточно исследовано влияние схем армирования композита и температур на НДС подземного трубопровода из композиционного материала. Определение НДС в трубе с учетом упругих характеристик матрицы и арматуры весьма затруднительно и требует специальных алгоритмов и программы для его вычисления.

Предлагаемые методы дают наиболее эффективные решения рассмотренных задач.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирсаидов, М.М. Оценка динамического поведения и напряженно-деформированного состояния грунтовых плотин при реальном сейсмическом воздействии [Текст] / М.М. Мирсаидов, Т.З. Султанов, Б.Ш. Юлдошев // Узбекистон сув хужалиги ва мелиорация соҳасида бозор муносабатларини жорий қилиш муаммолари (16-18 ноябрь 2005 г.). ТИМИ. АКШ ВШУ. – Тошкент, 2006. – С. 110-114.
2. Мирсаидов, М.М. Нелинейный динамический расчет и оценка напряженно-деформированного состояния гидротехнических сооружений [Текст] / М.М. Мирсаидов, Д.Ф. Руми // Вестн. ТашИИТ. – 2007. – №3. – С. 41-48.
3. Кульков, С.Н. Структура, фазовый состав и механические свойства керамик на основе диоксида циркония [Текст] / С.Н. Кульков, С.П. Буякова, В.И. Масловский // Вестн. Томского гос. ун-та. – 2003. – №13. – С. 34-57.
4. Люкшин Б.А., Герасимов А.В., Кректулева Р.А., Люкшин П.А. Моделирование физико-механических процессов в неоднородных конструкциях [Текст] / Б.А. Люкшин, А.В. Герасимов, Р.А. Кректулева, П.А. Люкшин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 272 с.
5. Ращепкин, А.К. Сравнительный анализ композиционных материалов для изготовления труб нефтяной и химической промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа [http: www.ogbus.ru](http://www.ogbus.ru).
6. Алешин, В.В. Численный анализ прочности подземных трубопроводов [Текст] / Под редакцией В.В. Алешина и В.Е. Селезнева. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 320 с.
7. Митюшов, Е.А. Теория армирования [Текст] / Е.А. Митюшов // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2000. – Т.6, №1. – С. 151-162.
8. Криканов, А.А. Расчет напряжений в композитной оболочке вращения, образованной намоткой ленты конечной ширины [Текст] / А.А. Криканов // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2002. – Т.8, №2. – С. 151-161.
9. Куперман, А.М. Исследование возможности увеличения упруго-прочностных характеристик композитов путем их трехмерного армирования [Текст] / А.М. Куперман, Э.С. Зеленский // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2001. – Т.7, №4. – С. 434-445.
10. Кочемасова, Е.И. Расчет напряженно-деформированного состояния многослойных анизотропных оболочек по методу Власова [Текст] / Е.И. Кочемасова, Н.П. Тютюнников, Ф.Н. Шклярчук // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2005. – Т.11, №2. – С. 266-276.
11. Шклярчук, Ф.Н. Решение задачи о деформировании анизотропной безмоментной цилиндрической оболочки [Текст] / Ф.Н. Шклярчук, Е.И. Кочемасова, Н.П. Тютюнников // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2002. – Т.8, №4. – С. 447-456.

12. Новожилов, В.В. Основы нелинейной теории упругости [Текст] / В.В. Новожилов. – М.: Едиториал УРСС, 2001. – 215 с.
13. Андреев, А.Н. Многослойные анизотропные оболочки и пластины [Текст] / А.Н. Андреев, Ю.В. Немировский. – Новосибирск: Наука, 2001. – 287 с.
14. Олегин, И.П. Определение напряженного состояния в трансверсально-изотропных цилиндрических телах [Текст] / И.П. Олегин // Науч. вестн. НГТУ. – 2001. – №2. – С. 95-104.
15. Qiu C., Orazem M. E. (University of Florida, Gainesville, FL 32611, United States) Assessment of pipeline condition using heterogeneous input data. *J. Electrochem. Soc...* 2004. Vol. 151, N 7, pp. B415-B422.
16. Григолюк, Э.И. Основные математические модели деформирования и прочности многослойных анизотропных оболочек [Текст] / Э.И. Григолюк, Е.А. Коган // Прикл. проблемы механики тонкостен. конструкций: сб. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – С. 56-109.
17. Джунибеков, Т.М. Задача исследования напряженно-деформированного состояния многослойной трубы из ортотропного материала [Текст] / Т.М. Джунибеков, О.В. Андриященко, Ж.С. Рахманова // Наука и образование – ведущий фактор стратегии Казахстана – 2030: тр. Междунар. науч. конф. – Караганда, 2003. – С. 174-176.
18. Джунибеков, Т.М. Метод исследования напряженно-деформированного состояния слоистой ортотропной трубы [Текст] / Т.М. Джунибеков, О.В. Андриященко, Ж.С. Рахманова // Проблемы науки, образования и устойчивого соц.-экон. развития государства в начале XXI в.: тр. Междунар. науч.-практ. конф.– 2003. – Т.1. – С. 147-150.
19. Джунибеков, Т.М. Численное исследование напряженно-деформированного состояния многослойных подземных труб при действии распределенных нагрузок [Текст] / Т.М. Джунибеков, О.В. Андриященко // Тезисы докл. 10-й Межвуз. конф. по математике и механике (7-9 октября 2004 г.). – Алматы, 2004. – С. 54-55.
20. Shen Hui-Shen, Noda N. Postbuckling of FGM cylindrical shells under combined axial and radial mechanical loads in thermal environments. *Int. J. Solids and Struct.* 2005. Vol. 42, N 16, pp. 4641-4662.
21. He Ya-Ling, Ding Wen-Jing, Tao Wen-Quan. The effect of tube wall heat conduction on the natural convection in a long cylindrical envelope with an adiabatic lateral surface. *Int. J. Numer. Meth. Heat and Fluid Flow.* 2004. No8, pp. 918-952.
22. Жумабаев, М.Ж. Многослойная оболочка при нагреве [Текст] / М.Ж. Жумабаев, Т.Д. Каримбаев, К.Е. Тогызбаев // Механика и моделирование процессов технологии. – 2002. – № 1. – С. 40-45.
23. Жумабаев, М.Ж. Нелинейно-деформируемый двухслойный цилиндр в температурном поле [Текст] / М.Ж. Жумабаев // Машиностроение: Изв. вузов. – 2003. – № 8. – С. 22-28.
24. Христич, Д.В. Термомеханические задачи нелинейного деформирования анизотропных цилиндрических тел [Текст]: дис. ... канд. физ.-мат. наук / Христич Д.В. – Тула, 2006. – 131 с.
25. Павлов, В.П. Ползучесть полимерных композиционных материалов при переменных температурах [Текст]: эксперимент, исследования и мат.

- моделирование / В.П. Павлов. – Уфа: Изд-во Уфимского гос. авиац. техн. ун-та, 2004. – 154 с.
26. Джунибеков, Т.М. Влияние температуры на напряженно-деформированное состояние трубопровода [Текст] / Т.М. Джунибеков, О.В. Андрющенко / Актуальные проблемы механики и машиностроения: тр. Междунар. науч. конф. (17-19 июня 2005 г.). – 2005. – Т.1. – С. 163-165.
  27. Андрющенко, О.В. Конечно-разностный метод исследования напряженного состояния подземного нефтепровода из вязкоупругого материала с учетом воздействия температуры [Текст] / О.В. Андрющенко // Проблемы современной механики: тезисы докл. 2-ой Междунар. науч. конф. (7-8 сентября 2006 г.). – Алматы, 2006. – С. 65.
  28. Андрющенко, О.В. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния подземного нефтепровода при воздействии жидких сред и температуры [Текст] / О.В. Андрющенко, Т.М. Джунибеков. – Алматы: Гылым, 2007. – 192 с.
  29. Бардзокас, Д.И. Математическое моделирование физических процессов в композиционных материалах периодической структуры [Текст] / Д.И. Бардзокас, А.И. Зобнин. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 376 с.
  30. Власов, А.Н. Усреднение механических свойств структурно-неоднородных сред [Текст] / А.Н. Власов // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2004. – Т.10, №3. – С. 424-442.
  31. Джунибеков, Т.М. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния подземной трубы для транспортировки нефти [Текст] / Т.М. Джунибеков, О.В. Андрющенко // Вычислительные технологии: Вестн. КазНУ им. аль-Фараби. Сер.: математика, механика, информатика. – 2004. – Вып. №3(42). – Т.9. – С. 176-182.
  32. Джунибеков, Т.М. К расчету напряженно-деформированного состояния стеклопластиковых труб для транспортировки нефти [Текст] / Т.М. Джунибеков, О.В. Андрющенко // Наука и образование Южного Казахстана. – Шымкент, 2004. – С. 106-108.
  33. Андрющенко, О.В. Конечно-разностный расчет напряженно-деформированного состояния в трубе из ортотропного композита при транспортировке нефти [Текст] / О.В. Андрющенко, Т.М. Джунибеков, И.М. Керштейн // Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность: тр. Междунар. конф. (15-22 февраля 2004 г.). – 2004. – Т.2. – С. 202-205.
  34. Мясников, В.А. Критериальная оценка прочности трубопроводов, эксплуатирующихся в слабонесущих грунтах [Текст] / В.А. Мясников // Вопросы состояния и перспективы развития нефтегазовых объектов Западной Сибири. – Тюмень, 2004. – С. 49-53.

*Материал поступил в редакцию 11.12.14.*

**M.T. Keikimanova, A.Zh. Abduvalov, Zh.K. Azhibayev**

*Taraz State University named after M.Kh.Dulati. Taraz, Kazakhstan*

**ASSESSMENT OF ELASTIC PROPERTIES of COMPOSITE MATERIAL  
ON THE STRESS-STRAIN STATE OF UNDERGROUND PIPELINES**

To be safe transportation of liquids require corrosion-resistant and durable pipe. Effective use them at underground laying of the pipe is necessary to determine the VAT for the effects of temperature, soil, liquid media, as well as on the basis of material components. The composite material of which are manufactured pipe refers to a complex mechanical system. The main problem in solving the problems of modeling the mechanical properties of a heterogeneous environment is to define the conditions of the averaging procedure correct in terms of predicting the effective properties of an idealized environment on the basis of data on the mechanical properties and geometric characteristics of the components of the real environment. In this regard, the task of assessing the impact of the elastic properties of the material on the VAT underground oil pipeline is of great practical importance and is relevant.

**Keywords:** fragment matrix underground conduit cell periodicity termoupujie voltage composite structural element, the properties of the structural element, fittings, a matrix component voltages transported oil pressure, the pressure of the soil.

**М.Т.Кейкиманова<sup>1</sup>, А.Ж. Абдувалов, Ж.К. Ажибаев**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы*

#### **КОМПОЗИТТИ МАТЕРИАЛДЫҢ СЕРПІМДІ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ЖЕРАСТЫ ҚҰБЫРЖОЛЫНЫҢ КҮШТЕНУ-ДЕФОРМАЦИЯЛАНУ ЖАҒДАЙЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ**

Сұйық заттарды сенімді тасымалдау үшін тоттануға тұрақты және берік құбырлар пайдаланылуы тиіс. Оларды жерастына жүргізгенде тиімді пайдалану үшін әсер ету температурасын, топырақтың, сұйық заттардың, сонымен қатар материалдар компоненттерін ескере отырып құбырдың ҚДЖ анықтау қажет. Құбырлар жасалатын композитті материал күрделі механикалық жүйеге жатады. Гетерогенді ортаның механикалық қасиеттерін модельдеуді шешу кезінде кездесетін негізгі проблема шынайы ортаның компоненттерінің геометриялық сипаттамалары мен механикалық қасиеттері туралы деректер негізінде идеалды ортаның этиімді қасиеттерін болжамдау тұрғысынан ортақ мәнге келтіру жағдайын анықтау болып табылады. Осыған байланысты материалдың серпімді қасиеттерінің жерасты мұнай құбырының ҚДЖ әсерін бағалау мәселесінің қолданбалы маңызға ие және өзекті болып саналады.

**Түйін сөздер:** матрица бөлігі, жерасты құбыржолы, кезендік ұяшығы, термосерпімді жүктеме, композиттің құрылымдық элементі, құрылымдық элемент қасиеттері, арматура, матрица, жүктеме компоненттері, тасымалданатын мұнай қысымы, топырақ қысымы.

ӨОЖ 543.321:631.853.412

**Ж.О. Конысбаева<sup>1</sup>, А.Қ. Иманмусаева<sup>2</sup>, А. Шолақ<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Магистр, <sup>2</sup>Студент, <sup>3</sup>Техн. ғылымдарының канд., профессор  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы

**ФОСФОГИПСТІ ҚАЙТАЛАМА ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ӨНДЕП  
КАЛЬЦИЙ ПОЛИФОСФАТЫН АЛУ МҮМКІНДІГІН ЗЕРТТЕУ**

Жұмыста фосфогипсті қайталама шикізат ретінде өңдеп, кальций полифосфатын алу мүмкіндігі зерттелген.

**Түйін сөздер:** фосфогипс, полифосфат, шикізат, қалдық, өнімнің құрамындағы заттар –  $P_2O_5$ ,  $SO_3$  және  $CaO$ , ортофосфор қышқылы.

Ғылыми мақалаларда полифосфаттарды полифосфор қышқылдарын карбонаттармен, аммиакпен әрекеттестіріп және суперфосфатты жоғары температурада өңдеу арқылы алуға болатыны көрсетілген [1, 2]. Бұл әдістер шикізаттың және энергияның қосымша шығындарын қажет етеді. Осыған байланысты полифосфаттарды өндіріс қалдықтарынан алу мүмкіндігін зерттеу өзекті мәселелердің біріне жатады. Экстракциялық фосфор қышқылы өндірісінің қалдығы фосфогипсті қайталама шикізат ретінде пайдаланып кальций полифосфатын алу мүмкіндігін зерттеу қызықшылық туғызады. Өндіріс қалдығынан алынған полифосфаттарды ауыл шаруашылығында жоғары концентрациялы тыңайтқыш, малдарға азықтық қор ретінде пайдалануға болады. Яғни, бұл бағыт экологиялық мәселелерді және ресурстарды үнемдеу міндеттерін шешуге мүмкіндік береді [3, 4].

Қойылған міндетті шешу үшін кальций сульфатының фосфор қышқылымен өзара әрекеттесу мүмкіндігін анықтау үшін эксперименттік зерттеу жүргізілді.

Кальций сульфаты мен фосфор қышқылының өзара әрекеттесуінен алынған қою массаны араластырып, түтікті электр пешіне орналастырады. Қыздыру барысында бөлінетін күкірт газы Тищенко ыдысына құйылған сутек асқынтотығының ерітіндісі арқылы өтеді. Қыздыру процессін өткізген соң алынған өнімнің құрамындағы  $P_2O_5$ ,  $SO_3$  және  $CaO$  химиялық талдаумен анықталды. Тищенко ыдысындағы түзілген күкірт қышқылы ерітіндісі  $NaOH$  ерітіндісімен титрленді. Фазалардың беттік бөліну шектерінің химиялық реакцияларға тигізетін әсерін барынша азайту мақсатында үлгілер кальций сульфатының сусыз майда дисперсті бөлшегін ортофосфор қышқылымен мұқият араластыру жолымен дайындалды. Өлшем келесідей алынды: 100% есептегендегі 0,5 г (3,677 ммоль)  $CaSO_4$ , 0,847 г (7,354 ммоль)  $H_3PO_4$ . Температура 350- 800 °С аралығында өзгертілді. Алынған нәтижелер 1 кестеде көрсетілген.

1 кестеде көрсетілгендей, температура өскен сайын, яғни 550 - 700°С жеткен кезде, үлгінің құрамындағы күкірт күрт азаяды, бұл жағдайда тәжірибенің ұзақтығы болмашы ғана өзгереді. Сонымен қатар, аммоний цитратындағы ерігіштік те төмендейді, бұл дегидротация реакциясының өтуін көрсетеді. Аталған реакцияда кальцийдің конденсацияланған фосфаттарының ерімейтін формалары пайда болады, олар балқытылғаннан кейін аморфты күйге өтеді. Қоспаны суда күрт салқындатқан кезде өнім толық аммоний цитратында ериді. Жүргізілген зерттеулермен әртүрлі

температурадағы реакциялардың кинетикалық заңдылығы анықталды. Зерттеу нәтижелері 2 кестеде және 2 суретте келтірілген.

Кесте 1

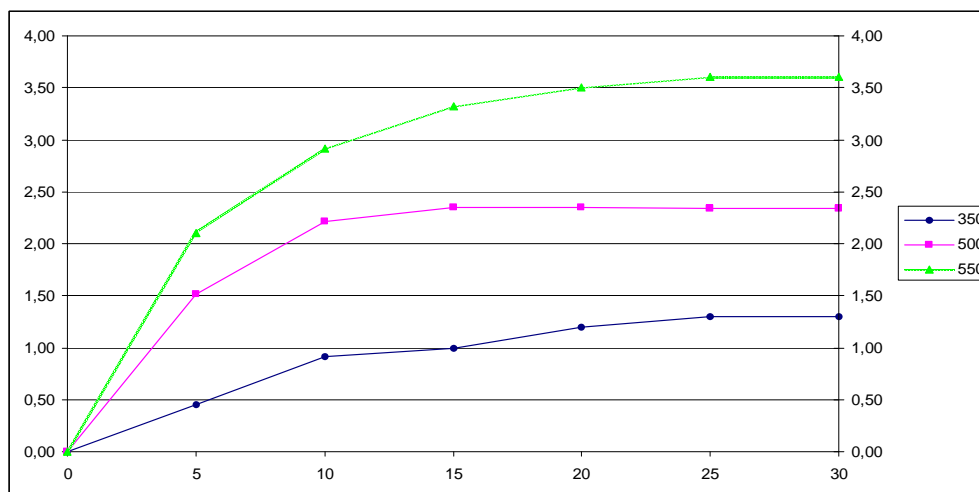
Температураның кальций сульфатының фосфор қышқылында ыдырауына тигізетін әсері

Темп., °C	Ұзақтығы, мин	Өнім түрі	Өнімнің химиялық анализі				
			CaO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		H <sub>2</sub> O
					жалпы	цитрат. ерігіш.	
350	35	піспе			49,92	38,32	9,2
400	33	піспе	20,7	19,3	52,60	37,82	6,85
450	33	піспе	22,0	16,2	55,80	44,40	5,35
500	30	піспе	23,2	12,2	59,78	54,22	4,30
550	30	піспе	26,3	1,7	67,56	58,07	-
800	20	балқыма	28,1	-	69,82	65,54	-

Кесте 2

Балку барысында температураға байланысты SO<sub>3</sub> сандық бөлінуінің тәуелділігі

уақыт, мин	5	10	15	20	25	30
	SO <sub>3</sub> моль саны					
темп., °C						
350	0,45	0,92	1,00	1,20	1,30	1,30
500	1,51	2,21	2,35	2,35	2,34	2,34
550	2,10	2,91	3,32	3,50	3,60	3,60



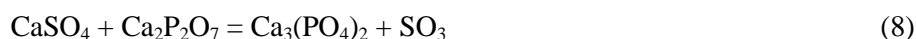
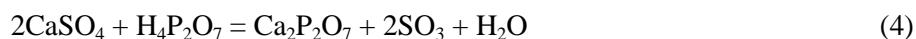
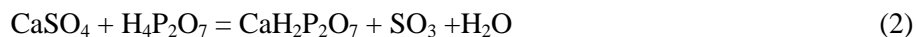
Сурет 2. Кальций сульфатының полифосфор қышқылында ыдырау реакциясы барысында SO<sub>3</sub> бөлінуі

2 суретте көрсетілгендей, әртүрлі температуралар барысында уақыт аралығындағы SO<sub>3</sub> бөлінуінің қисық сызығынан өнімнен күкірт ангидридін ең көп бөлінуі алғашқы 2-2,5 минут аралығында болатыны байқалады, яғни температура өскен сайын SO<sub>3</sub> бөлінетін мөлшері де өседі.

Алынған нәтижелер негізінде, кальций сульфатының фосфор қышқылымен өзара әрекеттесуі күрделілігімен және температураның жоғары



болуымен ерекшеленеді және реакциялар төменде келтірілген ретпен жүреді деп болжауға болады:



#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Химия и технология конденсированных фосфатов [Текст]. – Алма-Ата: Наука, 1970. – 210 с.
2. Эвенчик, С.Д. Технология фосфорных и комплексных удобрений [Текст] / С.Д. Эвенчик, А.А. Бродский. – М.: Химия, 1987. – 112 с.
3. Утилизация фосфогипса [Текст]: обз. информация. Серия. Фосфорная промышленность, НИИТЭХИМ. – М., 1986. – 76 с.
4. Иваницкий, В.В. Фосфогипс и его использование [Текст] / С.Д. Эвенчик, М.Е. Яковлева. – М.: Химия, 1990. – 95 с.

Материал редакцияға 03.11.14 түсті.

**J.O. Konisbaeva, A.K. Imanmussaeva, A. Sholak**

*Taraz State University named after M.Kh. Dulaty, Taraz, Kazakhstan*

#### STUDY THE POSSIBILITY OF OBTAINING CALCIUM POLYPHOSPHATE BY PROCESSING PHOSPHOGYPSUM AS SECONDARY RAW MATERIALS

This article describes the possibility of obtaining calcium polyphosphate by processing phosphogypsum as secondary raw materials.

**Keywords:** phosphogypsum, polyphosphate, secondary raw materials, waste, raw material composition –  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SO}_3$  and  $\text{CaO}$ , phosphoric acid.

**Ж.О. Конысбаева, А.К. Иманмусаева, А. Шолак**

*Таразский государственный университет им. М.Х.Дулати, г. Тараз*

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИФОСФАТА КАЛЬЦИЯ ПУТЕМ ПЕРЕРАБОТКИ ФОСФОГИПСА КАК ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ

В данной статье рассмотрены возможности получения полифосфата кальция путем переработки фосфогипса как вторичное сырье.

**Ключевые слова:** фосфогипс, полифосфат, вторичное сырье, отход, состав сырья –  $P_2O_5$ ,  $SO_3$  и  $CaO$ , ортофосфорная кислота.

ОӘЖ 359.3

**М. Немеребаев<sup>1</sup>, М.М. Бекмұратов<sup>2</sup>, Н. Қарымсаков<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Техн. ғылымдарының д-ры, профессор*

*Тараз инновациялық-гуманитарлық университеті, Тараз қаласы*

*<sup>2</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент, <sup>3</sup>Техн. ғылымдарының канд., аға оқытушы  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы*

### **КОМПОЗИТ МАТЕРИАЛДАН ЖАСАЛҒАН ТОР КӨЗДІ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕ ТЕОРИЯСЫ ЖӘНЕ ЖОБАЛАУДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫНА ШОЛУ**

Бұл мақалада композит материалдан жасалған тор көзді құрылымдардың динамикалық жүктеме теориясы және жобалаудың қазіргі жағдайына шолу берілген.

**Түйін сөздер:** композитті материал, тор көзді құрылым, динамикалық жүктеме, теория, жобалау, шолу.

Цилиндр тәрізді қабыршықтың деформациясына, беріктігіне, тербелісіне, статистикалық және динамикалық орнықтылығына деген қызығушылықтың туындауы оның ұшақ және ракета техникасында, су асты аппараттарының, магистралды құбыр жүйесіндегі, қазіргі заманғы энергетикалық құралдардағы басты жүк көтеруші бөліктер ретінде қолданылуына байланысты. Сондықтан жұқа қабырғалы цилиндр тәрізді құрылымдар көптеген және әр түрлі зерттеулердің негізі болып келеді.

Құрылымдарды қолдану барысында нақты төтенше жағдайларда талапқа жауап беретін, алдын-ала болжанған кешенді қасиеттерге ие материалдарға деген сұраныстың нәтижесінде пайда болған механиканың саласы – композит материалдар механикасы жылдам дами бастады. Талшықты және қатпарлы композиттердің техниканың алуан түрлі бұйымдарында кеңінен қолданылуы жұқа қабырғалы қабыршықтарды есептеудің дәстүрлі әдістерінің нақтылануын ғана емес, сонымен қатар жаңа міндетті талаптарды жүктейді. Құрылымның жүк көтеру қабілетін анықтайтын жаңа ұстанымдағы факторлардың қатарына, біріншіден, материалдың жоғарғы анизотропиялық қатандығы оның серпімділік және беріктік ерекшеліктерінің біршама ауытқулары, тұтқырлық серпімділік қасиеттері, қирау түрлерінің әр түрлілігі, көп қатпарлы композиттер қатпарларының жоғарғы қабаттарына жақын қирау қауіпінің күштілігін жатқызуға болады. Осының бәрі композиттік құрылымдардың беріктігін, орнықтылығы мен қатандығын зерттеуде, кернеулі-деформациялық күйінде есептер шығаруда қосымша қиындықтар тудырады. Композиттен жасаған құрылым элементтерінің геометриялық түрлері мен өлшеулерін өзгертпей, мақсатты басқару үшін көптеген мүмкіншіліктерді ескеру керек. Оның

салмағын көбейтпестен, тек материалдың механикалық қасиеттерін өзгерту арқылы немесе, керісінше, кернеулі-деформациялық күйдегі қасиеттеріне белгіленген шектеулер арқылы не болмаса басқа түрлердің өзіндік шектеулерінің негізінде құрылымның салмағын кеміту барысында құрылымның қауіпсіз жұмыс жасауына кепілдік беретін жүктеменің деңгейін біршама көтеруге мүмкіндік береді.

Қатты дененің деформациясы механикасының екі классикалық жағы – материалдар механикасы мен құрылым механикасы – композиттік бұйымдарды қарастыру барысында барынша айқындалған біртұтастыққа ие болады. Ол көбінесе композит материалдан біртұтас технологиялық үрдіс арқылы құрылым жасалған жағдайда анықталады.

Композитті материалдар механикасының негізгі даму кезеңдері мен осы уақытқа дейінгі алынған нәтижелер толығымен [1-8] монографияларда, танымдық және шолу [9-17] мақалаларда келтірілген. Жұқа қабырғалы анизотроптық, арматураланған және көп қатпарлы материалдардан жасалған құрылымының элементтерін есептеуге [18-25] монографиялар және танымдық [26-31] мақалалар арналған. Осылардың арасынан композит материалдан жасалған қабыршықтардың статистикалық орнықтылығына есептеген [32] жұмысты атауға болады. Тербелістер мен тұрақсыз деформациялану жағдайын сипаттайтын кейбір нәтижелер танымдық [33, 34] мақалаларда көрініс тапқан. Композит материалдардан жасалған цилиндр тәрізді қабыршықтар үшін сыртқы статистикалық жүктемелерден кернеулі-деформациялық күйлері, беріктігі, орнықтылығы және жобаларды оңтайлы есептеу мәселелері дәлелді зерттелінген.

Арон мен Лявтың бір тектес изотропты қабыршықтардың сызықтық теориясының негізін салған еңбектері соңғы жылдары отандық және шетелдік ғалымдардың көптеген зерттеулерінің нысаны болды. Қабыршықтардың классикалық теориясын жасаудағы механик ғалымдардың жетістіктерін жан-жақты шолу және бағалау В.В.Новожиловтың [35] мақаласында берілген. Б.Г.Галеркин, П.Ф.Папкович, Ю.А.Шиманский, С.П.Тимошенконың бұрынырақ жарық көрген еңбектері бұл зерттеулерге негіз болғаны атап көрсетіледі. Б.Г.Галеркин серпімділік теориясының жалпылама теңдеулерінен қабыршық теориясының барлық формулаларын шығаруға мүмкіндік беретін ерекше әдісті тапқан. Бұл әдіс жұқа қабыршықтардың математикалық реттілікпен құрылған сызықтық теориясын жасау үшін маңызды болып табылып, А.И.Лурье, В.З.Власов, А.Л.Гольденвейзер, В.В.Новожилов, Х.М.Муштари еңбектерінде кеңінен қолданылған. Жоғарғы әдіспен алғаш рет жұқа қабыршықтар теориясының теңдеуін шығарған А.И.Лурье [36] болатын. Аталған ғалымдардың біртектес изотропты қабыршықтардың сызықтық теориясына енгізген негізгі принциптері дәлденген теорияларды, анизотропты және көпқабатты қабыршықтардың теорияларын құруда әдіснамалық негіз ретінде қолданылды. Бұлар қабыршықтардың сызықсыз теорияларын құруда аса маңызды орын алады.

Анизотропты қабыршықтар теориясы бойынша алғашқы зерттеу жұмысын жүргізген И.Я.Штаерман [37] болды. Флюгге, Дшоу, Тейлор, Х.М.Муштари конструктивті-ортотропты қабыршықтардың беріктігін тексеруге арналған есептеулер жүргізген. Анизотропты қабыршықтар теориясының шындап терең зерттелуі С.А.Амбарцумянның [38-41] еңбектерімен байланысты. Зерттеулер изотропты қабыршықтардың (атап айтқанда, В.З.Власовтың [42] жалпақ қабыршықтар теориясы) классикалық

теориясы мен С.Г.Лехницкийдің [43] изотропты қабатты пластиналар теориясының жалғасы. [38] еңбекте қалыңдығы біртектес «аса жалпақ» қабыршықтарға арналған теңдеулер шығарылған. [39, 40] еңбектерде қабаттарының қалыңдығы симметриялы «аса жалпақ» көп қабатты қабыршықтар теориясы ұсынылған. [41] еңбекте қабаттарының қалыңдығы жағынан еркін орналасқан көп қабатты ортотропты қабыршықтар теориясы қарастырылады. Э.И.Григолюктің [44] биметалды (изотропты екіқабатты) қабыршықтар теориясындағы алынған мәндер [41] еңбектегі мәндерге ұқсас нәтижелер алынған. С.А.Амбарцумянның [45, 46] еңбектері анизотропты және қабатты қабыршықтардың дәлелденген теорияларына арналған.

