



ISSN 2308-9865

№4,  
2019

# МЕХАНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ғылыми журналды



Научный журнал

## МЕХАНИКА И ТЕХНОЛОГИИ



Scientific Journal

## MECHANICS & TECHNOLOGIES



## 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>



Зарегистрирован в российской национальной библиографической базе данных научного цитирования РИНЦ

[http://elibrary.ru/project\\_risc.asp](http://elibrary.ru/project_risc.asp)

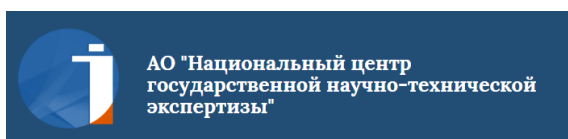
Год	Импакт-фактор
2017	0,032
2018	0,050



Включен в перечень научных изданий, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности по направлениям:

Шифр	Специальность
01.02.00	Механика
05.18.00	Технология продовольственных продуктов

<http://control.edu.gov.kz/ru/perechen-nauchnyh-izdaniy-rekomenduemyh-komitetom-dlya-publikacii-osnovnyh-rezultatov-nauchnoy-0>



Имеет импакт-фактор по Казахстанской базе цитирования:

Год	Импакт-фактор
2015	0,030
2016	0,011
2017	0,053

[http://www.nauka.kz/page.php?page\\_id=794&lang=1#](http://www.nauka.kz/page.php?page_id=794&lang=1#)

Подписной индекс журнала: 74714 (АО «Казпочта»-«Почтовый сервис»)

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 (66)  
Қазан-желтоқсан  
2019 ж.

*Бас редактор* И.И. Бекбасаров

*Редакция алқасы:* Н.А. Абиев, Б. Абзалбекұлы, К.И. Баданов,  
И.И. Бекбасаров, Ю.Л. Винников, Н.А. Горбатовская,  
Г.Е. Жидекулова, М.Т. Кейкиманова, Б.А. Койайдаров,  
С.М. Койбаков, М.М. Мукимов, М.И. Никитенко, А. Нурлыбаева,  
Г.Е. Омарова, С.А. Орынбаев, А.В. Пилягин, А.А. Сагындыков,  
Х.Р. Садиева, А.С. Сейтказиев, А.Н. Семернин, Н.А. Смирнова,  
Е.С. Спандияров, 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://mit.zhambyl.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 30.12.2019. Форматы 70×180/16. Шартты баспа  
табағы 18,02. Тираж 300 дана. Тапсырыс 729.

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

© М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, 2019

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 (66)  
Октябрь-декабрь  
2019 г.

*Главный редактор* И.И. Бекбасаров

*Редакционная коллегия:* Н.А. Абиев, Б. Абзалбекұлы, К.И. Баданов,  
И.И. Бекбасаров, Ю.Л. Винников, Н.А. Горбатовская,  
Г.Е. Жидекулова, М.Т. Кейкиманова, Б.А. Койайдаров,  
С.М. Койбаков, М.М. Мукимов, М.И. Никитенко, А. Нурлыбаева,  
Г.Е. Омарова, С.А. Орынбаев, А.В. Пилягин, А.А. Сагындыков,  
Х.Р. Садиева, А.С. Сейтказиев, А.Н. Семернин, Н.А. Смирнова,  
Е.С. Спандияров, А.Г. Шлейкин, Я. Шульц

*Корректор и компьютерная верстка* Е.И. Атенев

*Адрес редакции:*

080012, г. Тараз, ул. Толе би, 60.

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

<http://mit.zhambyl.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 30.12.2019. Формат 70×180/16. Усл. печ. л. 18,02. Тираж  
300 экз. Заявка 729.

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

© Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, 2019

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 (66)**

October-December  
2019

*Editor in chief* I.I. Bekbasarov

*Editorial board:* N.A. Abiev, B. Abzalbekuly, K.I. Badanov,  
I.I. Bekbasarov, N.A. Gorbatovskaya, M.T. Keikimanova,  
B.A. Koiaidarov, S.M. Koibakov, M.M. Mukimov, M.I. Nikitenko,  
A. Nurlybayeva, G.E. Omarova, S.A. Orynbayev, A.V. Pilyagin,  
Kh.R. Sadieva, A.A. Sagyndykov, J. Schulz, A.S. Seitkazyev,  
A.N. Semernin, N.A. Smirnova, Y.S. Spandiyarov,  
A.G. Shleikin, Yu.L. Vinnikov, G.Y. Zhidekulova

*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://mit.zhambyl.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 30.12.2019. Form 70×180/16. Cond. print. sh. 18.02. Edition 300 copies. Application 729.

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, 2019

## МАЗМУНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

### МЕХАНИКА, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

<b>Ходжибергенов Д.Т., Шеров К.Т., Окимбаева А.Е., Уралов Б.К.</b> Испытания комбинированного бура «сверло-фреза» в полевых условиях	7
<b>Таскарина А.Ж., Касенов А.Ж., Искакова Д.А.</b> Методика проектирования резцовой сборной развёртки с жёстким креплением безвершинных зубьев	13
<b>Наурушев Б.К., Дүйсенбек Ә.Н.</b> Кинестатический анализ параллельного манипулятора с двумя рабочими органами	21
<b>Наурушев Б.К., Дүйсенбек Ә.Н.</b> Структурно-параметрический синтез плоского параллельного манипулятора с двумя рабочими органами	29
<b>Бекмұратов М.М., Бажалакова М.М.</b> Топырақ өңдеуші фреза жұмыс құралдарының талдаулары	42
<b>Байтүреев А.М., Онлабекова А.Т., Чернявская Н.П., Демеуова Г.Б., Кембаев Н.А.</b> Оптимизационная задача определения конструктивных параметров сушильного барабана со смешанным режимом термообработки	50
<b>Байтүреев А.М., Онлабекова А.Т., Демеуова Г.Б., Кембаев Н.А., Кәрім Е.А.</b> Исследование влияния угла наклона сушильного барабана со смешанным режимом термообработки на технологические параметры процесса сушки	58
<b>ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ</b>	
<b>Samuilenko T.</b> Microorganisms and their consortiums used in the technology of national types of bread from rye flour	66
<b>Курбанов Ж.М., Спандияров Е., Курбанов Ш.Ж.</b> Определение диэлектрических свойств фруктов и овощей	76
<b>Спандияров Е., Бекбасаров И.И., Абдыразаккызы К.</b> Боза өндіретін технологияны жетілдіру	80
<b>Тунгатарова А.Т., Боранкулова Г.С., Ералиева Б.Ш.</b> Майсыз сүтті ашыту процесінде альбумин массасының коагуляциясын зерттеу	84
<b>Киябаева А.Т., Муратов С.А., Оңғарбаева Н.О., Жаппарова Н.Қ.</b> Қазақстандық селекциясының тритикале дәнінің биохимиялық сипаттамасының ерекшеліктері	90
<b>Мукашева Т.К., Есеева Г.К., Гайдай И.И.</b> Способ производства хлебобулочных изделий лечебно-профилактического назначения	99

## ТЕХНОЛОГИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

<b>Шардарбек М.Ш., Қауымбаев Р.Т., Ташмухамедов Ф.Р.</b> Тізіп-орау тікіршігінің радиусы бойынша негіз жіптердің орау тығыздығын зерттеу .....	104
<b>Шардарбек М.Ш., Қауымбаев Р.Т., Ташмухамедов Ф.Р.</b> Ширатылған камвольдік иірімжіптің қаттылығын анықтау .....	109
<b>Асанова С.Ж., Фазылбаева Н.Р., Айтуленова К.Т., Баскимбаева Т.А.</b> Имитационное моделирование инновационных детерминированных технологических систем легкой промышленности .....	114
<b>Фазылбаева Н.Р., Асанова С.Ж., Сеитова Н.Ж., Баскимбаева Т.А., Уразимбетова Б.Р.</b> Структурно-параметрический анализ объемно-силуэтных решений при конструировании швейных изделий .....	120

## ГЕОТЕХНИКА, СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ

<b>Бекбасаров И.И., Атенев Е.И., Шаншабаев Н.А.</b> О лабораторном оборудовании для забивки и испытаний моделей свай	125
<b>Бекбасаров И.И., Байтемиров М.Н., Атенев Е.И., Шаншабаев Н.А.</b> Об экспериментальном оборудовании для забивки и испытаний крупномасштабных моделей свай в полевых условиях .....	134
<b>Сагындыков А.А., Наширалиев Ж.Т., Сейдибалиева А.Ы., Абуталипов Е.А.</b> Физико-механические свойства пенобетона на основе особо легкого керамзита .....	142
<b>Сагындыков А.А., Нурпеисов С.К., Жижина З.С., Омаралы Р.Н.</b> Керамические плитки на основе суглинков и добавок .....	149
<b>Ермуханов К.Е., Искаков Н.Р.</b> История развития и эффективность применения трубобетонных конструкций .....	157

## ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Кокаев У.Ш., Абишев К.К., Балтабекова А.Н.</b> Жол-көлік оқиғаларын туғызушы факторларды анықтау жолдары .....	165
--	-----

## МЕЛИОРАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Жатқанбаева А.О.</b> Тамшылатып суғару тәсіліндегі қызанақ дақылының супайдалану жиынтығы .....	172
--	-----

## ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Унайбаев Б.Ж., Пак В.Г., Макитова Г.Ж.</b> Влияние межмолекулярного взаимодействия на процессы, протекающие в мезогенных системах .....	181
--	-----

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Унайбаев Б.Ж., Пак В.Г., Быстрова С.В., Сейтканов С.С.</b> Перевод действующих механических систем контроля тепловых перемещений паропроводов ТЭС в цифровую систему контроля с выводом данных в АСУ ТП .....	185
---	-----

<b>Унайбаев Б.Ж., Пак В.Г., Быстрова С.В., Сейтканов С.С.</b> Программирование микроконтроллера LOGO! и его использование для управления промышленным оборудованием .....	189
---	-----

<b>Унайбаев Б.Ж., Пак В.Г., Зозуля Е.С.</b> Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino в учебном процессе .....	193
---	-----

## ФИЗИКА

<b>Кейкиманова М.Т., Козыбай М.М.</b> Динамика двумерного электронного газа .....	199
--	-----



---

## Механика, машины и оборудование

---

УДК 622.24.05

**Д.Т. Ходжибергенов<sup>1</sup>, К.Т. Шеров<sup>2</sup>, А.Е. Окимбаева<sup>3</sup>, Б.К. Уралов<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Д-р техн. наук, профессор,  
<sup>3</sup>Магистр техн. наук., ст. преподаватель, <sup>4</sup>Канд. техн. наук, доцент

<sup>1,4</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова,  
г. Шымкент, Казахстан

<sup>2,3</sup>Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, Казахстан

Электронная почта: <sup>1</sup>[had\\_ji@mail.ru](mailto:had_ji@mail.ru), <sup>2</sup>[shkt1965@mail.ru](mailto:shkt1965@mail.ru), <sup>3</sup>[a.okimbaeva@kstu.kz](mailto:a.okimbaeva@kstu.kz),  
<sup>4</sup>[uralov\\_1973@mail.ru](mailto:uralov_1973@mail.ru)

### ИСПЫТАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО БУРА «СВЕРЛО-ФРЕЗА» В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

В статье представлены результаты испытания комбинированного бура «сверло-фреза» в полевых условиях. Результаты испытания показали, что предлагаемую конструкцию комбинированного бура «сверло-фреза» вполне можно использовать при бурении скважин при добыче твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых. Выявлено, что по предлагаемой схеме бурения возникающая сила бурения, имеет отрицательные значения и притягивает ось бурильного инструмента вниз, а в существующих схемах бурения силы действует наоборот. Использование такой схемы бурения, несомненно, снизит себестоимость бурильных работ. Производительность бурения увеличивается в 1,5÷2 раза.

**Ключевые слова:** бурильный инструмент, комбинированный бур, вращательное бурение скважин, вибрация, сила бурения.

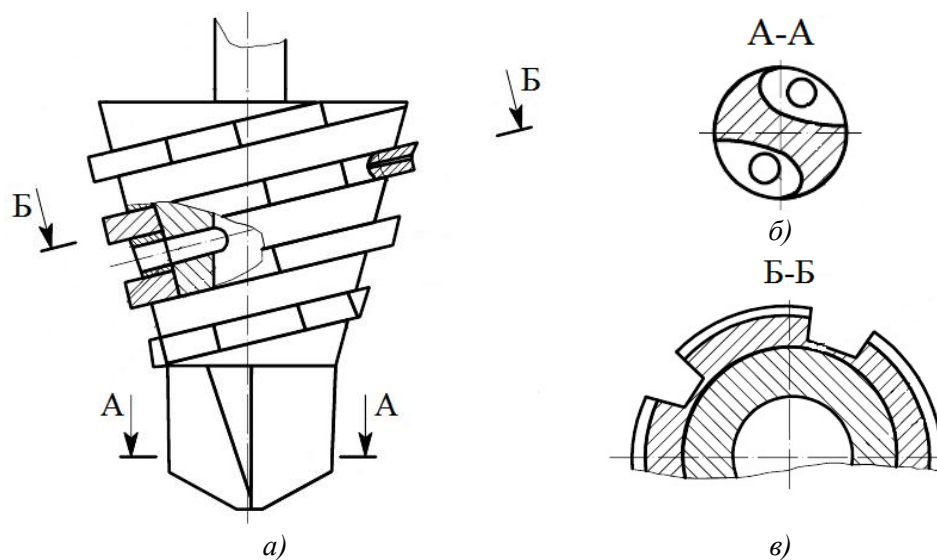
**Актуальность исследования.** Основными процессами горного производства, определяющими интенсивность добычи полезных ископаемых, являются технологические процессы добычи этих ископаемых. Поэтому первостепенное значение имеет создание средств механизации основных технологических процессов, от совершенства которых зависит эффективность добычи полезных ископаемых [1].