Қабатты қабыршықтар теориясына арналған Э.И.Григолюк пен П.П.Чулковтың [47] еңбектерінде үшқабатты, сондай-ақ жалпылама көп қабатты қабыршықтар да қарастырылған. Бұларда кинематикалық гипотезалар жекелеген әр қабат үшін алынған. Анағұрлым кең тараған нұсқалардың бірі үшқабатты қабыршықтар үшін енгізілген Э.И.Григолюктің «сынық сызық» моделіне негізделген. Бұл бағыттағы жұмыстарға [48] толық талдау жасаған.

Тұрақты қалыңдықтағы қабыршықтар теориясын жасау үшін В.В.Болотин [49] «баттасқан энергетикалық» тәсілін қолданды. Негізгі қабаттар үшін Кирхгоф-Ляв гипотезасы пайдаланып, ал байланыстырушы қабаттарын жұмсақ деп, оңай сығылатын толтырғыштар ретінде қарастырылған.

Анизотропты және көп қабатты қабыршықтардың сызықтық теориясына арналған көптеген еңбектер ішінде С.А.Амбарцумянның, Э.И.Григолюктің, В.В.Болотиннің негізгі принциптері мен әдістері бір тектес изотропты қабыршықтар теориясына қолданған. Бұл зерттеулерге арналған монографиялар [21, 23], шолу мақалалары [48, 49] жарияланған.

Қабыршықтардың сызықтық механикасының фундаменталды принциптері мен ережелері (белгісіз функциялардың қалыңдығы бойынша бастапқы аппроксимацияны белгілеу; теорияның барлық элементтерінің дәлдігін өзара және бастапқы аппроксимацияның дәлдігімен сәйкестендіру; тепе-теңдік теңдеулері мен серпімділік арақатынасын шығару әдістері; кернеу функцияларын енгізу және аралас түрдегі тепе-теңдік теңдеулерін қолдану мүмкіндіктері) сызықсыз теорияны дайындауда әдіснамалық негіз болды.

Жұқа қабырғалы серпімді қабыршықтардың орын алмасу теориясы бойынша алғашқы нәтижелер Лявтың, С.П.Тимошенконың, Саусвеллдың еңбектерінде алынған. Алайда геометриялық сызықсыз теорияны жан-жақты теориялық талдауы Х.М.Муштаридің зерттеулерінен басталып, ортаңғы қабат нүктелерінің орын алмасуы қабыршыққа тән басқа өлшемдермен салыстырғанда кіші болатыны туралы болжам бойынша жұқа ортотропты қабыршықтардың [50] сызықтық теориясының негізгі арақатынасы шығарылды. Х.М.Муштари ортаңғы қабаттардың еркін иірімдерінде орынды болатын жалпылама сызықсыз теорияны құрды, қабыршықтың шағын деформациялар мен еркін орын ауыстыру жағдайындағы кернеулік қалпына сапалық зерттеу жүргізді, қабыршықтардың сызықсыз теориясының есептеріне қатаң жүйелеуді ұсынды. Зерттеу еңбектерінде [51, 52] ол бастапқы кернеу өрістері бар қабыршықтардың негізгі теңдеулерін шығарды.

Қабыршықтардың сызықсыз теориясына К. З. Галимов мол үлес қосты. Серпімділік теориясының сызықсыз жалпылама теңдеулерінің негізінде ол қабыршықтардың сызықсыз теориясының тепе-теңдік теңдеуінің тензорлық

формасын жасап шығарды, ақырғы деформацияланудың шекаралық жағдайларын жалпылама түрде тұжырымдады, қабыршықтардың сызықсыз теориясының есептеріне вариациялық әдістерді қолданды.

Кирхгоф-Лявтың гипотезаларына негізделген қабыршықтардың геометриялық сызықсыз теориясы осы саладағы зерттеулерге зор ықпалын тигізген Х.М.Муштари, К.З.Галимовтың монографиясында [53] баяндалған. Қабыршықтардың геометриялық сызықсыз теориясын жасауда В.В.Новожиловтың [54] иілгіш денелердің деформациялану мәселесіне арналған және ортогоналды координаттар жүйесі бойынша сызықсыз серпімділік теориясының негізінде жұқа қабырғалы қабыршықтың теңдеуі алынған.

Қабыршықтардың сызықсыз теориясын зертеуді бір мезгілде А.И.Лурье, В.З.Власов, Ю.Н.Работнов, Н.А.Алумяэ жүргізген. Біртекті тұтас изотропты қабыршықтардың классикалық сызықсыз теориясын Кирхгоф-Ляв моделі негізіндегі бағыттары [55-74] жұмыстар мен мақалаларда жалғасын тапқан. [75, 75] монографияларда тензорлы түрде толық мәліметтер берілген. Тимошенконың кинематикалық моделі негізінде алынған қабыршықтың сызықсыз теориясы бірінші рет Л.Я. Айноланың [77] еңбегінде тензорлы түрде алынған. В.Е. Спироның [78, 79] еңбектерінде анизотропты қабыршықтың ендік ығысу мәнін ескерген сызықсыз теорияның варианттары қарастырылған.

Композит материалдарды шаруашылық нысандарының түрлі салаларына кең енгізу үшін олардан жасалған құрылымдарды есептеу мен жобалау әдістерін жасап шығару және жетілдіру талаптары қойылуы тиіс.

Композитті материалдардан жасалған құрылымдарды есептеу мен жобалау әдістеріне [80-90] шолулар мен талдаулар жасалған әдістердің көпшілігі негізінен тұтас механиканың іргелі арақатынастарын қамтиды. Композит материалдар бірқатар өзіндік қасиеттерге ие, сондықтан оларды есептеу үлгілері мен әдістерін құруда есепке алу қажет.

Бұл ерекшелік қатарына олардың түбегейлі әртекті, гетерогенді орта болып табылатын сипаттамаларын жатқызуға болады. Олардың механикалық сипаттамалары арматураланған бөлшектердің орналасу сызбасына байланысты кең көлемде өзгеруі мүмкін.

Композит материалдарды жасау барысы құрылымның өзін дайындаумен тығыз байланысты болғандықтан, материалдарды сыртқы күштің сипатына сәйкес алдын-ала белгіленген қасиеттерімен жасау керек.

Композит материалдардың арматуралау бағытына сәйкес келмейтін бағыттарға күш түсіру кезінде босаңдау және әлсіздеу болатыны белгілі. Композит материалдардың бұл негізгі ерекшеліктері олардың басты кемшіліктері боп табылады. Арматуралаудың дәстүрлі үлгісіндегі жұқа қабырғалы құрылымдардың жүк көтеру қабілеті кейбір күш түсіру жағдайында салыстырмалы түрде иілу қатандығының төмендігінен көбіне шектік күш түсіруге жетуден әлдеқайда бұрын жойылып отырады.

Арматураланған құрылымдардың қабаттарды бірінің үстіне бірін орналастыру арқылы жасалған жағдайында оларға қираудың ерекше түрі тән болады. Мысалы, материалдардың қабаттар арасының ығысуына және көлденең үзікке келтіретін кедергісінің әлсіздігінен қабаттардың ара жігінің ашылуы.

Композит материалдардың қатандық сипатын арттыру үшін жоғары модульді талшықтар, көп қабатты құрылымдар және т.б. түрлері пайдаланылатыны белгілі.

Соңғы кезде көміртегі, бор және басқа химиялық талшықтар негізіндегі жоғары модульді талшықтармен арматураланған композит материалдарға мән берілуде. Талшықтары дәстүрлі орналасқан бор және көмір пластиктері негізіндегі материалдардан жасалған құрылымдардың қасиеттері [91-93] еңбектерде баяндалған. Композит материалдардың негізгі бағыттары туралы толық ақпараттар келтірілген және алынған нәтижелер жоғары модульді талшықтармен арматуралау барлық серпімділік сипаттамалардың өлшемдес өсуіне алып келмейтіндігін байқатады. Бор мен көміртегі талшықтарын қолдану негізінен арматураланған материалдың, арматуралану жазықтығындағы қатаңдығын арттырады.

Иілу қатаңдығын арттыруға, қабаттардың қалыңдығы мен олардың кезектесу тиімділігі сызбасын дұрыс қою шарттарымен есептеуге болады. Бірақ бұл жағдайда материалдың төмен трансверсалды сипаттамасы туындайды.

Композит материалдардың мерзімінен бұрын қабатаралық байланысының бұзылуы нәтижесі арматураланған бөлшектерден тұратын кеңістіктік қаңқасын жасау идеясына алып келді. Мұндай материалдарды кеңістікте байланыс құру принципіне сәйкес үш топқа бөлуге болады [94].

Бірінші топқа кеңістіктегі байланыстары бір бағыттағы барлық немесе жеке талшықтарының иілуі нәтижесінде құрылатын композиттер жатады. Бұл материалдар екі жіптің дәстүрлі жүйесі аумағында иілген жіптер негізінен түзу сызықты жіптерден «арқау» [95] жасалады.

Екінші топқа кеңістіктегі байланыстары үшінші бағыттағы талшықтарды енгізу есебінен жасалатын материалдар жатады. Мұндай композит материалдар тік бұрышты немесе цилиндрлік координаттар жүйесіндегі үш жіп қосындысы арқылы жасалады. Талшықтар өзара үш бағытта ортогоналды болуы мүмкін немесе арматураланған жазықтығының біріне бұрыш жасай орналасады.

Үшінші топқа кеңістіктегі байланыстары жіп тәрізді кристалдар арқылы жасалатын композиттер жатады. Мұндай материалдар тұтқыр талшықты, таспалар мен маталарды пайдаланған жағдайда түзіледі. Бұл материалдардың ерекшелігі жіп тәрізді кристалдар арматураларының негізгі бағытына бағытталған орналасу сипатына және талшықтар мен жіп тәрізді кристалдар арасында қатты немесе ілкімді байланыстың болуында. Көрсетілген ерекшелік арматураның тұтқырлану тәсілін таңдауымен байланысты болады. Үш бағыт өзара қатар және бір-бірін толықтыра отырып дамуда. Осы бағыттарда атқарылған жұмыстарға талдау жасайық.

Кеңістікті құрайтын арматураланған материалдарды құрудың қасиеттері мен принциптері туралы мәліметтер [96-99] жұмыстарда баяндалған. Тиісті зерттеулердің неғұрлым толық шолуымен И.Г.Жигун мен В.А.Поляковтың [94] монографиясынан танысуға болады. Әр түрлі кеңістікті құрайтын композиттер үшін бас өске және оған бұрышпен әсер ететін күштен пайда болатын деформацияның қисығы, серпімділік сипаттамаларды есептеуге арналған инженерлік есептеу үлгілері мен теңдеулері және созу сығу, иілу және ығысу кезіндегі орнықтылықтың, қатаңдық пен беріктіктің сандық бағалары келтірілген. Талшықтары кеңістік құрайтын арматураланған орта теориясын құруда материалдың көлемінде арматураланған бөлшектердің құрамына қойылатын шектеулерді есепке алу қажет. Көлденең байланыстарды енгізу арматуралану жазықтығындағы талшықтар құрамын азайтуға алып келеді.

Кеңістік құрайтын арматуралаудың тиімділігін бағалау кезінде трансверсалды сипаттамалардың өсу дәрежесін ғана емес, сонымен қатар негізгі сипаттамалардың, арматураланған жазықтығының негізіне күшті тиеудегі беріктік пен серпімділік модульдері шегінің төмендеуін есепке алу керек.

Талшықтардың негізі қаланған кеңістікте материалдың қатаңдығы мен беріктігінің жоғары қасиеттерін сақтай отырып иілу қатаңдығын арттыруға мүмкіндік беретін кеңістіктік құрайтын арматуралау тәсілдерінің бірі көлемдік құрылым боп табылады. Арматуралаудың мұндай үлгісіндегі қабыршық, құрылымның бөлшегі ретінде тиімді боп табылады да, мұнда арматуралау кеңістігіндегі жоғары механикалық қасиеттермен қатар көлденең күш түсіруде қажетті қатаңдық немесе орнықтылықты жоғалтуға жоғары дәрежеде қарсылық көрсетілуі тиіс. Мұндай кеңістіктік құрайтын құрылым орау тәсілімен немесе қалыптарға қысу арқылы алынады. Жоғарыда аталған құрылымды дайындау технологиясы [100, 101] жұмыстарда баяндалған. Жаңа тор көзді құрылым құратын композит материалдардан жасалған ұшу құралдарының бөлшектерін дайындаудың технологиялық процестерін зерттеуге [95, 102] жұмыстар арналған: оларда құрылымдарды байланыстырушы мен сіндірілген жіптер немесе жіңішке таспаларды үздіксіз орау әдісі арқылы дайындауда таспалардың келесі қабаты алдыңғы қабатқа қарағанда ығыстырылып салынатыны көрсетілген, мұндағы қабырғалардың үш жүйесі өзара қиысқанда дұрыс тетраэдрлер мен октаэдрлер құрайды. Ұсылынып отырған кеңістіктік құрайтын құрылым мына өлшемдермен: ұяның өлшемімен (тетраэдр қабырғасының ұзындығы), қабырғаның қалыңдығы мен құрылым биіктігімен сипатталады.

Арматураланған кеңістіктік құрайтын композит материалдан дайындалған құрылымдар кең қолданыс табуы мүмкін. Осындай көлемді құрылым өте үлкен иілу қатаңдығы мен орнықтылығын жоғалтуға қарсы тұру қасиеттеріне ие бола отырып, негізгі салмақты көтеретін жұқа қабырғалы құрылымдарда пайдаланылады.

Жоғарыда суреттелген кеңістіктік құрылым кейбір жағдайда торлы құрылым болып есептеледі. Торлы кеңістіктік құрылымдардың кернеулік-деформациялық күйін зерттеу үш түрлі көзқарастың негізінде іске асуы мүмкін [103]. Бірінші көзқарас кеңістіктегі рама қаңқасын есептеудің тиісті әдістерін пайдалануға арналған (сырықтардың қатаң түйін құру жағдайында).

Екінші көзқарас торлы жүйені табиғи немесе жинақталған шекті бөлшектерге бөлу жолымен дискреттендіруге негізделінген, ал жүйені шекті айырма теңдеулер арқылы байланыстыру жолымен қарастырады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Белянкин, Ф.П. Прочность и деформативность слоистых пластиков [Текст] / Ф.П. Белянкин, В.Ф. Яценко, Г.И. Дыбенко. – Киев: Наук. думка, 1964. – 220 с.
2. Болотин, В.В. Механика многослойных конструкций [Текст] / В.В. Болотин, Ю.Н. Новичков. – М.: Машиностроение, 1980. – 376 с.
3. Ван Фо Фы, Г.А. Теория армированных материалов [Текст] / Г.А. Ван Фо Фы. – Киев: Наук. думка, 1971. – 232 с.
4. Гузь, А.Н. Механика композитных материалов и элементов конструкций [Текст] / А.Н. Гузь, Л.П. Хорошун, Г.А. Ванин, [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1982. Т. 1. – 368 с.

5. Гузь, А.Н. Механика композитных материалов и элементов конструкций [Текст] / А.Н. Гузь, И.В. Игнатов, А.Г. Гирченко [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1983. Т. 3. – 264 с.
6. Малмейстер, А.К. Сопротивление полимерных и композитных материалов [Текст] / А.К. Малмейстер, В.П. Тамуж, Г.А. Тетерс. – Рига: Зинатне, 1980. – 572 с.
7. Росато, Д.В. Намотка стеклонитью [Текст] / Д.В. Росато, К.С. Грове. – М.: Машиностроение, 1969. – 309 с.
8. Тарнопольский, Ю.М. Методы статических испытаний армированных пластиков [Текст] / Ю.М. Тарнопольский, Т.Я. Кинцис. – М.: Химия, 1981. – 272 с.
9. Амбарцумян, С.А. Специфические особенности теории оболочек из современных материалов [Текст] / С.А. Амбарцумян // Изв. АН АрмССР. Механика. – 1968. – Т. 21. – № 4. – С. 3-19.
10. Болотин, В.В. Проблемы механики армированных сред [Текст] / В.В. Болотин / В кн.: Доклады научно-технической конференции МЭИ по итогам научно-исследовательских работ за 1964-1965 гг. Секция энергомашиностроительная. – М., 1965. – С. 5-42.
11. Болотин, В.В. Влияние технологических факторов на механическую надежность конструкций из компонентов [Текст] / В.В. Болотин // Механика полимеров. – 1972. – №3. – С. 529-540.
11. Болотин, В.В. Дефекты типа расслоений в конструкциях из композитных материалов [Текст] / В.В. Болотин // Механика композитных материалов. – 1984. – №2. – С.239-255.
12. Работнов, Ю.Н. Механика композитов [Текст] / Ю.Н. Работнов // Вестник АН СССР. – 1979. – №5. – С. 50-58.
13. Роуландс, Р. Течение и потеря несущей способности композитов в условиях напряженного состояния: Сопоставление расчета и экспериментальных данных [Текст] / Р. Роуландс / В кн.: Неупругие свойства композиционных материалов. – М.: Мир, 1978. – С. 140-179.
14. Тамуж, В.П. Проблемы механики композитных материалов [Текст] / В.П. Тамуж, Г.А. Тетерс // Механика композитных материалов. – 1979. – №1. – С. 34-45.
15. Цай, С. Анализ разрушения композитов [Текст] / С. Цай, Х. Хан / В кн.: Неупругие свойства композитных материалов. – М.: Мир, 1978. – С. 104-139.
16. Hahn, N.T., Tsai, S.W. On the behavior of composite laminates after initial failures. – *J.Composite Materials*, 1974, vol. 8, No. 3, pp. 288-305.
17. Амбарцумян, С.А. Теория анизотропных оболочек [Текст] / С.А. Амбарцумян. – М.: Физматгиз, 1961. – 384 с.
18. Ван Фо Фы Г.А. Конструкции из армированных пластмасс [Текст] / Г.А. Ван Фо Фы. – Киев.: Техника, 1971. – 220 с.
19. Ванин, Г.А. Устойчивость оболочек из армированных материалов [Текст] / Г.А. Ванин, Н.П. Семенюк, Р.Ф. Емельянов. – Киев: Наук. Думка, 1978. – 212 с.
20. Григоренко, Я.М. Теория оболочек переменной жесткости [Текст] / Я.М. Григоренко, А.Т. Василенко. – Киев: Наук. Думка, 1981. – 544 с.
21. Гузь, А.Н. Механика композитных материалов и элементов конструкций [Текст] / А.Н. Гузь, Я.М. Григоренко, И.Ю. Бабич [и др.]. – Киев: Наук. Думка, 1983, Т.2. – 464 с.



22. Королев, В.И. Слоистые анизотропные пластинки и оболочки из армированных пластмасс [Текст] / В.И. Королев. – М.: Машиностроение, 1965. – 272 с.
23. Лехницкий, С.Г. Анизотропные пластинки [Текст] / С.Г. Лехницкий. 2-е изд. – М.: Гостехиздат, 1957. – 463 с.
24. Алфутов, Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем [Текст] / Н.А. Алфутов. – М.: Машиностроение, 1978. – 312 с.
25. Амбарцумян, С.А. Некоторые вопросы развития теории анизотропных слоистых оболочек [Текст] / С.А. Амбарцумян // Изв. АН АрмССР. Сер. физ.-мат. наук. – 1964. – Т.17, №3. – С.29-53.
26. Дудченко, А.А. Анизотропные многослойные пластины и оболочки [Текст]: В кн.: Механика деформированного твердого тела / А.А. Дудченко, И.Ф. Образцов, С.А. Лурье. – М., 1983, т. 15. – С. 3-68.
27. Немировский, Ю.В. Устойчивость и выпучивание конструктивно анизотропных и неоднородных оболочек и пластин [Текст]: В кн.: Механика твердых деформируемых тела / Ю.В. Немировский. – М., 1976, т. 9. – С. 5-154.
28. Протасов, В.Д. Проблемы прочности оболочечных конструкций из композитов, полученных намоткой [Текст] / В.Д. Протасов, А.Ф. Ермоленко // Механика композитных материалов. – 1983. – №6. – С. 1034-1043.
29. Tennyson, R.C. Buckling of laminated composite cylinders: a review. *Composites*, 1975, vol. 6, №1, pp.17-24.
30. Tennyson, R.C. Interaction of cylindrical shell buckling experiments with theory. – In: *Theory of shells*. North-Holland Publ. Co., 1980, pp.65-116.
31. Немировский, Ю.В. Метод оптимизации армированных слоистых и подкрепленных цилиндрических оболочек при колебаниях и устойчивости [Текст]: В кн.: Численные методы решения задач теории упругости и пластичности / Ю.В. Немировский, В.И. Самсонов // Материалы 7 Всесоюз. конференции. – Новосибирск, 1982. –С. 89-96.
32. Bert, C.W. Vibration of composite structures. – In: *Recent advances in structure dynamics*. Papers intern. conf. Southampton, 1980, vol. 2, pp.693-712.
33. Liseikin, V.D. A Computational differential geometry approach to grid generation. Springer, Berlin, 2003, pp. 264.
34. Новожилов, В.В. Краткий очерк развития теории оболочек в СССР [Текст]: В кн.: Исследования по теории пластин и оболочек / В.В. Новожилов. – Казань, 1970, вып. 6–7. – С. 3 - 22.
35. Лурье, А.И. Общая теория упругих тонких оболочек [Текст] / А.И. Лурье // Прикладная математика и механика. – 1940. – Т.4, вып. 2. – С. 7-34.
36. Штаерман, И.Я. К теории симметричных деформаций анизотропных оболочек [Текст] / И.Я. Штаерман // Изв. Киевского политехн. и сельскохоз. ин-та. – 1924. – Кн. 1, вып.1. – С.54-72.
36. Амбарцумян, С.А. Некоторые вопросы теории анизотропных оболочек [Текст] / С.А. Амбарцумян //Изв. АН АрмССР. – 1947. – №9. – С.55-77.
37. Амбарцумян, С.А. Некоторые основные уравнения теории тонкой слоистой оболочки [Текст] / С.А. Амбарцумян // ДАН АрмССР. – 1948. – Т. 8, № 5. – С. 203 – 210.
38. Амбарцумян, С.А. Расчет пологих цилиндрических оболочек, собранных из анизотропных слоев [Текст] / С.А. Амбарцумян // Изв.

- АН АрмССР. Сер. физ.-мат., естеств. и техн. наук. – 1951. – Т. 4, № 5. – С. 373 - 391.
- 39 Амбарцумян, С.А. К вопросу расчета слоистых анизотропных оболочек [Текст] / С.А. Амбарцумян // Изв. АН АрмССР. – 1953. – Т. 6, № 3. – С. 15 - 35.
- 40 Власов, В.З. Общая теория оболочек и ее приложения в технике [Текст] / В.З. Власов. – М.-Л.: Гостехиздат, 1949. – 784 с.
- 41 Лехницкий, С.Г. Изгиб неоднородных анизотропных тонких плит симметричного строения [Текст] / С.Г. Лехницкий // Прикладная математика и механика. – 1941. – Т. 5. вып. 1. – С. 71-92.
- 42 Григолюк, Э.И. О прочности и устойчивости цилиндрических биметаллических оболочек [Текст] / Э.И. Григолюк // Инженерный сборник. – 1953, вып.16. – С. 119-148.
- 43 Амбарцумян, С.А. К расчету двухслойных ортотропных оболочек [Текст] / С.А. Амбарцумян // Изв. АН СССР. ОТН. – 1957. – № 7. – С. 57 - 64.
- 44 Амбарцумян, С.А. К общей теории анизотропных оболочек [Текст] / С.А. Амбарцумян // Прикладная математика и механика. – 1958. – Т. 22, вып. 2. – С. 226 - 237.
- 45 Григолюк, Э.И. К общей теории трехслойных оболочек большого прогиба [Текст] / Э.И. Григолюк, П.П. Чулков // ДАН. – 1963. – Т. 150, вып. 5. – С. 1012-1015.
- 46 Голушко, С.К. Проектирование равнопрочных однородных и композитных оболочек вращения [Текст] / С.К. Голушко, Ю.В. Немировский // Вычислительные технологии. – 2003. – Т. 8. Спец. выпуск, посвященный проблеме “Моделирование в задачах конструкционной прочности и информационные системы природно-техногенной безопасности”. – С. 96–108.
- 47 Григолюк, Э.И. Неклассические теории колебаний стержней, пластин и оболочек [Текст]: В кн.: Механика твердого деформированного тела. Итоги науки и техники / Э.И. Григолюк, И.Т. Селезнев. – М., 1973. – 271 с.
- 48 Муштари, Х.М. Некоторые обобщения теории тонких оболочек с приложением к задаче устойчивости упругого равновесия [Текст] / Х.М. Муштари // Изв. физ.-мат. об-ва при Казанском ун-те. – 1938. – Сер. 3, №11. – С. 71-150.
- 49 Муштари, Х.М. Теория упругого равновесия пластин и оболочек с учетом начальных напряжений [Текст] / Х.М. Муштари // Изв. КФАН СССР. Сер. физ.-мат. и техн. наук. – 1950. – № 2. – С. 39-52.
- 50 Муштари, Х.М. Об упругом равновесии тонкой оболочки с начальными неправильностями в срединной поверхности [Текст] / Х.М. Муштари // Прикладная математика и механика. – 1951. – Т. 15, вып. 6. – С. 743-750.
- 51 Муштари, Х.М. Нелинейная теория упругих оболочек [Текст] / Х.М. Муштари, К.З. Галимов. – Казань: Таткнигоиздат, 1957. – 432 с.
- 52 Новожилов, В.В. Основы нелинейной теории упругости [Текст] / В.В. Новожилов. – Л.-М.: Гостехиздат, 1948. – 212 с.
- 53 Zerna, W. Uber eine nichtlineare allgemeine Theorie der Schalen. In: Proc. IUTAM Symp. Theory thin elastic shells, Delft, 1959. Amsterdam, 1960, pp. 34-42.