Результаты исследования, выполненные в рамках грантовой темы: «АР0513118 Создание бурильных инструментов для бурения скважин в добыче твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых (договор №164 от 15.03.2018 г.)» показали, что нынешнее состояние бурильных работ и уровень эксплуатационных показателей бурильных инструментов выявили необходимость разработки ресурсосберегающих технологии бурения и конструкции бурильных инструментов для разрушения пород при добыче твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых [2,3].

При выполнении грантовой темы разработана и предложена новая конструкция комбинированного бура «сверло-фреза», обеспечивающая

постоянный контакт режущей кромки инструмента с грунтом. Данное преимущество конструкции комбинированного бура «сверло-фреза» снижает силы трения при бурении и повышает износостойкость бурильного инструмента [4]. В ходе исследований были проведены аналитические исследования и систематизированы критерии износа буровых установок. Установлены зависимости трещин от режимов бурения, трещин от материала сверла, трещин на грунте. Для практической работы была принята оптимальная классификация износа неподдерживаемых долот по IADC, а также схема износа вооружения (внутреннего и внешнего ободов) для буровой головки, осевая линия будет проходить через внутренний диаметр.

На рисунке 1 показана схема комбинированного бура «сверло-фреза».



а – вид спереди; б – разрез А-А; в – разрез Б-Б

Рис. 1. Схема комбинированного бура «сверло-фреза»

На рисунке 2 показана фотография опытного образца комбинированного бура «сверло-фреза».



Рис. 2. Фотография опытного образца комбинированного бура «сверло-фреза»

Преимущества данной конструкции заключаются в устранении трения скольжения между режущей кромкой и срезанным грунтом, снижении

препятствий для процесса скольжения сверла в грунте, облегчении выхода из зоны бурения. Комбинированное сверло должно обеспечивать в процессе сверления непрерывный контакт режущей кромки бурового инструмента с грунтом для снижения трения. Проектными расчетами установлена устойчивость бурового инструмента по отношению к осевым и радиальным нагрузкам.

На основе расчетов, выполненных с использованием программного обеспечения Solid Works, создана 3D-модель бурового инструмента [5]. Эта модель подходит для физической реализации существующих технических средств исполнения. На основе полученной математической модели был изготовлен опытный образец инструмента (см. рис. 2) пригодное для дальнейших полевых исследований. Были проведены аналитические исследования по систематизации критериев износа сверл, проектированию и изготовлению сверл из конструкционной стали, проектированию сверл с зубьями и наконечниками из быстрорежущей стали, проектированию сверл с зубьями и наконечниками из карбида.

Разработка конструкции комбинированного бура «сверло-фреза» привело созданию нового метода бурения, работающей по принципу скольжения и качения [5,6].

Впервые было выявлено, что по предлагаемой схеме бурения возникающая сила бурения, имеет отрицательные значения и притягивает ось бурильного инструмента вниз, а в существующих схемах бурения – данный процесс совершается наоборот. Имеется возможность, что притягивающая сила должна исключить искривления ствола бурильной установки, чтобы бурильный инструмент тянул за собой ствол вниз, а не отталкивал. Добившись этого коренным образом можно пересмотреть роль составляющих элементов в процессе бурения и значительно снизить себестоимость бурения, что, несомненно является актуальной задачей для горно-добывающей отрасли.

**Результаты испытания бурильного инструмента в полевых условиях и их обсуждение.** Испытание предлагаемой конструкции бурового инструмента проводили на поле индустриальной зоне «Бадам», квартал 032, расположенная в с. Бадам Ордабасинского района Туркестанской области.

Для сравнения был использован стандартный трехлопастной буровой инструмент (пикобур). Для осуществления бурения была применена буровая установка с подвижным вращателем АЗА-3.

#### Техническая характеристика буровой установки

1	Ход подачи, м:	3,25
2	Усилие подачи, кгс:	
	- вверх:	12000
	- вниз:	4000
3	Частота вращения шпинделя, об/мин:	14-300
4	Крутящий момент, макс., кгм:	2500
5	Условная глубина бурения, м:	80
6	Диаметр бурения, макс., мм	
	- шнековым буром:	1050
	- шнеками:	500

На рисунке 3 показаны процесс испытания бурильных инструментов.



а)



б)

а – процесс бурения с использованием комбинированного бура «сверло-фреза»; б - процесс бурения с использованием стандартного трехлопастного бурового инструмента (пикобур)

Рис. 3. Фрагменты испытания бурильных инструментов

Бурение с использованием комбинированного бура «сверло-фреза» осуществлялось при трех режимах:

- 1) 50 об/мин – до глубины 1 м;
- 2) 150 об/мин – до глубины 2,5 м;
- 3) 240 об/мин – до глубины 6,5 м.

В процессе испытания на всех режимах бурения вибрация инструмента не наблюдалась. За 20 минут было выполнено бурение до глубины 6 метров.

Однако было установлено, что отверстия для бурового раствора выполнено маленьким и в результате чего мелкие камни раствора застревали в отверстии. Особенно это наблюдалось при бурении на глубине 6,5 м.

Бурение с использованием стандартного трехлопастного бурового инструмента (пикобур) также осуществлялось при двух режимах:

- 1) 50 об/мин – до глубины 1,5 м;
- 2) 150 об/мин – до глубины 3,0 м.

При бурении до глубины 1,5 м появилась вибрация, но процесс бурения продолжался без остановки. Однако при бурении до глубины 3 м, в буровой установке появилась сильная вибрация. Вследствие этого пришлось уменьшить обороты до 120 об/мин. В результате за 30 минут было выполнено бурение всего до глубины 4,7 метров. Появление вибрации в процессе бурения не дали возможности увеличить обороты и максимальным оборотом инструмента определено 120 об/мин. Существенным преимуществом пикобура можно отметить то, что вода на всех режимах бурения свободно доходила до дна скважины.

Сравнение полученных результатов испытания показали, что предлагаемую конструкцию комбинированного бура «сверло-фреза» вполне можно использовать при бурении скважин при добыче твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых. Кроме того, наблюдается увеличение производительности бурения в  $1,5\div 2$  раза.

**Выводы:** 1. Разработана новая конструкция комбинированного бурового инструмента, обеспечивающая в процессе бурения непрерывный контакт режущей кромки инструмента с грунтом, которая снижает трение и препятствия для процесса скольжения сверла в грунте, облегчая выход из зоны бурения.

2. Разработка конструкции комбинированного бура «сверло-фреза» привело к созданию нового метода бурения, работающей по принципу скольжения и качения. Выявлено, что по предлагаемой схеме бурения возникающая сила бурения, имеет отрицательные значения и притягивает ось бурильного инструмента вниз, а в существующих схемах бурения – силы действуют наоборот. Использование такой схемы бурения, несомненно, снизит себестоимость бурильных работ.

3. Результаты испытания показали, что предлагаемую конструкцию комбинированного бура «сверло-фреза» вполне можно использовать при бурении скважин при добыче твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых. При этом производительность бурения увеличивается в  $1,5\div 2$  раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солод, Г.И. Технология машиностроения и ремонт горных машин: учебник для вузов [Текст] / Г.И. Солод, В.И. Морозов, В.И. Русихин - М.: Недра, 1988. - 421с.
2. Ходжибергенов, Д.Т. Исследование и анализ конструкции бурильных инструментов [Текст] / Д.Т. Ходжибергенов, К.Т. Шеров, А.К. Орынбасаров, З.А. Ибрагимова // Механика и технологии. – 2018. - №3(61). - С.42-52.
3. Ходжибергенов, Д.Т. Шарошканы бұрғылау қашауларының құрылымдарын зерттеу [Мәтін] / К.Т. Шеров, А.Е. Окимбаева, Б.К. Уралов // Наука и техника Казахстана. – 2019. - №2. - С.32-37.
4. Ходжибергенов, Д.Т. Применение перспективных схем бурения скважин в добыче полезных ископаемых [Текст] / К.Т. Шеров, Б.К. Уралов, Е.Е. Таскул [и др.] // Труды международной научно-практической конференции «Ауэзовские чтения -16: «Четвертая

- промышленная революция: новые возможности модернизации Казахстана в области науки, образования и культуры»». Том 8. – Шымкент: Изд-во ЮКГУ, 2018. – С. 332-336.
5. Ходжибергенов, Д.Т. Способ бурения и конструкция комбинированного бура – «сверло-фреза» [Текст] / К.Т. Шеров, А. Есиркепов // Вестник машиностроения. –2019. - №5. - С. 58-60.
  6. Khojibergenov, D.T. Drilling tool with negative drilling force value // D.T. Khojibergenov, A.S. Yanyushkin, K.T. Sherov, Z.A. Ibragimova, U.D. Khozhibergenova, B.N. Absadykov // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Kazakh national research technical university named after K.I. Satpayev. Series of Geology and technical sciences 2019, №1 (433) – P.169-175.

*Исследования выполнены в рамках грантовой темы: «AP0513118 Создание бурильных инструментов для бурения скважин в добыче твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых (договор №164 от 15.03.2018 г)».*

*Материал поступил в редакцию 5.09.19.*

**Д.Т. Ходжибергенов<sup>1</sup>, К.Т. Шеров<sup>2</sup>, А.Е. Окимбаева<sup>2</sup>, Б.К. Уралов<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,  
Шымкент қ., Қазақстан*

*<sup>2</sup>Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан*

#### **ДАЛА ЖАҒДАЙЫНДА «БҰРҒЫ-ФРЕЗА» ҚҰРАМАЛЫ БҰРҒЫСЫН СЫНАҚТАН ӨТКІЗУ**

Мақалада дала жағдайында "бұрғы-фреза" құрамалы бұрғыны сынақтан өткізу нәтижелері келтірілген. Сынақ нәтижелері қатты, сұйық және газ тәріздес пайдалы қазбаларды өндіру кезінде ұңғымаларды бұрғылау үшін "бұрғы-фреза" құрамалы бұрғысының ұсынылған конструкциясын қолдануға болатынын көрсетеді. Ұсынылып отырған бұрғылау схемасында бұрғылаудан пайда болатын күштер теріс мәнге ие болатыны және бұрғылау құралының осін төменге тартатыны, ал бұрғылаудың қолданыстағы схемаларында күш керісінше әрекет ететіні анықталды. Бұрғылаудың мұндай схемасын пайдалану бұрғылау жұмыстарының өзіндік құнын төмендетеді, ал бұрғылау өнімділігі 1,5÷2 есе артады.

**Тірек сөздер:** бұрғылау құралы, құрамалы бұрғы, ұңғымаларды айналмалы бұрғылау, діріл, бұрғылау күші.

**D.T. Khojibergenov<sup>1</sup>, K.T. Sherov<sup>2</sup>, A.E. Okimbaeva<sup>2</sup>, B.K. Uralov<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>South-Kazakhstan State University M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan*

*<sup>2</sup>Karagandy State Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

#### **TESTING THE COMBINED DRILL "DRILL-MILL" IN FIELD CONDITIONS**

This article presents the test results of the combined drill-mill drill in the field. The test results showed that the proposed design of the combined drill-mill drill can well be used when drilling wells for the extraction of solid, liquid and gaseous minerals. It was revealed that according to the proposed drilling pattern, the emerging drilling force has negative values and draws the axis of the drilling tool down, while in existing drilling patterns, the force acts the other way around. Using such a drilling scheme will undoubtedly reduce the cost of drilling. Drilling productivity increases by  $1.5 \div 2$  times.

**Keywords:** drilling tool, combined drill, rotary drilling, vibration, drilling force.

УДК 621.9.02.001

А.Ж. Таскарина<sup>1</sup>, А.Ж. Касенов<sup>2</sup>, Д.А. Искакова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD, ассоц. профессор, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>3</sup>Магистр, ст. преподаватель  
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,  
г. Павлодар, Республика Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>aya\_taskarina@mail.ru, <sup>2</sup>asylbek\_kasenov@mail.ru,  
<sup>3</sup>iskakovada@mail.ru

#### МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕЗЦОВОЙ СБОРНОЙ РАЗВЁРТКИ С ЖЁСТКИМ КРЕПЛЕНИЕМ БЕЗВЕРШИННЫХ ЗУБЬЕВ

Предложена методика проектирования резцовой сборной развёртки с жёстким креплением безвершинных зубьев, позволяющая рассчитать геометрические параметры и конструктивные размеры. Новая конструкция металлорежущего инструмента – сборная резцовая развёртка с безвершинными зубьями, обеспечивает высокую эффективность чистовой операции растачивания, повышение точности обработки и снижение шероховатости обрабатываемых деталей, за счёт конструктивных особенностей и геометрии инструмента.