- 
- 54 Naghdi, P.M. Some aspects of the nonlinear theory of elastic shells. Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Sci. Techn., 1964, vol. 12, № 11a, suppl., pp. 26-27.
- 55 Naghdi, P.M., Nordgren R.P. On the nonlinear theory of elastic shells under the Kirchhoff hypothesis. – Quart. Appl. Math., 1963, vol. 21, № 1, p. 49-59.
- 56 Sanders, J.L. Non-linear theories for thin shells. – Quart. Appl. Math., 1963, vol. 21, № 1, pp. 21-36.
- 57 Koiter, W.T. On the nonlinear theory of thin elastic shells, 1, 2, 3. Proc. K.Nederl. Akad. Wet., 1966, vol. B69, № 1, pp. 1-17; 18-32; 33-54.
- 58 Даревский, В.М. Нелинейные уравнения теории оболочек и их линеаризация в задачах устойчивости [Текст]: В кн.: Труды VI Всесоюз. конференции по теории оболочек и пластинок / В.М. Даревский. – М.: Наука, 1966. – С. 355-368.
- 59 Шкутин, Л.И. Об одном представлении уравнений нелинейной теории упругих оболочек [Текст]: В кн.: Труды VI Всесоюз. конференции по теории оболочек и пластинок / Л.И. Шкутин. – М.: Наука, 1966. – С. 841-848.
- 60 Голушко, С.К. Прямые и обратные задачи механики упругих композитных пластин и оболочек вращения [Текст] / С.К. Голушко, Ю.В. Немировский. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 432 с.
- 61 Андреев, А.Н. Многослойные анизотропные оболочки и пластины: Изгиб, устойчивость, колебания [Текст] / А.Н. Андреев, Ю.В. Немировский. – Новосибирск: Наука, 2001. – 288 с.
- 62 Шаповалов, Л.А. Уравнение эластики тонкой оболочки при неосесимметричной деформации [Текст] / Л.А. Шаповалов // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1976. – № 3. – С. 62-72.
- 63 Шаповалов, Л.А. О формулировке гипотезы Кирхгофа – Лява в нелинейной теории тонких оболочек [Текст] / Л.А. Шаповалов // Труды МВТУ им. Н.Э.Баумана. – 1980. – № 342. – С. 4-19.
- 64 Григолюк, Э.И. Об одном варианте уравнений теории конечных перемещений непологих оболочек [Текст] / Э.И. Григолюк, В.И. Мамай // Прикладная механика. – 1974. – Т. 10, вып. 2. – С. 3-13.
- 65 Кабанов, В.В. Уравнения тонких оболочек при сильно неоднородных напряженно-деформированных состояниях [Текст] / В.В. Кабанов // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1979. – № 4. – С. 155-161.
- 66 Кабанов, В.В. Устойчивость неоднородных цилиндрических оболочек [Текст] / В.В. Кабанов. – М.: Машиностроение, 1982. – 253 с.
- 67 Libai, A. Nonlinear shell dynamics – intrinsic and semi-intrinsic approaches. – *Trans. ASME. Ser.E*, 1983, vol. 50, № 3, pp. 531-536.
- 68 Libai, A., Simmonds, J.G. Nonlinear elastic shell theory. – *Adv. Appl. Mech.*, 1983, vol. 23, pp. 271-371.
- 69 Nolte, L.-P., Stumpf, H. Energy-consistent large rotation shell theories in Lagrangean description. *Mech. Research Communications*, 1983, vol. 10, № 4, pp. 213-221.
- 70 Pietraszkiewicz, W. On consistent approximations in the geometrically nonlinear theory of shells. – *Mitt. Inst. Mech. Ruhr-Univ. Bochum*, 1981, N 26, S. 39.
- 71 Pietraszkiewicz, W. A simplest consistent version of the geometrically nonlinear theory of elastic shells undergoing large/small rotations. – *Ztschr. Angew. Math. Mech.*, 1983, Bd 63, N 4, S. 200-202.
- 72 Tshoi, Y., Tosaka, N. Nonlinear theory of thin elastic shells. – *Technol. Rep. Tohoku Univ.*, 1970, vol. 35, N 2, pp. 87-111

- 73 Utida, J., Sezawa, K. Dynamical stability of a column under periodic longitudinal forces. – *Rep. Aeronautical Research Inst. (Tokyo)*. 1940, vol. 15, pp. 139-183.
- 74 Галимов, К.З. Основы нелинейной теории тонких оболочек [Текст] / К.З. Галимов. – Казань, 1975. – 328 с.
- 75 Галимов, К.З. Теория оболочек с учетом поперечного сдвига [Текст] / К.З. Галимов. – Казань, 1977. – 212 с.
- 76 Айнола, Л.Я. Нелинейная теория типа Тимошенко для упругих оболочек [Текст] / Л.Я. Айнола // Изв. АН ЭССР. Сер. физ.-мат. и техн. наук. – 1965. – Т. 14, № 3. – С. 337-344.
- 77 Спино, В.Е. Вариант геометрически нелинейной теории анизотропных оболочек, учитывающей поперечный сдвиг [Текст] / В.Е. Спино // Механика полимеров. – 1969. – № 5. – С. 863-871.
- 78 Спино, В.Е. Простейший вариант геометрически нелинейной теории ортотропных оболочек вращения, учитывающей поперечный сдвиг, и область его применения [Текст]: В кн. Проблемы строительной механики корабля / В.Е. Спино. – Л., 1973. – С. 223-242.
- 79 Болотин, В.В. Прочность, устойчивость и колебания многослойных пластин [Текст]: В кн. Расчеты на прочность / В.В. Болотин. – М., Машиностроение, 1965, вып. 11. – С. 31-63.
- 80 Бунаков, В.А. Определение упругих постоянных сетчатых оболочек из композитных материалов [Текст] / В.А. Бунаков, К.Н. Лебедев, М.Н. Немеребаев, А.Т. Тусупов // ВОТ. – 1987. – Сер. 15, вып. 5 (75). – С. 23-26.
- 81 Семенюк, Н.П. Устойчивость составных некруговых цилиндрических оболочек из композитов при осевом сжатии [Текст] / Н.П. Семенюк, И.Ю. Бабич, Н.Б. Жукова // Механики композитных материалов. – 2003. – Том 39, № 6. – С.813-830.
- 82 Бунаков В.А. Динамическая устойчивость оболочек сетчатой структуры из композитных [Текст] / В.А. Бунаков, И.К. Лебедев // Науч. вестн. МГТУ ГА / Моск. техн. ун-т гражд. авиации. – 2000. – N 29. – С. 45-50.
- 83 Бекмуратов, М.М. Тор көзді композит материалдан жасалған пластинаны иілуге есептеу [Мәтін] / М.М. Бекмуратов, М.Н. Немеребаев, Т.М. Жүнісбеков // Механика және технология процесстерін үлгілеу. – 2000. – №2. – Б. 124-129.
- 84 Жүнісбеков, Т.М. Тор көзді композит материалдан жасалған пластинаның тербелісі [Мәтін] / Т.М. Жүнісбеков, М.Н. Немеребаев, М.М. Бекмуратов // МТПҮ. – 2001. – №1. – Б. 34-36.
- 85 Жүнісбеков, Т.М. Сығылған композит материалдан жасалған тор көзді пластинаның орнықтылығы. [Мәтін] / Т.М. Жүнісбеков, М.Н. Немеребаев, М.М. Бекмуратов // МТПҮ. – 2001. – №1. – Б. 45-47.
- 86 Семенюк, Н.П. Устойчивость цилиндрических оболочек из композитов при несовпадении направлений армирования слоев и координатных линий [Текст] / Н.П. Семенюк, В.М. Трач // Механики композитных материалов. – 2005. – Том 41, № 5.– С. 651-662.
- 87 Шульга, Н.А. Вынужденные колебания трехслойных сферических и эллипсоидальных оболочек при осесимметричных нагрузках [Текст] / Н.А. Шульга, В.Ф. Мейш // Механики композитных материалов. – 2003. – Том 39, № 5. – С. 659-670
- 88 Заманов, А.Д. Собственные колебания полосы из композитного материала с локально искривленной структурой [Текст] / А.Д. Заманов

- // Механики композитных материалов. – 2005. – Том 41, № 1. – С. 71-78.
- 89 Гузь, А.Н. Напряженное состояние композитной цилиндрической оболочки с немалым отверстием [Текст] / А.Н. Гузь, К.И. Шнеренко, В.Ф. Годзула // Механики композитных материалов. – 2005. – Том 41, № 1. – С. 49-56.
- 90 Handbook of fiberglass and advanced plastic composites. Ed Jubin G. New York, Van Nostrand Reinhold, 1969, 894.
- 91 Plantence, R.I. Sandwich construction. The bending and buckling of sandwich beams plates and shells. N.Y. Willey, 1966.
- 92 Irving, E., Figge, S. “Tetra-Core” a three-dimensional space structure. Shell Aviation News”, 1971, №391, pp. 18-24.
- 93 Немеребаев, М. Колебания сетчатой оболочки из композитных материалов с учетом дискретности элементов [Текст] / М. Немеребаев // Механика и моделирование процессов технологии. – 2006. – №2. – С.273-281.
- 94 Немеребаев, М. Цилиндр тәрізді композит материалдан жасалған тор көзді қабыршықтың сызықсыз теңдеуі [Мәтін] / М. Немеребаев // МТПУ. – 2006. – №2. – Б. 249-258.
- 95 Немеребаев, М. Композит материалдан жасалған тор көзді цилиндр тәрізді қабыршықтың сызықтыққа келтірілген теңдеуі [Мәтін] / М. Немеребаев // МТПУ. – 2006. – №2. – Б. 345-350.
- 96 Розе, А.В. Трехмерноармированные тканые материалы. Экспериментальное изучение [Текст] / А.В. Розе, И.Г. Жигун, М.И. Душин // Механика полимеров. – 1970. – №3. – С. 474-476.
- 97 Free Vibration of Open Circular Cylindrical Composite Shells with Point Supports *J. Aerosp.*, Volume 18 Issue 2, ., pp. 120-128 (April 2005).
- 98 Halpin, S.C., Jerine, K.,Whithey, I.M. *Comp. Materials*, 1971, № 5, pp.30-36
- 99 Gordon, F., Tovman, G., Ress, C. Publication and analysis of Tetra-Core: “Lauved Anisotropic Fiber Composite” SAE preprint, 1972, №720343. pp I-Y.
- 100 Dobuns, A., Avery, G. Advanced composite lattice structure for improved structural integrity. *AIAA Paper*, №357, 1974.
- 101 Зайцев, И.М. Технологические процессы изготовления ячеистых структур из композитного материала. “Проблемы проектирования современных вертолетов” [Текст] / И.М. Зайцев // Труды Всесоюзной научной конференции. М., 1979. – 286 с.
- 102 Райт, Д.Т. Большепролетные сетчатые оболочки. В сб. “Большепролетные оболочки” [Текст] / Д.Т. Райт. – М.: Стройиздат, 1969. – Т. 1. – 214с.
- 103 Вайнберг, Д.В. Пространственные рамные каркасы инженерных сооружений [Текст] / Д.В. Вайнберг, В.Г. Чудновский. – Киев-Львов: Гостехиздат Украины, 1948. – 152 с.
- 104 Вайнберг, Д.В. Расчет пространственных рам [Текст] / Д.В. Вайнберг, В.Г. Чудновский. – Киев: Наукова думка, 1964. – 164 с.

Материал редакцияға 17.11.14 түсті.

**М. Nemerebayev<sup>1</sup>, М.М. Bekmuratov<sup>2</sup>, N. Karymsakov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Taraz Innovative-Humanitarian University, Taraz, Kazakhstan

<sup>2</sup>Taraz State University named after M.Kh. Dulaty, Taraz, Kazakhstan

## THEORY OF DYNAMIC LOAD NETWORK STRUCTURES FROM COMPOSITE MATERIALS AND REVIEWING THE STATE OF THEIR DESIGN

The paper considers the theory of dynamic load network structures made of composite materials and an overview of the current state of their design.

**Keywords:** composite material, mesh structure, dynamic load, the theory, design, review.

**М. Немеребаев<sup>1</sup>, М.М. Бекмұратов<sup>2</sup>, Н. Қарымсаков<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Таразский инновационно-гуманитарный университет, г. Тараз

<sup>2</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз

## ТЕОРИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ СЕТЧАТЫХ СТРУКТУР ИЗ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

В работе рассмотрена теория динамической нагрузки сетчатых структур из композитных материалов и сделан обзор современного состояния их проектирования.

**Ключевые слова:** композитный материал, сетчатая структура, динамическая нагрузка, теория, проектирование, обзор.

УДК 546.32186

**М. Сахы<sup>1</sup>, А. Шолак<sup>2</sup>, Ш. Карибаева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>3</sup>Магистр

Таразский государственный университет им.М.Х. Дулати, г. Тараз, РК

## ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ФЛОТАЦИОННОГО ОТХОДА ФОСФОРИТА КАРАТАУ НА ЕЕ КАЧЕСТВО

Приведены материалы исследования гранулометрического и химического состава отхода флотационного обогащения фосфорита Каратау.

**Ключевые слова:** отход, флотация, утилизация, минеральные ресурсы.

Фосфатное сырье является основой развития промышленности фосфорных, сложных удобрений и фосфорсодержащих продуктов, играющих важную роль в народном хозяйстве, являясь сырьевой базой для получения минеральных удобрений – главного источника повышения эффективности сельского хозяйства в конечном итоге благосостояния народа.

В Жамбылской области имеются залежи фосфоритовых руд, содержащих в своем составе до 20%  $P_2O_5$ . Для промышленной переработки их на минеральные удобрения используются полученное на их основе обогащенное фосфатное сырье с содержанием не менее 24,5% полезного компонента  $P_2O_5$  [1].

Ранее в г. Каратау функционировала обогатительная фабрика по получению концентрата из фосфатных руд по методу суспензионно-флотационного обогащения с применением поверхностно-активных материалов. Отходы флотационного обогащения в виде гидросуспензии бедных шламов направлялись в шламонакопитель, в котором суспензия отстаивалась с разделением на осадок и жидкую часть, происходило поверхностное естественное испарение воды из жидкой части, а твердая часть отхода, содержащая 14-17%  $P_2O_5$ , накапливалась в объеме шламонакопителя.

После вывода из эксплуатации обогатительной фабрики шламонакопитель был законсервирован. Количество накопленных в нем твердых отходов флотационной переработки фосфатного сырья составляет около 14 млн. т (в пересчете на полезный компонент  $P_2O_5$  – 246,5 тыс. т).

В настоящее время заскладированные в шламонакопителе под открытым небом отходы подвергаются ветровой и водной эрозии, что создает неблагоприятные экологические условия для окружающего района: вынос пыли, содержащей окись кремния с высохшей поверхности шламонакопителя, вымыв фторсодержащих солей из толщи отходов дождевыми водами в подземные воды.

Минеральные ресурсы относятся к невозобновляемым источникам сырья и, по мере отработки наиболее богатых и легкодоступных месторождений, качество руд снижается, а количество отходов и стоимость полезного продукта возрастает.

В настоящее время особое внимание уделяется на утилизацию техногенных ресурсов, которые из года в год накапливаются, занимая огромные территории [2]. Если подойти к этому вопросу с умом, можно было бы использовать их в качестве вторичного сырья. Использование вторичного сырья и промышленных отходов позволяет снизить потребности в энергетических ресурсах и первичном минеральном сырье, тем самым, уменьшить объем ведения специальных добывающих работ и темпы роста отвалов и хвостохранилищ.

Утилизацию отходов обогащения следует рассматривать как резерв запасов открытой разработки, обеспеченность которыми весьма ограничена. Поэтому комплексные исследования накопленных отходов изучением их минерального и химического состава, лабораторными испытаниями и обогащениями и экономической эффективности переработки представляются важными инновационно-технологическим направлением воспроизводства и освоения фосфатной сырьевой базы [3].

Для определения возможностей использования флотационных отходов обогатительной фабрики Каратау экспериментальные исследования в нескольких последовательных этапах.

Первоначальным этапом работы была оценка объемов отходов в шламонакопителях. Анализ документации бывшей обогатительной фабрики за период ее эксплуатации показал, что на настоящий момент в шламонакопителях скопилось более 14 млн. тонн отходов на территории общей площадью 12 гектаров.

При отборе пробы необходимо стремиться к тому, чтобы ее химический состав правильно отражал состав всего анализируемого объекта. Если это условие не соблюдено и проба не характеризует нужный объект, то весь анализ, даже самый точный, теряет смысл.

Чтобы отобранная проба по своему составу соответствовала действительному составу материала, необходимо брать определенное количество мест из партии и учитывать крупность кусков.

Пробы флотационных отходов брались с разных мест: снизу, сверху, из середины и с боков, а также с разных глубин от 20 см до 1 м и весом по 10 кг. Пробу отбирали специальным приспособлением – щупом.

Щуп представляет собой железный или медный узкий желоб, заостренный с одного конца. Для более точного отбора проб применяется щуп конструкции Говальского (рис. 1).

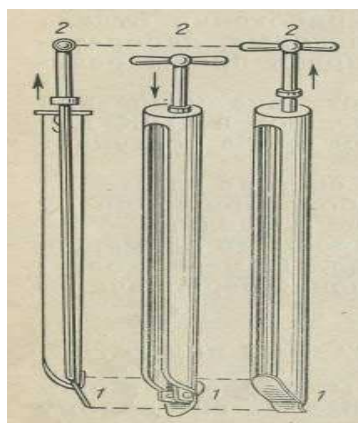


Рис. 1. Щуп конструкции Говальского:

1 – клапан; 2 – ручка щупа.



Рис. 2. Установка лабораторная для разделения песчаной основы формовочных песков на фракции по крупности зерен (Модель 029)

С каждой пробы было взято по 5 кг исходного сырья. Затем отобрали среднюю пробу методом квартования.

После усреднения пробы, потребовалась дополнительная сушка, т.к. сырье было влажным. Для этого брали по 1 кг исходного сырья, и помещали в сушильный шкаф, и при температуре 105-110 °С выдерживали в течение 1 часа.

Гранулометрический состав определяли ситовым методом на лабораторной установке (рис. 2) на фракции по крупности зерен. Ситовый метод определения основан на рассеиве пробы испытуемого продукта, на комплекте сит для разделения песчаной основы формовочных песков на фракции по крупности зерен и взвешивании остатка на сите на каждом сите. Для определения фракционного состава исходного сырья были взяты сита следующих размеров: 1,6; 1; 0,63; 0,4; 0,315; 0,20; 0,16; 0,1; 0,063; -0,063 мм. Для проведения анализа исходные пробы брались в параллельных пробах массой по 100 граммов, которые обозначались буквой А и Б.

Таблица 1

Результаты определения гранулометрического состава образцов флотационных отходов

Фракции, мм	1,6	1,0	0,63	0,4	0,31	0,2	0,16	0,1	0,063
Проба А	3,92	3,66	3,34	5,82	9,5	32,37	6,57	16,57	10,74
Проба Б	Отс.	Отс.	4,76	6,37	12,37	34,05	9,37	18,64	9,85



По полученным результатам следует, что содержание фракции с размером зерен 0,2 мм наибольшее и составляет более 32% (рис. 3).

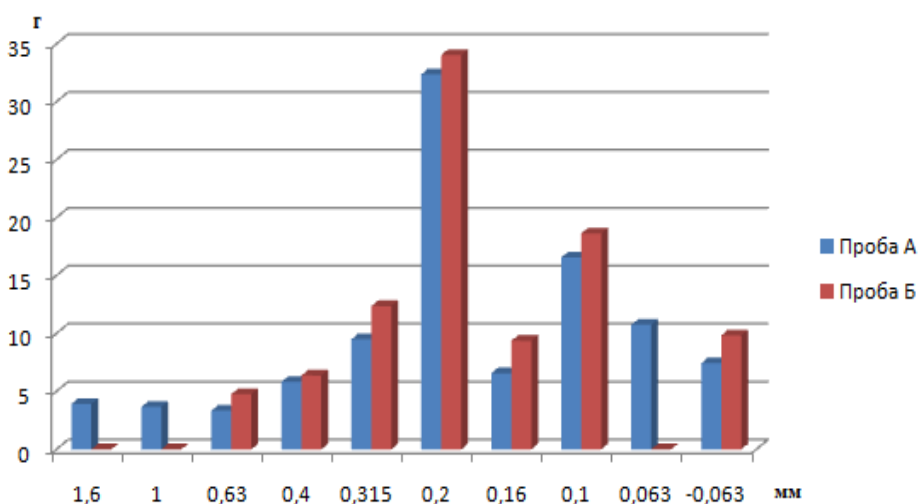


Рис. 3. Количественный выход фракций при рассеивании через сита

Данная зависимость позволяет прогнозировать целесообразность использования фракций для дальнейшей переработки в целевой продукт в зависимости от его химического состава. Наибольший интерес представляет именно фракция 0,2 мм, поскольку в объемном отношении она превосходит все остальные.

Было проведены исследования структуры гранул флотационных отходов в научно-исследовательской лаборатории «Наноинженерные методы исследований им. А.С. Ахметова». Рассмотрено кристаллическое строение частиц на растровом электронном микроскопе JSM – 7500F, при увеличении в 10000 раз (рис. 4), которое показало высокую неоднородность частиц. Анализ микрофотографий показал присутствие кристаллов кальцита, глинистых минералов, гипса и кварц.

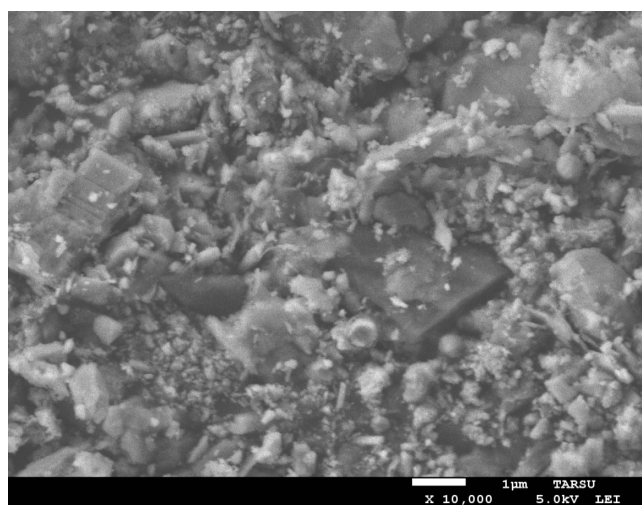


Рис. 4. Структура образцов флотационных отходов при увеличении в 10000 раз

Результаты определения основных компонентов в образцах исходных проб и во фракциях флотационного отхода представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты определения содержания основных компонентов флотационных отходов Каратау

Проба	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	CaO %	Mg O%	CO <sub>2</sub> %
А	17	28,6	4	4,4
Б	21	30	3,9	3,6

Из результатов исследования видно, что сырье не совсем убогое и вполне может быть утилизировано. Содержание основного интересующего нас фосфорного ангидрида в образце пробы Б, как видно на рисунке 4 достигает до 21%. А также массовая доля оксида магния и двуокиси углерода вполне удовлетворяют требованиям кислотной переработки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ратобыльская, Л.Д. Обогащение фосфатных руд [Текст] / Л.Д. Ратобыльская, Н.Н. Бойко, А.О. Кожевников. – М: Недра, 1979. – 261 с.
2. Кузовлев, А.К. Технология обогащения зернисто-детритовых фосфатных руд Джеройского и Сардаринского месторождений [Текст] / А.К. Кузовлев, И.И. Мальцева, А.Н. Пугач // Сб. науч. тр. Среднеазиатск. НИИ геологии и минерального сырья. – Ташкент, 1981. Вып.3. – С. 73-82.
3. Бачурин, Б.А. Физико-химические аспекты формирования состава отходов горно-обогатительного производства [Текст] / Б.А. Бачурин, Т.А. Одинцова, Е.С. Первова // Горный журнал. – 2013. – № 6. – С. 86-89.

Материал поступил в редакцию 03.11.14.

**M. Sahy, A. Sholak, Sh. Karibaeva**

*Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan*

### INFLUENCE OF DISTRIBUTION OF SIZES OF A FLOTATION WITHDRAWAL OF KARATAU PHOSPHORITE ON ITS QUALITY

Materials over of research of grain-size and chemical composition of a withdrawal of flotation of a withdrawal of flotation enrichment of Karatau phosphorite are given.

**Keywords:** withdrawal, flotation, utilization, mineral resurces.

**М. Сахы, А. Шолак, Ш. Кәрібаева**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы*

### ҚАРАТАУ ФОСФОРИТІ ФЛОТАЦИЯЛЫҚ ҚАЛДЫҒЫНЫҢ САПАСЫНА ГРАНУЛОМЕТРИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ ӘСЕРІ

Мақалада Каратау фосфориті флотациялық қалдығының гранулометриялық және химиялық құрамын зерттеу әдістері келтірілген.

**Түйін сөздер:** қалдық, флотация, утилизация, минералды ресурстар.

УДК 664.71:006.354

**Е. Спандияров<sup>1</sup>, М. Немербаев<sup>2</sup>, Г.Ш. Саржанова<sup>3</sup>, П.М. Маликтаева<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup>Техн. ғылымдарының докторы, профессор, <sup>3,4</sup>Техн. ғылымдарының канд.  
Тараз инновациялық-гуманитарлық университеті, Тараз қаласы, ҚР

**ТАЛҚАННЫҢ ТАБИҒИ ЕҢКІШТІК БҰРЫШЫН АНЫҚТАУ**

Талқанның табиғи еңкіштік бұрышы оның бөлшектерінің инерциялық күштерінің әсерлерін ескеру және ескермеу бойынша зерделенді. Осы кезге дейінгі қолданылатын прибор негізінде құрастырылған жаңа зертханалық қондырғы көмегімен талқанның табиғи еңкіштік бұрышы анықталды. Сыналатын материал бөлшектерінің инерциялық күштерінің мәндері максималды түрде төмендеуі іс жүзінде нөлді құрады. Тәжірибелік мәліметтерді бірге өңдеу сусымалы тамақ материалдары бөлшектерінің инерциялық күштерін ескеру олардың табиғи еңкіштік бұрышының сандық мәндерін жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік туғызатынын көрсетті.

**Түйін сөздер:** талқан, табиғи еңкіштік бұрыш, електі талдау.

Тары ботқасында жүрек-тамыр ауруларына шалдыққан адам ағзасына пайдалы калий мөлшері басқа жарма түрлеріне қарағанда жоғары, сонымен қатар асқазан-ішек жолдарының қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ететін тамақ талшықтары және шаршауды, мазасыздануды басатын В тобындағы дәрумендер көп кездеседі. Тары ботқасы қан құрамындағы холестерин деңгейін едәуір төмендетеді және липолитикалық қасиетке ие.

Қазақтар, татарлар, тувалар, буряттар және басқа да халықтар көне ұлттық тәсілдермен дайындалатын жарма тағамдарын күнделікті өмірде кең қолданады. Мысалы, Қазақстанда, Тувада тарыны өңдейтін өзіндік технология кең қолдану тапқан: алдымен тарыны қайнатады, одан кейін қуырады, ыстық күйде қауыздайды, жемісті үлпектерден ауамен суыру арқылы соңынан тазалайды.

Алынған тары жармасы сөк деп аталады. Жоғары температурада қант және декстрин мөлшерлерінің жылдам өсуінің нәтижесінде сөкте тәтті дәм пайда болады, алынған жарма аз уақытта суда, немесе қайнаған сүтте былбырап пісіп, сусымалы, шашпа ботқаға айналады [1].

Белгілі бір ірілікке дейін ұсатылған сөк талқанға айналады. Талқан құнды ұлттық тағамға жатады, адам ағзасына жақсы сіңеді, жылумен өңдеуді қажет етпейді және ұзақ уақыт сақтауға болады [2].

Талқанға ара балы, құмшекер, сары май, кептірілген жүзім және басқа да тамақ компоненттерін белгілі бір рецептура арқылы қоса отырып, қысқа уақыт аралығында әртүрлі тұрғындар үшін функционалды көптеген дәмді, нәрлі және пайдалы тағам түрлерін дайындауға болады.

Бірақ, аталған өнімнің технологиялық машиналарды жобалауға қажетті физика-механикалық қасиеттері аз зерттелген.

Жұмыстың мақсаты ылғалдылығы 8,0 % талқанның табиғи еңкіштік бұрышын анықтау болып табылады. Електі талдау көрсеткендей шамамен 70 % алынған сыналатын масса бөлшектерінің өлшемі 0,63 – 0,8 мм аралықты құрайды, ал 20 % бөлшектерінің өлшемі 0,63 мм, қалған бөлігі саңылауы 1,0 мм болып келген електе қалдықты түзеді. Талқанның тығыздығы 700 кг/м<sup>3</sup> тең.

Сынақ жүргізу кезеңінде сусымалы материалдар науадан бос құйылу арқылы оның астындағы горизонталь бетте конус тәрізді пішінге ие болады [3].

Талқанның табиғи еңкіштік бұрышын келесі формула арқылы анықтайды

$$\alpha = \arctg \frac{2h}{d},$$

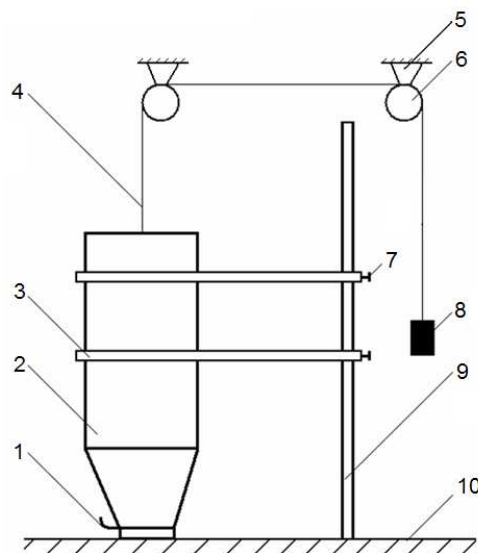
мұндағы:  $h$  – конус биіктігі, м;  $d$  – конус диаметрі, м.

Стандартты әдістемелерді қолдану арқылы түрлі өлшеулер жүргізу кезеңінде алынған нәтижелер арасындағы ауытқу 15 % дейін құрайтыны белгілі [4]. Бұл, біздің ойымызша, негізінен сусымалы материалдардың науадан төгілу кезіндегі бөлшектерінің инерциялық күштерінің әсерінен болады.

Осы кезге дейінгі қолданылатын прибор негізінде біз құрастырған жаңа зертханалық қондырғы көмегімен сыналатын материалдардың табиғи еңкіштік бұрышын оның бөлшектерінің инерциялық күштерінің аса төменгі мәндерінде, іс жүзінде олар нольге тең болғанда, анықтауға болады [5].

Суретте сусымалы тамақ материалдарының табиғи еңкіштік бұрышын анықтайтын қондырғының принципіалды схемасы көрсетілген. Қондырғы сыналатын сусымалы материалы бар науадан 2, сырықтан 9, горизонталь жазықтықтан 10, қалақтан 1, қамытттан 3, жіптен 4, қозғалмайтын тіректен 5, шкивтен 6, бұрандадан 7, жүктен 8 тұрады. Науаның 2 жоғарғы беті толық цилиндр, ал төменгі бөлігі қиғаш конус тәріздес болып келеді.

Қамыт 3, қозғалмайтын тірек 5, шкив 6, бұранда 7 екі данадан тұрады. Сырық 9 горизонталь жазықтыққа қатаң 10 бекітілген. Науа 2, қамыт 3, жіп 4 және шкив 6 көмегімен жүктің 8 әсерінен тек вертикаль бағытта қозғалыс жасай алады. Бұрандалар 7 қамыт 3 арқылы науаны 2 сырыққа 9 бекіту үшін арналған.



Сурет. Сусымалы тамақ материалдарының табиғи еңкіш бұрышын анықтауға арналған қондырғының принципіалды схемасы

Сусымалы тамақ өнімдерінің табиғи еңкіш бұрышын анықтауға арналған зертханалық қондырғы келесі тәртіппен жұмыс атқарады.

Қалағы 1 жабық науа 2 төменгі бөлігі арқылы горизонталь жазықтықтың 10 бет жағына тірелген күйде болады және жоғарғы ашық жағы арқылы сыналатын сусымалы материалмен толтырылады. Осыдан кейін қалақты 1 ашып, жүктің 8, жіптің 4 көмегімен статикалық күйде, яғни аса жай жылдамдықпен науаны 2 жоғарыға көтереді.

Сыналатын материал науадан 2 горизонталь жазықтықтың 10 бет жағына құйылу арқылы конус тәрізді пішінге ие болады. Сызғыштың көмегімен конустың биіктігі мен диаметрін өлшеп, жоғарыда көрсетілген формула арқылы сыналатын материалдың табиғи еңкіштік бұрышын анықтайды.

Зертханалық зерттеу нәтижелерін салыстыру үшін тәжірибені белгілі әдістеме бойынша, яғни инерция күштерінің әсерімен (1 вариант) және ұсынылып отырған жаңа әдіс бойынша, яғни бөлшектердің инерциялық күштерінің болмауы жағдайында жүргізілді (2 вариант). Әр тәжірибе 5 рет қайталанды.

Талқанның табиғи еңкіш бұрышының сандық мәндері кестеде берілген. Кестеден бірінші вариантқа қарағанда екінші варианттағы табиғи еңкіш бұрышының шамасының  $\alpha_{op}$  үлкен екендігі және  $\alpha_{op}$  арасындағы айырмашылық 10 % құрайтыны көрінді, яғни бөлшектердің инерция күштері алынған нәтижелердің сандық мәндеріне едәуір әсер ететіндігін көрсетті.

Кесте

Талқанның табиғи еңкіш бұрышының сандық мәндері ( $\alpha$ , град)

Тәжірибе реті	1 - вариант	2 - вариант
1	37,85	45,86
2	38,37	44,09
3	39,48	40,06
4	38,56	42,75
5	39,36	43,03
$\alpha_{op}$	38,72	43,16

Мәліметтерді статистикалық өңдеу дербес компьютердің «Excel» бағдарламасын қолдану арқылы жүргізілді. Бұл кезде екінші вариант бойынша еңкіш бұрыштың мәнінің стандартты қателігі 0,947 болды.