**Ключевые слова:** проектирование, методика, развёртка, безвершинный зуб, геометрия, обработка отверстий, режущий инструмент, точность, шероховатость.

**Введение.** Развёртка – осевой инструмент для повышения точности формы и размеров отверстия и снижения шероховатости обработанной поверхности. Правильная работа развёртки зависит от конструкции и качества её изготовления, а также условий эксплуатации [1].

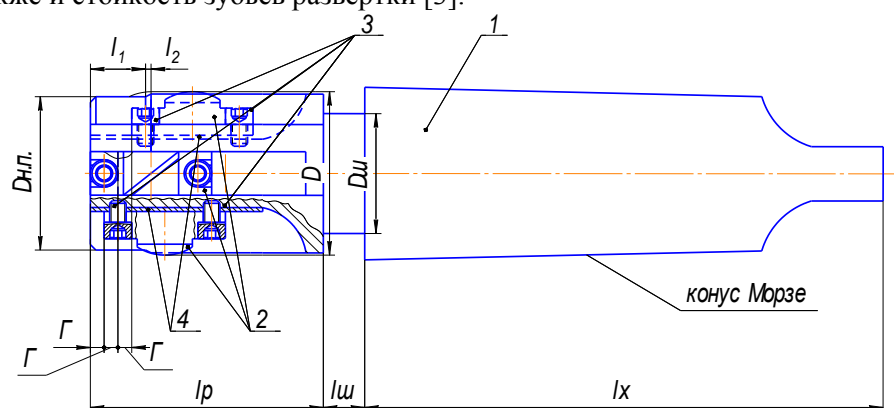
Ограниченная и неоднозначная роль геометрических и конструктивных факторов в формировании характеристик поверхности и износа развёрток, повышенная чувствительность процесса развёртывания к внешним воздействиям, связанная с малыми сечениями среза, низкий уровень режимов резания, вызванный ограничениями по точности, позволяет искать более эффективные решения путём направленного воздействия на сам процесс.

Одним из таких путей является разработка и изготовление нового металлорежущего инструмента – резцовой сборной развёртки с жёстким



креплением безвершинных зубьев – для разворачивания отверстий повышенного качества поверхности и точности диаметра [2].

Безвершинные резцы-зубья разработанного инструмента (рис. 1) лишены основного недостатка – наличия наиболее изнашивающейся части режущей кромки обычных резцов. Но для повышения точности и качества обработки, указанной разверткой необходимо переднюю и заднюю поверхности зубьев доводить после операции заточки, при этом повышается также и стойкость зубьев развертки [3].



1 – корпус развёртки; 2 – четыре вставных зуба-резца развёртки и смещённых друг относительно друга вдоль оси; 3 – крепёжные винты; 4 – сменная компенсационная пластина с отверстиями под крепежные винты;  $\Gamma$  – последовательное смещение друг относительно друга плоскостей симметрии вставных зубьев-резцов, крепёжных винтов;  $D$  – диаметр вставных зубьев-резцов развёртки;  $D_{ш}$  – диаметр шейки;  $D_{н.п.}$  – диаметр предварительной направляющей (ловителя);  $l_1$  – длина предварительной направляющей части (ловителя) корпуса по необработанному отверстию;  $l_2 = 1 \dots 1,5$  – расстояние в миллиметрах от плоскости симметрии первого вставного зуба-резца развёртки до начала фаски направляющей части корпуса;  $l_p$  – длина рабочей части развёртки;  $l_{ш}$  – длина шейки;  $l_x$  – длина хвостовика.

Рис. 1. Схема конструкции резцовой сборной развёртки с жёстким креплением безвершинных зубьев

Конструкция резцовой сборной развёртки с безвершинными зубьями, у которой отсутствуют прижимы, что позволяет повысить жёсткость зубьев-резцов развёртки в осевом и радиальном направлениях, благодаря креплению зубьев-резцов непосредственно к корпусу крепёжными винтами, способствует уменьшению количества деталей, входящих в состав развёртки, её габаритных размеров, себестоимость изготовления резцовой сборной развёртки, уменьшаются вибрации при обработке, а, следовательно, обеспечивается более высокое качество обрабатываемого отверстия.

Применение инструмента с безвершинными зубьями повышает жёсткость стыка в технологической системе (станок – приспособление – инструмент – деталь), а, следовательно, и точность обработки отверстий.

**Основная часть.** При проектировании инструмента на всех этапах необходимо учитывать условия создания оптимальной конструкции, назначения оптимальных параметров, проводить разработку вариантов и анализ их с целью выбора наилучшего [4-6].

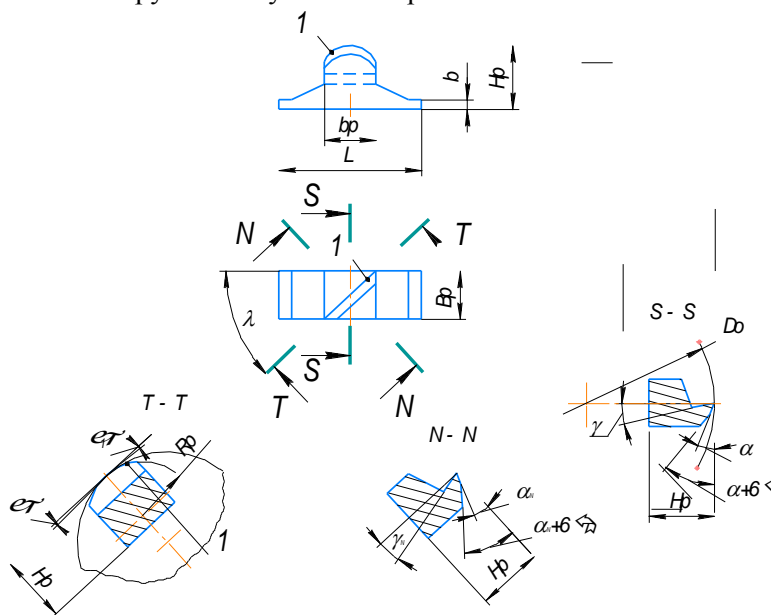


Таким образом, согласно существующим методикам, приведённым в [7, 8], этапы проектирования сборной резцовой развёртки следующие: определение геометрических параметров режущей части: главный угол в плане, задний угол, передний угол и угол наклона режущей кромки; определение конструктивных размеров сборной развёртки: номинальный диаметр, диаметр передней направляющей (ловителя), длина развёртки, число зубьев, ширина зуба вставного резца.

#### Определение геометрических параметров режущей части

Выбор переднего и заднего углов определяется типом развёртки, а также материалом заготовки и инструмента. В частных случаях углы развёрток назначают с учетом условий резания. Рекомендуемые значения углов развёрток, использующихся в производстве, приведены в [9].

*Главный угол в плане.* Главный передний угол  $\varphi$  (рис. 2, 3) режущих инструментов, заключенный между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке и перпендикуляром к плоскости резания, принято указывать в главной секущей плоскости. Изменение его абсолютной величины влияет на изменение процесса стружкообразования, силы резания и прочность режущей части инструмента. Поэтому величина угла  $\varphi$  назначается в зависимости от свойств обрабатываемого материала, материала рабочей части инструмента и условий обработки.



1 – режущая кромка резца;  $\varphi$  – главный угол в плане;  $\varphi_1$  – вспомогательный угол в плане;  $b$  – высота заплечика;  $B_p$  – ширина резца;  $b_p$  – ширина выступа режущей части резца;  $H_p$  – высота резца;  $L$  – длина резца;  $\lambda$  – угол наклона главной режущей кромки;  $N-N$  – нормальное сечение лезвия резца;  $T-T$  – касательное сечение, включающее главную режущую кромку;  $S-S$  – сечение, перпендикулярное оси обрабатываемого отверстия;  $D_0$  – диаметр обрабатываемого отверстия;  $R_p$  – радиус окружности, образующей режущую кромку;  $\gamma$  – передний угол;  $\gamma_N$  – передний угол в нормальном сечении;  $\alpha_N$  – задний угол в нормальном сечении;  $\alpha$  – задний угол в плоскости, не перпендикулярной оси отверстия;  $\varphi = \varphi_1$

Рис. 2. Схема конструкции вставного резца-зуба развёртки [10]

Угол в плане на режущей части для ручных развёрток находится в пределах  $1-2^{\circ}$ , для лучшего направления развёртки в начале работы, у машинных – в пределах  $5-45^{\circ}$ . При обработке заготовок из обычного чугуна угол  $\varphi=5^{\circ}$ , а при обработке заготовок из стали  $\varphi=15^{\circ}$ . У развёрток, имеющих угол  $\varphi < 45^{\circ}$  в начале режущей части, для облегчения захода развёртки в отверстие делают фаски под углом  $\varphi'=45^{\circ}$  [11].

Главный угол в плане резцовой сборной развёртки с безвершинными зубьями  $\varphi = 2^{\circ}51'$  (рис. 3).

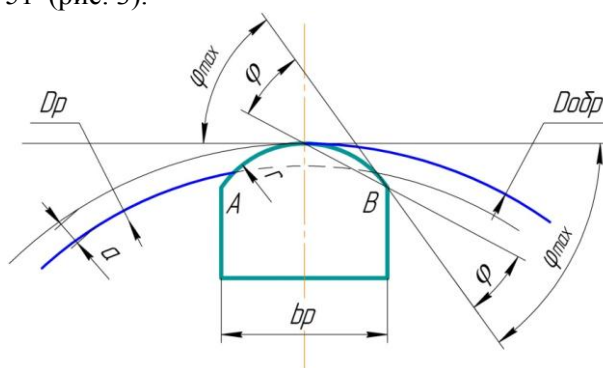


Рис.3. Геометрические параметры зубьев резцовой сборной развёртки

**Задний угол.** Главный задний угол  $\alpha$  принято обозначать в плоскости, проходящей через рассматриваемую точку режущего лезвия параллельно направлению подачи, т.е. в плоскости, параллельной оси (см. рис. 2).

Главный задний угол развёрток из быстрорежущей стали рекомендуется выбирать в пределах  $8-15^{\circ}$ , для меньших диаметров он больше.

При обработке углеродистых и легированных сталей с  $\sigma_b \cong 500$  МПа  $\alpha=6-15^{\circ}$ , при обработке титана  $\alpha=6-10^{\circ}$ , при обработке алюминиевых сплавов  $\alpha=10-15^{\circ}$ . Для чистовых развёрток значение заднего угла уменьшается, для черновых увеличивается [12].

Для более длительного сохранения исполнительного размера развёртки задний угол на калибрующей части принимается небольшим  $\alpha=2-5^{\circ}$ .

На основании вышеизложенного величина заднего угла назначается в основном в зависимости от толщины срезаемого слоя (чем меньше толщина среза, тем больше угол  $\alpha$ ) и только в отдельных случаях – от конструктивных особенностей инструмента.

Учитывая, что меньшие значения соответствуют окончательному развёртыванию, принимаем  $\alpha = 6-8^{\circ}$ .

**Передний угол и угол наклона режущей кромки.** Передний угол развёрток в большинстве случаев  $\gamma = 0$ , так как они удаляют небольшой припуск и снимают малую толщину срезаемого слоя. Силы резания в этом случае получаются небольшими. При обработке вязких материалов во избежание налипов стружки и вырывов на обработанной поверхности зубья затачивают с положительными углами  $\gamma=5-10^{\circ}$  [13].

Угол наклона главного режущего лезвия  $\lambda$  (см. рис. 2) заключен между режущим лезвием и основной плоскостью, проведенной через вершину зуба инструмента, и измеряется в плоскости, проходящей через главное режущее лезвие перпендикулярно к основной плоскости. Он оказывает влияние на прочность вершины зуба инструмента, направление схода стружки, а также на величину радиальной составляющей силы резания.

Поэтому угол  $\lambda$  назначается в зависимости от физико-механических свойств материалов режущей части инструмента и заготовки, желаемого направления схода стружки (в направлении подачи или обратном ей), жёсткости технологической системы, а также условий обработки (неравномерный припуск, обработка с ударами). Так, у режущих инструментов, оснащенных твёрдым сплавом, угол  $\lambda$  из-за относительно невысокой прочности твёрдосплавного материала обычно имеет положительное или нулевое значение. В то же время инструменты из быстрорежущей стали, в зависимости от условий работы инструмента, имеют отрицательное, нулевое и положительное значение угла  $\lambda$  [14].

Принимаем передний угол развёртки  $\gamma = 5^\circ$ , а угол наклона  $\lambda$  определяем графическим профилированием. Но при наклонном расположении режущих кромок развёртка с безвершинными резовыми зубьями менее склонна к образованию продольных полос.

#### **Определение конструктивных размеров**

Для повышения точности в сборной резовых развёртке применили центрирование корпусом в пространстве между зубьями с обеспечением минимального зазора между направляющей и обрабатываемой поверхностью.

*Диаметр передней направляющей (ловителя).* Передняя направляющая (ловитель) предназначена для лучшего центрирования и повышения точности обработки отверстий в начальный период врезания и принимается равным диаметру предварительного диаметра обрабатываемого отверстия  $D_0$ .

$$D_{п.н.} = D_0 = D - 2t \quad (1)$$

где  $t$  – припуск на обработку.

Для отверстий под черновое развёртывание оставляют припуск 0,1-0,25 мм, под чистовое развёртывание – 0,05-0,02 мм.

Таким образом, принимаем припуск  $t = 0,25$  мм и соответственно диаметр передней направляющей (ловителя) равен  $D_{п.н.} = 44,5$  мм.

*Длина развёртки.* Длина развёртки зависит от глубины обрабатываемого отверстия и метода крепления развёртки. Если развёртка имеет направляющую часть, то в общую длину развёртки, кроме рабочей, входит длина этой части. Длину рабочей части развёртки рекомендуется принимать в пределах  $(0,8-3)D_p$ . Чем короче рабочая часть развёртки, тем легче осуществляется процесс резания, но зато существенно ухудшается направление развёртки в отверстии и увеличивается шероховатость обработанной поверхности [15].

Длина рабочей части развёртки сборной конструкции с учетом диаметра обработки и конструктивных факторов принимаем:  $l = 212$  мм.

*Число зубьев.* Для того чтобы получить отверстие более высокой точности и низкой шероховатости, число зубьев развёртки делается чётным, и в зависимости от диаметра принимается: изготовленных из быстрорежущей стали от 8-14, а у оснащенных твёрдым сплавом с целью обеспечения большей жесткости и прочности зубьев – 6-10.

Число зубьев развёртки сборной конструкции выполняем меньшим, из условия их размещения в корпусе, т.е. в зависимости от дополнительного пространства, занимаемого элементами крепления вставных зубьев.

Развёртки изготавливают с равномерным и неравномерным окружным шагом зубьев.

Положительное влияние на снижение шероховатости поверхности оказывает неравномерное расположение зубьев по окружности, т.е. изготовление развёрток с неравномерным окружным шагом, особенно прямозубые, больше склонны к образованию так называемой гранённости отверстия. Причина заключается в периодическом изменении нагрузки на зубья, обусловленном неоднородностью обрабатываемого материала, наличием твердых или мягких включений [16].

При встрече зубьев с такими включениями развёртка будет отжиматься, и при равномерном расположении зубья будут оставлять в одном и том же месте более уплотненные следы на поверхности отверстия в виде продольных полос. Данное явление нежелательно, т.к. оно указывает на неравномерную твердость поверхностного слоя обработанного отверстия.

С учётом вышесказанного принимаем  $z = 4$ , угловой шаг равномерный и одинаковый  $\theta = 90^\circ$ . При таком распределении шага каждая пара противоположных зубьев лежит на одном диаметре по винтовой линии, что упрощает изготовление и контроль развёртки.

*Ширина зуба вставного резца.* Геометрические и конструктивные параметры вставного зуба-резца (ширина и длина зуба, радиус режущей кромки) назначаются при помощи графического профилирования (см.рис. 3).

Ширина зуба вставного резца в зависимости от обрабатываемого отверстия увеличивается или уменьшается для создания благоприятных условий резания и создания запаса по краям режущих кромок с обеих сторон зуба.

**Заключение.** Разработана научно-обоснованная методика проектирования резцовой сборной развёртки с жёстким креплением безвершинных зубьев, позволяющая рассчитать рациональные параметры инструмента для достижения наилучшего качества обработки отверстий.

Представленная методика может быть использована в качестве руководства для выполнения студентами, магистрантами и докторантами расчёта и проектирования металлорежущих инструментов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фельдштейн, Е.Э. Режущий инструмент. Эксплуатация [Текст] / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – М.: ИНФРА-М, 2014. – 256 с.
2. Резцовая сборная развёртка с жестким креплением безвершинных зубьев, грязевыми канавками и сменными компенсационными пластинами [Текст] : инн. пат. (19) KZ (13) A4 (11) 29386 / Дудак Н.С., Мендебаев Т.М., Таскарина А.Ж., Итыбаева Г.Т., Касенов А. Ж., Мусина Ж.К.; № 29386; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.12.2014, Бюл. № 12.
3. Dudak, N. Hole machining based on using an incisive built-up reamer / N. Dudak, A. Taskarina, Zh. Mussina, A. Kassenov, G. Itybaeva, K. Abishev, R. Mukanov // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2017. – Vol. 18. – Issue 10. – pp: 1425-1432.
4. Котельникова, В.Ю. Металлорежущие инструменты [Текст] / В.Ю. Котельникова, А.П. Умарова, А.А. Михайлова, Искакова Д.А. // Наука и техника Казахстана. – Павлодар. – 2015. – № 3-4. – С. 41–44.

5. Мардонов, Б.Т. Новая конструкция дисковой фрезы для зубофрезерования [Текст] / Б.Т. Мардонов, К.Т. Шеров, Т.М. Бузауова, Г. Таттимбек, А.Г. Альжанова // Механика и технологии. – 2019. – №1. – С. 13-20.
6. Боярский, В.Г. Новые конструкции металлорежущего инструмента [Текст] / В.Г. Боярский, М.Р. Сихимбаев, К.Т. Шеров, Д.Р. Сихимбаева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11-5. – С. 722-726.
7. Семенченко, И.И. Режущий инструмент. Конструирование и производство [Текст] / И.И. Семенченко. – М.: Книга по требованию, 2012. – 558 с.
8. Даниленко, Б.Д. Методика проектирования сборных токарных резцов, оснащенных СМП с нулевым задним углом [Текст] / Б.Д. Даниленко // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2014. – № 6. – С. 68-71.
9. Гречишников, В.А. Проектирование режущих инструментов [Текст]: учебное пособие / В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, И.А. Коротков, А.Г. Схиртладзе. – Старый оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2019. – 300 с.
10. Таскарина, А.Ж. Усовершенствование конструкции резцовой сборной развертки с безвершинными зубьями [Текст] / А.Ж. Таскарина, Т.М. Мендебаев, Н.С. Дудак, Г.Т. Итыбаева, Ж.К. Мусина, А.Ж. Касенов // Научный журнал Семипалатинского государственного университета имени Шакарима. – Вестник СГУ. – 2012. – № 4. – С. 32-35.
11. Звягольский, Ю.С. Технология производства режущего инструмента [Текст]: учебное пособие / Ю.С. Звягольский, А.Г. Схиртладзе, В.Г. Солоненко. – М.: КноРус, 2016. – 336 с.
12. Дальский, А.М. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 2. – 944 с.
13. Таскарина, А.Ж. Физические явления в зоне резания при обработке отверстий сборной резцовой разверткой [Текст] / А.Ж. Таскарина, А.Ж. Касенов, А.В. Маздубай // Вестник СемГУ имени Шакарима. – 2018. – № 3. – С. 72-77.
14. Дудак, Н.С. Способ точения и безвершинный проходной токарный резец [Текст] / Н.С. Дудак // Наука и техника Казахстана. – Павлодар: Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова. – 2011. – № 3-4. – С. 21–26.
15. Petrushin, S.I. Geometric analysis of composite cutting tools with replaceable polyhedral plates / S.I. Petrushin, R.Kh. Gubaidulina, A.A. Bakanov, A.V. Makhov // Russian Engineering Research. – Allerton Press, Inc. – 2009. – Vol. 29. – N 6. – P. 587-594.
16. Дудак, Н.С. Новые режущие инструменты для работы на токарных, расточных, сверлильных и протяжных станках для повышения качества обработки деталей [Текст] / Н.С. Дудак, Г.Т. Итыбаева, Ж.К. Мусина, А.Ж. Касенов, Е.К. Тастенов, Д.А. Исакова // Наука и техника Казахстана. – Павлодар. – 2006. – № 2. – С. 5-9.

Материал поступил в редакцию 11.11.2019.

**А.Ж. Таскарина, А.Ж. Касенов, Д.А. Исакова**

*С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ., Қазақстан Республикасы*

### **ЖОҒАРЫ ТІСТЕРІ ЖОҚ ҚАТТЫ БЕКІТУМЕН КЕСКІШ ҚҰРАМА ҚАШАУДЫ ЖОБАЛАУ ӘДІСТЕМЕСІ**

Жоғары бөліксіз тістері жоқ қатты бекіткішпен кескіш құрама қашауды жобалаудың ұсынылған әдістемесі геометриялық параметрлер мен конструктивтік өлшемдерді есептеуге мүмкіндік береді. Металл кесетін құралдың жаңа конструкциясы – жоғары бөліксіз тістері бар құрама кескіш бұрау, тегістеудің таза операциясының жоғары тиімділігін қамтамасыз етеді, өңдеу дәлдігін арттыру және құрал-сайманның конструктивтік ерекшеліктері мен геометриясы есебінен өңделетін бөлшектердің кедір-бұдырлығын төмендетеді.

**Тірек сөздер:** жобалау, әдістеме, жаю, жоғары бөліксіз тіс, геометрия, тесіктерді өңдеу, кесу құралы, дәлдік, кедір-бұдырлық.

**A.Zh. Taskarina, A.Zh. Kasenov, D.A. Iskakova**

*S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan*

### **METHOD OF DESIGN OF THE TOOL BUILT-UP REAMER WITH RIGID FASTENING PEAKLESS TEETH**

The proposed method of design of the built up reamer with rigid fastening peakless teeth allows you to calculate the geometric parameters and structural dimensions. New design of cutting tools – built up reamer with peakless teeth, provides high efficiency fine boring operations, improving processing accuracy and reduce the roughness of the workpiece, due to the design features and geometry of the instrument.

**Keywords:** design, technique, reamer, peakless tooth, geometry, hole processing, cutting tool, accuracy, roughness.

УДК 621.837.3

Б.К. Наурушев<sup>1</sup>, Ә.Н. Дүйсенбек<sup>2</sup><sup>1</sup>Докторант PhD, лектор, <sup>2</sup>Магистрант

Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан

Электронная почта: <sup>1</sup>[b.naurushev@satbayev.university](mailto:b.naurushev@satbayev.university), <sup>2</sup>[batyr\\_n@mail.ru](mailto:batyr_n@mail.ru)**КИНЕТОСТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО  
МАНИПУЛЯТОРА С ДВУМЯ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ**

В работе рассматривается кинестатический анализ параллельного манипулятора (ПМ) с двумя рабочими органами. ПМ с двумя рабочими органами может быть использован в технологических процессах, где необходимо одновременное или последовательное манипулирование двумя объектами, например, в погрузочных или разгрузочных операциях. В кинестатическом анализе ПМ силы реакции в кинематических парах рассчитываются под действием внешних сил и моментов, а также инерционных сил и моментов инерции. Составлена матрица уравнений равновесия групп Ассур для кинестатического анализа рассматриваемого ПМ. Определены движущие моменты и силы реакции в кинематических парах входных звеньев через матрицы уравнений равновесия.

**Ключевые слова:** параллельный манипулятор, рабочий орган, кинестатический анализ.

**Введение.** ПМ с двумя рабочими органами может быть использован в технологических процессах, где необходимы одновременные манипуляции с двумя объектами или последовательные с одним, например, в погрузочных или разгрузочных операциях. В статьях [1,2] синтезирован ПМ с двумя рабочими органами. На рисунке 1 изображенный ПМ с двумя рабочими органами, сформирован из двух промышленных манипуляторов  $ABQ_1$  и  $CDQ_2$  посредством соединения двух звеньев  $BQ_1$  и  $DQ_2$  с помощью бинарного звена  $EF$ . После мы получаем кинематическую цепь  $ABEFDC$  с тремя степенями свободы. Если соединить звено  $EF$  этой кинематической цепи с рамой через бинарное звено  $GH$  тогда мы получаем ПМ с двумя степенями подвижности и с двумя рабочими органами. В сравнении с двумя промышленными роботами данный ПМ имеет большую грузоподъемность и высокую точность позиционирования.

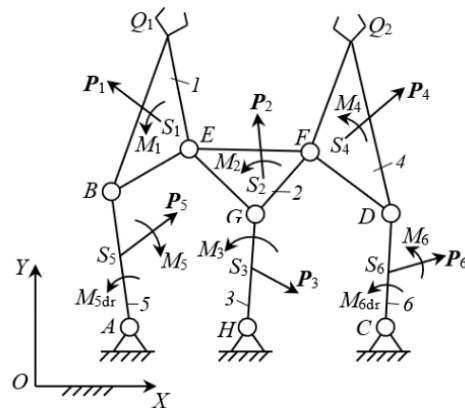


Рис. 1. ПМ с двумя рабочими органами

Кинематический анализ данного ПМ рассмотрен в [3]. В данной работе показаны методы кинетостатического анализа ПМ. В кинетостатическом анализе этого ПМ с двумя рабочими органами силы реакции и моментов в кинематических парах были рассчитаны под действием внешних сил и моментов, включая инерционные силы и моменты инерции. Силы реакции и моменты нужны для расчета на прочность звеньев и кинематических пар ПМ. Многие работы основаны на кинетостатическом анализе ПМ [4-8].

**Кинетостатический анализ ПМ с двумя рабочими органами.** Рассматриваемый ПМ с двумя рабочими органами состоит из групп Ассур третьего класса III (1,2,3,4), который имеет звенья 1,2,3,4 и два выходных звена 5 и 6. Запишем структурную формулу данного ПМ:

$$I(5) \rightarrow III(1,2,3,4) \leftarrow I(6). \quad (1)$$

Главный вектор  $P_i$  и главный момент  $M_i$  внешних сил и моментов, включая инерционные нагрузки, приложены к центрам тяжести звеньев  $S_i$ , ( $i=1,2,\dots,6$ ).