Талқанның еңкіштік бұрышының сенімділік аумағы бас жиынтықтың стандартты ауытқуы 2,12 мен елеулілігі альфа 0,05 тең болған кезде  $43,16 \pm 1,86$  градусты құрады.

Сонымен бөлшектердің инерциялық күштерінің әсерін барынша азайту, сусымалы тамақ өнімдерінің табиғи еңкіштік бұрышының сандық мәндерін жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Технологические исследования производства национального казахского крупяного продукта [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.talgan.org/proizvodstvo.html> (қаралған дата 08.2013).

2. Спандияров, Е. Линия для производства крупы «Тары» [Текст] / Е. Спандияров, К.А. Кульмамбетов / ЦНТИ. Инф. листок №90-011. – Джамбул: 1990. – 6 с.
3. Шубин, И.Н. Технологические машины и оборудование. Сыпучие материалы и их свойства [Текст]: учеб. пособие / И.Н. Шубин, М.М. Свиридов, В.П. Таров. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос.техн.ун-та, 2005. – 76 с.
4. Шершукова, А.И. Автоматизированное определение углов естественного откоса [Электронный ресурс] / А.И. Шершукова, Е.Ю. Чулков [и др.]. – Режим доступа: <http://www.tstu.ru/education/elib/pdf/st/2007/shershuk.pdf> (дата обращения 05.2013).
5. Устройство для определения угла естественного откоса сыпучих пищевых материалов [Текст]: инновационный патент Республики Казахстан / Спандияров Е., Саржанова К.Ш., Ергалиева Ж.К., Маликтаева П.М. – №27959; 24.12.13.

*Материал редакцияга 08.12.14 түсті.*

**E. Spandiyarov, M. Nemerebaev, G.Sh. Sarjanova, P.M. Maliktaeva**

*Taraz Innovative-Humanitarian University, Taraz, Kazakhstan*

#### **DETERMINATION OF THE ANGLE OF NATURAL SLOPE OF GROATS**

The corners of natural slope of groats "Tary" are investigational at the action of forces of inertia and absence of forces of inertia of particles. On the base of existent device the special experimental settings, by means of that the corner of natural slope is certain at the maximally mionectic values of inertia forces of particles of examinee material, is worked out, practically equal to the zero. Joint analysis of experimental data showed that the inclusion of the inertial forces of the particles with high accuracy to determine the numerical values of the angle of natural slope of bulk food materials.

**Keywords:** groats, angle of natural slope, sieve analysis.

**Е. Спандияров, М. Немеребаев, Г.Ш. Саржанова, П.М. Маликтаева**

*Таразский инновационно-гуманитарный университет, г. Тараз, РК*

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО УГЛА ОТКОСА ТАЛКАНА**

Естественный угол откоса талкана изучен с учетом, а также без учета влияния инерционных сил его частиц. Определен естественный угол откоса с помощью новой лабораторной установки, сконструированной на основе применяемого в настоящее время прибора. Максимальное уменьшение значения инерционных сил частиц испытуемого материала фактически равен нулю. Совместная обработка опытных данных с учетом инерционных сил частиц сыпучих пищевых материалов показала возможность высокоточного определения количественных значений их естественного угла откоса.

**Ключевые слова:** талкан, естественный угол откоса, анализ сита.

УДК. 677.025

**К.М. Холиков<sup>1</sup>, М.М. Мукимов<sup>2</sup>, Г.Х. Гуляева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Соискатель ученой степ. д-ра PhD, <sup>2</sup>Д-р техн. наук, проф., <sup>3</sup>Мл. науч. сотрудник.  
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан

### **ПУТИ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Предлагается новая технология выработки плюшевого трикотажа, где в качестве грунтовой нити с целью расширения ассортимента трикотажных полотен, улучшения гигиенических свойств и эффективного использования местного сырья были использованы хлопчатобумажная и шелковая пряжа. Повышение формоустойчивости плюшевого трикотажа было достигнуто за счет включения в структуру трикотажа высокоусадочной нити лайкра.

**Ключевые слова:** плюшевый трикотаж, гигиенические свойства, формоустойчивость трикотажа, хлопчатобумажная пряжа, шелковая пряжа, нить лайкра.

Издавна в Узбекистане наряду с дешевыми простыми тканями производились изумительные по красоте высококачественные ткани – хлопчатобумажные, полупелюшковые, шелковые и шерстяные, славившиеся на всём Востоке еще в пору античности и раннего средневековья, когда из Китая через Среднюю Азию проходил знаменитый «Шелковый путь».

По производству хлопка Республика Узбекистан занимает шестое место в мире: после Китая, США, Индии, Пакистана и Бразилии по объему его экспорта – третье: после США и Индии, а по производству шелковичных коконов и натурального шелка – третье место в мире и первое среди стран СНГ.

Пряжа имеет особое значение при определении качества трикотажных изделий. Качество всего изделия на 70% зависит от качества пряжи, из которой оно изготовлено. Состав пряжи бывает натуральным, синтетическим и искусственным.

Натуральная пряжа очень экологична, так как содержит в своем составе только натуральные волокна растительного и животного происхождения. Натуральная пряжа обладает высоким качеством, высокой гигиеничностью и высокой ценой.

Трикотаж из хлопчатобумажной пряжи обладает хорошей гигиеничностью, гигроскопичностью и ценовой привлекательностью для широкого круга потребителей.

Особые требования к текстильным материалам, обусловленные специфическими климатическими условиями, делают незаменимыми высокие гигиенические свойства натурального шелка, а легкость и красота способствуют постоянству спроса на изделия из него. Основные требования, предъявляемые учеными медиками рациональным гигиеническим изделиям, являются: мягкость, гибкость, гигроскопичность, гидрофильность, предохранение кожи от механических воздействий – трения и раздражения. Изделия должны хорошо впитывать водяные пары, обеспечивать высокую

проходимость воздуха [1]. Перечисленные свойства характерны для пряжи из натурального шелка.

Синтетическая пряжа в чистом виде в производстве одежды из трикотажа использовать не рекомендуется, так как оно обладает низкими гигиеническими качествами, но небольшие добавки синтетического волокна в состав натуральной пряжи делает вещи, производимые из нее более долговечными, устойчивыми к внешним воздействиям, практичными при ежедневном ношении.

Поэтому расширение ассортимента трикотажных изделий за счет эффективного использования местного сырья такого, как хлопок, шелк, является актуальным.

Среди трикотажных полотен, которые успешно используются при изготовлении верхних, теплых бельевых, детских изделий, а также изделий технического назначения, определенный интерес представляют плюшевые полотна, обладающие улучшенными теплозащитными свойствами.

С экономической точки зрения вязание плюшевого трикотажа целесообразно, так как при одинаковом расходе сырья плюшевый трикотаж имеет большую толщину, чем трикотаж других видов, а, следовательно, обладает улучшенными теплозащитными свойствами. Кроме того, структура плюшевого трикотажа позволяет использовать сочетания нитей различных видов, а, следовательно, и разных по стоимости без ущерба для качества продукции.

Известно, что плюшевый трикотаж, выработанный на базе глади, несмотря на свои преимущества, обладает способностью деформироваться при воздействии нагрузок. Происходит это вследствие того, что грунт плюшевого трикотажа имеет менее формоустойчивую структуру по сравнению с тканым плюшем. В результате этого ограничивается область применения трикотажа плюшевого переплетения.

Часто при выработке платированного плюшевого трикотажа для верхних изделий для повышения формоустойчивости в качестве грунтовой нити применяют полиэстеровую пряжу. Однако полиэстер является дорогостоящим сырьем, а также применение полиэстеровой пряжи снижает гигиенические свойства трикотажа. Также применение полиэстеровой пряжи в качестве грунтовой нити, а хлопчатобумажной пряжи в качестве плюшевой может вызвать трудности при окрашивании, т.к. разные виды применяемого сырья требуют различных режимов окрашивания и могут дать разную расцветку.

Поэтому нашими учеными было проведено исследование повышения формоустойчивости плюшевого трикотажа за счет включения в его структуру лайкровой нити. При этом лайкровая нить провязывается вместе с грунтовой нитью. Преимуществом такого применения лайкровой нити в том, что лайкровая нить за счет своих непревзойденных свойств принимать первоначальные размеры после растяжения повышает формоустойчивость плюшевого трикотажа, а за счет тонины лайкровая нить не утяжеляет трикотаж и не проглядывается на поверхности трикотажа.

С целью расширения ассортимента трикотажных полотен, улучшения гигиенических свойств и эффективного использования местного сырья, разработана технология выработки плюшевого трикотажа, где в качестве грунтовой нити были использованы хлопчатобумажная и шелковая пряжа. Повышение формоустойчивости плюшевого трикотажа было достигнуто за счет включения в структуру трикотажа высокоусадочной нити лайкра.



Для выработки образцов плюшевого трикотажа была использована однофонтурная кругловязальная машина Pailung (Тайвань), предназначенная для выработки нижних, верхних и спортивных изделий.

В первом варианте плюшевого трикотажа в качестве грунтовой нити была использована полиэстеровая нить линейной плотностью 11 текс, а в качестве плюшевой – хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 20 текс.

Графическая запись плюшевого трикотажа показана на рисунке 1.

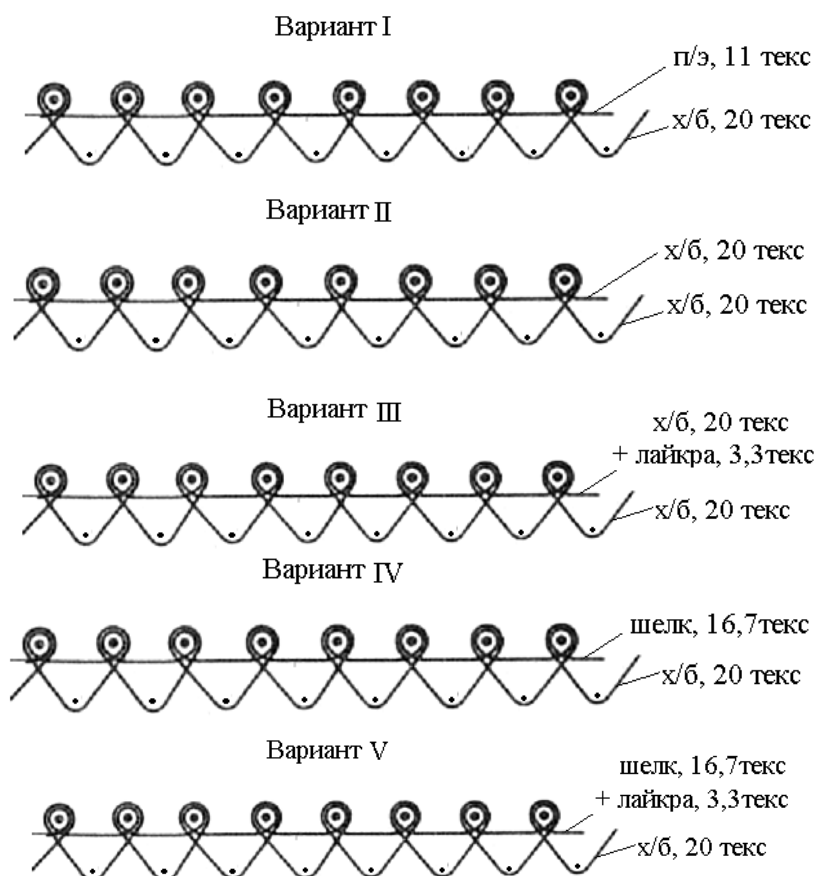


Рис. 1. Графическая запись плюшевого трикотажа

Во втором варианте плюшевого трикотажа в качестве грунтовой и плюшевой нитей были использованы хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 20 текс.

В третьем варианте плюшевого трикотажа в качестве грунтовой и плюшевой нитей были использованы хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 20 текс. В этом варианте, в отличие от второго, с целью повышения формоустойчивости плюшевого трикотажа в его структуру была включена высокоусадочная нить лайкра. При этом лайкровая нить провязывается вместе с грунтовой нитью.

В четвертом варианте плюшевого трикотажа в качестве грунтовой нити была использована шелковая пряжа линейной плотностью 16,7 текс, а в качестве плюшевой – хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 20 текс.

В пятом варианте плюшевого трикотажа с целью повышения формоустойчивости трикотажа в структуру грунтового переплетения вместе с шелковой пряжей линейной плотностью 16,7 текс вязана лайкровая нить линейной плотностью 3,3 текс. Плюшевая нить – хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 20 текс.

Процесс выработки образцов плюшевого трикотажа происходил стабильно, без затруднений.

При выработке плюшевого трикотажа из перечисленных видов сырья необходимо обратить внимание на входное натяжение нити.

Определены технологические параметры и физико-механические свойства разработанных полотен, полученные результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технологические параметры и физико-механические свойства плюшевого трикотажа

Варианты	Показатели	Содержание нитей, %			Воздухопроницаемость, ВР, см <sup>2</sup> /см <sup>2</sup> сек	Прочность на истирание, тыс. обор	Разрывная нагрузка, Рр, Н		Разрывное удлинение, L %		Необратимая деформация, ен %		Обратимая деформация, ео %		Усадка полотна, У %		Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Объемная плотность, δ мг/см <sup>3</sup>
		хлопк х/б	грунт	лайкра			По длине	По ширине	По длине	По ширине	По длине	По ширине	По длине	По ширине	По длине	По ширине		
1	80,9	п/э 19,1		122,9	49,6	208,2	164,5	128,7 / 38,1	147,1 / 47,2	21	18	79	82	6	0,9	316	263,3	
2	70,4	х/б 29,6		58,3	58,6	138,7	171,02	95,6/ 20,3	112,6 / 26,5	30	13	70	87	3,7	4,8	381	284,3	
3	67,4	х/б 29,95	2,64	40,9	71,8	206,0	199,09	149,8 / 23,6	138,8 / 30,9	13	12	87	88	13,2	9,8	470	288,4	
4	78	шелк 22		104,7	51,0	179,7	142,3	93,4/ 22,4	127,8 / 44,2	20	14	80	86	9,7	3,0	314	273	
5	78,5	шелк 20,6	0,9	45,3	70,5	151,9	148,65	123,8 / 33,4	157,7 / 50,7	15	10	85	90	20,0	7,5	423	256,4	

Анализ полученных результатов показывает, что объемная плотность плюшевого трикотажа меняется от 256,36 до 288,34 мг/см<sup>3</sup>, т.е. объемная плотность у всех пяти вариантов имеет близкие значения.

Прочность на истирание у вариантов II, III, IV и V больше, чем у I-варианта плюшевого трикотажа, где в качестве грунтовой нити использовалась нить полиэстер.

Основным показателем формоустойчивости трикотажа являются разрывное удлинение, обратимая и необратимая деформация и усадка. Как видно из таблицы 1 разрывное удлинение предложенных вариантов меньше, чем у базового варианта I, а обратимая деформация и усадка больше. Это указывает на то, что при выработке плюшевого трикотажа в качестве грунтовой нити используя вместо полиэстеровой пряжи хлопчатобумажную пряжу и высокоусадочную нить лайкра, можно улучшить гигиенические свойства трикотажа, повысить формоустойчивость и уменьшить себестоимость трикотажного полотна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муминов, Б.Д. Гигиенические требования к рациональной одежде для климатических условий Средней Азии [Текст] / Б.Д. Муминов, Н.К. Хамраев. – Ташкент: Узоргтехстрой, 1968. – 83 с.

*Материал поступил в редакцию 17.06.14.*

**K.M. Kholikov, M.M. Mukimov, G.H. Gulyaeva**

*Tashkent institute of textile and light industry, Tashkent, Republic of Uzbekistan*

**WAYS OF EFFICIENTLY USING OF LOCAL RAW MATERIALS  
IN KNITTED WEARS PRODUCTION**

The new technology of producing of plush jersey where as a soil thread has been used cotton and silk yarn is offered. Increasing of shape-hold properties of plush jersey has been reached at the expense of inclusion in jersey structure of Lycra threads.

**Keywords:** plush jersey, hygienic properties, shape-hold of jersey, a cotton yarn, a silk yarn, a Lycra thread

**K.M. Холиков, M.M. Мукимов, Г.Х. Гуляева**

*Ташкент текстиль және жеңіл өнеркәсіп институты,  
Ташкент қаласы, Өзбекстан Республикасы*

**ТРИКОТАЖ БҰЙЫМДАРЫН ӨНДІРУДЕ ЖЕРГІЛІКТІ ШИКІЗАТТЫ  
ТИІМДІ ПАЙДАЛАНУДЫҢ ЖОЛДАРЫ**

Қыжымды трикотаж өндірудің жаңа технологиясы ұсынылған, мұнда трикотаж кенептерінің ассортиментін кеңейту, гигиеналық қасиеттерін жақсарту және жергілікті шикізатты тиімді пайдалану мақсатында кездеме жібі ретінде мақта-маталы және жібекті иірілген жіптер қолданылды. Қыжымды трикотаждың пішін тұрақтылығының артуы трикотаж құрылымына жоғары шөккіш лайкра жібін қосу арқылы қол жеткізілді.

**Түйін сөздер:** қыжымды трикотаж, гигиеналық қасиеттері, трикотаждың пішін тұрақтылығы, мақта-маталы иірілген жіп, иірілген жібек жіп, лайкра жібі.

УДК 664.661.3:664.315.6

Е.Н. Шоя<sup>1</sup>, Н.А. Горбатовская<sup>2</sup>, Ш.Д. Умирбаева<sup>3</sup>, Е.И. Атенов<sup>4</sup><sup>1,4</sup>Магистр, инженер, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>3</sup>Инженер  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз**ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЗЕРНОВЫХ И БОБОВЫХ КУЛЬТУР НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТЕСТА**

Рассмотрена актуальность проблемы обогащения хлеба белком, витаминами, макро- и микронутриентами. Представлены результаты научных исследований влияния наноструктурированных зерновых и бобовых культур на показатели качества муки и теста. Определена оптимальная дозировка внесения композитной смеси при безопасном способе тестоведения.

**Ключевые слова:** нанотехнология, наноструктурированное зерно, структурно-механические свойства, качество и количество сырой клейковины, газообразующая, газодерживающая, формодерживающая, водопоглощительная и гидратационная способности муки, реологические свойства.

Регулярное включение в рацион питания специализированных пищевых продуктов, обогащенных жизненно необходимыми нутриентами, основой которых является натуральное природное сырье, является ключом к решению вопроса о восполнении недостающих организму белков, витаминов, эссенциальных макро- и микронутриентов для оптимизации рационов питания.

Хлеб в рационе питания человека занимает ведущее место. В качестве основного сырья используется мука высшего, первого, второго сортов. Однако, для традиционной технологии переработки зерна в муку хлебопекарную, характерно то, что в готовой продукции от всех биохимических питательных запасов зерна остается не более 10%, которые не обеспечивают нас сбалансированным питанием, что приводит к ряду заболеваний.

Введение в рецептуру хлеба компонентов, придающих функциональные свойства, позволит эффективно решить проблему профилактики различных заболеваний, связанных с дефицитом тех или иных веществ.

Одним из способов обогащения хлеба биологически активными веществами в виде природных соединений и в той форме, которая лучше усваивается организмом, является использование продуктов растительного происхождения, переработанных по методам нанотехнологий.

В технологии сверхизмельчения зерновых и бобовых культур, как одном из методов нанотехнологии, разработанной А.А. Башкирцевым, в цельносмолотых с оболочками зерна сохраняется полноценный набор компонентов: пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов [1].

Для исследования влияния наноструктурированных зерновых и бобовых культур на свойства теста из муки первого сорта в научно-исследовательской лаборатории инженерного профиля «Наноинженерные методы исследований» была подобрана рецептура формового хлеба с

внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур взамен пшеничной муки первого сорта в количестве 5, 10 и 15%.

В качестве добавки использовались композитные смеси из зерновых и бобовых культур, составленные в соотношении: овес – 50 %, кукуруза – 30 %, горох – 20 %. Составлены две композитные смеси: из муки зерновых и бобовых культур, полученной по традиционной технологии (Контрольный образец №2) и из наноструктурированных зерновых и бобовых культур. Выбор данных культур обусловлен их химическим составом и полезными свойствами для организма человека [2].

Степень влияния композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур на процессы, протекающие в полуфабрикате (тесте), изменение его структурно-механических свойств и качество готовых изделий определяли органолептическими и физико-химическими методами.

Исследования проводились на современном оборудовании, которое прошло метрологическую аттестацию и отвечает требованиям государственных стандартов. Полученные данные сравнивались с результатами Контрольного образца №1 (из муки пшеничной первого сорта) и Контрольного образца №2 (из муки пшеничной первого сорта с внесением композитной смеси муки зерновых и бобовых культур, полученных по традиционной технологии).

В таблице 1 представлено влияние композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур на качество муки.

Таблица 1

Показатели качества муки пшеничной первого сорта с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур различной дозировки

Показатели качества	Контрольный образец №1	Контрольный образец №2, %			Композитная смесь на основе наноструктурированного зерна, %		
		5	10	15	5	10	15
Кислотность, град	3,9	4,1	4,3	4,5	4,2	4,4	4,6
Водопоглотительная способность, %	55,1	55,8	56,6	57,1	56,5	56,8	57,6
Гидратационная способность, %	52,6	53,3	54,1	54,6	54,0	54,3	55,1
Количество сырой клейковины, %	30	29	29	29	30	29	29
Глютен-индекс	98	97	96	95	98	97	96
Газообразующая способность муки, мл CO <sub>2</sub> /100 г теста	1382	1439	1557	1700	1446	1580	1756
Газоудерживающая способность, мл/100 г СВ	286	280	272	258	282	270	262
Формоудерживающая способность, мм	22	26	35	45	25	30	43

Клейковина – важнейший фактор хлебопекарного достоинства пшеничной муки. От нее зависит газодерживающая и формоудерживающая способности теста, объем и пористость хлеба. Содержание сырой клейковины в муке определили, отмывая ее на системе Глютоматик.

Для изучения количественно-качественных свойств клейковины композитную смесь наноструктурированных зерновых и бобовых культур вносили в тесто в количестве 5, 10 и 15% взамен пшеничной муки первого сорта.

Внесение композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур привело к незначительному снижению общего выхода сырой клейковины (рис. 1).

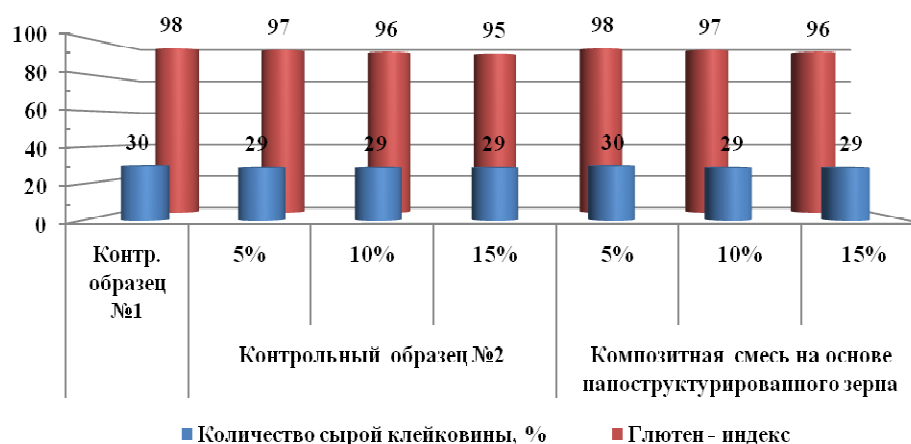


Рис. 1. Изменение количества и качества клейковины с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур в различных дозировках

Исходя из экспериментальных данных можно сделать вывод, что количество сырой клейковины с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур уменьшается.

По расчетам, сделанным в процессе отмывания клейковины на системе Глютоматик, видно, что глютен-индекс с увеличением дозировки вносимой композитной смеси от 5 до 15% изменяется от 98 до 96, в то время как показатель контрольного образца №1 равен 98, а изменения глютен-индекса у контрольного образца №2 с увеличением дозировки композитной смеси от 5 до 15% отмечены в пределах от 97 до 95. Экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что вносить композитную смесь наноструктурированных зерновых и бобовых культур целесообразнее, чем композитную смесь муки зерновых и бобовых культур, полученных по традиционной технологии, так как качество и количество клейковины снижается незначительно.

Газообразующая способность муки обуславливается содержанием в ней «собственных» сахаров и ее сахаробразующей способностью.

Сахаробразующая способность муки связана с действием содержащихся в ней амилолитических ферментов на крахмал, в результате гидролиза которого в тесте образуются сахара. Сахаробразующая способность муки зависит от содержания в муке амилолитических ферментов и податливости крахмала их действию. Собственные сахара муки играют существенную роль только в самом начале брожения теста. Успех технологического процесса приготовления хлеба обуславливается

газообразованием в конце брожения теста, во время расстойки и в начальной фазе выпечки.

На рисунке 2 представлено влияние композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур на газообразующую и газодерживающую способности муки, которые определялись на Реоферментометре – приборе для определения ферментативных свойств муки.

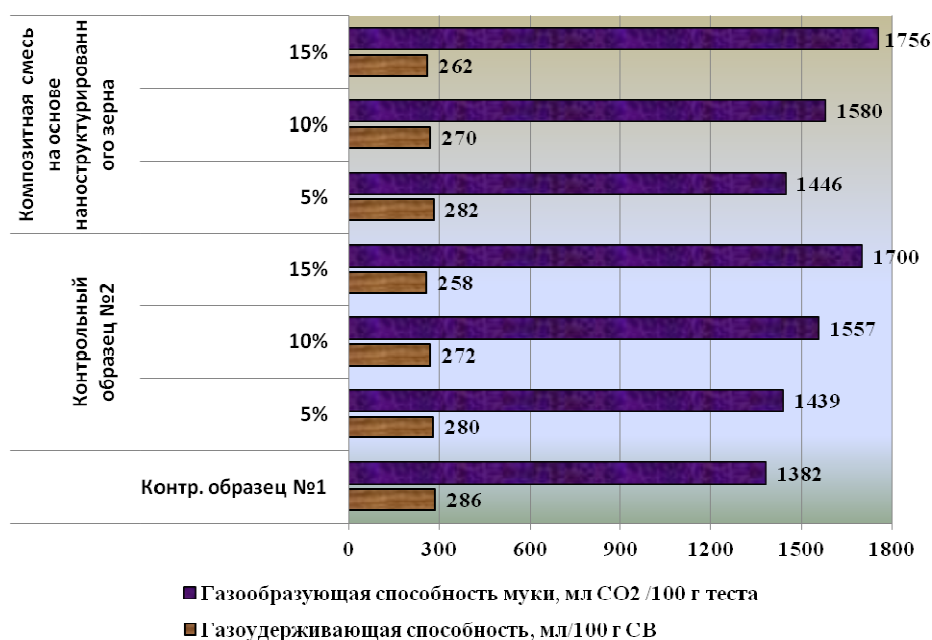


Рис.2. Влияние композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур на газообразующую и газодерживающую способности муки

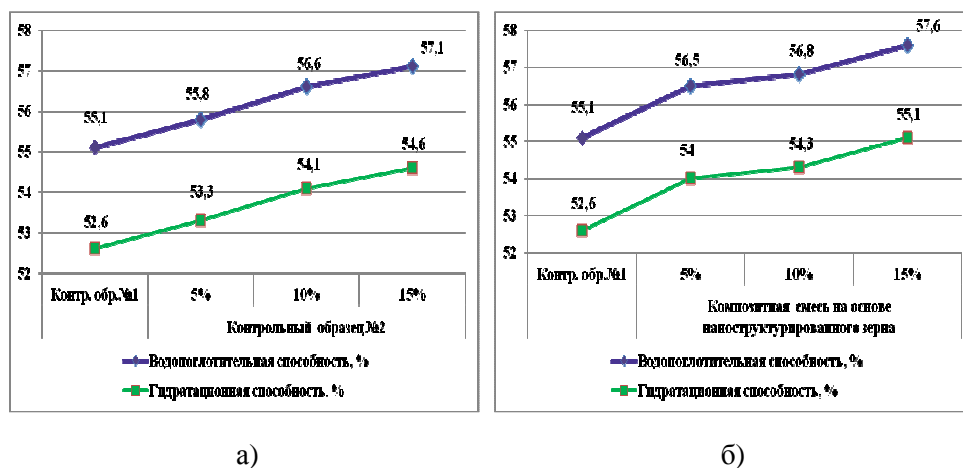
Исходя из данных, отображенных на диаграмме можно сделать вывод, что добавление композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур повышает газообразующую, но снижает газодерживающую способности муки.

Газообразующая способность увеличилась на 4,6 - 27,0 % по сравнению с Контрольным образцом №1 и на 0,5 - 3,8 % по сравнению с Контрольным образцом №2 по мере увеличения дозировки композитной смеси. Газодерживающая способность снизилась на 1,4 - 8,4 % по сравнению с Контрольным образцом №1, а при сравнении с Контрольным образцом №2 увеличилась на 0,3 - 1,5 %. Так как зерно подвержено сверхизмельчению, частицы молекул химических элементов муки уже не находятся в связанном состоянии, белковая матрица уже не обволакивает крахмальные зерна. В результате механосинтеза они подверглись слипанию и собрались в пласты. Сахарообразующая способность муки повышается ввиду избыточного содержания β-амилазы. Чем мельче частички муки, тем больше подвергнуты измельчению крахмальные зерна и выше сахарообразующая способность муки.

Количество воды, поглощаемое компонентами муки при замесе, имеет значение для технологии приготовления хлеба, так как от этой величины

зависит выход готового продукта. Водопоглотительная способность муки – это количество воды, которое необходимо добавить к муке для получения теста нормальной консистенции или с оптимальными реологическими свойствами.

На рисунке 3 (а, б) представлено влияние композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур на водопоглотительную и гидратационную способности муки.