Из структурной формулы (1) необходимо произвести кинетостатический анализ звеньев групп Ассур третьего класса III (1,2,3,4) и далее кинетостатический анализ входных звеньев 5 и 6.

Группа III (1,2,3,4) состоит из треугольного звена  $EFG$  и трех бинарных звеньев  $BE$ ,  $FD$  и  $HG$  с вращательными кинематическими парами. Следовательно, уравнения равновесия группы III (1,2,3,4) состоит из уравнения равновесия основного треугольного звена 2 и трех бинарных звеньев 1,3 и 4.

Матрица уравнения равновесия звена 2 имеет вид:

$$\mathbf{r}_{21} = \mathbf{H}_2 \mathbf{q}_2 + \mathbf{L}_{32} \mathbf{r}_{32} + \mathbf{L}_{42} \mathbf{r}_{42}. \quad (2)$$

Матрицы уравнений равновесия бинарных звеньев 1,3,4 будут записаны:

$$\mathbf{r}_{15} = \mathbf{H}_1 \mathbf{q}_1 + \mathbf{L}_{21} \mathbf{r}_{21}, \quad (3)$$

$$\mathbf{r}_{30} = \mathbf{H}_3 \mathbf{q}_3 + \mathbf{L}_{23} \mathbf{r}_{23}, \quad (4)$$

$$\mathbf{r}_{46} = \mathbf{H}_4 \mathbf{q}_4 + \mathbf{L}_{24} \mathbf{r}_{24}. \quad (5)$$

Записанные матрицы и вектора в уравнениях (2-5) проинтегрируем, и получим:



$$\begin{aligned}
& \left[ \begin{array}{c} R_{21}^X \\ R_{21}^Y \\ 0 \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_A - Y_{S_2} & X_{S_2} - X_A & 1 \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{c} P_2^X \\ P_2^Y \\ M_2 \end{array} \right] + \\
& + \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_A - Y_G & X_G - X_A & 1 \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{c} R_{32}^X \\ R_{32}^Y \\ 0 \end{array} \right] + \\
& + \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_A - Y_F & X_F - X_A & 1 \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{c} R_{42}^X \\ R_{42}^Y \\ 0 \end{array} \right] \\
& \left[ \begin{array}{c} R_{15}^X \\ R_{15}^Y \\ 0 \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_B - Y_{S_1} & X_{S_1} - X_B & 1 \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{c} P_1^X \\ P_1^Y \\ M_1 \end{array} \right] + \\
& + \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_B - Y_E & X_E - X_B & 1 \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{c} R_{21}^X \\ R_{21}^Y \\ 0 \end{array} \right] \\
& \left[ \begin{array}{c} R_{30}^X \\ R_{30}^Y \\ 0 \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_H - Y_{S_3} & X_{S_3} - X_H & 1 \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{c} P_3^X \\ P_3^Y \\ M_3 \end{array} \right] + \\
& + \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_H - Y_G & X_G - X_H & 1 \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{c} R_{23}^X \\ R_{23}^Y \\ 0 \end{array} \right] \\
& \left[ \begin{array}{c} R_{46}^X \\ R_{46}^Y \\ 0 \end{array} \right] = \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_D - Y_{S_4} & X_{S_4} - X_D & 1 \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{c} P_4^X \\ P_4^Y \\ M_4 \end{array} \right] + \\
& + \left[ \begin{array}{ccc} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_D - Y_F & X_F - X_D & 1 \end{array} \right] \cdot \left[ \begin{array}{c} R_{24}^X \\ R_{24}^Y \\ 0 \end{array} \right].
\end{aligned} \tag{6}$$

Система матричных уравнений может быть представлена в следующей форме:

$$Ax=b, \tag{7}$$

где

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix}
 1 & 0 & -1 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & -1 \\
 0 & 0 & Y_G - Y_A & X_A - X_G \\
 -1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -1 & 0 & 0 \\
 Y_E - Y_B & X_B - X_E & 0 & 0 \\
 0 & 0 & -1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & -1 \\
 0 & 0 & Y_H - Y_G & X_G - X_H \\
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 Y_F - Y_A & X_A - X_F & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 Y_D - Y_F & X_F - X_D & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} R_{21}^X \\ R_{21}^Y \\ R_{32}^X \\ R_{32}^Y \\ R_{42}^X \\ R_{42}^Y \\ R_{15}^X \\ R_{15}^Y \\ R_{30}^X \\ R_{30}^Y \\ R_{46}^X \\ R_{46}^Y \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} P_2^X \\ P_2^Y \\ P_2^X (Y_A - Y_{S_2}) + P_2^Y (X_{S_2} - X_A) + M_2 \\ P_1^X \\ P_1^Y \\ P_1^X (Y_B - Y_{S_1}) + P_1^Y (X_{S_1} - X_B) + M_1 \\ P_3^X \\ P_3^Y \\ P_3^X (Y_H - Y_{S_3}) + P_3^Y (X_{S_3} - X_H) + M_3 \\ P_4^X \\ P_4^Y \\ P_4^X (Y_D - Y_{S_4}) + P_4^Y (X_{S_4} - X_D) + M_4 \end{bmatrix}.$$

Вектор  $\mathbf{x}$  может быть определен через уравнение:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{b}$$

(8)

В случае  $\det(A) \neq 0$ , что соответствует невырожденной конфигурации группы Ассур третьего класса [3].

Компоненты сил реакций в активных кинематических парах  $A$  и  $C$ , и движущие моменты  $M_{5dr}$  и  $M_{6dr}$  во входных звеньях 5 и 6 могут быть рассчитаны исходя из их уравнений равновесия:

$$\mathbf{r}_{50} = \mathbf{H}_5 \mathbf{q}_5 + \mathbf{L}_{15} \mathbf{r}_{15}, \quad (9)$$

$$\mathbf{r}_{60} = \mathbf{H}_6 \mathbf{q}_6 + \mathbf{L}_{46} \mathbf{r}_{46}. \quad (10)$$

Матрица уравнений (9) и (10) имеют вид:

$$\begin{bmatrix} R_{50}^x \\ R_{50}^y \\ M_{5dr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_A - Y_{S_5} & X_{S_5} - X_A & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_5^x \\ P_5^y \\ M_5 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_A - Y_B & X_B - X_A & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{15}^x \\ R_{15}^y \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (11)$$

$$\begin{bmatrix} R_{60}^x \\ R_{60}^y \\ M_{6dr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_C - Y_{S_6} & X_{S_6} - X_C & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_6^x \\ P_6^y \\ M_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ Y_C - Y_D & X_D - X_C & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{46}^x \\ R_{46}^y \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

или

$$\left. \begin{aligned} R_{50}^x &= P_5^x + R_{15}^x \\ R_{50}^y &= P_5^y + R_{15}^y \\ M_{5dr} &= P_5^x (Y_A - Y_{S_5}) + P_5^y (X_{S_5} - X_A) + M_5 + \\ &\quad + R_{15}^x (Y_A - Y_B) + R_{15}^y (X_B - X_A) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

и

$$\left. \begin{aligned} R_{60}^x &= P_6^x + R_{46}^x \\ R_{60}^y &= P_6^y + R_{46}^y \\ M_{6dr} &= P_6^x (Y_C - Y_{S_6}) + P_6^y (X_{S_6} - X_C) + \\ &\quad + M_6 + R_{46}^x (Y_C - Y_D) + R_{46}^y (X_D - X_C) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Проекция сил реакций  $\mathbf{r}_{50}$  и  $\mathbf{r}_{60}$  рассчитываются из двух первых уравнений систем (13) и (14), а также движущие моменты  $M_{5dr}$  и  $M_{6dr}$  рассчитывается из третьего уравнения этих систем.

**Численные результаты.** На основе приведенного метода был выполнен кинетостатический анализ параллельного манипулятора с двумя рабочими органами. Кинематический анализ данного параллельного манипулятора рассмотрен в работе [3]. В рассматриваемом параллельном манипуляторе масса треугольного звена была взята 1,5 кг, массы бинарных звеньев равны 0,5 кг. Масса каждого перемещаемого объекта рабочими органами была равна 5 кг. Момент инерции основного треугольного звена 2 относительно его центра масс был рассчитан по формуле  $I=0.2ml_{max}^2$ , где  $l_{max}$  - самая длинная сторона треугольного звена, и центральные моменты инерции бинарных звеньев были определены с помощью формулы  $I=0.1ml^2$ , где  $l$  - длина бинарного звена. Рисунки с 2 по 5 иллюстрируют диаграммы изменения проекций сил реакций в кинематических парах и движущих моментов  $M_{5dr}$  и  $M_{6dr}$  при семнадцати положениях ПМ.

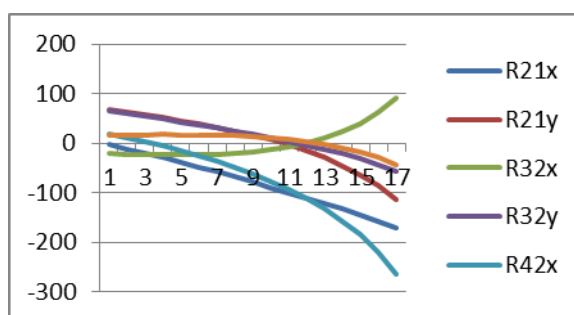


Рис. 2. Проекция сил реакций в кинематических парах  $E$ ,  $G$  и  $F$

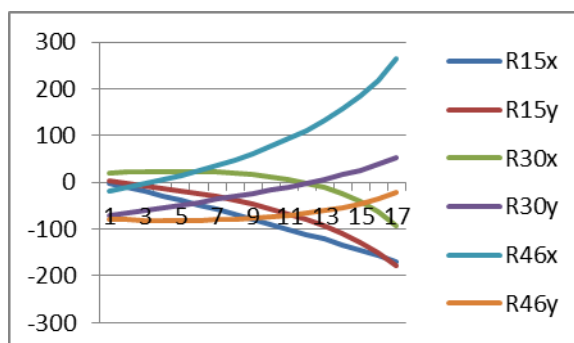


Рис. 3. Проекция сил реакций в кинематических парах  $B$ ,  $H$  и  $D$

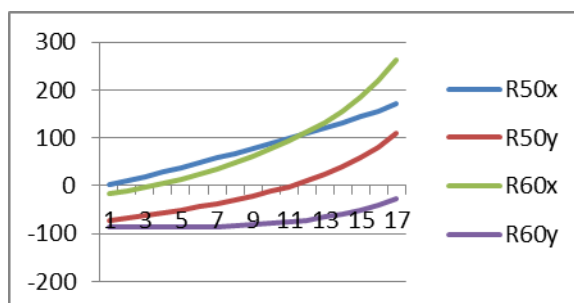


Рис. 4. Проекция сил реакций в кинематических парах  $A$  и  $C$

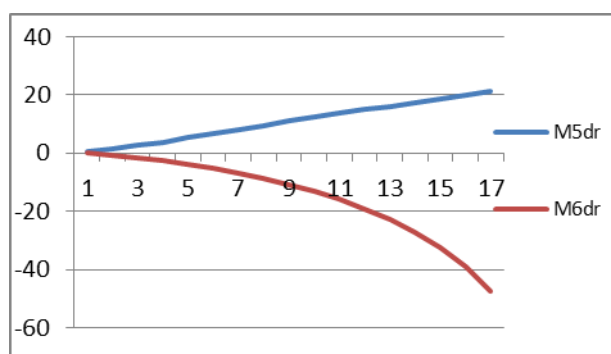


Рис. 5. Движущиеся моменты в активных соединениях А и С

**Заключение.** Рассмотрены методы кинетостатического анализа ПМ с двумя рабочими органами. Рассматриваемый ПМ является механизмом третьего класса по классификации Ассур - Артоболевского. Построена матрица уравнений равновесия для групп третьего класса, и рассчитаны силы реакций в кинематических парах. Движущиеся моменты и силы реакций в кинематических соединениях входных звеньев были определены через уравнения равновесия. Проведен числовой кинетостатический расчет параллельного манипулятора с двумя рабочими органами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baigunchekov Zh., Kalimoldaev M., Utenov M., Baigunchekov T., Arymbekov B. "Structural and Dimensional Synthesis of Parallel Manipulators with Two End-Effectors", *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium on Robotics & Mechatronics*, Springer, 2015, pp. 15-23.
2. Baigunchekov Zh., Izmambetov M., Baigunchekov N. "Structural – Parametric Synthesis of Planar Parallel Manipulator with Two End-Effectors", *Proceedings of the 3rd International Symposium on Robotics and Mechatronics IRSM 2013*, Singapore, 2013, pp. 23-32.
3. Baigunchekov Zh., Kalimoldaev M., Utenov M., Baigunchekov T., Arymbekov B. "Kinematics of Parallel Mechanisms with Two End-Effectors", *Proceedings of 2015 IFToMM World Congress*. Taipei, October 25-30, 2015, Taiwan, Vol.2, pp.1048-1057.
4. Kimand H.S., Choi Y.I. "The Kinetostatic Capability Analysis of Robotic Manipulators", *Proceedings of the 1999 IEEE/RSI International Conference on Intelligent Robots and Systems*. Kyongju, South Korea, 1999, pp. 1241-1246.
5. Dan Zhang, Zhuming Bi, Beizhi Li "Design and Kinetostatic Analysis of a New Parallel Manipulator", *J. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2009, Vol. 25, Issue 4, pp. 782-791.
6. Guohua Cui, Yanwei Zhang "Kinetostatic Modeling and Analysis of a New 3-DOF Parallel Manipulator", *International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering*, Publisher: IEEE Xplore, CD-ROM ISBN: 978-1-4244-4507-3, DOI: 10. 1109/CISE, 2009, 5364146.
7. Yi Lu, Peng Wang, Zhuolei Hou, Bo Hu, Chunping Sui, Jianda Han "Kinetostatic Analysis of a novel 6-DoF 3UPS Parallel Manipulator with

- Multi-Fingers”, *J. Mechanism and Machine Theory*, 2014, Vol. 78, pp. 36–50.
8. Zhen Huang, Yan Zhao, and Jingfang Liu “Kinetostatic Analysis of 4-R(CRR) Parallel Manipulator with Over Constraints via Reciprocal-Screw Theory”, *Hindawi Publishing Corporation: Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 2010, 2009, Article ID 404960, 11 pages, doi:10.1155/2010/404960.

*Материал поступил в редакцию 15.11.19.*

**Б.К. Наурушев, Ә.Н. Дүйсенбек**

*Сәтбаев Университеті, Алматы қ., Қазақстан*

### **ЕКІ ЖҰМЫСШЫ ОРГАНЫ БАР ПАРАЛЛЕЛЬДІ МАНИПУЛЯТОРҒА КИНЕТОСТАТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ ЖҮРГІЗУ**

Мақалада екі жұмысшы органы бар параллельді манипуляторды кинестатикалық талдау әдістері қарастырылған. Ондағы параллельді манипулятор Ассур тобы бойынша үшінші дәрежелі механизмі болып табылады. Үшінші топқа тепе-теңдік матрицасы құрылды, кинематикалық жұптағы реакция күштері есептелді. Кіру буынының кинематикалық байланысындағы қозғалатын моменттер мен реакция күштері тепе-теңдік теңдеулері арқылы анықталды. Екі жұмысшы органы бар параллельді манипуляторға кинестатикалық сандық есептеулер жүргізілді.

**Тірек сөздер:** параллельді манипулятор, жұмысшы орган, кинестатикалық талдау.

**B. Naurushev, A. Duisenbek**

*Satbayev University, Almaty, Kazakhstan*

### **KINETOSTATIC ANALYSIS OF THE PARALLEL MANIPULATOR WITH TWO END-EFFECTORS**

Parallel Manipulator (PM) with two end-effectors can be used in technological processes where it is necessary simultaneous or consecutive manipulation of two objects, for example, in loading and unloading operations. In the kinetostatic analysis of the PM the forces of reactions in the kinematic pairs are determined under the acting of external forces and moments, and inertial forces and moments of inertia. For kinetostatic analysis of the considered PM the matrix equations of equilibrium of the Assur group are composed. Driving moments and the forces of reactions in the kinematic pairs of the input links are determined from their matrix equations of equilibrium.

**Keywords:** parallel manipulator, end-effector, kinetostatic analysis.

УДК 621.837.3

Б.К. Наурушев<sup>1</sup>, Ә.Н. Дүйсенбек<sup>2</sup><sup>1</sup>Докторант PhD, лектор, <sup>2</sup>Магистрант

Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан

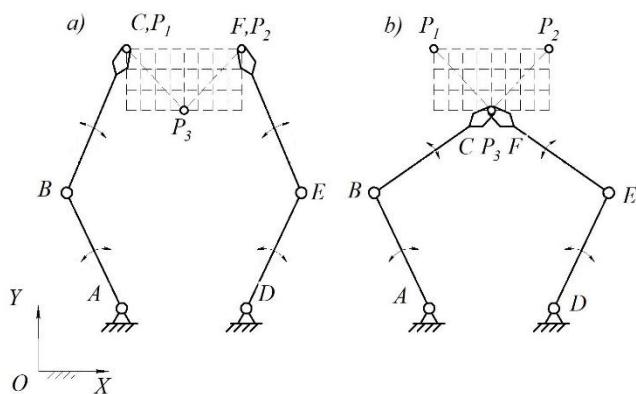
Электронная почта: <sup>1</sup>[b.naurushev@satbayev.university](mailto:b.naurushev@satbayev.university), <sup>2</sup>[batyr\\_n@mail.ru](mailto:batyr_n@mail.ru)**СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ПЛОСКОГО ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА С ДВУМЯ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ**

В статье представлены методы структурно-параметрического синтеза параллельного манипулятора с двумя рабочими органами. Данный параллельный манипулятор образован путем соединения двух движущихся выходных звеньев с неподвижным основанием через систему состоящую из двух пассивных, одной активной и двух негативных закрытых кинематических цепей. Геометрические параметры активных и отрицательных замыкающих кинематических цепей определяются по наименьшему квадратическому приближению и приближению Чебышева.

**Ключевые слова:** параллельный манипулятор, рабочий орган, структурно-параметрический синтез.

**Введение.** В зависимости от типа технологической операции робот-манипулятор может работать в двух режимах: одновременное манипулирование двумя объектами и последовательное манипулирование одним объектом.

В случае одновременной манипуляции двух объектов, два рядовых манипулятора  $ABC$  и  $DEF$  удерживают два объекта на начальных позициях  $P_1$  и  $P_2$  (рис. 1, а), затем два объекта перемещаются в заданную позицию  $P_3$  (рис. 1, б). Далее манипуляторы возвращаются в исходное положение.

Рис. 1. Два промышленных манипулятора  $ABC$  и  $DEF$ 

При последовательном манипулировании одного объекта, первый промышленный манипулятор  $ABC$  удерживает объект в положении  $P_1$  (рис. 1, а), затем объект перемещается в промежуточное положение  $P_3$ , где объект переносится в захват второго промышленного манипулятора  $DEF$  (рис. 1, б).

Далее объект перемещается вторым последовательным манипулятором  $DEF$  в указанную позицию  $P_2$  (рис. 1, b).

Например, тигельная печатная машина работает в режиме последовательного манипулирования одним объектом. В этой машине первый манипулятор подает чистый лист бумаги на стол для печати, а второй манипулятор забирает лист после печати. Этот циклический процесс происходит за короткий промежуток времени. Поэтому в таких автоматах вместо двух последовательных манипуляторов целесообразно использовать один манипулятор (механизм) с двумя рабочими органами и одной степенью свободы. К таким манипуляторам относятся параллельные манипуляторы (ПМ), обладающие свойствами манипуляционных роботов, такими как воспроизведение заданных законов движений выходного звена или рабочего органа, и свойствами механизмов, таких как задание законов движения входным звеньям, которые упрощают систему управления и увеличивают скорость [1-3].

В данной статье разрабатываются методы структурно-параметрического синтеза ПМ с двумя рабочими органами. Существует много методов структурного и кинематического (параметрического или размерного) синтеза механизмов [4-6], где кинематический синтез механизмов осуществляется по заданным структурным схемам. В этом случае возможно, что данная структурная схема механизма может не обеспечивать указанные законы движения рабочих органов. Поэтому необходимо проводить кинематический синтез вместе со структурным синтезом. Методы структурно-параметрического синтеза позволяют одновременно определять оптимальные структурные схемы ПМ и геометрические параметры их звеньев по заданным законам движений выходных звеньев и исполнительных механизмов.

*Структурный синтез.* Согласно разработанному принципу формирования механизмов и манипуляторов [1,2], ПМ с двумя рабочими органами формируется путем соединения двух выходных звеньев с неподвижным основанием с использованием закрытых кинематических цепей (ЗКЦ), которые могут быть активными, пассивными и отрицательными. Если соединить эти два рабочих органа (выходные звенья) с неподвижным основанием через две пассивные ЗКЦ  $ABC$  и  $DEF$ , имеющими нулевую степень подвижности, мы получим два манипулятора последовательной структуры (промышленный манипулятор) (рис. 2). В статье [7] из этих двух последовательных манипуляторов был сформирован ПМ пятого класса с двумя рабочими органами и двумя степенями свободы (см.рис. 2) путем соединения звеньев 2 и 4 отрицательным ЗКЦ  $GH$  типа ВВ, затем соединяя звено  $GH$  с фиксированным основанием отрицательным ЗКЦ  $IK$  типа ВВ и соединяя звенья  $IK$  и  $DE$  отрицательным ЗКЦ  $LM$  типа ВВ, где В - вращательная кинематическая пара. Каждое бинарное звено типа ВВ имеет одну отрицательную степень подвижности. Недостатки этого ПМ - небольшое рабочее пространство, потому что звенья 2 и 4 двух последовательных манипуляторов  $ABC$  и  $DEF$  связаны одним звеном  $GH$ .

Рабочее пространство ПМ с двумя рабочими органами можно увеличить, соединив звенья 2 и 4 последовательных манипуляторов  $ABC$  и  $DEF$  активным ЗКЦ  $GHIK$  с активной кинематической парой  $K$ . В результате мы получаем ПМ  $ABGHKIED$  с тремя степенями свободы, где звенья  $AB$ ,  $KH$  и  $DE$  являются входными звеньями (рис. 3).



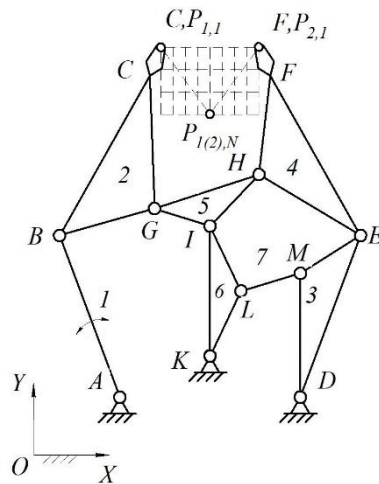


Рис. 2. ПМ с двумя рабочими органами пятого класса

Для формирования ПМ с одной степенью свободы, мы соединяем звенья 1 и 5, а также звенья 3 и 6 отрицательным ЗКЦ  $ML$  и  $NQ$  типа ВВ. В результате мы получаем структурную схему ПМ с двумя рабочими органами, которая имеет следующую структурную формулу:

$$IV(1,2,5,8) \leftarrow I(0,8) \rightarrow IV(3,4,6,9). \tag{1}$$

Следовательно, сформированный ПМ состоит из входного звена 7 и двух групп Ассур четвертого класса или двух механизмов Стивенсона II класса с общим входным звеном 7.

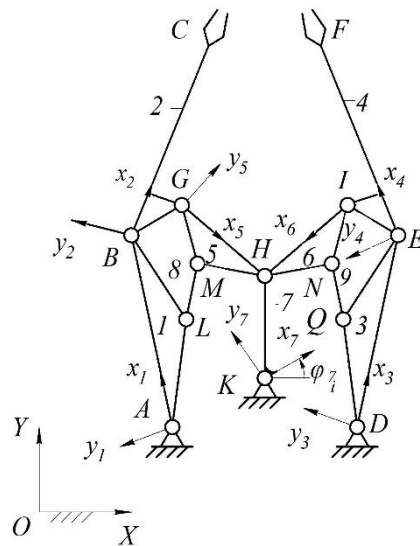


Рис. 3. ПМ с двумя рабочими органами

Таким образом, этот ПМ с двумя рабочими органами формируется путем соединения двух выходных объектов с неподвижной опорой через две пассивные ЗКЦ  $ABC$  и  $DEF$ , одной активной ЗКЦ  $GHKI$  и двумя отрицательными ЗКЦ  $LM$  и  $NQ$ .

Поскольку активные и отрицательные ЗКЦ накладывают геометрические ограничения на движения выходных звеньев, то сформированный ПМ с двумя рабочими органами работает при определенных значениях геометрических параметров (параметров синтеза) звеньев. Пассивные ЗКЦ не накладывают геометрических ограничений на движение выходных звеньев, поэтому их параметры синтеза варьируются с учетом наложенных геометрических ограничений связующего активного и отрицательного ЗКЦ. Следовательно, проблема параметрического синтеза всего ПМ с двумя рабочими органами сводится к подзадачам параметрического синтеза его структурных модулей (пассивного, активного и отрицательного ЗКЦ). Такое модульное представление структурно-параметрического синтеза упрощает задачу проектирования ПМ. Рассмотрим параметрический синтез структурных модулей ПМ с двумя рабочими органами.

**Параметрический синтез структурных модулей.** Даны  $N$  дискретные значения центров рабочих органов  $C$  и  $F$  с координатами  $X_{Ci}, Y_{Ci}, X_{Fi}, Y_{Fi}$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ).

Параметры синтеза двух пассивных ЗКЦ  $ABC$  и  $DEF$  (или манипуляторов последовательной структуры) –  $X_A, Y_A, l_{AB}, l_{BC}$  и  $X_D, Y_D, l_{DE}, l_{EF}$ , где  $X_A, Y_A$  и  $X_D, Y_D$  это координаты шарнирных соединений  $A$  и  $D$  в абсолютной системе координат  $OXY$ ;  $l_{AB}, l_{BC}, l_{DE}, l_{EF}$  – длины звеньев  $AB, BC, DE, EF$ . Параметры синтеза пассивного ЗКЦ варьируются с использованием « $LP$ , последовательности» [8].