а) Контрольный образец №1 и Контрольный образец №2; б) Контрольный образец №1 и образец с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур

Рис. 3. Влияние композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур на водопоглотительную и гидратационную способности муки

Водопоглотительная способность смеси муки пшеничной первого сорта и композитной смеси повышается с повышением дозировки композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур. Это объясняется тем, что зерно подвержено сверхтонкому измельчению. Чем выше степень измельчения, тем больше удельная поверхность частичек муки. При дополнительном измельчении увеличиваются показатели удельной поверхности частичек и водопоглотительной способности муки. Наноструктурированные зерновые и бобовые культуры получены путем размла целого зерна, поэтому и содержащая в своем составе большое количество периферийных частей зерна, поглощают больше влаги. Водопоглотительная способность муки с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур в количестве 5 - 15% по отношению к Контрольному образцу №1 увеличилась на 2,5 - 4,5 %, а по отношению к Контрольному образцу №2 – на 1,0 - 1,2 %.

Сырая клейковина представляет собой гидратированное коллоидное образование (гель), в состав которого входит значительное количество воды. Количество воды в сырой клейковине выражают либо в процентах от ее сырого веса, либо в процентах от сухого вещества. Последнюю величину называют гидратационной способностью или гидратацией клейковины.

При внесении композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур гидратационная способность увеличилась по отношению к



Контрольному образцу №1 на 2,7 - 4,8 %, а по отношению к Контрольному образцу №2 – на 1,0 - 1,3 %. На основании приведенных данных можно считать, что клейковина, в общем, тем более гидратирована, чем выше зольность и содержание жира в исследуемом объекте.

Исследовано качество муки по показателю кислотности с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур в различных дозировках. Наблюдается повышение кислотности с увеличением дозировки смеси, как в контрольном образце №2, так и при внесении композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур.

Для оценки полуфабриката по органолептическим показателям качество теста оценивают по показателям: состояние поверхности, консистенция, степень сухости, структура теста и аромат. В таблице 2 приведена органолептическая оценка теста с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур.

Таблица 2

Органолептическая оценка состояния теста

Показатели качества	Контрольный образец №1	Контрольный образец №2, %			Композитная смесь наноструктурированных зерновых и бобовых культур, %		
		5	10	15	5	10	15
Состояние поверхности	выпуклая			слегка выпуклая			
Консистенция	нормальная			средняя		крепкая	
Степень сухости	сухое				слегка увлажненное		
Структура теста	разрыхлено, сетчатая структура			разрыхлено, мелкопористая структура		уплотненная, мелкопористая структура	
Аромат	спиртовой		спиртовой с выраженным запахом гороха			сильно - спиртовой	

Из данных, представленных в таблице 2, видно, что наилучшими показателями отличается тесто с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур в количестве 10% от общей массы пшеничной муки первого сорта. Тесто имеет слегка выпуклую поверхность, уплотненную, мелкопористую структуру, что свидетельствует о нормальном протекающем брожении. Аромат теста спиртовой с выраженным запахом гороха.

Экспериментальные данные, представленные в таблице 3, показывают об изменении кислотности теста с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур в различных дозировках.

Повышение титруемой кислотности при брожении теста является следствием, как автолитических процессов распада веществ муки, так и результатом жизнедеятельности микроорганизмов. Способность муки связывать щелочь обусловлена такими группами веществ: кислыми фосфатами и минеральными веществами, которые обладают высокой буферной способностью. Эти вещества находятся в отрубях и зародыше

зерновки. С повышением концентрации таких веществ в муке и тесте наблюдается повышение титруемой кислотности полуфабриката.

Таблица 3

Физико-химические показатели качества теста с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур

Показатели качества	Конт-рольный образец №1	Контрольный образец №2, %			Композитная смесь наноструктурированных зерновых и бобовых культур, %		
		5	10	15	5	10	15
Влажность, %	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0
Кислотность, град:							
начальная	2,7	2,8	3,0	3,2	2,9	3,2	3,4
конечная	3,0	3,2	3,4	3,6	3,4	3,6	3,8
Продолжительность брожения, мин	150	100	80	60	70	60	40
Продолжительность расстойки, мин	70	50	40	35	40	35	30
Продолжительность выпечки, мин	30	25	25	25	25	25	25
Относительная пластичность, %	23,5	23,9	24,6	25,5	23,7	24,2	25,0
Относительная упругость, %	76,5	76,1	75,6	74,8	76,3	75,9	75,3
Расплываемость шарика теста, мм	67	71	80	90	70	75	88

От способности муки образовывать тесто с теми или иными структурно-механическими свойствами зависит оптимальное соотношение в тесте муки и воды и обозначается термином «сила муки». Сила муки – условный термин, который характеризует реологические свойства сырой клейковины или теста в целом.

К реологическим или структурно-механическим свойствам теста относятся упругость, пластичность, эластичность и вязкость.

Структурно-механические свойства теста влияют на работу тесторазделочных машин, на способность сформованных кусков теста удерживать CO<sub>2</sub> и на форму изделия в процессе расстойки и первого периода выпечки. Объем, структура пористости мякиша и форма готового хлеба также в значительной мере зависят от структурно-механических свойств теста.

Приготовление теста и его переработка сопровождается сложными физико-химическими, биохимическими, микробиологическими и механическими процессами, влияющими на его структурно-механические свойства. Поэтому исследование структурно-механических свойств полуфабрикатов и продуктов хлебопекарного производства представляет научный и практический интерес.

Отличительные особенности физических свойств теста, сочетающего упругость (эластичность) с пластичностью и вязкостью, обусловлены белками муки. Чем больше в зерне и муке крахмала, тем соответственно

ниже содержание белковых веществ и тем слабее обычно мука. Но чем меньше зерна крахмала муки, тем больше их удельная поверхность и тем больше воды будет ими адсорбционно связано при образовании теста. Это значит, что тесто из муки с более мелкими зернами крахмала или большим процентом мелких его зерен будет при этом же содержании воды более густым по консистенции. Композитная смесь наноструктурированных зерновых и бобовых культур содержит поврежденные зерна крахмала, которые впитывают и адсорбционно связывают больше воды, чем неповрежденные. Поэтому приготовление теста с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур увеличивает количество воды при замесе.

На рисунке 4 и в таблице 3 представлены изменения структурно-механических свойств теста. Исследование структурно-механических свойств теста с композитной смесью наноструктурированных зерновых и бобовых культур показало, что ее внесение повышает водопоглощительную способность теста и эластичность. Экспериментальные данные показывают, что с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур уменьшает упругость теста на 1,3 - 1,5 % по отношению к контрольному образцу №1 и на 0,4 - 0,8 % по отношению к контрольному образцу №2.

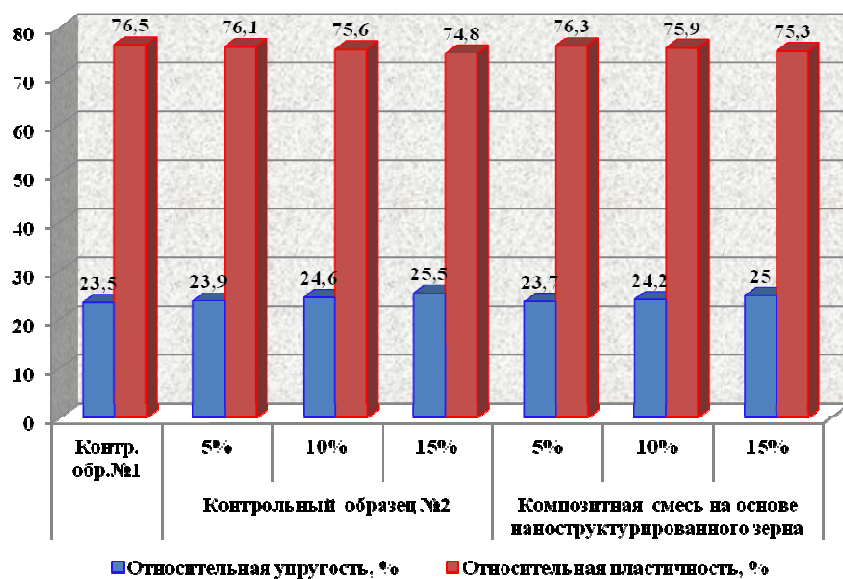


Рис. 4. Структурно-механические свойства теста с внесением композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур

Одним из простых методов определения структурно-механических свойств теста является метод расплываемости шарика теста, который раскрывает поведение теста в течение времени (рис. 5).

От показателей формоудерживающей способности (от степени расплываемости шарика теста) зависит объем, структура пористости мякиша и форма готового хлеба. Исходя из экспериментальных данных, можно сделать вывод, что композитная смесь наноструктурированных зерновых и бобовых культур влияет на силу пшеничной муки первого сорта.

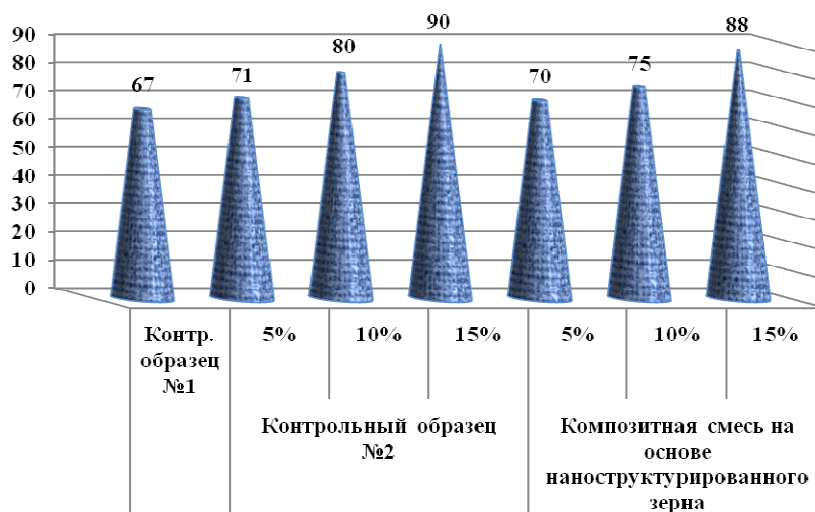


Рис.5. Влияние композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур на расплаваемость шарика теста

Степень расплаваемости шарика в течение 60 мин увеличилась на 3% по отношению к контрольному образцу №1 и на 4,5 - 31 % по отношению к контрольному образцу №2. Это объясняется влиянием действия протеиназы на клейковину и тесто, что вызывает их разжижение, понижает упругость, так как происходит разрыв дисульфидных связей, это и вызывает ослабление структуры молекулы (глобулы) белка, делая ее более «рыхлой» и подвижной [3].

Влияние композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур на реологические свойства теста исследовалось на приборе Альвео-консистографе, на котором определялись водопоглотительная и гидратационная способности муки.

Композитную смесь наноструктурированных зерновых и бобовых культур вносили в количестве 5, 10 и 15% от общего количества муки пшеничной первого сорта. Результаты сравнивались с Контрольными образцами №1 и №2.

Экспериментальные исследования были направлены на изучение упругости теста, характеризующейся максимальным сопротивлением пластинки теста ( $P$ , мм) при ее раздувании в пузырь. Изучалась растяжимость теста ( $L$ , мм), характеризующуюся максимальным объемом полученного пузыря теста.

Наряду с показателями силы муки необходимо так же учитывать и данные альвеограмм, характеризующие отношение  $P/L$  (упругости и растяжимости) теста. Определили удельную работу, затрачиваемую на деформацию теста ( $W$ , единиц альвеографа, е.а.) при раздувании экспериментального образца теста в пузырь. Измеряли индекс разбухания ( $G$ ), экспериментальной пластинки теста. Определяли коэффициент эластичности ( $I_e$ , %), характеризующийся сопротивлением теста растяжению при деформации по двум осям.

Результаты экспериментальных исследований по определению реологических свойств теста приведены в таблице 5.

Известно, что упругость и растяжимость теста характеризуется удельной работой, затрачиваемой на деформацию теста при её раздувании экспериментального образца теста в пузырь. В результате проведенных

экспериментальных исследований установили числовые значения показателя удельной работы ( $W$ , е.а.), представленные в таблице, которые свидетельствуют о том, что увеличением дозировки с 5 до 10% в экспериментальных пластинках теста приводило к снижению значений указанного показателя. Подобное явление наблюдалось и в контрольном образце №2. Отношение упругости и растяжимости ( $P/L$ ) экспериментальных пластинок теста при увеличении содержания композитных смесей в тесте составило 2,39; 3,95; 6,26 (5%, 10%, 15%) против 1,12 (Контрольный образец №1).

Таблица 5

Реологические свойства теста из пшеничной муки  
с внесением композитных смесей

Наименование показателя	Контрольный образец №1	Контрольный образец №2			Композитная смесь наноструктурированных зерновых и бобовых культур		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%
Упругость теста, $P$ , мм•Н <sub>2</sub> O	123	138	144	150	134	162	194
Растяжимость теста, $L$ , мм	110	57	40	31	56	41	31
Индекс набухания, $G$	23,3	16,8	14,1	12,4	16,7	14,3	12,4
Удельная работа, $W$ , е.а.	463	320	246	205	294	271	264
Отношение упругости к растяжимости, $P/L$	1,12	2,42	3,60	4,84	2,39	3,95	6,26
Коэффициент эластичности, $I_e$ , %	62,5	60,8	54,1	0	56,9	48,2	0,0

В ходе экспериментальных исследований были установлены числовые значения коэффициентов эластичности ( $I_e$ , %) образцов теста с внесением 5% композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур и контрольного образца №2 той же дозировки. Результаты характеризуются максимальным сопротивлением теста растяжению при деформации по двум осям.

Коэффициент эластичности контрольного образца №2 и экспериментальных образцов составил 60,8 и 56,9 соответственно.

Для опытных образцов с использованием 15% композитной смеси в контрольном образце №2 и в образце с внесением 15% композитной смеси наноструктурированных зерновых и бобовых культур характерно чрезмерное укрепление клейковины на 22% и 57,7%, соответственно и резкое снижение растяжимости. Структура теста рассыпчатая, рвущаяся при незначительных значениях деформации. Замена части пшеничной муки за счет внесения композитной смеси при приготовлении теста приводит изменению белково-протеиназного комплекса и, как правило, к снижению качества клейковины [4].

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о положительных физико-химических характеристиках теста и хлеба при внесении 10% композитной смеси наноструктурированных зерновых и

бобовых культур, что позволяет сохранить и повысить технологический потенциал и пищевую ценность готовых изделий без значительных ухудшений реологических свойств теста. А значит, полученные изделия будут обладать достаточным объемом и равномерной структурой пористости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башкирцев, А. А. Способ сверхтонкого измельчения материалов в многофазной среде. Предпатент №18836. опубл 15.10.2007. Бюл. №10.
2. Шоя (Красникова), Е.Н. Исследование физико-химических показателей наноструктурированных зерновых культур [Текст] / Е.Н. Шоя (Красникова), В.Р. Александрова // Материалы конф. «Наука и современность-2012», 1-2 марта 2012 г. – Тараз: ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2012. – 385 с.
3. Горбатовская, Н.А. Изменение реологических свойств теста при обогащении хлеба композитными смесями из муки сверхизмельченных зерновых и бобовых культур [Текст] / Н.А. Горбатовская, Н.В. Иванникова, Е. Шоя, В. Александрова, М. Касымова // Науч.-теор. жур. Механика и моделирование процессов технологии. – 2012. – №1. – С. 25-32.
4. Горбатовская, Н.А. Влияние обогащения хлеба сверхизмельченными зерновыми добавками на реологические свойства теста [Текст] / Н.А. Горбатовская, Е.Н. Шоя // Материалы IX-ой международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», 26-27 апреля 2013 г. – Могилев: МГУП, 2013.

*Материал поступил в редакцию 17.11.14.*

**Ye.N. Shoya, N.A. Gorbatovskaya, Sh.J. Umirbayeva, Ye.I. Atenov**

*Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan*

#### **INFLUENCE OF NANOSTRUCTURED CEREALS AND LEGUMES ON QUALITY OF DOUGH**

An actual problem of enrichment of bread in protein, vitamins, macro- and micronutrients is considered. The results of research of influence of nanostructured grains and legumes on quality of flour and dough are presented. The optimum dosage of making a composite mixture at sourdough method is defined.

**Keywords:** nanotechnology, nanostructured grains, structural and mechanical properties, quality and quantity of wet gluten, blowing, gas-retaining, the shape retention, water absorbing capacity and hydration of flour, rheological properties.

**Е.Н. Шоя, Н.А. Горбатовская, Ш.Д. Умирбаева, Е.И. Атенов**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қаласы*

#### **НАНОҚҰРЫЛЫМДАНҒАН ДӘНДІ ЖӘНЕ БҰРШАҚТЫ ДАҚЫЛДАРДЫҢ ҚАМЫР САПАСЫНЫҢ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ**

Нанды ақуызбен, дәрумендермен, макро- және микронутриенттермен байыту мәселесінің өзектілігі қарастырылған. Нанокұрылымданған дәнді және бұршақты дақылдардың ұн мен қамыр сапасының көрсеткіштеріне әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Ашытусыз қамыр дайындау тәсілінде композитті қоспаны енгізудің оңтайлы мөлшерлемелері анықталған.

**Түйін сөздер:** нанотехнология, нанокұрылымданған дән, құрылымдық-механикалық қасиеттер, шикі желімтектің сапасы мен саны, ұнның газ түзу, газ сақтау, пішін түзу, ылғал сіңіру және гидротациялық қасиеттері, реологиялық қасиеттері.

**A.U. Nurimbetov<sup>1</sup>, M.T. Keikimanova<sup>2</sup>, S.A. Orynbayev<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Candidate of technical sciences, docent*

*Moscow Aviation Institute, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Candidate of technical sciences, docent*

*Taraz State University named after M.Kh.Dulati. Taraz, Kazakhstan*

<sup>3</sup>*PhD fellow*

*Kazakh National Technical University named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan*

#### **PECULIARITIES OF THE PROCESSES IN THE ELECTROMAGNETIC EXCITER OF LOW-FREQUENCY OSCILLATIONS IN ITS FUNCTIONING MODE**

In the motoring functioning mode electromagnetic exciter of low-frequency oscillations in its single-phase and three-phase versions also, always held its own particular niche and in some cases successfully competed with induction motors and other types of actuators. The work is devoted to the peculiarities of the processes in the electromagnetic exciter of low-frequency oscillations, there is presented and described the theoretical principles on which are revealed opportunities for research and development at its base of a fundamentally new type of vibration alternator with alternative design.

**Keywords:** electric magnet, resonant frequency, tractive effort, subsystem, flux, gap distance, harmonic composition.

In terms of simplicity of its design and implementation schemes choosing electromagnetic exciter of low-frequency oscillations (EME LFO) as the base unit of vibration alternator's function module is quite reasonable and promising and provides opportunities to develop EME LFO operating in generator mode with the view of its practical use as a universal highly effective tool for converting mechanical energy of natural origin, such as moderate and weak wind flows and water flow in the rivers.

Consideration of the peculiarities of the processes in the electromagnetic exciter of low-frequency oscillations (EME LFO) and theoretical propositions forms the basis for the practical implementation of a whole class of original design solutions built on its base, with a new demanded quality of generator mode of its functioning.

In the works of authors [1, 3-7, 10], it is shown the principal capabilities of the circuit of electromagnetic exciter of low-frequency mechanical oscillations with series capacitor in relation to the creation of devices with vibro effect as

vibration engines for different technological processes. In these works there are also specified conditions which must be satisfied by applied in this case vibration exciters and it is the realization of these conditions that predetermines the success of the functioning of the entire vibration device as a whole. Presented in the annotation formulation of the task of the research shows that there are some difficulties in the designing of the above devices, as determined by the lack of sufficiently expanded theory of their functioning. Therefore it is required to clarify a number of theoretical propositions in relation to the considered type of electromagnetic exciters of low-frequency mechanical oscillations for the purpose of further development of these propositions; the above is the content of subsections of this article.

**Electromagnetic exciter of low-frequency mechanical oscillations with series capacitor. Main dependencies.**

Electromagnetic exciter of low-frequency oscillations is a system: "AC electromagnet with series capacitor".

Structurally, it is shown in Figure 1. Functioning feature is that there are many variables that become factors that determine non-sinusoidal working processes under sinusoidal power. Since taking into account all the features of variables is difficult, and in some cases not reasonable, we choose from the entire set of these factors the basic factors and note their features.

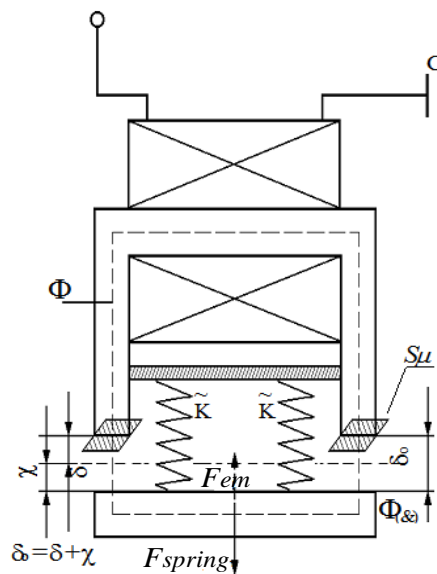


Figure 1. Electromagnetic exciter of low-frequency oscillations structure

For this purpose, first and foremost form the equation systems (which hereinafter will enable to obtain the mathematical model) proceeding from the presence of three physically dissimilar subsystems [2] of the vibro-exciter design: electric, magnetic and mechanical (Figure 2).

According to [2] electromagnet may be substituted by a chain-theoretic model (CTM, Figure 2) containing the above cascaded subsystems in the form of electric circuits (by analogy), interconnected by ideal transformer (in the section of electromagnetic energy conversion) and gyrator (in the section of magnetomechanical energy conversion). This representation is convenient, as it



enables to specify the conditions: identify the main factors and discard the secondary.

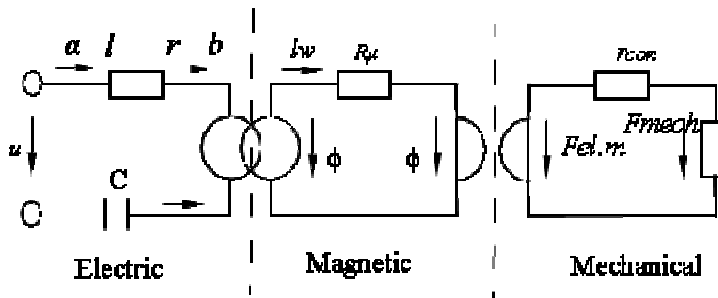


Figure 2. Chain-theoretic model

Consequently, the above system must include three equations for these physical subsystems.

They are:

a) for the electric subsystem (Figure 2)

$$U_{ab} + U_{bd} + U_{dg} - U_{Net} = 0, \tag{1}$$

where  $U_{ag} = U_{Net}$ ,  $U_{ab} = U_{ab} \cdot i$ ,  $U_{bd} = w \frac{d\Phi}{dt}$ ,  $U_{dg} = \frac{1}{c} \int i dt$  – voltage in the CTM sections;  $\Phi$  – magnetic flux in the electromagnet coil;  $i$  – current in the circuit of the electromagnet coil;  $r$ ,  $c$  – active resistance and capacitance;  $w$  – the number of windings of the magnet;

b) for magnetic subsystem

$$U_{\mu} = \Phi \cdot R_{\mu\Sigma} (R_{\delta'} + R_{\delta''} + R_{steel}), \tag{2}$$

or

$$i \cdot w = \Phi \cdot \left( \frac{\delta'}{\mu_0} + \frac{\delta''}{\mu_0} + \frac{l_{steel}}{\mu_{steel}} \right) \cdot \frac{1}{S_{\mu}},$$

where  $\delta$  – air gap in the magnetic system of traction electromagnet of the EME LFO,  $\delta'$ ,  $\delta''$  – air gaps under the first and the second poles, respectively;  $S_{\mu}$  – the area of the ends of the electromagnet’s core, directed towards the movable armature;  $R_{\delta}$  – magnetic resistance of the air gaps;  $R_{steel}$  – magnetic resistance in the steel of the magnetic conductor of the EME LFO, including the core and the armature of the electromagnet;  $\mu_0$  – constant magnetic conductivity;  $\mu$  – magnetic conductivity (constant) of the steel;  $U_{\mu} = i \cdot w$  – magnetizing force of the electromagnet coil.

Note that the requirements for the constructional implementation of the EME LFO regarding its core and the armature and the conditions of their functioning are defined as follows:

$$\delta' = \delta'' = \delta$$

and

$$\mu_{steel} \gg \mu_0 .$$

In addition, in the further theoretical studies we will take:

$$S'_\mu = S''_\mu = S_\mu .$$

Then (2) takes the form:

$$i w = \phi \left( \frac{1}{\mu} \cdot \frac{2\delta}{S_\mu} \right) \quad (3)$$

a) for the mechanical subsystem

$$F_{im} + F_{fric} + F_{spring} = F_\Sigma (t) \quad (4)$$

where

$F_{im} = m_\Sigma \frac{d^2 x}{dt^2}$ ,  $F_{fric} = R_{mech} \frac{dx}{dt}$ ,  $F_{spring} = k'_\Sigma x$  – forces (efforts) in the CTM sections;  $x$  – armature's shift (Figure 1);  $m_\Sigma$  – the total mass of the moving parts;  $k'_\Sigma$  – stiffness of elastic elements;  $F_\Sigma (t)$  – tractive effort exerted by the magnetic system.

In this equation tractive effort's value is expressed by the relation, in accordance with Maxwell's formula:

$$F_\Sigma (t) = \frac{1}{2\mu_0 S_\Sigma} \cdot \Phi_\Sigma^2 (t)$$

where  $\Phi_\Sigma (t)$  – the value of the magnetic flux in the air gaps, determining tractive effort;

$S_{\mu\Sigma} = S'_\mu + S''_\mu$  – total traction area of the poles ( $S'_\mu = S''_\mu = S_\mu$ ,  $S_\Sigma = 2 \cdot S_\mu$ ).

Natural frequency of the mechanical part of the system is determined in accordance with:

$$f_v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k'_\Sigma}{m_\Sigma}}$$

Given the above, represent the equations of the subsystems in a single system of equations:

$$r \cdot i + w \frac{d\Phi}{dt} + \frac{1}{c} \int i dt = U_{cemu}, \quad (5)$$

$$i w = \Phi \frac{1}{\mu_0 S_\mu} \delta, \quad (6)$$

$$m_{\Sigma} \frac{d^2 x}{dt^2} + R_{\text{Mex}} \frac{dx}{dt} + k'_{\Sigma} x = \frac{1}{2\mu_0 S_{\Sigma}} \Phi_{(\delta)}^2 \quad (7)$$

Note, however, that the presented recording doesn't form a system of equations in the mathematical sense for the following reasons.

First, consider that the magnetic flux in the coil “ $\Phi$ ” is connected with the magnetic flux in the gap “ $\Phi_{(\delta)}$ ” by the following relation:

$$\Phi = \Phi_{(\delta)} + \Phi_{\text{stray}}, \quad (8)$$

where  $\Phi_{\text{stray}}$  – stray flux in the gap and in the space between the poles of the yoke.

Stray flux is generally not small and can be [3]:

$$\Phi_{\text{stray}} = (0,1 \div 0,3) \Phi \quad (9)$$

However, its significant share is in the space between the planes of the core, extending outside the frame of the winding, but remote from the movable armature. Therefore shared value of the  $\Phi_{\text{stray}}$  from the value of the  $\Phi$  can be taken as independent of the armature movement and allowed for by the introduction of the constant coefficient  $K_{\text{stray}}$ , i.e.:

$$\Phi_{\text{stray}} = K_{\text{stray}} \Phi$$

Therefore,

$$\Phi_{(\delta)} = (1 - K_{\text{stray}}) \Phi$$

and under the assumptions taken above  $K_{\text{stray}} = (0,1 \div 0,3)$  in the case  $K_{\text{stray}} = 0,2$

$$\Phi_{(\delta)} = 0,8 \Phi$$

i.e.

$$\Phi_{(\delta)} = K_{\text{stray}_{av}} \Phi \quad (10)$$

where  $K_{\text{stray}_{av}} = 0,8$ .

The above arguments are forcing to take into account that the variables inserted into the presented equations are unequal in the various subsystems, giving the number of unknowns larger than the number of equations. Given this, we compare the unknowns occurring in these equations to simultaneously reduce their total number (and, consequently, the number of equations).

Referring to the equation for the magnetic subsystem, note that a member of its right side, the magnetic flux is recalculated by using a section of the air gap ( $\delta$ ,  $S_{\mu}$ ). And therefore, it is the magnetic flux  $\Phi_{(\delta)}$ . However, in the left side of this equation parameters of the winding  $w$  are being used. Since in the further analysis for the comparability of the results of the experiment with the calculated data it is reasonable in the equation for the electrical subsystem to operate with the full value of the current  $i$ , then the equation for the magnetic subsystem should use

the same value of the current. Then to eliminate inconsistencies in the variables (5), (6) and (7) we use (10), which allows us to reduce all three equations to one variable relatively to the magnetic flux “ $\Phi$ ”.

However, there are two other variables not allowing to reduce (5), (6), (7) to a closed system of equations without the introduction of an additional bond. These are the value of the air gap  $\delta$  and the value of armature's shift  $x$  (Figure 1)

$$\delta_0 = \delta + x \quad (11)$$

where  $\delta_0$  – the value of some initial air gap (Figure 1). Expression (11) completes the equations (5), (6) and (7) to the closed system by the number of equations, as in this case, in (5), (6) and (7) and (11) the number of independent variables and the number of equations becomes equal.