Параметры синтеза активной ЗКЦ  $GHI$   $x_G^{(2)}, y_G^{(2)}, x_I^{(4)}, y_I^{(4)}, x_H^{(7)}, y_H^{(7)}, X_K, Y_K, l_{GH}, l_{HI}$ , где  $x_G^{(2)}, y_G^{(2)}, x_I^{(4)}, y_I^{(4)}, x_H^{(7)}, y_H^{(7)}$  это координаты соединений  $G, I, H$  в движущихся системах координат  $Bx_2y_2, Ex_4y_4, Kx_7y_7$ , прикрепленных к звеньям  $BC, EF, KH$  соответственно;  $X_K, Y_K$  являются координатами шарнирного соединения  $K$  в абсолютной системе координат  $OXY$ ;  $l_{GH}, l_{HI}$  длины звеньев  $GH, HI$ .

Запишем векторные уравнения замкнутых контуров  $OKHGBO$  и  $OKHIEO$

$$\mathbf{R}_K + \Gamma(\varphi_{7i})\mathbf{r}_H^{(7)} + \mathbf{l}_{(HG)_i} = \mathbf{R}_{B_i} + \Gamma(\varphi_{2i})\mathbf{r}_G^{(2)}, \quad (2)$$

$$\mathbf{R}_K + \Gamma(\varphi_{7i})\mathbf{r}_H^{(7)} + \mathbf{l}_{(HI)_i} = \mathbf{R}_{E_i} + \Gamma(\varphi_{4i})\mathbf{r}_I^{(4)}, \quad (3)$$

где  $\mathbf{R}_K = [X_K, Y_K]^T$ ,  $\mathbf{r}_H^{(7)} = [x_H^{(7)}, y_H^{(7)}]^T$ ,

$$\mathbf{l}_{(HG)_i} = [l_{HG} \cos \varphi_{(HG)_i}, l_{HG} \sin \varphi_{(HG)_i}]^T,$$

$$\mathbf{R}_{B_i} = [X_{B_i}, Y_{B_i}]^T,$$

$$\mathbf{r}_G^{(2)} = [x_G^{(2)}, y_G^{(2)}]^T, \mathbf{r}_I^{(4)} = [x_I^{(4)}, y_I^{(4)}]^T,$$

$\Gamma(\alpha)$  ортогональная матрица вращения,

$$\Gamma(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{bmatrix}.$$

Углы  $\varphi_{2i}$  и  $\varphi_{4i}$  в уравнениях (2) и (3), которые определяют позиции звеньев  $BC$  и  $EF$  пассивных ЗКЦ  $ABC$  и  $DEF$ , рассчитываются из анализа позиции этих ЗКЦ следующими уравнениями

$$\varphi_{2i} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{Y_{C_i} - Y_{B_i}}{X_{C_i} - X_{B_i}}, \quad (4)$$

$$\varphi_{4i} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{Y_{F_i} - Y_{E_i}}{X_{F_i} - X_{E_i}},$$

где

$$\begin{bmatrix} X_{B_i} \\ Y_{B_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \end{bmatrix} + l_{AB} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{1i} \\ \sin \varphi_{1i} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} X_{E_i} \\ Y_{E_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_D \\ Y_D \end{bmatrix} + l_{DE} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{3i} \\ \sin \varphi_{3i} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Углы из уравнения (6) и (7) рассчитываются исходя из выражении

$$\varphi_{1i} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{Y_{C_i} - Y_A}{X_{C_i} - X_A} \pm \cos^{-1} \frac{l_{AC_i}^2 + l_{AB}^2 - l_{BC}^2}{2l_{AC_i} \cdot l_{AB}}, \quad (8)$$

$$\varphi_{3i} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{Y_{F_i} - Y_D}{X_{F_i} - X_D} \pm \cos^{-1} \frac{l_{DF_i}^2 + l_{DE}^2 - l_{EF}^2}{2l_{DF_i} \cdot l_{DE}}, \quad (9)$$

где

$$l_{AC_i} = \left[ (X_{C_i} - X_A)^2 + (Y_{C_i} - Y_A)^2 \right]^{\frac{1}{2}},$$

$$l_{DF_i} = \left[ (X_{F_i} - X_D)^2 + (Y_{F_i} - Y_D)^2 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Выводим неизвестные углы  $\varphi_{(HG)_i}$  и  $\varphi_{(HI)_i}$  из уравнения (2) и (3)

$$\left[ \mathbf{R}_K + \Gamma(\varphi_{1i}) \mathbf{r}_H^{(7)} - \mathbf{R}_{B_i} - \Gamma(\varphi_{2i}) \mathbf{r}_G^{(2)} \right]^2 - l_{HG}^2 = 0, \quad (10)$$

$$\left[ \mathbf{R}_K + \Gamma(\varphi_{1i}) \mathbf{r}_H^{(7)} - \mathbf{R}_{E_i} - \Gamma(\varphi_{4i}) \mathbf{r}_I^{(4)} \right]^2 - l_{HI}^2 = 0, \quad (11)$$

Уравнения (10) и (11) это геометрические уравнения ограничения, накладываемого на движение двух выходных объектов. Геометрическое значение уравнения (10) и (11) заключается в уравнениях двух окружностей с

радиусом  $l_{HG}$  и  $l_{HI}$  в относительных перемещениях плоскостей  $Bx_2y_2$  и  $Bx_4y_4$  относительно плоскости  $Kx_7y_7$ . Задача определения геометрических параметров звеньев, при которых такие геометрические ограничения приближенно реализуются, - это проблема параметрического синтеза активных ЗКЦ  $GHKI$ .

Левая часть уравнений (10) и (11) записываются в виде  $\Delta q_{1i}^{(1)}$  и  $\Delta q_{2i}^{(2)}$ , которые являются функциями взвешенной разницы

$$\Delta q_{1i}^{(1)} = \left[ \mathbf{R}_K + \Gamma(\varphi_{7i}) \mathbf{r}_H^{(7)} - \mathbf{R}_{B_i} - \Gamma(\varphi_{2i}) \mathbf{r}_G^{(2)} \right]^2 - l_{HG}^2, \quad (12)$$

$$\Delta q_{2i}^{(2)} = \left[ \mathbf{R}_K + \Gamma(\varphi_{7i}) \mathbf{r}_H^{(7)} - \mathbf{R}_{E_i} - \Gamma(\varphi_{4i}) \mathbf{r}_I^{(4)} \right]^2 - l_{HI}^2 = 0. \quad (13)$$

После преобразования этих уравнений и дальнейшего изменения переменных

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} X_K \\ Y_K \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} p_4 \\ p_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_G^{(2)} \\ y_G^{(2)} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_H^{(7)} \\ y_H^{(7)} \end{bmatrix}, \\ p_3 &= \frac{1}{2} (X_K^2 + Y_K^2 + x_H^{(7)2} + y_H^{(7)2} + x_G^{(2)2} + y_G^{(2)2} - l_{HG}^2), \\ \begin{bmatrix} p_8 \\ p_9 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x_I^{(4)} \\ y_I^{(4)} \end{bmatrix}, \\ p_{10} &= \frac{1}{2} (X_K^2 + Y_K^2 + x_H^{(7)2} + y_H^{(7)2} + x_I^{(4)2} + y_I^{(4)2} - l_{HI}^2) \end{aligned}$$

функции  $\Delta q_{1i}$  и  $\Delta q_{2i}$  представлены в линейных формах по группам  $\mathbf{p}_1^{(j)}$  и  $\mathbf{p}_2^{(k)}$  синтеза параметров.

$$\Delta q_{1i}^{(j)} = 2 \left( \mathbf{g}_{1i}^{(j)T} \cdot \mathbf{p}_1^{(j)} - g_{01i}^{(j)} \right), \quad (j=1,2,3), \quad (14)$$

$$\Delta q_{2i}^{(k)} = 2 \left( \mathbf{g}_{2i}^{(k)T} \cdot \mathbf{p}_2^{(k)} - g_{02i}^{(k)} \right), \quad (k=1,2,3), \quad (15)$$

где

$$\mathbf{g}_{1i}^{(1)} = \begin{bmatrix} -X_{B_i} \\ -Y_{B_i} \\ 1 \end{bmatrix} - \left[ \begin{array}{c|c} \Gamma(\varphi_{2i}) & 0 \\ \hline & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot \begin{bmatrix} p_4 \\ p_5 \\ 0 \end{bmatrix} + \left[ \begin{array}{c|c} \Gamma(\varphi_{7i}) & 0 \\ \hline & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{g}_{2i}^{(2)} &= \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}^T(\varphi_{2i}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{B_i} - p_1 \\ Y_{B_i} - p_2 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i} - \varphi_{2i}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \\ 0 \end{bmatrix}, \\
\mathbf{g}_{3i}^{(3)} &= \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}^T(\varphi_{7i}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_1 - X_{B_i} \\ p_2 - Y_{B_i} \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i} - \varphi_{2i}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_4 \\ p_5 \\ 0 \end{bmatrix}, \\
g_{01i}^{(1)} &= -\frac{1}{2}(X_{B_i}^2 + Y_{B_i}^2) - [X_{B_i}, Y_{B_i}] \cdot \mathbf{\Gamma}(\varphi_{2i}) \cdot \begin{bmatrix} p_4 \\ p_5 \end{bmatrix} + \\
&+ [X_{B_i}, Y_{B_i}] \cdot \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i}) \cdot \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \end{bmatrix} + [p_4, p_5] \cdot \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i} - \varphi_{2i}) \cdot \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \end{bmatrix}, \\
g_{01i}^{(2)} &= -\frac{1}{2}(X_{B_i}^2 - Y_{B_i}^2) - [p_1 - X_{B_i}, p_2 - Y_{B_i}] \cdot \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i}) \cdot \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \end{bmatrix}, \\
g_{01i}^{(3)} &= -\frac{1}{2}(X_{B_i}^2 - Y_{B_i}^2) - [X_{B_i} - p_1, Y_{B_i} - p_2] \cdot \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i}) \cdot \begin{bmatrix} p_4 \\ p_5 \end{bmatrix}, \\
\mathbf{g}_{2i}^{(1)} &= \begin{bmatrix} -X_{E_i} \\ -Y_{E_i} \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}(\varphi_{4i}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_8 \\ p_9 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \\ 0 \end{bmatrix}, \\
\mathbf{g}_{2i}^{(2)} &= \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}^T(\varphi_{4i}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{E_i} - p_1 \\ Y_{E_i} - p_2 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i} - \varphi_{4i}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \\ 0 \end{bmatrix}, \\
\mathbf{g}_{3i}^{(3)} &= \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}^T(\varphi_{7i}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_1 - X_{E_i} \\ p_2 - Y_{E_i} \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i} - \varphi_{4i}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_8 \\ p_9 \\ 0 \end{bmatrix}, \\
g_{02i}^{(1)} &= -\frac{1}{2}(X_{E_i}^2 + Y_{E_i}^2) - [X_{E_i}, Y_{E_i}] \cdot \mathbf{\Gamma}(\varphi_{4i}) \cdot \begin{bmatrix} p_8 \\ p_9 \end{bmatrix} + \\
&+ [X_{E_i}, Y_{E_i}] \cdot \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i}) \cdot \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \end{bmatrix} + [p_8, p_9] \cdot \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i} - \varphi_{4i}) \cdot \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \end{bmatrix}, \\
g_{02i}^{(2)} &= -\frac{1}{2}(X_{E_i}^2 - Y_{E_i}^2) - [p_1 - X_{E_i}, p_2 - Y_{E_i}] \cdot \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i}) \cdot \begin{bmatrix} p_6 \\ p_7 \end{bmatrix}, \\
g_{02i}^{(3)} &= -\frac{1}{2}(X_{E_i}^2 - Y_{E_i}^2) - [X_{E_i} - p_1, Y_{E_i} - p_2] \cdot \mathbf{\Gamma}(\varphi_{7i}) \cdot \begin{bmatrix} p_8 \\ p_9 \end{bmatrix}.
\end{aligned}$$

Линейные представления геометрических ограничений (14) и (15) относительно групп  $\mathbf{P}_1^{(j)}$  и  $\mathbf{P}_2^{(k)}$  синтеза параметров позволяют сформировать следующие приближенные задачи синтеза параметров:

- приближения Чебышева;
- наименьшее квадратическое приближение.

Для определения групп  $\mathbf{P}_1^{(j)}$  и  $\mathbf{P}_2^{(k)}$  синтеза параметров.