Replace variable  $x$  for  $\delta$  in the equation (7) for the mechanical subsystem of a variable by (11), given that  $d\delta = dx$ , and (10):

$$m_{\Sigma} \frac{d^2 \delta}{dt^2} + R_{mech} \frac{d\delta}{dt} + K'_{\Sigma} \delta = K'_{\Sigma} \delta_0 - \frac{K_{stray}}{2\mu \mu_0 S_{\Sigma}} \Phi^2 \quad (12)$$

Thus, it is possible to define the frame of reference in the mechanical subsystem makes relative to the air gap  $\delta$ , which is agreed with the definition of the value of the magnetic flux  $\Phi_{(\delta)}$ , so it is advisable to introduce the variable  $\delta$ , which is agreed with the definition of the value of the magnetic flux  $\Phi_{(\delta)}$ , and taking into account (10) and the magnetic flux  $\Phi$ . Therefore, it is advisable to insert the variable  $\delta$  into the parameters of equations for the electrical subsystem (5). Here it is advisable to use some trick to simultaneously reduce the total number of equations in the system.

Insert, using (10):

$$L = \frac{\Phi w}{i} = \frac{w^2}{\frac{k_{stray} \delta}{\mu_0 S_{\mu}}} = \frac{k}{\delta} \quad (13)$$

where  $k = \frac{w^2 \mu_0 S_{\mu}}{k_{stray}}$ ,

$L$  – inductance of the electromagnetic coil; and taking into account that

$$\Phi = \frac{1}{w} L i = \frac{1}{w} k \frac{i}{\delta} \quad (14)$$

Substitute (14) into (5), using (13), we obtain:

$$r i + \frac{k}{\delta} \cdot \frac{d i}{d t} - i \frac{k}{\delta^2} \frac{d \delta}{d t} + \frac{1}{c} \int i d t = U_{net} \quad (15)$$

or identical expression relative to the magnetic flux  $\Phi$  and the air gap  $\delta$  :

$$\Phi \delta \frac{wr}{k} + w \frac{d\Phi}{dt} + \frac{w}{ck} \int (\Phi \delta) dt = U_{net} \quad (16)$$

Thus, we obtain the following two types of systems of equations, which can be considered mathematical models of the EME LFO.

Based on (14), (15) obtain:

$$\frac{k}{\delta} \frac{di}{dt} + i \left( r - \frac{k}{\delta} \frac{d\delta}{dt} \right) + \frac{1}{c} \int i dt = U_{net} ,$$

$$m_{\Sigma} \frac{d^2\delta}{dt^2} + R_{mech} \frac{d\delta}{dt} + k'_{\Sigma} \delta = k'_{\Sigma} \delta_0 - \tilde{h} \left( \frac{i}{\delta} \right)^2 \quad (17)$$

where  $\tilde{h} = \frac{k_{stray}}{2\mu_0 S_{\Sigma}} \frac{k^2}{w^2} \frac{S_{\mu}^2 w^2 \mu_0}{2S_{\Sigma} k_{stray}}$

The resulting system of equations includes values of the current  $i$  and the air gap  $\delta$  as unknowns. Therefore, it reflects the processes in mechanical and electrical subsystems explicitly. Since according to [4] at armature stationary vibrations in the EME LFO current  $i$  and the air gap  $\delta$  can be represented in rows, as conditional solutions of the system (17), then the analysis of the functioning of the process hereinafter should refer specifically to this system of equations as a synchronizing communication in the parts with vibro effect in this case is implemented via the electric subsystem.

However, analysis of processes in a single EME has to refer to the factors, determining force action on the armature of an electromagnetic exciter of oscillations. In this case it is advisable to use an explicit form of the magnetic subsystem factors, namely the value of magnetic flux. Then it is more convenient to form the mathematical model based on (12) and (16).

Then we have:

$$\frac{wr}{k} \Phi \delta + w \frac{d\Phi}{dt} + \frac{w}{ck} \int \Phi \delta dt = U_{net} \quad (17)$$

$$m_{\Sigma} \frac{d^2\delta}{dt^2} + R_{mech} \frac{d\delta}{dt} + \tilde{k}_{\Sigma} \delta = \tilde{k}_{\Sigma} \delta_0 - h \Phi^2 \quad (18)$$

Note that this form of the mathematical model is the most informative for the analysis of processes in EME LFO to establish regularities in the distribution of harmonics  $\Phi(t)$  according to [3, 4].

Since in this case discussion of a number of additional circumstances is required, we consider these issues in a separate section.

#### **Formation conditions of the electromagnetic tractive effort of the exciter of the low-frequency oscillations at the frequency of the functioning.**

Before considering the distribution of the harmonic components in the representations  $i(t)$  and  $\Phi(t)$  (which essentially act as solutions of systems of

equations (17) and (18)), we turn to the establishment of the conditions that must be met in a stationary workflow in the sense of rational generating of an electromagnetic tractive effort influencing on armature and, consequently, on the working body through the mechanical gears system. Since we considered vibrational mechanical subsystem with a vibration effect in a low frequency oscillations area, we assume its output units to move (in the sense of main harmonic component) with the frequency of the desired process  $\nu$  or  $f_\nu$  in Hz. Later this frequency range will be considered in the interval  $0 < f_\nu < 20 \text{ Hz}$ . In this case, the movement of the armature is adequately reflected by graph (Figure 3), which shows the air gap  $\delta(t)$  change with required for the workflow. Note that the graph shows the air gap change in the area where  $\delta(t) > 0$  (which is associated with the physical meaning of the considered quantity). Thus, in accordance with (11)

$$\delta = \delta(t) = \delta_0 - x$$

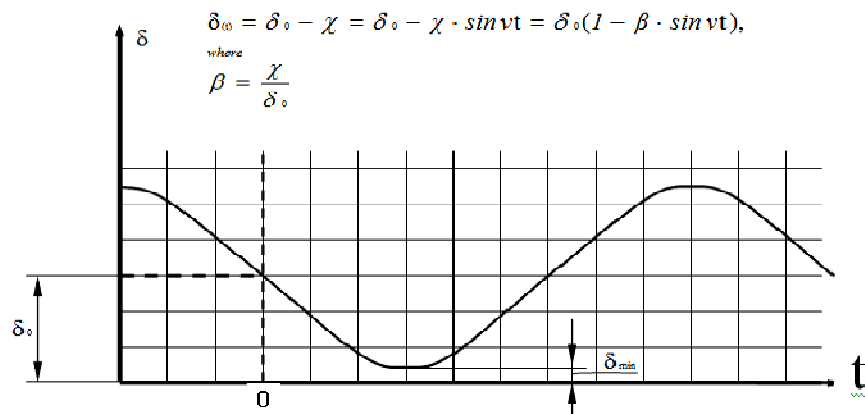


Figure 3. Dependence of the air gap change on time

Setting in accordance with the above,

$$x = X \sin \nu t \quad (19)$$

we have

$$\delta(t) = \delta_0 - X \sin \nu t = \delta_0(1 - \beta \sin \nu t) \quad (20)$$

where  $X$  – amplitude of armature's shift;  $\delta_0$  – in this case, the average value for the air gap when armature is oscillating;

$$\beta = \frac{X}{\delta_0} \text{ – modulation coefficient.}$$

To ensure shown in Figure 3 type of movement on the input of the mechanical subsystem (Figure 2), with the help of the magnetic subsystem there should be formed changing tractive effort  $F_{EM}$ , features of which become the

same frequency as of the movement  $x(t)$  (19), i.e.  $\nu$ , and amplitude  $F_{EM}$  sufficient to carry out the work on the movement of the working body.

When imaging in Figure 3 superposed graphs of the air gap  $\delta(t)$  change and tractive effort  $F_{EM}$  in the right half-plane of coordinates system  $(\delta, F)$ , (which corresponds to the range of definition  $\delta > 0$ ), there should be formed closed "oval" type curve, which has all coordinates positive and intersected by static characteristic  $F_{st}(\delta)$  of the electromagnet's tractive effort change not less than in two points [6]. Tracking of this oval must satisfy the conditions

$$F_{EM} > F_{st} \quad \text{at armature's retraction (decrease of } \delta \text{ ) and}$$

$$F_{EM} < F_{st} \quad \text{at armature's dropout (increase of } \delta \text{ ).}$$

If there is an the elastic element in the mechanical system such as springs and others, which graph is presented as a line  $F_{spr}(\delta)$  (with negative ordinates, as the resilient element must return the armature in the area of big gaps  $\delta$ ), the armature is affected by resulting effort

$$F_{\Sigma}(t) = F_{EM} + F_{spr} \quad (21)$$

The meaning of the oval  $F_{EM}(\delta)$  is that the effort  $F_{\Sigma}(\delta)$  (Figure 4) in order to ensure armature's oscillations should be sign-alternating relatively to the x-axis for a series of oscillations of the armature, which is possible only if  $F_{spr}(\delta)$  has a property of two-valuedness (which is satisfied by the above-noted oval).

Thus,  $F_{\Sigma}$  in (21) becomes two-valued due to the shape of the curve  $F_{EM}(\delta)$ .

At the same modules  $F_{EM}$  and  $F_{spr}$  for changing values of  $\delta$  should be matched so that said two-valuedness is implemented.

The stated above makes have such factors (members of expansion of the solution of equations (18) will become such factor later), which, when used in (10), make it possible to make a closed curve of the "oval" type (21) on the graph (Figure 3). Graph  $F_{\Sigma}(t)$  satisfies this, having alternating nature and frequency equal to  $\nu$  (or  $f_{\nu}$ ).

For this we turn to the definition of electromagnet's tractive effort based on its harmonic composition. Considering that the tractive effort is generated by magnetic flux  $\Phi_{\Sigma}$  (10), and the magnetic flux itself can be formed by the aggregate (sum) of the harmonic components [8], that is

$$\Phi_{\Sigma}(t) = (\Phi_{(k-1)} + \Phi_{(k,0)} + \Phi_{(k+1)} + \dots) \quad (22)$$

where  $\Phi_{(k,0)} = \Phi_{(k,0)m} \sin(\omega_{(k,0)}t + \alpha_{(k,0)})$  – harmonic component of the total magnetic flux  $\Phi_{\Sigma}(t)$ , with frequency of power, i.e.  $\omega_{(k,0)} = \omega_{net}$ ;  $\Phi_{(k,-1)} = \Phi_{(k,-1)m} \sin(\omega_{(k,-1)}t + \alpha_{(k,-1)})$  – harmonic component of the total magnetic flux  $\Phi_{\Sigma}(t)$ , with difference combination frequency  $\omega_{(k,-1)} = \omega_{(k,0)} - \nu$ ; where  $\nu$  – natural frequency of mechanical oscillations of the EME LFO (11);  $\Phi_{(k,+1)} = \Phi_{(k,+1)m} \sin(\omega_{(k,+1)}t + \alpha_{(k,+1)})$  – harmonic component of the total magnetic flux  $\Phi_{\Sigma}(t)$ , with total combination frequency  $\omega_{(k,+1)} = \omega_{(k,0)} + \nu$ ; tractive effort's value will be determined as:

$$F_{\Sigma}(t) = h (\dots + \Phi_{(k,-1)} + \Phi_{(k,0)} + \Phi_{(k,+1)} + \dots)^2 \quad (23)$$

In order to reduce the volume of further calculations, this expression can be represented in the form

$$\frac{F_{\Sigma}(t)}{h} = (\dots + \Phi_{(k,-1)} + \Phi_{(k,0)} + \Phi_{(k,+1)} + \dots)^2 \quad (24)$$

Such representation after Squaring gives a set of summands, some of which are the square of members the expression, and the other part will be products of these members. Squaring each member of (24) gives the characteristic form to the summands, for example, for the k-st member,

$$\begin{aligned} (\Phi_{(k)})^2 &= [\Phi_{(k)m} \sin(\omega_{(k)}t + \alpha_{(k)})]^2 = \frac{1}{2} (\Phi_{(k)m})^2 - \\ &- \frac{1}{2} (\Phi_{(k)m})^2 \cos(2\omega_{(k)}t + 2\alpha_{(k)}) \end{aligned} \quad (25)$$

Thus, this part of (24) corresponds to the components of the tractive effort, which carry out continuous attraction of the armature ( $\frac{1}{2} (\Phi_{(k)m})^2$  component), or implements alternating force action on the armature with a frequency much greater than the natural frequency of the mechanical subsystem of EME LFO, as  $2\omega_{(k)} \gg \nu$  at  $\omega_{(k)} = \omega_{net}$ .

Consequently, these summands in (24) and the corresponding components of the effort do not have a practical effect on the basic type of the EME LFO armature's movement, and may be omitted in the further consideration. However, the first summand in (25) of the  $\frac{1}{2} (\Phi_{(k)m})^2$  type, that has no components depending on time, carries out constant attraction of the EME LFO armature and determines the sign constancy of coordinates of the oval  $F_{\Sigma}(\delta)$  in Figure 4, which should be taken into account when designing EME LFO of the considered type. But the set of members in (24) which are the mutual products, gives the



opportunity to see the formation of combinational components of the electromagnet’s traction effort at the energy input of the mechanical subsystem of the oscillations’ exciter. Consider this in detail.

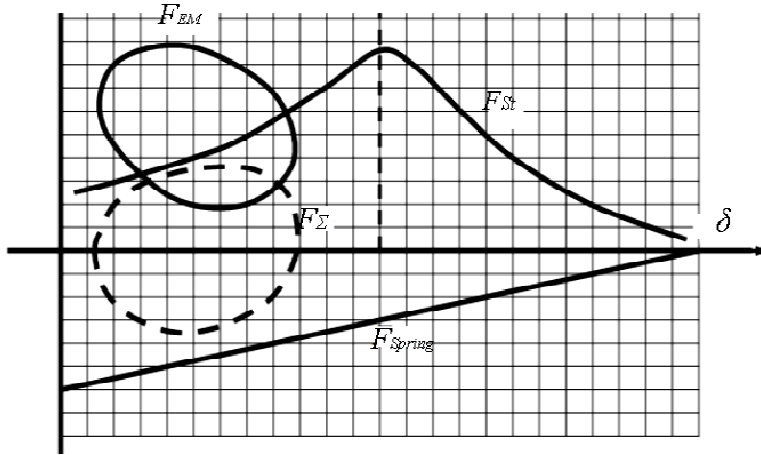


Figure 4. Dependence of tractive effort change on the air gap

Selecting in (24) the set of mutual products of members, corresponding to combination harmonics of the magnetic flux and its harmonic component at the frequency of the power  $\omega_{net} = \omega_{(k)}$ , after transformations, for the tractive effort’s harmonics with frequency  $\nu = \nu_{res.mech.}$  (11) we have:

$$\begin{aligned} \frac{F_{\Sigma}(t)}{h} &= \dots + \frac{1}{2} \Phi_{(k,0)m} \Phi_{(k,-1)m} \cos(\nu t + \bar{\alpha}) + \frac{1}{2} \Phi_{(k,+1)m} \Phi_{(k,0)m} + \dots = \\ &= \dots + \frac{1}{h} [F_1(t) + F_2(t)] = \dots + \frac{1}{h} [F_{1m} \cos(\nu t + \bar{\alpha}_1) + F_{2m} \cos(\nu t + \bar{\alpha}_2)] + \dots \end{aligned} \quad (26)$$

where  $\nu = [\omega_{(k,0)} - \omega_{(k,-1)}] = [\omega_{(k,+1)} - \omega_{(k,0)}]$  – effort’s oscillations frequency in the mechanical subsystem of the EME LFO;

$$\frac{F_{1m}}{h} = \frac{1}{2} \Phi_{(k,0)m} \Phi_{(k,-1)m}$$

$$\frac{F_{2m}}{h} = \frac{1}{2} \Phi_{(k,+1)m} \Phi_{(k,-1)m} - \text{components amplitudes; } \nu - \text{of the depending}$$

tractive effort;  $\bar{\alpha}_1 = [\alpha_{(k,0)} - \alpha_{(k,-1)}]$  – phase of one of the components  $F_1$  of the electromagnet’s tractive effort  $F_{\Sigma}$ ;  $\bar{\alpha}_2 = [\alpha_{(k,+1)} - \alpha_{(k,0)}]$  – phase of the other component  $F_2$  of the electromagnet’s tractive effort  $F_{\Sigma}$ .

It is known [5, 6, 8], that when adding two sinusoidal waves of the same frequency but with different phases, there are formed sinusoidal oscillations with the same frequency but with changed amplitude and phase. In this regard, we transform (26), separating operators with time independent phases from the operators  $\nu$  – dependent, we obtain:

$$F_{\Sigma m}(\nu) = h \frac{\Phi_{(k,0)m}}{2} \sqrt{\Phi_{(k-1)m}^2 + \Phi_{(k+1)m}^2 + 2\Phi_{(k-1)m}\Phi_{(k+1)m} \cos(\bar{\alpha}_1 - \bar{\alpha}_2)} \quad (27a)$$

and

$$tg\theta_F = \frac{\Phi_{(k-1)m} \sin \bar{\alpha}_1 + \Phi_{(k+1)m} \sin \bar{\alpha}_2}{\Phi_{(k-1)m} \cos \bar{\alpha}_1 + \Phi_{(k+1)m} \cos \bar{\alpha}_2} (-1) \quad (27b)$$

where

$F_{\Sigma m}(\nu)$  – amplitude of oscillations of the  $\nu$  – dependent component of electromagnet's tractive effort  $F_{\Sigma}(\nu)$  of the EME LFO;  $\theta_F$  – phase of the  $\nu$  – dependent component of electromagnet's tractive effort  $F_{\Sigma}(\nu)$  of the EME LFO.

Expressions (27) allow us to see the possibility of separating  $\nu$  -dependent harmonic component in (23) through (26) in the form:

$$F_{\Sigma}(\nu) = F_{\Sigma m}(\nu) \cos(\nu + \theta_F) \quad (28)$$

If we now turn to (20), as well as to its graph (Figure 3), and put them into correspondence with (28), it is not difficult to see the possibility of obtaining of the above mentioned "oval" type curve in the coordinates  $(\delta, F)$  (which is considered on Figure 4). In mentioned coordinates using (20) and (28), it becomes possible to construct the "oval"  $F_{\Sigma}(\theta)$ . It is ellipse  $F_{(\nu)\Sigma}(\delta)$  (as both  $F(\nu)$  and  $\delta$  in their variable parts depends on the same frequency  $\nu$ ), the area of which is determined by the phase  $\theta_F$  in this case. By appropriate choice of scales on the axes  $\delta$  and  $F$  this ellipse can take the form of circle, when the angle  $\theta_F$  is zero

(in the case of the operators (20) and (28)), (or  $\frac{\pi}{2}$  in the case of substitution of the

“sin “ или “cos “ type operators by the operators of the same type in (20) and (28)). Since the objective of this subsection is to find conditions for rational functioning of EME LFO at the frequency of workflow  $\nu$ , the last remark makes us look for patterns in the implementation of the above ellipse in  $(\delta, F)$  axes. Therefore, we consider at greater length possible theoretical approaches to the detection of links between angle  $\theta_F$  and various factors, characteristic for the processes under consideration.

We mention that the above-mentioned possible obtaining by ellipse the shape of circle is desirable, in principle, as in this case, the above required two-valuedness of closed curve,  $F_{EM}(\theta)$ , as well as  $F_{\Sigma}(\theta)$  acquires the greatest development, armature oscillations have the greatest amplitude and energy saturation.

First, note that the angle  $\theta_F$  in accordance with (27) is connected with the phases  $\bar{\alpha}_1$  and  $\bar{\alpha}_2$  from (26), and through them with angles,  $\alpha_{(k)}$ ,  $\alpha_{(k,-1)}$ ,

$\alpha_{(k,+1)}$  . However, the amplitudes of the harmonic components of magnetic flux  $\Phi_{(k,-1)}$  and  $\Phi_{(k,+1)m}$  also play a role in forming this angle. Therefore, we turn to additional conditions that may be identified if we use another analytical technique of forming the expression (28).

It is known [9, 10, 11], that in the case of equal amplitudes of the two sinusoidal waves with different arguments, their sum can be represented by the product of operators:

$$F_A \cos A + F_B \cos B = 2F \cos \frac{A+B}{2} \cos \frac{B-A}{2}, \quad (28)$$

where

$$F = F_A = F_B .$$

If we turn to (26) in the conditions of  $F_{1m} = F_{2m} = F_m$  and apply the above written expression, then

$$\begin{aligned} F_{\Sigma}(t) &= F_{1m} \cos(\nu t + \bar{\alpha}_1) + F_{2m} \cos(\nu t + \bar{\alpha}_2) = 2F_m \cos\left(\frac{2\nu t + \bar{\alpha}_1 + \bar{\alpha}_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\bar{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_1}{2}\right) = \\ &= 2F_m \cos\left(\frac{\bar{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_1}{2}\right) \cos\left(\nu t + \frac{\bar{\alpha}_1 + \bar{\alpha}_2}{2}\right) \end{aligned} \quad (29)$$

From (26) we have:

$$\begin{aligned} \frac{\bar{\alpha}_2 - \bar{\alpha}_1}{2} &= \frac{\alpha_{(k,+1)} - \alpha_{(k,0)} - \alpha_{(k,0)} + \alpha_{(k,-1)}}{2} = \frac{\alpha_{(k,+1)} + \alpha_{(k,-1)}}{2} - \alpha_{(k,0)}, \\ \frac{\bar{\alpha}_2 + \bar{\alpha}_1}{2} &= \frac{\alpha_{(k,0)} - \alpha_{(k,-1)} + \alpha_{(k,+1)} - \alpha_{(k,0)}}{2} = \frac{\alpha_{(k,+1)} - \alpha_{(k,-1)}}{2} \end{aligned} \quad (29)$$

Then (29) takes the form:

$$F_{\Sigma}(t) = 2F_m \cos\left(\frac{\alpha_{(k,+1)} + \alpha_{(k,-1)}}{2} - \alpha_{(k,0)}\right) \cos\left(\nu t + \frac{\alpha_{(k,+1)} - \alpha_{(k,-1)}}{2}\right) \quad (30)$$

But provided the compliance with above written conditions, the expression (27) can also be represented as follows. Amplitude of tractive effort of the  $\nu$  – dependent harmonic can be rewritten through phases of components of magnetic flux  $\alpha_{(k,0)}$  ,  $\alpha_{(k,-1)}$  и  $\alpha_{(k,+1)}$  as:

$$\begin{aligned} F_{\Sigma m}(\nu) &= h \frac{\Phi_{(k,0)m}}{2} \times \\ &\times \sqrt{\Phi_{(k,-1)m}^2 + \Phi_{(k,+1)m}^2 + 2\Phi_{(k,-1)m} \Phi_{(k,+1)m} \cos(2\alpha_{(k,0)} - (\alpha_{(k,-1)} + \alpha_{(k,+1)})} \end{aligned} \quad (31)$$

Phase  $\theta_F$  of this tractive effort's component can be presented as:

$$\operatorname{tg} \theta_F = \frac{\Phi_{(k,-1)} \sin(\alpha_{(k,0)} - \alpha_{(k,-1)}) + \Phi_{(k,+1)} \sin(\alpha_{(k,+1)} - \alpha_{(k,0)})}{\Phi_{(k,-1)} \cos(\alpha_{(k,0)} - \alpha_{(k,-1)}) + \Phi_{(k,+1)} \cos(\alpha_{(k,+1)} - \alpha_{(k,0)})}$$

Taking into account the equality of effort's components  $F_{1m} = F_{2m} = F_m$  (which can be interpreted as equality of the magnetic flux's components at the frequency of  $\nu$   $\Phi_{(k,-1)m} \cos \bar{\alpha}_1 = \Phi_{(k,+1)m} \cos \bar{\alpha}_2$  ) and:

$$\operatorname{tg} \theta_F = \operatorname{tg} \frac{\alpha_{(k,+1)} - \alpha_{(k,-1)}}{2}$$

and, therefore:

$$\theta_F = \frac{\alpha_{(k,+1)} - \alpha_{(k,-1)}}{2} \quad (32)$$

Comparing form of presentation of the  $\nu$  - dependent component of tractive effort of the EME LFO (28) and (30), and taking into account (31) and (32), we note the coincidence of the results of revealing the dependence of these quantities on the amplitude of the magnetic flux's  $\Phi_{(k,-1)m}$  and  $\Phi_{(k,+1)m}$  combination components and phases of these components  $\alpha_{(k,-1)}$  и  $\alpha_{(k,+1)}$  . But the coincidence of the results of this comparison is based on the requirement of equality  $\Phi_{(k,-1)m} \cos \bar{\alpha}_1 = \Phi_{(k,+1)m} \cos \bar{\alpha}_2$  and correspondence to each other of  $\alpha_{(k,-1)}$  and  $\alpha_{(k,+1)}$  , which requires special consideration. As will be shown later, this equality of amplitudes  $\Phi_{(k,-1)}$  and  $\Phi_{(k,+1)}$  is rational, but its establishment is only possible as a result of the study of the frequency characteristics of the resonant circuit of the EME LFO.

However, the above consideration in the case of relations (29) additionally allows seeing the legitimacy of the general direction of the analysis of the problem under consideration. We turn back to the properties of the electrical subsystem. Note that when capacitors with traction winding in EME LFO are connected in serial mode in the electrical circuit, there is formed resonant type circuit, phase-frequency characteristic of which is known and presented in Figure 5. If we assume that the frequency of the component of the magnetic flux  $\Phi_{(k,0)}$  in (22) is close to the resonant frequency  $\omega_p$  (5), then the mentioned combination components  $\Phi_{(k,-1)}$  и  $\Phi_{(k,+1)}$  have the frequencies conditionally equidistant from  $\omega_p$ . At the same time the phase  $\alpha_{(k,-1)}$  is in the range of negative values (left of  $\omega_p$  ) and the phase  $\alpha_{(k,+1)}$  in the range of positive values (right of  $\omega_p$  ) on the same figure. In this case, by substituting in (31) and (32) values of phase angles  $\alpha_{(k,-1)}$  and  $\alpha_{(k,+1)}$  in accordance with their signs from Figure 5, we get an indication that the phase angles, in particular, the angle  $\theta$  , must approach to their rational values, when

setting EME LFO circuit by changing the value of capacitor in series. It also requires the creation of conditions for the implementation of rational relation between  $\Phi_{(k,-1)m}$  and  $\Phi_{(k,+1)m}$ . However, there is a number of factors that are connected with forms of amplitude-frequency curves, and it is necessary to consider them additionally to understand reasonability of fulfillment of the above conditions. Consider these questions in the next subsection, specially covering them.

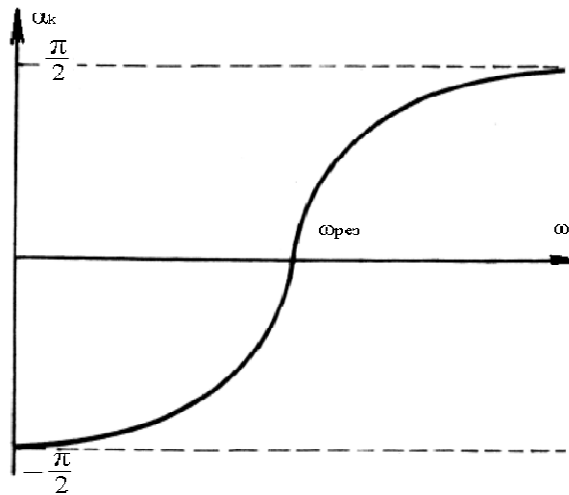


Figure 5. The phase parameters dependence from common circuit detuning parameters of an oscillatory circuit

### Features of the frequency characteristics of the resonant circuit in the EME LFO

First of all, we note that in the works [5, 6, 8] there was established and described the fact of existence of the conditions under which the current's harmonic structure in the winding of the EME LFO with series capacitors contains components with the frequency subjected to the following regularity:

$$f_v = \dots = f_{(+2)} - f_{(+1)} = f_{(+1)} - f_{(0)} = f_{(0)} - f_{(-1)} = f_{(-1)} - f_{(-2)} = \dots \quad (33)$$

where  $f_v$  – frequency of the main (the first) harmonic of the oscillation movement in the mechanical subsystem, implemented by electromagnet's armature (causing variability of the parameter  $R_\delta$  in the magnetic subsystem) (Hz);  $f_{(0)}$  – frequency, which is the basic in the harmonic representation of the current and magnetic flux of the EME LFO and matched with the frequency of power system, i.e.,  $f_{(0)} = f_{net}$  (Hz);  $f_{(+2)}$ ,  $f_{(+1)}$ ,  $f_{(-1)}$ ,  $f_{(-2)}$  – frequencies of combination harmonics concomitant to the magnetic parameter  $R_\delta$  variability in the magnetic subsystem, and included into the harmonic structure of the current and the magnetic flux in the functioning EME LFO (Hz).

At the same time we should remember that in this type of EME LFO in accordance with (10)  $f_v = f_{(0)}$ .

Presented above record (33) can be illustrated using Figure 6, which shows the frequency axis and located on it values of basic  $f_{(0)}$  and combination frequencies  $f_{(+2)}$ ,  $f_{(-2)}$ .

This indicates that on the frequency axis there are arranged values of combination frequencies  $f_{(+1)}$  and  $f_{(-1)}$ , as well as  $f_{(+2)}$  и  $f_{(-2)}$  equidistant from the conditionally central value  $f_{(0)}$ , as it was noted at the end of the previous section 2. Without referring to the interpretation of this phenomenon (it is done in [3, 5, 6, 7]) note that it is necessary to compare it with the location relatively to the frequency axis  $f$  of the amplitude (and phase) - frequency characteristics of the EME LFO's resonant circuit, which, as it is known, has a "bell-shaped" type. Note, however, that for more general comparisons it is necessary to compare the amplitude-frequency characteristics of the circuit at its various values of quality factors  $Q$ .

It is convenient to carry out such a comparison [9, 10], if the amplitude-frequency characteristics are presented in a coordinate system  $(\Omega, \psi)$ .

Here we use the concepts of circuit detuning

$$\Omega = \frac{f}{f_p} \quad (34a)$$

and relatively to the magnetic flux

$$\psi = \frac{\Phi_{(0)}}{\Phi_{c(res.)}} \quad (34b)$$

where  $\Omega$  – circuit detuning;  $f$  – circuit frequency's current value;

$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0C_0}}$  – circuit's resonant frequency;  $\psi$  – relative magnetic flux;  $\Phi_c$  – current value of magnetic flux's amplitude;  $\Phi_{c(res.)}$  – amplitude value of the magnetic flux at resonance.

Before referring to the above specifications, we note that the form of amplitude-frequency curves  $(\Omega, \psi)$  can be obtained from the following considerations.

Referring to the well-known relation [10] for the amplitude of the current in the series resonant circuit, we have

$$\frac{I_m}{I_{p_m}} = \frac{1}{\sqrt{1+Q^2(\Omega-\frac{1}{\Omega})^2}}$$

$$\frac{I_m}{I_{p_m}} = \frac{1}{\sqrt{1+Q^2(\Omega-\frac{1}{\Omega})^2}}$$

Note, that:

$$L_0 = \frac{w\Phi_m}{I_{p_m}} = \frac{w\Phi_{p_m}}{I_{p_m}}$$

where  $L_0 = \frac{k}{\delta_0}$  – value of the coefficient of self-induction, corresponding to the average gap  $\delta_0$  at EME LFO's stationary mode of operation.

Hence (taking into account  $\frac{\Phi_m}{I_m} = \frac{\Phi_{p_m}}{I_{p_m}}$  )

$$\psi = \frac{\Phi_m}{\Phi_{p_m}} = \frac{I_m}{I_{p_m}} = \frac{1}{\sqrt{1+Q^2(\Omega - \frac{1}{\Omega})^2}} \quad (35)$$

Thus, the forms of amplitude-frequency characteristics (known for [10]) are also valid for the construction of amplitude-frequency characteristics of the magnetic flux in the axes  $(\Omega, \psi)$  when considering the distribution of harmonic components  $\Phi_{(\kappa l-1)}$ ,  $\Phi_{(\kappa)}$  and  $\Phi_{(\kappa l+1)}$  of the magnetic flux relative to the axis of the detuning  $\Omega$ .

The above allows us to refer to what was said at the end of §2 on the location of the combination harmonics in the  $(\Omega, \psi)$  plane. But here it is necessary to take into account the following considerations. First of all, note that detuning  $\Omega$  for any combination frequency can be represented as (33):

$$\begin{aligned} \Omega_{(-1)} &= \frac{f_{(-1)}}{f_r} = \frac{f_{(0)} - f_v}{f_r}, \\ \Omega_{(0)} &= \frac{f_{(0)}}{f_r}, \\ \Omega_{(+1)} &= \frac{f_{(+1)}}{f_r} = \frac{f_{(0)} + f_v}{f_r}, \end{aligned} \quad (36)$$

This shows that there is one more parameter in the coordinate system  $(\Omega, \psi)$ , which is a resonant frequency

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{L_0 C}}, \quad (37)$$

which depends on the value of the capacitance  $C$  of the series-connected capacitor and the structural factors of the electromagnet through the quantity  $L_0$ .

By changing this quantity, we have the opportunity to shift the resonant frequency  $f_r$  relative to the frequency  $f_{(0)}=f_{net}$ , but since the combination frequencies  $f_{(-1)}$  and  $f_{(+1)}$  are shifted relative to the conditionally central frequency  $f_{(0)}$  by the same quantity of the mechanical movement  $f_v$  (Figure 6) to the left and right, the above change in the resonant frequency  $f_r$  causes a change in the coordinate of detuning  $\Omega_{(-1)}$ ,  $\Omega_{(0)}$ ,  $\Omega_{(+1)}$  relative to the coordinate "1" on axis " $\Omega$ " (at a constant frequency of the power system  $f_{(net)}=f_{(0)}$  and, therefore, constant values  $\psi_{(-1)}$ ,  $\psi_{(0)}$ ,  $\psi_{(+1)}$  in their mutual relation).

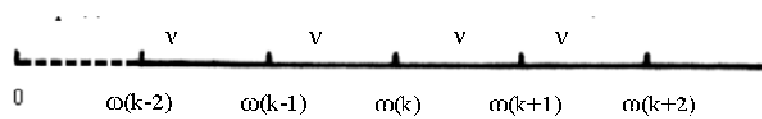


Figure 6. Distribution of combinational components on a frequency axis

Figure 7 contains the relevant points' migration at  $f_{net}=const$  and change in the frequency  $f_r$ . The case  $f_{(net)}=f_{(0)}=f_p$  is corresponded by the points  $\Omega_{(-1)}$ ,  $\Omega_{(0)}$ ,  $\Omega_{(+1)}$  (without dashes) on the axis " $\Omega$ " and the points  $\psi_{(-1)}$ ,  $\psi_{(0)}$ ,  $\psi_{(+1)}$  relative to the axis " $\psi$ ". In the case of  $f_{(net)}=f_{(0)}>f_r$  the points (with dashes) on the axis " $\Omega$ " move to the right, but the corresponding values  $\psi'_{(-1)}$ ,  $\psi'_{(0)}$ ,  $\psi'_{(+1)}$  moves according to the "bell"-shaped curve. If we assume the quality factor  $Q=const$ , migration of the points  $\psi'_{(-1)}$ ,  $\psi'_{(0)}$ ,  $\psi'_{(+1)}$  is carried out as shown in Figure 7 and 8.

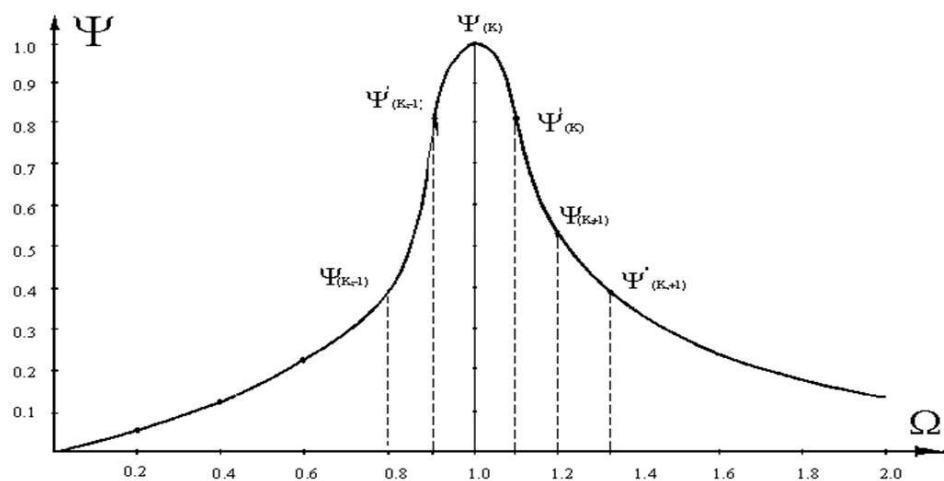


Figure 7. Relative flux dependence from common circuit detuning parameters of an oscillatory circuit



If we consider the case  $f_{(net)} = f_{(0)} < f_r$ , then the points  $\psi''_{(-1)}$ ,  $\psi''_{(0)}$ ,  $\psi''_{(+1)}$  migrates as shown in Figure 8.

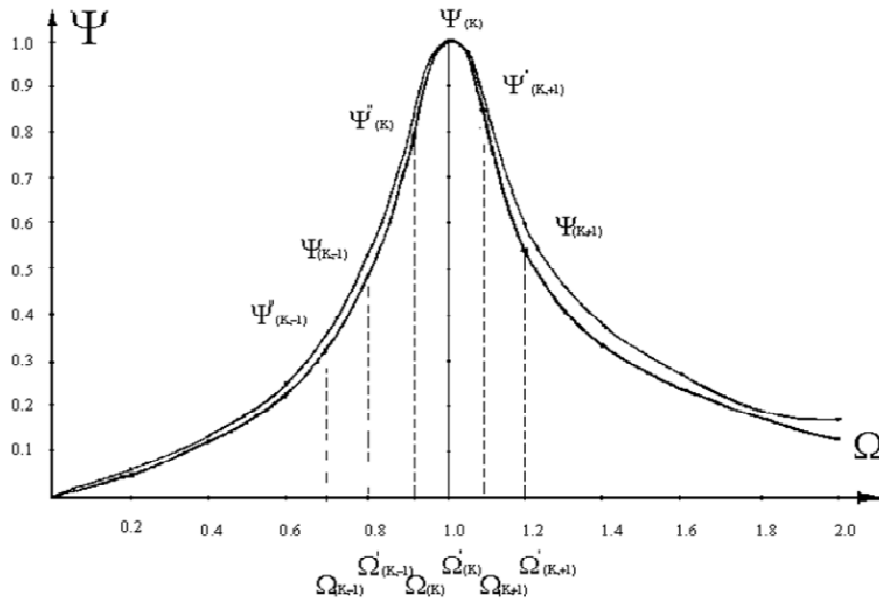


Figure 8. Relative flux dependence from common circuit detuning parameters of an oscillatory circuit

However, we should remember that quality factor is defined by the relation

$$Q = \frac{2\pi f_r L_0}{r}, \tag{38}$$

which, taking into account (37) take the form

$$Q = \frac{1}{r} \sqrt{\frac{L_0}{C}} = \frac{\rho}{r}, \tag{39}$$

where  $\rho = \sqrt{\frac{L_0}{C}}$  – wave resistance /Ohm/.

Therefore, only the capacitance  $C$  change along with the change in resonant frequency  $f_r$  and, consequently, detuning  $\Omega_{(0)}$  leads to change in the quality factor  $Q$  of the resonant circuit. The latter, in turn, leads to a change in position of the branches of "bell"-shaped curve, and to some additional shift of values  $\psi_{(-1)}$ ,  $\psi_{(0)}$ ,  $\psi_{(+1)}$  (with increasing  $C$  values of  $\psi'_{(-1)}$ ,  $\psi'_{(0)}$ ,  $\psi'_{(+1)}$  decrease; with decreasing  $C$  values  $\psi''_{(-1)}$ ,  $\psi''_{(0)}$ ,  $\psi''_{(+1)}$  increase slightly). However, all these

changes may have as a result rational tuning of the circuit only if criterion of this rationality is set.

Given the above, it can be assumed that such a case of the detuning on the axis  $\Omega$  will lead to the best use of the combination components' values  $\psi_{(-1)}$  and  $\psi_{(+1)}$ . If we turn to the expressions (30), (31) and (32) of the preceding paragraph, relative to the above mentioned the equation (40) obtains further evidence, particularly that the angle  $\theta_F$  in (30) and (32) makes it possible to establish the optimality of the process, approximating the form of "oval" in Figure 4 to an ellipse.

First of all, we note that according to (28) the value of tractive effort  $F_{\Sigma}(\nu)$  is alternating due to operator  $\cos(\nu t + \theta_F)$  (Figure 11). At the same time (20), being generally of a constant sign, but having in its structure significantly changing summand with the operator  $\beta \sin \nu t$ , in conjunction with (28) make it possible to build in the coordinate system  $(\delta, F_{\Sigma}(\nu))$  an elliptical closed curve, alternating through  $F_{\Sigma}(\nu)$ , which was mentioned above. But this curve is significantly approaching to the circle, if we select the corresponding scales on the axes  $\delta$  and  $F_{\Sigma}(\nu)$  and keep appearing in (20) and (28)  $\cos \nu t$  and  $\sin \nu t$  operators, and in (20) put the phase angle  $\theta_F$  as

$$\theta_F = \theta_{F_{opt.}}, \quad (41)$$

In this case, in (26) and (27) the phase angles  $\alpha_{(-1)}$ ,  $\alpha_{(0)}$ ,  $\alpha_{(+1)}$  must be chosen based on the conditions (from (32) and (30))

$$\theta_F = \frac{\alpha_{(+1)} - \alpha_{(-1)}}{2} = \theta_{F_{opt.}}, \quad (41)$$

That is

$$\alpha_{(+1)} = \alpha_{(-1)} + 2 \theta_{F_{opt.}}, \quad (42a)$$

Moreover, the phase angle  $\alpha_{(0)}$  must also be minimized

$$\alpha_{(0)} \rightarrow \min, \quad (42b)$$

To determine the feasibility of this and the attendant circumstances we take a detailed look at the impact of change in  $\theta$  on the formation conditions of harmonic components  $\psi_{(-1)}$ ,  $\psi_{(0)}$ ,  $\psi_{(+1)}$  in a separate subsection, in which it becomes necessary to take into account the peculiarities of the formation of

harmonic components of the currents  $i(t)$  in the electrically connected windings of EME LFO's synchronized modules.

**Determining an optimal state of the system of the parameters of the module and through the rational choice of the reference frame of generalized detuning parameter and the construction of the vector diagram.**

Assigned at the end of the previous subsection questions about rational choice of the phase angles  $\alpha_{(k)}$  and amplitudes  $\psi_{(k)}$  of the magnetic flux's harmonic components can be resolved by reference to the search for the most appropriate form for the dependences of these quantities on the generalized parameters of considered chains. Basic parameter can be an oscillation circuit's detuning  $\Omega_{(k)}$ , experience of using of which (in our case) was considered in the previous subsection with respect to amplitude-frequency characteristic  $\psi(\Omega)$  (Figure 9). Given that in this case influence of oscillation circuit's quality factor  $Q$  becomes explicit, it is advisable to present these curves taking into account the parameter of quality factor.

Analyzing working points' migration on these two assemblages, depending on the location of detuning  $\alpha_{(-1)}$ ,  $\alpha_{(0)}$ ,  $\alpha_{(+1)}$  on the x-axis in accordance with the experience of section 4 (Figure 7 and Figure 8), note that the points corresponding to phase angles  $\alpha_{(-1)}$  and  $\alpha_{(+1)}$  are located in the first and third quarters of the coordinate plane of the assemblage  $\alpha(\Omega)$ , and therefore the above angle values have different signs. Note also that to the resonant value of flux  $\psi_{res.} = 1$  corresponds the phase angle  $\alpha_{res.}$  (that is  $\alpha = 0$ ). In accordance with this all phase angles  $\alpha$  in relations starting from (26), including  $\theta_F$  as dependent on  $\alpha$ , (32) and (42A), have a reference point  $\alpha = 0$ , that is  $\Omega = 1$ . Thus, it is possible to present all the above on a conditional vector diagram with rotating vectors  $\bar{F}_\Sigma$ ,  $\bar{\psi}_{(-1)}$ ,  $\bar{\psi}_{(0)}$  и  $\bar{\psi}_{(+1)}$  (moreover, the phase angles on it should be  $\theta_F$ ,  $\alpha_{(-1)}$ ,  $\alpha_{(0)}$ ,  $\alpha_{(+1)}$ , respectively), if we take as a reference point of the angles take an arbitrary location of the vector  $\bar{\psi}_{res.}$ , which is the unit vector (Figure 11).

However, such a vector diagram is becoming more informative when it is supplemented by several more vectors. To identify them we turn to the following reasoning.

As stated above [7] for the current's harmonic components forming the electrical subsystem there was inserted the phase angle  $\xi$  (in the expression  $i(t) = \dots I_{(k)m} \sin(\omega_k t + \xi)$ ), which did not receive due disclosure in the mentioned work. If we continue this disclosure, then it would be possible to interconnect phase angles in the electrical, magnetic, and mechanical subsystems in the process of interrelated oscillations in them. This can be done if we insert into the approximation (20) of the movement of the EME LFO's armature, that is into the proposed law of change in the air gap  $\delta$ , the phase angle  $\theta_x$  and rewrite the expression (20) as :

$$\delta(t) = \delta_0 - X \sin(\nu t + \theta_x) = \delta_0 [1 - \beta \sin(\nu t + \theta_x)], \quad (43)$$

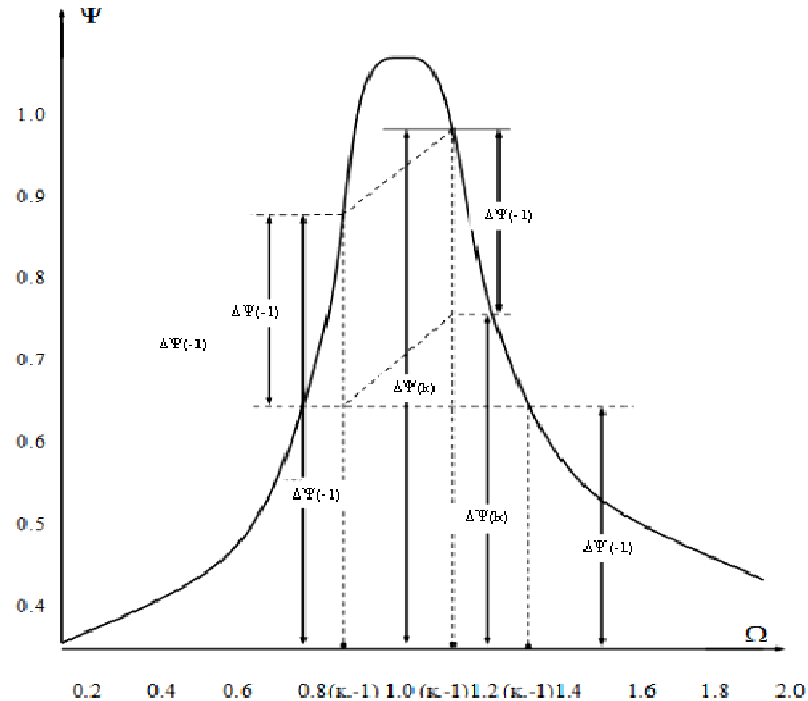


Figure 9. Typical resonance "bell"-shaped characteristic

Then, following [7], the determining of harmonic components of the current  $i(t)$  in the electrical subsystem will be implemented as follows:

$$\begin{aligned} i(t) &= k\delta\Phi_{\Sigma} = k\delta_0 [1 - \beta \sin(\nu t + \theta_x)] [ \dots \psi_{(-1)} \sin(\omega_{(-1)} t + \alpha_{(-1)}) + \\ &+ \psi_{(0)} \sin(\omega_{(0)} t + \alpha_{(0)}) + \psi_{(+1)} \sin(\omega_{(+1)} t + \alpha_{(+1)}) ] = \\ &= T_{res.} \{ \dots \psi_{(-1)} \sin(\omega_{(-1)} t + \alpha_{(-1)}) - \frac{\beta}{2} \psi_{(-1)} \{ \cos[(\nu - \omega_{(-1)}) t + \theta_x - \alpha_{(-1)}] - \\ &- \cos[(\nu + \omega_{(-1)}) t + \theta_x + \alpha_{(-1)}] \} + \psi_{(0)} \sin(\omega_{(0)} t + \alpha_{(0)}) - \frac{\beta}{2} \psi_{(0)} \{ \cos[(\nu - \\ &- \omega_{(0)}) t + \theta_x - \alpha_{(0)}] - \cos[(\nu + \omega_{(0)}) t + \theta_x + \alpha_{(0)}] \} + \psi_{(+1)} \sin(\omega_{(+1)} t + \alpha_{(+1)}) - \\ &- \frac{\beta}{2} \psi_{(+1)} \{ \cos[(\nu - \omega_{(+1)}) t + \theta_x - \alpha_{(+1)}] - \cos[(\nu + \omega_{(+1)}) t + \theta_x + \alpha_{(+1)}] \} + \dots \} \end{aligned} \quad (44)$$

where  $I_{res.} = k\Phi_{res.} \delta_0$ .

Continuing the transformation, in particular, by replacing the operators of type "cos" on the operators of the type "sin" to give uniformity (and, therefore, comparability) to the basic and combination components of the current  $i(t)$  at the same frequencies, we obtain:

$$\begin{aligned}
i(t) = & \dots + I_{\text{pez.}} \{ \psi_{(-1)} \sin [\omega_{(-1)} t + \alpha_{(-1)}] + \frac{\beta}{2} \psi_{(0)} \sin [\omega_{(-1)} t - \theta_x + \\
& + \alpha_{(0)} + 90^\circ] + \psi_{(0)} \sin [\omega_{(0)} t + \alpha_{(0)}] + \frac{\beta}{2} \psi_{(+1)} \sin [\omega_{(0)} t - \theta_x + \alpha_{(+1)} - 90^\circ] + \\
& + \frac{\beta}{2} \psi_{(-1)} \sin [\omega_{(0)} t + \theta_x + \alpha_{(-1)} + 90^\circ] + \psi_{(+1)} \sin [\omega_{(+1)} t + \alpha_{(+1)}] + \\
& + \frac{\beta}{2} \psi_{(0)} \sin [\omega_{(+1)} t + \theta_x + \alpha_{(0)} + 90^\circ] - \dots \}
\end{aligned} \quad (45)$$

Last relations for harmonic components of current acquire additional shifts of its components due to phase angle " $\theta_x$ ", which could be interpreted as an interconnection (and hence interdependence) between the phase angles  $\alpha_{(-1)}$ ,  $\alpha_{(0)}$ ,  $\alpha_{(+1)}$  и  $\theta_x$ , constituting in combinations the above mentioned angle  $\xi$ . However, pay attention to an important for this work fact. Phase angle  $\theta_x$  is the angular characteristic of the conditional displacement vector. But in oscillatory processes it is of interest to consider the conditional velocity vector in the same time plane as the vector  $X$ , angle characteristic of which is  $\theta_x$ . It is known that the vector  $V$  advances the vector  $X$  by  $90^\circ$ , therefore, the angular characteristic of the vector  $V$  is

$$\theta_v = \theta_x + 90^\circ, \quad (46)$$

We note in passing that in the case of coincidence of phase angles (phase characteristics) of the vector of effort  $F_\Sigma$ , the exciting oscillation and the vector  $\bar{V}$ , there occurs a resonance phenomenon in the mechanical subsystem of the EME LFO.

Referring to (42a) and (42b), we can assume that the phase characteristics, i.e. angles  $\theta_F$ ,  $\alpha_{(-1)}$ ,  $\alpha_{(0)}$ ,  $\alpha_{(+1)}$ , may be considered on a time plane of the vector diagram (Figure 10). The same figure also presents phase characteristics – angles  $\alpha_{(-1)}$ ,  $\alpha_{(0)}$ ,  $\alpha_{(+1)}$  with their corresponding vectors  $\Phi_{(-1)}$ ,  $\Phi_{(0)}$ ,  $\Phi_{(+1)}$ . Represented location of the vectors and phase angles is real, but taken as an example for the arbitrary case ( $f_{\text{net}}=50$  Hz,  $f_v=10$  Hz,  $f_{\text{res.}}=43$  Hz,  $Q=5$ ).

There is the same opportunity for consideration of the harmonic components of current  $i(t)$ , if we turn to the following. In (45) there are presented the current's components, characterized by frequencies  $\omega_{(-1)}$ ,  $\omega_{(0)}$  and  $\omega_{(+1)}$ . In this case the phase shifts of the  $\alpha$  type for the component with the same frequency should be the same, therefore, the following system of equations is correct (at  $t=0$ ):

a) for  $\omega_{(-)}$  :

$$\alpha_{(-)} = -\theta_x + \alpha_{(0)} - 90^\circ ,$$

and taking into account (46)

$$\alpha_{(-)} = \alpha_{(0)} - \theta_v , \quad (47)$$

b) for  $\omega_{(0)}$  :

$$\alpha_{(0)} = \alpha_{(+)} - \theta_v = \alpha_{(-)} + \theta_v , \quad (48)$$

c) for  $\omega_{(+)}$  :

$$\alpha_{(+)} = \theta_x + \alpha_{(0)} + \theta_v , \quad (49)$$

Specified in (47), (48) and (49) interconnections allow to obtain the expressions

$$\theta_x = \frac{\alpha_{(+)} - \alpha_{(-)} - 90^\circ}{2} , \quad (50a)$$

$$\theta_v = \frac{\alpha_{(+)} - \alpha_{(-)}}{2} , \quad (50b)$$

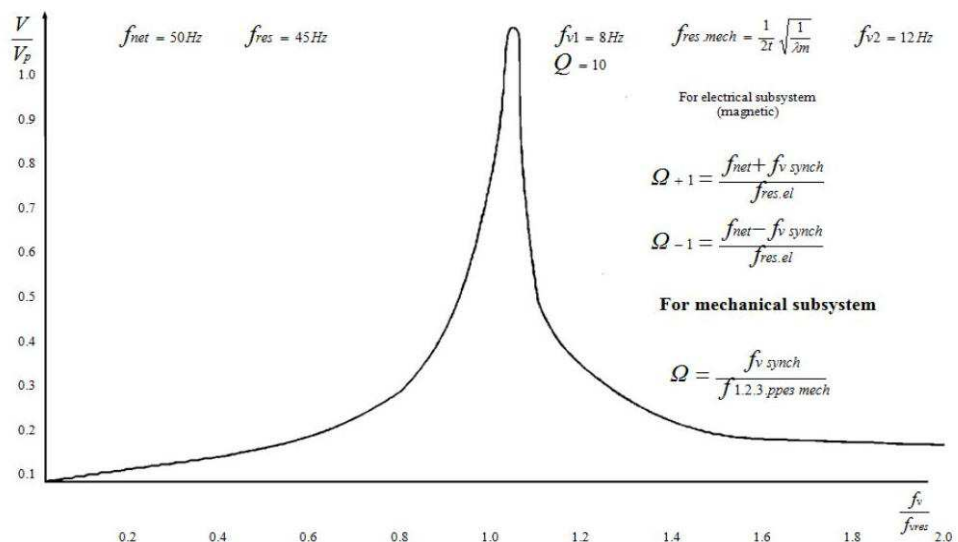


Figure 10. Typical resonant characteristic for mechanical subsystems

These expressions (i.e. (50a) and (50b)) show that there is an explicit relationship between the angles  $\theta_F$  and  $\theta_x$  or  $\theta_v$  through the phase angles,  $\alpha_{(0)}$  и  $\alpha_{(+1)}$ . Using the relationship it seems possible to distinguish rational modes of functioning of the EME LFO to ensure the necessary conditions for synchronization of multi-module EME LFOs in order to provide the necessary conditions for synchronization of their modules and defining more precisely the parameters affecting the quality of synchronization. To accomplish this, let's create an overall picture of the mutual arrangement of vectors in various subsystems based on (47), (48), (49) and (50a) and (50b). Using these expressions, we supplement the vector diagram (Figure 11) with vectors  $X$  and  $V$  taking into account (43) and the previously agreed condition of  $t=0$ . The shape of this diagram is shown in Figure 12. When it was built it was considered that all the counting of phase angles  $\alpha_{(-1)}$ ,  $\alpha_{(0)}$ ,  $\alpha_{(+1)}$ ,  $\theta_x$  and  $\theta_v$ , was relative to the vector with a modulus  $|1|$  and that can be arbitrarily inclined (in Figure 12 there was taken a horizontal location of the vector as conventional), for relative fluxes  $\psi_{(-1)}$ ,  $\psi_{(0)}$  и  $\psi_{(+1)}$ , phase angles  $\alpha_{(-1)}$ ,  $\alpha_{(0)}$  и  $\alpha_{(+1)}$ , the resulting effort  $F_\Sigma$ , angles  $\theta_x$  and  $\theta_v$  depending on the frequency of power system  $f_{net}$ , resonant frequency  $f_{res.} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0C}}$ , frequency of mechanical oscillations  $f_v$  and oscillation circuit's quality factor  $Q$ . Based on them there can be built a space of surfaces  $F_\Sigma(f_v, Q)$  and  $F_\Sigma(f_v, f_{res.})$ . Figure 12 shows a vector diagram constructed for the non-resonant case (vectors  $\vec{F}_\Sigma$  and  $\vec{V}$  do not match, that is  $\theta_F \neq \theta_v$ ). On the basis of the methodology [10] we see that when  $f_{net} \approx f_{res.}$ ,  $\theta_F = \theta_v$  and this state is stable in the range of quality factors  $Q=(2\div 10)$  and more, as well as in the range of frequencies of mechanical oscillation's of the EME LFO's armature  $f_v=(1\div 20)$  Hz or more. Given these tables' data it should be noted that, for example, in the case  $f_{net} = f_{res.} = 50$  Hz at  $f_v=(2;6,6;10;16,6;20)$  Hz,  $Q=(3;5;7)$  or more, there will be  $\theta_F = \theta_v$ , which is indicative of the stability of the resonance state in these modes. Consequently, the vector diagram (Figure 12) could be presented at  $\theta_F = \theta_v$ . This mode is the most favorable for the functioning of the EME LFO in the frequency of multi-module implementation of its construction. Here it is worth noting that the tables show the presence of condition  $\psi_{(-1)} \approx \psi_{(+1)}$  for this mode. This fact matches with the considerations expressed in Subection 3 regarding the possible equality of combination components  $F_1$  and  $F_2$  of the total effort  $F_\Sigma$ . But, it is the presence of such equality that allows to proceed to consideration of functioning conditions of EME LFO's individual modules.

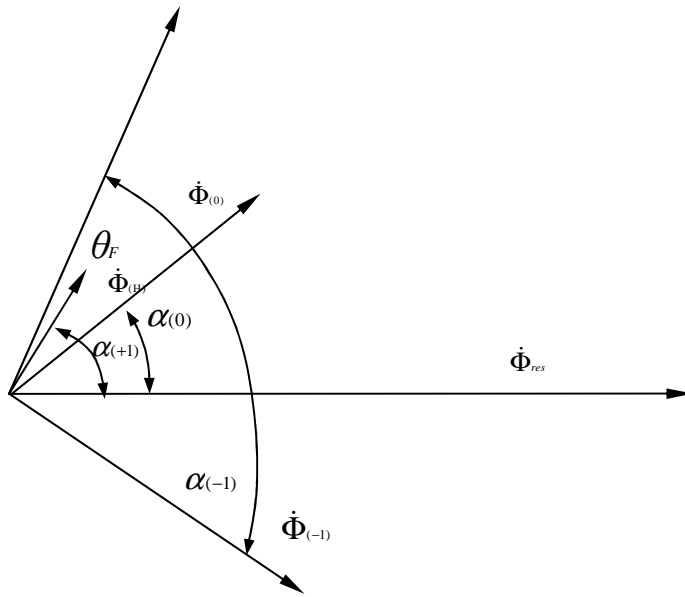


Figure 11. Vector diagram of state of the parameters of the electromechanical system, built on the basis of the initial data

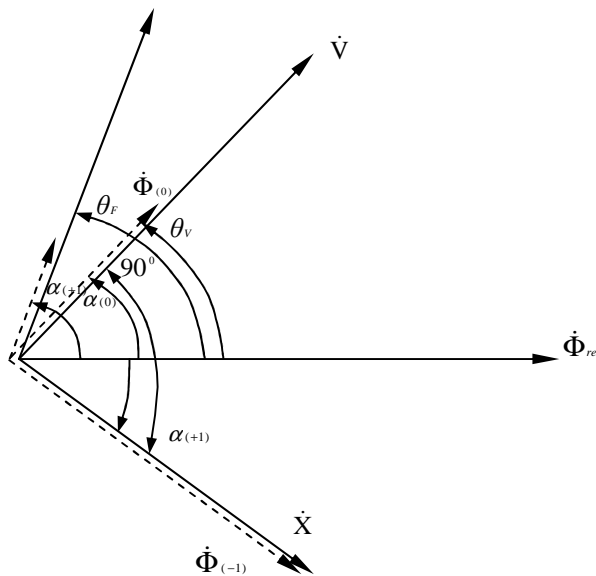


Figure 12. Vector diagram of states of mode parameters of the electromechanical system, built on the basis of calculation and analytical results

**Conclusion.** Based on the stated above and detailed consideration of features of processes in the EME LFO in a motor mode, we can formulate the following conclusion

1. The theoretical interpretation of the functioning processes in the EME LFO in a generator mode is realizable and can be constructed based on the principle of reversibility of the electro-mechanical system



2. From the point of view of practical implementation it is necessary to consider the options of technical solutions, including solutions, allowing instead of the elastic system (which is characterized by inactivity and complexity of manufacture) to consider and use in its construction, for example, polarized element.

## REFERENCES

1. Nitusov, U.E., 1958. Teoreticheskoe i experimentalnoe issledovanie elektromagnitnogo vibratora s kondensatorom. *M. S. thesis*, Moscow state technical univ., Moscow.
2. Katsubinski, A.I., 1977. Issledovanie energeticheskikh osobennosti I dinamicheskikh rezhimov tiagovykh elektromagnitov pri ih primeneni v kachestve privodov, *M. S. thesis*, Moscow state technical univ., Moscow.
3. Komarov, A.A., 1974. Issledovanie parametricheskogo elektromagnitnogo vzbudately nizkochastotnykh mekhanicheskikh kolebani, *M. S. thesis*, Moscow state technical univ., Moscow.
4. Kuliev, Z.A., 1981. Nastraivaemye elektromagnitnye vzbudately nizkochastotnykh kolebaniy dlya system upravleniya peredachey i orientachiei izdelyi v avtomatizirovannykh kompleksah, *M. S. thesis*, Moscow state technical univ., Moscow.
5. William, McC Siebert, 1985. Circuits, Signals, and Systems. Part I and Part II. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England/McGraw-Hill Book Company New York St. Louis San Francisco Montreal Toronto, pp:124.
6. Melkina, V.Ya., 1982. Dvurezhimniye elektromagnitnye vibratory dlya system upravleniya sborochnymi golovkami, *M. S. thesis*, Moscow state technical univ., Moscow.
7. Smirnova, L.A., 1983. Teoretiko-tsepnoe modelirovanie elektroprivodov avtomatizirovannykh kompleksov sodержachih mekhanicheskie peredachi s nelineinostyami, *M. S. thesis*, Moscow state technical univ., Moscow.
8. Babayev, I.S., 1987. Trehfasniye reguliruemyye elektromagnitnye vzbudately nizkochastotnykh mekhanicheskikh system kolebaniy dlya system upravleniya tehnologicheskimi protsessami s vibrovozdeistviyem, *M. S. thesis*, Moscow state technical univ., Moscow.
9. Tumanov, I.E., 2013. Parametricheskii elektromagnitnyi vzbuditel nizkochastotnykh mekhanicheskikh kolebani dlya system kontrolya i dozirovaniya massy mnogofrikcionnykh zhidkikh produktov. *Journal "ELECTROTECHNIKA"*, No.8:48-52.
10. Tumanov, I.E., 2001. Mnogomodulnyi vibriprivod na baze elektromagnitnogo vzbudately nizkochastotnykh kolebani, *M. S. thesis*, Almaty Univ. of Power Engineering & Telecommunications., Almaty.

Material received 28.10.14.

**А.У. Нуримбетов<sup>1</sup>, М.Т. Кейкиманова<sup>2</sup>, С.А. Орынбаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Московский авиационный институт, г. Москва, РФ

<sup>2</sup>Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, РК

<sup>3</sup>Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, РК

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗБУДИТЕЛЯХ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ИХ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Электромагнитные возбудители низкочастотных колебаний в однофазном и трехфазном режиме работы сохраняя свою работоспособность, иногда конкурируют с мотором индукции и с другими установками. В данной работе рассмотрены исследования изменения новых колебаний и изображены необходимые возможности теоретических принципов, а также особенности процессов в электромагнитных возбудителях низкочастотных колебаний в их режиме работы.

**Ключевые слова:** электрический магнит, резонансная частота, сила притяжения, вспомогательные системы, поток, гармонический состав.

А.У. Нуримбетов<sup>1</sup>, М.Т. Кейкиманова<sup>2</sup>, С.А. Орынбаев<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Мәскеу авиация институты, Мәскеу, РФ

<sup>2</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз, ҚР  
<sup>3</sup>З.Қ.И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы, ҚР

## ТӨМЕНГІ ЖИІЛІКТІ ТЕРБЕЛІСТЕР ТУДЫРАТЫН ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ҚОЗДЫРҒЫШТАРДЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІНДЕГІ ПРОЦЕССТЕРДІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Төменгі жиілікті тербелістер тудыратын электромагнитті қоздырғыш өзінің бір фазалық және үш фазалық жұмыс істеу режимінде жұмыс істеу қабілетін сақтай отырып, кей жағдайларда индукция моторлары және басқа да құрылғылармен бәсекелестікке түседі. Бұл жұмыс осы зерттеуде көрсетіліп, басқа дизайнмен алынған, жаңа тербеліс өзгерткішін дамыту мен зерттеуге қажетті мүмкіндіктердің теориялық принциптері суреттелген, төменгі жиілікті тербелістегі электромагнитті қоздырғыш үрдістерінің өзіндік ерекшеліктерін анықтауға арналады.

**Түйін сөздер:** электрлі магнит, резонансты жиілік, тарту күші, косалқы жүйе, ағын, бөліну арақашықтығы, гармоникалық құрамы.

A.N. Semernin<sup>1</sup>, N.A. Semernin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Candidate of technical sciences, Professor.* <sup>2</sup>*Master, Senior teacher*  
*M.Kh. Dulati Taraz State University, Taraz, Kazakhstan*

## UNIVERSAL FUEL SYSTEM FOR DIESEL ENGINES

Recommended fuel system includes: fuel tank, fuel level indicator, drain valves for draining of sediments, alarm sensor, automatic valve for water drainage from the fuel-water filter, and a differential pressure manometer. The application of the proposed system will improve the reliability of the fuel equipment by 25-30%.

**Keywords:** fuel system, the fuel-water filter, fuel apparatus, alarm sensor, diesel fuel, diesel engine.

Efficiency of high-speed diesel engines, their power indicators and reliability depend largely on the technical condition of the fuel equipment.

One of the main causes of failure of units and assemblies of fuel equipment is the high pollution and water content of diesel fuel.

Reasons for watering of fuel are: fuelling of tanks with watered fuel, natural accumulation of water due to the physico-chemical properties of hydrocarbon fuels being capable of dissolving the water and then release it at lower temperatures.

The presence of free water in the fuel has a negative impact on the quality of the fuel. Moreover, the deterioration of operational properties of fuels depends on the aggregate state of water in it.

In the presence of water low-temperature fuels properties deteriorate, viscosity, cloud point temperature increases, pumpability and filterability of fuels decrease.

In this connection, a large number of fuel equipment failures of vehicles with diesel engines take place due to the higher content of contaminants and water.

Economic costs associated with diesel engines, their increased wear of fuel equipment, with increased fuel consumption, a significant number of failures during their operation, are very large, so the development of effective means of cleaning the water from fuel present the actual problem.

The problem of improving the reliability of the fuel equipment can largely be solved through the use of the proposed fuel system.

Fuel system of a vehicle with a diesel engine includes a fuel tank, hand feed pump, a coarse filter, two fine filter, high pressure pump, injectors, and fuel lines. The coarse fuel filter of gravity type is designed to clean fuel from water and mechanical impurities. The fuel fine filter consists of two parallel working paper filters. Its significant disadvantage of serial filters is their low effectiveness when working on heavily watered fuel. This is because gravity filters operate effectively at the water content in the fuel up to 0.05%, while at a higher water content of the fuel the filters efficiency drops. As a result, sharply shortens the life of the fine filters and high pressure fuel pump. This shortcoming is reinforced by the fact that draining the water from the sedimentation area is made out of time. As a result, there is an accumulation of water which changes the physical properties of the paper elements. In turn, the deformation of the elements and breakthrough of filtration partitions take place.

In the existing fuel system of automobiles with diesel engines control over the functioning of the units and assemblies of fuel equipment is not carried out, because there are no indicators and automatic valves, to monitor their performance.

The design of the fuel tank is far from perfect, in it settling area for water are not available, as well as the removal of dirt from it is difficult. Temperature conditions in which the fuel system operates has a significant influence on the accumulation of water in the tank during operation, because the excess of fuel heated to  $50^{\circ}\text{C} + \dots + 60^{\circ}\text{C}$  merges back into the fuel tank. Due to the temperature of fuel sharp change in the tank the dissolved water condenses in the fuel, and that leads to its accumulation in the sedimentation area

Analysis of the fuel systems of automobiles with diesel engines shows that a number of requirements to the system performance on a heavily contaminated with fuel is not provided due to the following shortcomings:

- sedimentation chamber of the tank is located below filling neck tube, so when filling of fuel flows tend to discard the sediment in the area without having drainage devices; with this construction, the tank sediment is distributed over the entire volume and is not removed by sedimentation cranes;

- placement of the intake fitting with a grid at the bottom leads to the fact that treatment of grid is associated with a loss of fuel during removal;

- coarse filters used to clean of water from fuel do not provide the quality of this treatment, which leads to failure of the of the fine filters and precision assemblies of fuel equipment;

- there is no available indicators and sensors which shows the functioning of the system and the degree of contamination of filters in the fuel system;

- the lack of devices to automatically draining the water from sedimentation areas reduces efficiency units and assemblies of the system.

Improving cleaning units, the development of additional devices to improve the quality of fuel cleaning is the primary task in the development of fuel systems of automobiles with diesel engines.

Recommended fuel system should include the fuel tank with fuel level indicator inertial water separator, which can be welded to the tank. The brass grid is installed in the filler neck tube. Sediment crane must be installed in a water separator, where water sediment is drained off and fuel for auxiliary purposes is taking out. Coarse filter is equipped with a sensor-signaling device which presence of water in the sedimentation area At a critical level of water in the sedimentation area the warning light "Sedimentation should be drained!" is lightning in the driver cab.

It is necessary to install fuel-water filters instead of standard paper fine filters, and to equip them with an automatic valve to drain sediment out of the housing. To diagnose the state of fine filter before the pump differential manometer is installed. It allows you to monitor the operability filtration elements.

Application of the proposed devices will significantly improve the reliability of high pressure fuel pump and injectors.

Operational testing of the proposed fuel system in vehicles with diesel engines in motor companies of Zhambyl region of the Republic of Kazakhstan showed that the reliability of units and assemblies of fuel equipment had been increased by 30-40%.

Based on the above, we can make the following conclusions:

- currently, there are various fuel system, which are used for cleaning of water from diesel fuels and mechanical impurities;

- dead-end fuel systems are most widely presented in diesel engines;

- the recommended fuel system is constructed taken into account all lacks inherent in the existing system of fuel supply;

- it is useful to recommend the proposed system on KAMAZ, MAZ, KrAZ and others automobiles having similar fuel supply system.

#### REFERENCES

1. Semernin, A.N., Ashyrov, F.A., Miroshnichenko, V.V. Analysis of fuel cleaning systems: an analytical review. – Taraz, Zhambyl CSTI, 2007. – 20 p.
2. Semernin, A.N., Semernin, N.A. Improving the fuel supply system of technological machines based on KamAZ trucks: an analytical review. – Taraz, Zhambyl CSTI, 2009. – 24 p.

*Material received 13.10.14.*

**А.Н. Семернин, Н.А. Семернин**

*Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати, г. Тараз, РК*

#### УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПИТАНИЯ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рекомендуемая система топливоподачи включает: топливный бак, указатель уровня топлива, краны для слива отстоя, датчик-сигнализатор, автоматический клапан для слива воды из фильтра-водоотделителя и дифференциальный манометр. Применение предлагаемой системы позволит повысить надёжность топливной аппаратуры на 25-30%.

**Ключевые слова:** система питания, фильтр-водоотделитель, топливная аппаратура, датчик-сигнализатор, дизельное топливо, дизельный двигатель

**А.Н. Семернин, Н.А. Семернин**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз, ҚР*

#### ДИЗЕЛЬ ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫНА АРНАЛҒАН ҚУАТТАНДЫРУДЫҢ ӘМБЕБАП ЖҮЙЕСІ

Ұсынылып отырған жанармай беру жүйесі жанармай бағынан, жанармай деңгейін көрсеткіштен, қалдықты төгу шүмектерінен, дабыл датчигінен, су тазартқыш-фильтрінен суды төгу үшін арналған автоматты клапаннан және дифференциалды манометрден тұрады. Ұсынылып отырған жүйені пайдалану жанармай жабдықтарының сенімділігін 25-30% дейін арттыруға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** қуаттандыру жүйесі, су бөлгіш-фильтр, жанармай аппаратурасы, дабыл датчигі, дизель жанармайы, дизель қозғалтқышы.



***ЮБИЛЕЙНАЯ ИНФОРМАЦИЯ***



**Мұхтарбек Әбдіғалиев – 75 жаста!**



М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті «Машиналар мен жабдықтар» кафедрасының аға оқытушысы, ұлағатты ұстаз, еңбек ардагері Мұхтарбек Әбдіғалиевті 75 жасқа толуымен шын жүректен құттықтаймыз!

Әбдіғалиев Мұхтарбек 1940 жылы 6 қаңтарда Ақтөбе облысында дүниеге келген.

1967 жылы Мәскеу гидромелиоративтік институтын «Гидромелиоративтік жұмыстарды механикаландыру» мамандығы бойынша үздік бітірді. Еңбек жолын 1967 жылы Қазақ су шаруашылығы ғылыми-зерттеу институтында кіші ғылыми қызметкер ретінде бастаған. 1968 жылдан Жамбыл гидромелиоративтік-

құрылыс институтында, 1998 жылдан осы күнге дейін М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университетінде аға оқытушы қызметін атқаруда.

Мұхтарбек Әбдіғалиұлын өмірден тоқығаны мол, кемел ойлы ғалым-ұстаз ретінде жақсы білеміз. Оның терең білімі, берік ұстанымы, қарапайымдылығы, іскерлік қабілеті және үлкен азаматтық қасиеттері көпке өнеге.

М. Әбдіғалиев мелиоративтік және құрылыс машиналарын зерттеуде көп еңбек сіңірді. 80-нен астам ғылыми-техникалық жарияланымдардың, оның ішінде КСРО-ның 13, Қазақстанның 7 өнертабысының және ҚР БжҒМ ұсынысымен дайындалған бірнеше оқулықтар мен оқу құралдарының авторы. Оның жетекшілігімен факультеттің материалдық-техникалық базасы жасалынып, негізі қаланды; ТМД елдері жоғары техникалық оқу орындарында жоқ ерекше конструкциялы айналмалы топырақ қазу қондырғысы жобаланып, жасалынды және осы уақытқа дейін ғылыми-зерттеу жұмыстары мен оқу үрдістерінде кеңінен қолданылуда.

Ол ғылым және техника саласындағы ерен еңбегі үшін «КСРО өнертапқышы», ҚР БжҒМ «Қазақстан Республикасының ғылымын дамытуға сіңірген еңбегі үшін» төсбелгілерімен, «Еңбек ардагері» медалімен марапатталған.

**Құрметті Мұхтарбек Әбдіғалиұлы!** Сіз университет қабырғасында ұзақ жылдар бойы тынбай еңбек ете отырып ғалымдар мен инженер-механиктердің бірнеше ұрпағын тәрбиеледіңіз. Ұзақ жылғы еңбек пен тұрмыс тәрбиесі, жеке басыңыздың кіршіксіздігі отбасыңыз үшін ғана емес, өзіңізбен қанаттас жүрген әріптестеріңіз, тілектес дос-жаран үшін де зор мақтаныш, абырой, жас ұрпақ үшін нағыз өмір мектебі екендігі даусыз.

Сізге осындай мерейлі күні шын көңілімізбен зор денсаулық, қажымас қайрат, отбасыңызға баянды бақыт тілейміз. Қоғамымыздың игілігі – жас мамандарды тәрбиелеу жолындағы күрделі де жауапты қызметте бұдан былай да абырой биігінен көріне беріңіз.

*«Машиналар және жабдықтар» кафедрасының және  
«Механика және технологиялар» ғылыми журналының ұжымдары*

*Бекбасарову Исабай Исаковичу – 60 лет!*



21 ноября исполнилось 60 лет доктору технических наук, профессору, директору департамента науки и новых технологий ТарГУ им. М.Х. Дулати, главному редактору научного журнала «Механика и технологии» Бекбасарову Исабай Исаковичу.

Исабай Исакович родился 21 ноября 1954 года в с. Новотроицк Чуйского района Жамбылской области.

В 1977 году закончил с отличием Джамбулский гидромелиоративно-строительный институт (ДГМСИ) по специальности «Промышленное и гражданское строительство». Трудовую деятельность начал в 1977 году старшим

лаборантом в данном институте, был аспирантом Пермского политехнического института, затем до 1990 года работал старшим преподавателем ДГМСИ. В 1990-1996 годах работал старшим, затем ведущим научным сотрудником и в последующем заведующим лабораторией ЮКРО КазНИИССА. В дальнейшем его трудовая деятельность с 1997 до 2004 года включает в себя путь от доцента кафедры до декана факультета, начальника учебной части, начальника учебно-методического объединения. С июня 2004 года по август 2009 года руководил Центром мониторинга качества образования Таразского государственного университета им. М.Х. Дулати. В настоящее время работает директором Департамента науки и новых технологий. С 2007 года одновременно заведует научно-исследовательской университетской лабораторией инженерного профиля «Наноинженерные методы исследований». Является также профессором кафедры «Строительные материалы и конструкции» данного университета.

Многие годы активно проводит научные исследования по разработке методов рационального устройства фундаментов зданий и сооружений. Им разработаны и внедрены в Казахстане принципы и методы прогнозирования эффективного ударного погружения железобетонных свай и трамбовок в различные грунтовые напластования. Результаты научных трудов опубликованы в России, Чехии, Турции, Узбекистане, Таджикистане и на Украине. Имеет более 130 публикаций по актуальным проблемам строительства и строительной науки, в том числе в образовательной сфере. В числе опубликованных работ 6 книг, из них наиболее известны его следующие научные монографии: «Основы рациональной забивки железобетонных свай в грунты» (2011); «Основы рационального вытрамбовывания котлованов под фундаменты» (2011); «Технопарки» (2013); «Оценка влияния параметров свай и трамбовок на их погружаемость и несущую способность фундаментных конструкций» (2014). Автор 9 инновационных патентов РК на изобретения в геотехнической сфере строительства.

Бекбасаров И.И. является организатором создания лаборатории инженерного профиля «Наноинженерные методы исследований» в ТарГУ им. М.Х. Дулати. В составе данной лаборатории им сформирована отраслевая



геотехническая лаборатория по разработке и изучению прогрессивных конструкций фундаментов и их оптимальных технологий устройства. По его инициативе и при непосредственном участии лаборатория оснащена современным оборудованием производства ведущих фирм Японии, Великобритании, Дании, Швеции, Франции, Италии и России. С помощью данного уникального оборудования в лаборатории под его руководством проводятся научные следования по 6-ти актуальным научным направлениям. В рамках деятельности Казахстанско-Белорусского научно-образовательного консорциума в лаборатории совместно с ведущим вузами Белоруссии при непосредственном участии Бекбасарова И.И. разработаны 6 научных проектов для реализации. С 2011 года Бекбасаровым И.И. в сотрудничестве с кафедрой «Геотехника и экология в строительстве» Белорусского национального технического университета реализуется научный проект «Разработка прогрессивных геотехнических конструкций и их технологий изготовления и устройства для строительства».

С 1987 года проводит лекционные, практические и лабораторные занятия для студентов и магистрантов специальности «Строительство» используя новые технологии и методы обучения. Руководит научными исследованиями магистрантов. Под его руководством защищено 6 магистерских диссертаций. Учитывая актуальность формирования у студентов и магистрантов наноинженерного мышления, Бекбасаровым И.И. разработаны и с 2010 года внедрены в учебный процесс курсы по выбору «Основы нанотехнологий» и «Наноинженерные методы исследований» для технических, в том числе и строительных специальностей университета. В рамках повышения квалификации для молодых преподавателей университета им разработаны, и с 2009 года ежегодно читаются авторские курсы по основам нанонауки, инновации, технической модернизации строительного производства и др.

Под руководством Бекбасарова в ТарГУ им. М.Х. Дулати в 2005 году внедрена система менеджмента (СМК). Им разработаны все основополагающие стандарты СМК университета, которые успешно используются в настоящее время в образовательном процессе. Бекбасаров И.И., является одним из основных авторов стратегии развития ТарГУ им. М.Х. Дулати до 2020 года. Данный вузовский стратегический документ переиздавался в университет дважды, и при подготовке каждой редакции он выступал в качестве ответственного редактора. По инициативе Бекбасарова И.И. в университете с 2008 года введена практика присвоения стипендии им. М.Х. Дулати студентам старших курсов за высокие научные и учебные результаты. В рамках комплексной оценки деятельности ППС университета в образовательный процесс им с 2010 года внедрена система ежегодного составления научного рейтинга преподавателей с балльным ранжированием их по должностям, ученым и академическим степеням.

Бекбасаров И.И., с 2000 года в содружестве с Таразским филиалом АО «КазНИИСА», активно занимается разработкой республиканских нормативных документов в области геотехнического строительства. Нормотворческую деятельность ведет плодотворно и эффективно. Является автором первых отечественных геотехнических строительных норм РК, не имеющих содержательных аналогов в СНГ. С 2003 года Комитетом по делам строительства и коммунального хозяйства (КДС и ЖКХ) МРР РК утверждены и введены в действие 6 следующих нормативных документов, разработанных Бекбасаровым И.И.:

- 1) СН РК 5.01-06-2002 «Фундаменты в вытрамбованных котлованах. Расчет и проектирование»;
- 2) СН РК 5.01-07-2002 «Фундаменты в вытрамбованных котлованах. Правила производства и приемки работ»;
- 3) РДС РК 5.01-09-2003 «Оперативный контроль за плотностью грунтов в условиях строительной площадки при их уплотнении»;
- 4) СН РК 5.01-12-2003 «Инструкция по технологии бездефектной забивки железобетонных свай в грунты»;
- 5) РДС РК 5.01-17-2004 «Контроль несущей способности фундаментов (ФВК) по результатам вытрамбовывания их котлованов»;
- 6) РДС РК 5.01-19-2005 «Пособие по проектированию и производству забивки железобетонных свай».

В основу этих применяемых в отечественной проектной и строительной практике государственных нормативов, положены результаты многолетних экспериментально-теоретических исследований автора. В 2011-2013 годах в соответствии с бюджетной программой «Совершенствование нормативно-технических документов в сфере архитектурной, градостроительной и строительной деятельности» Бекбасаровым И.И. подготовлены и утверждены КДС и ЖКХ МРР РК гармонизированные с евронормами и еврокодами следующие государственные нормативы в области геотехнического и гидротехнического строительства:

- 1) СН РК 3.04-02-2012 «Гидротехнические сооружения речные»;
- 2) СП РК 3.04-03-2012 «Гидротехнические сооружения речные»;
- 3) СП РК 5.01-22-2013 «Фундаменты в вытрамбованных котлованах»;
- 4) РДС РК 5.01-20-2013 «Контроль несущей способности фундаментов (ФВК) по результатам вытрамбовывания котлованов».

В текущем 2014 году под руководством и непосредственном участии Бекбасарова И.И. осуществлена актуализация проектов следующих государственных нормативов в рамках субподрядной деятельности с ТФ АО «КазНИИСА»:

- 1) СП РК «Проектирование и строительство городских тепловых сетей в зонах с высоким уровнем грунтовых вод»;
- 2) РДС РК «Организация и ведение авторского надзора за строительством зданий и сооружений».

Бекбасаров И.И. является известным как в Казахстане, так и в ближнем зарубежье ученым – геотехником. Член президиума Южно-Казахстанского отделения Геотехнической Ассоциации РК. Руководит Таразской группой геотехников. Автор концепции и инициатор создания в Жамбылской области (на базе ТарГУ им. М.Х. Дулати) регионального технопарка «Тараз».

Бекбасаров И.И. ведет активную общественную работу. Работает главным редактором научного журнала «Механика и технологии». Член НЭГ (научно-экспертной группы) Ассамблеи народа Казахстана Жамбылской области.

В 2008 году награжден МОН РК нагрудным знаком «За заслуги в развитии науки Республики Казахстан», в 2012 году – нагрудным знаком «Почетный работник образования Республики Казахстан», а в 2014 году – нагрудным знаком «Міндет. Абырой. Ерлік» Жамбылского областного департамента внутренних дел.

Поздравляем Исабай Исаковича со знаменательным юбилеем и желаем ему добра, счастья и успехов.

*Коллектив научного журнала  
«Механика и технологии»*

**Требования к оформлению статей  
для публикации в научном журнале «Механика и технологии»**

В научный журнал «Механика и технологии» для публикации принимаются статьи, соответствующие следующим направлениям:

- механика твердого тела, сыпучих сред, грунтов, жидкости и газообразных веществ;
- технологии в сфере продуктов питания;
- технологии текстильного производства;
- технологии легкой промышленности;
- транспортной технологии;
- технологии строительных материалов и строительного производства;
- геотехнические технологии;
- технологии машиностроения;
- химической технологии;
- экологические технологии;
- технологии мелиорации и орошения;
- технологии информационно-коммуникационного обеспечения.

Для публикации в журнале принимаются статьи, оформление которых строго соответствует требованиям ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов». При этом библиографический список статей должен соответствовать требованиям ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статьи, направляемые для публикации в журнале, должны включать в себя следующие элементы:

- индекс УДК;
- инициалы и фамилия автора (авторов) статьи;
- ученую степень, звание;
- место работы (название вуза, организации, город, страна);
- заглавие статьи;
- аннотацию;
- ключевые слова;
- основной текст статьи;
- список литературы;
- резюме и ключевые слова (на английском языке).

К научной статье прилагается рецензия на статью, написанная специалистом, ведущим исследования в области, близкой с тематикой статьи.

Основной текст статьи и все остальные ее элементы необходимо набирать в текстовом редакторе Microsoft Word на стандартной странице формата А4. Поля страницы: верхнее 3,0 см, нижнее 3,5 см, левое 5,5 см, правое 2,5 см. Шрифт – Times New Roman, кегль (кроме аннотации) – 11, цвет шрифта – черный, междустрочный интервал – 1 см, отступ первой строки абзаца – 1 см. Аннотация набирается шрифтом с кеглем 10.

Аннотация оформляется в соответствии с ГОСТ 7.9-95 «Реферат и аннотация. Общие требования». Аннотацию приводят на языке текста публикуемого материала. Рекомендуемый средний объем аннотации 5-7 предложений.

Резюме публикуется на двух языках, отличным от языка публикации (на английском и казахском языках, если статья на русском; либо на английском и русском языках, если статья на казахском) и помещается в конце статьи.

Рисунки и таблицы необходимо приводить непосредственно после ссылки на них, если это невозможно – с начала следующей страницы, следующей за ссылкой. Ссылки на рисунки или таблицы оформляются в сокращенном виде в круглых скобках, например (рис. 1 / табл. 1). Если ссылки на рисунки или таблицы являются частью предложения, то они приводятся без сокращения (например, «Результаты исследований представлены на рисунке 2»). Нумерация рисунков и таблиц сквозная. Не допускается к публикации рисунки плохого качества, нарисованные карандашом или ручкой. Схемы и диаграммы должны быть нарисованы, начерчены или построены на компьютере с использованием соответствующих программ и приложений, либо должны быть отсканированы с хорошим качеством.

Формулы оформляются в редакторе формул Microsoft Equation. Перед формулой и после нее необходимо оставить по одной пустой строке. Формулу необходимо приводить с абзачного отступа, а ее нумерацию – в конце соответствующей строки в круглых скобках. Если формула не помещается в одну строку, то ее необходимо переносить на следующую строку, соблюдая правила переноса.

Ссылки на литературу в тексте должны оформляться в квадратных скобках. Список литературы необходимо приводить в порядке упоминания их в тексте статьи и оформлять в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

*Журнал «Механика и технологии»:*



*Входит в реферативную базу данных Information Service for Physics, Electronics and Computing (INSPEC DIRECT) Института Инжиниринга и Технологий Великобритании.*

<http://inspecdirect-service.theiet.org/private/home.aspx>

**eLIBRARY.RU**

*Зарегистрирован в российской национальной библиографической базе данных научного цитирования РИНЦ*

[http://elibrary.ru/project\\_risc.asp](http://elibrary.ru/project_risc.asp)

*Подписной индекс журнала: 74714 (АО «Казпочта»-«Почтовый сервис»)*