В задачах по приближению Чебышева, векторы синтеза параметров определяются через минимумы функции

$$S_1^{(j)}(\mathbf{p}_1^{(j)}) = \max_{i=1, N} \left| \Delta q_{1i}^{(j)}(\mathbf{p}_1^{(j)}) \right| \rightarrow \min_{\mathbf{p}_1^{(j)}} S_1^{(j)}(\mathbf{p}_1^{(j)}), \quad (16)$$

$$S_2^{(k)}(\mathbf{p}_2^{(k)}) = \max_{i=1, N} \left| \Delta q_{2i}^{(k)}(\mathbf{p}_2^{(k)}) \right| \rightarrow \min_{\mathbf{p}_2^{(k)}} S_2^{(k)}(\mathbf{p}_2^{(k)}). \quad (17)$$

В задачах приближения наименьшего квадрата, векторы синтеза параметров определяются через минимумы функции

$$S_1^{(j)}(\mathbf{p}_1^{(j)}) = \sum_{i=1}^N \left( \Delta q_{1i}^{(j)} \right) \rightarrow \min_{\mathbf{p}_1^{(j)}} S_1^{(j)}(\mathbf{p}_1^{(j)}), \quad (18)$$

$$S_2^{(k)}(\mathbf{p}_2^{(k)}) = \sum_{i=1}^N \left( \Delta q_{2i}^{(k)} \right) \rightarrow \min_{\mathbf{p}_2^{(k)}} S_2^{(k)}(\mathbf{p}_2^{(k)}), \quad (19)$$

Так как синтез параметров активных ЗКЦ *GHKI* одновременно включены в функции (16-19), их значения определяются через рассмотрение соединений функции (16) и (17), а также (18) и (19).

Линейные представления уравнения (12) и (13) в формах (14) и (15) позволяют решить задачи приближения по Чебышеву (16) и (17), для использования в методе кинематической инверсии, который является повторяющимся процессом, где представлены на каждом шаге каждой группы  $\mathbf{p}_1^{(j)}$  и  $\mathbf{p}_2^{(k)}$  синтез параметров. В данном случае задача линейного программирования решается четырьмя параметрами. Для этого мы вводим новую переменную  $\mathbf{p}_{11} = \varepsilon$ , где  $\varepsilon$  нужен для точности приближения. Далее задачи минимумов (16) и (17) упрощаются в следующие задачи линейного программирования: определяем минимумы сумм

$$\sigma = \mathbf{c}^T \cdot \mathbf{x} \rightarrow \min_{\mathbf{x}} \sigma, \quad (20)$$

где  $\mathbf{c} = [0, \dots, 0, 1]^T$ ,  $\mathbf{x} = [\mathbf{p}^{j(k)}, \mathbf{p}_{11}]^T$  с дальнейшими ограничениями

$$\left. \begin{aligned} \left[ \mathbf{g}_{1(2)i}^{(j(k))}, -\frac{1}{2} \right] \cdot \left[ \mathbf{p}^{j(k)} \right] &= \mathbf{g}_{01(2)i}^{(j(k))} \\ \left[ \mathbf{g}_{1(2)i}^{(j(k))}, \frac{1}{2} \right] \cdot \left[ \mathbf{p}^{j(k)} \right] &= \mathbf{g}_{01(2)i}^{(j(k))} \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Последовательность полученных значений функции  $S_{1(2)}^{(j(k))}(\mathbf{p}^{(j(k))})$  будет уменьшаться и иметь лимит, выраженный далее, потому что  $S_{1(2)}^{(j(k))}(\mathbf{p}^{(j(k))}) \geq 0$  для любых  $\mathbf{p}^{(j(k))}$ .

Рассмотрим решение задач методом наименьшего квадратического приближения (18) и (19) для синтеза рассматриваемого активного ЗКЦ  $GHKI$ .

Из необходимых условий для минимума функции  $S_{1(2)}^{(j(k))}$  и групп  $\mathbf{p}_{1(2)}^{(j(k))}$  синтеза параметров

$$\frac{\partial S_{1(2)}^{(j(k))}}{\partial \mathbf{p}_{1(2)}^{(j(k))}} = 0 \quad (22)$$

Получаем систему линейных уравнений в форме

$$\mathbf{H}_{1(2)}^{(j(k))} \cdot \mathbf{p}_{1(2)}^{(j(k))} = \mathbf{h}_{1(2)}^{(j(k))}, (j, k = 1, 2, 3). \quad (23)$$

Решая системы уравнений (23) для каждой группы параметров синтеза при заданных значениях остальных групп параметров, вычисляем их значения

$$\mathbf{p}_{1(2)}^{(j(k))} = \mathbf{H}_{1(2)}^{(j(k))^{-1}} \cdot \mathbf{h}_{1(2)}^{(j(k))} \quad (24)$$

Несложно показать что Гессиян  $\mathbf{H}_{1(2)}^{(j(k))}$  положительно представлен с главными минорами. После этого решения системы (23) отвечают минимумам функции  $S_{1(2)}^{(j(k))}$ . Соответственно, задачи наименьшего квадратического приближения для параметрического синтеза упрощается до линейного итерационного метода, на каждом шаге которого решаются системы линейных уравнений.

Рассмотрим решения задач параметрического синтеза отрицательных ЗКЦ  $LM$  и  $NQ$ . Для этого мы предварительно рассчитываем позиции синтезированных активных ЗКЦ звеньев  $GH$  и  $IH$

$$\varphi_{5i} = \text{tg}^{-1} \frac{Y_{I_i} - Y_{G_i}}{X_{I_i} - X_{G_i}} - \cos^{-1} \frac{l_{(GI)_i}^2 + l_{GH}^2 - l_{IH}^2}{2l_{(GI)_i} \cdot l_{GH}}, \quad (25)$$

$$\varphi_{6i} = \text{tg}^{-1} \frac{Y_{H_i} - Y_{I_i}}{X_{H_i} - X_{I_i}}, \quad (26)$$

где

$$\begin{bmatrix} X_{G_i} \\ Y_{G_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{B_i} \\ Y_{B_i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{2i} & -\sin \varphi_{2i} \\ \sin \varphi_{2i} & \cos \varphi_{2i} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_G^{(2)} \\ y_G^{(2)} \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} X_{I_i} \\ Y_{I_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{E_i} \\ Y_{E_i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{4i} & -\sin \varphi_{4i} \\ \sin \varphi_{4i} & \cos \varphi_{4i} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_I^{(4)} \\ y_I^{(4)} \end{bmatrix},$$

$$l_{(G_i)} = \left[ (X_{I_i} - X_{G_i})^2 + (Y_{I_i} - Y_{G_i})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad \begin{bmatrix} X_{H_i} \\ Y_{H_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{G_i} \\ Y_{G_i} \end{bmatrix} + l_{GH} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{5i} \\ \sin \varphi_{5i} \end{bmatrix}.$$

Запишем векторные уравнения замкнутых контуров *OBGMLAO* и *OEINQDO*

$$\mathbf{R}_{G_i} + \Gamma(\varphi_{5i})\mathbf{r}_M^{(5)} + \mathbf{l}_{ML} = \mathbf{R}_A + \Gamma(\varphi_{1i})\mathbf{r}_L^{(1)}, \quad (27)$$

$$\mathbf{R}_{I_i} + \Gamma(\varphi_{6i})\mathbf{r}_N^{(6)} + \mathbf{l}_{NQ} = \mathbf{R}_D + \Gamma(\varphi_{3i})\mathbf{r}_Q^{(3)}, \quad (28)$$

где

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_{G_i} &= [X_{G_i}, Y_{G_i}]^T, \mathbf{r}_M^{(5)} = [x_M^{(5)}, y_M^{(5)}]^T, \\ \mathbf{l}_{(ML)_i} &= [l_{ML} \cos \varphi_{(ML)_i}, l_{ML} \sin \varphi_{(ML)_i}]^T, \mathbf{R}_A = [X_A, Y_A]^T, \\ \mathbf{r}_L^{(1)} &= [x_L^{(1)}, y_L^{(1)}]^T, \mathbf{R}_{I_i} = [X_{I_i}, Y_{I_i}]^T, \mathbf{r}_N^{(6)} = [x_N^{(6)}, y_N^{(6)}]^T, \\ \mathbf{l}_{(NQ)_i} &= [l_{NQ} \cos \varphi_{(NQ)_i}, l_{NQ} \sin \varphi_{(NQ)_i}]^T, \\ \mathbf{R}_D &= [X_D, Y_D]^T, \mathbf{r}_Q^{(3)} = [x_Q^{(3)}, y_Q^{(3)}]^T. \end{aligned}$$

Вычисляем неизвестные углы  $\varphi_{(ML)_i}$  и  $\varphi_{(NQ)_i}$  из уравнений (27) и (28) получаем

$$\left[ \mathbf{R}_{G_i} + \Gamma(\varphi_{5i})\mathbf{r}_M^{(5)} - \mathbf{R}_A - \Gamma(\varphi_{1i})\mathbf{r}_L^{(1)} \right]^2 - l_{ML}^2 = 0, \quad (29)$$

$$\left[ \mathbf{R}_{I_i} + \Gamma(\varphi_{6i})\mathbf{r}_N^{(6)} - \mathbf{R}_D - \Gamma(\varphi_{3i})\mathbf{r}_Q^{(3)} \right]^2 - l_{NQ}^2 = 0. \quad (30)$$

Уравнения (29) и (30) это уравнения геометрических ограничений наложенных на перемещения звеньев 1 и 5, 3 и 6 из-за отрицательных ЗКЦ *ML* и *NQ*. Геометрическое значение этих ограничений заключается в уравнениях двух окружностей в отношении перемещения плоскостей звеньев 1 и 5, 3 и 6 с радиусом  $l_{ML}$  и  $l_{NQ}$ . Задача определения геометрических параметров звеньев, в которой такие геометрические ограничения сняты, являются задачами параметрического синтеза двух отрицательных ЗКЦ *ML* и *NQ*.

Левая часть уравнений (29) и (30) записываются через  $\Delta q_{3i}$  и  $\Delta q_{4i}$ , которые являются функциями взвешенной разности

$$\Delta q_{3i} = \left[ \mathbf{R}_{G_i} + \Gamma(\varphi_{5i})\mathbf{r}_M^{(5)} - \mathbf{R}_A - \Gamma(\varphi_{1i})\mathbf{r}_L^{(1)} \right]^2 - l_{ML}^2, \quad (31)$$



$$\Delta q_{4i} = \left[ \mathbf{R}_{I_i} + \Gamma(\varphi_{6i}) \mathbf{r}_H^{(6)} - \mathbf{R}_D - \Gamma(\varphi_{3i}) \mathbf{r}_Q^{(3)} \right]^2 - l_{NQ}^2. \quad (32)$$

После преобразования этих уравнений и изменении переменных

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} p_{11} \\ p_{12} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x_L^{(1)} \\ y_L^{(1)} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} p_{14} \\ p_{15} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_M^{(5)} \\ y_M^{(5)} \end{bmatrix}, \\ p_{13} &= \frac{1}{2} (x_L^{(1)2} + y_L^{(1)2} + x_M^{(5)2} + y_M^{(5)2} - l_{LM}^2), \\ \begin{bmatrix} p_{16} \\ p_{17} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x_Q^{(3)} \\ y_Q^{(3)} \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} p_{19} \\ p_{20} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_N^{(5)} \\ y_N^{(5)} \end{bmatrix}, \\ p_{18} &= \frac{1}{2} (x_Q^{(3)2} + y_Q^{(3)2} + x_N^{(5)2} + y_N^{(5)2} - l_{QN}^2) \end{aligned}$$

Функции (31) и (32) выражены линейно с помощью двух групп параметров синтеза

$$\begin{aligned} \mathbf{p}_3^{(1)} &= [p_{11}, p_{12}, p_{13}]^T, \quad \mathbf{p}_3^{(2)} = [p_{14}, p_{15}, p_{13}]^T, \\ \mathbf{p}_4^{(1)} &= [p_{16}, p_{17}, p_{18}]^T, \quad \mathbf{p}_4^{(2)} = [p_{19}, p_{20}, p_{18}]^T \end{aligned}$$

в формах

$$\Delta q_{3i}^{(j)} = 2 \left( \mathbf{g}_{3i}^{(j)} \cdot \mathbf{p}_3^{(j)} - g_{03i}^{(j)} \right), \quad (j=1,2), \quad (33)$$

$$\Delta q_{4i}^{(k)} = 2 \left( \mathbf{g}_{4i}^{(k)T} \cdot \mathbf{p}_4^{(k)} - g_{04i}^{(k)} \right), \quad (k=1,2), \quad (34)$$

$$\mathbf{g}_{3i}^{(1)} = \begin{bmatrix} \Gamma^{-1}(\varphi_{1i}) & 0 \\ 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{G_i} - X_A \\ Y_{G_i} - Y_A \\ \hline 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \Gamma(\varphi_{2i} - \varphi_{1i}) & 0 \\ 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_{14} \\ p_{15} \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{g}_{3i}^{(2)} = \begin{bmatrix} \Gamma^{-1}(\varphi_{2i}) & 0 \\ 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{G_i} - X_A \\ Y_{G_i} - Y_A \\ \hline 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \Gamma^{-1}(\varphi_{2i} - \varphi_{1i}) & 0 \\ 0 & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} p_{11} \\ p_{12} \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$\begin{aligned} g_{03i}^{(1)} &= -\frac{1}{2} \left[ \left( X_{G_i} - X_A \right)^2 + \left( Y_{G_i} - Y_A \right)^2 \right] + \\ &+ \left[ X_{G_i} - X_A, Y_{G_i} - Y_A \right] \cdot \Gamma(\varphi_{2i}) \cdot \begin{bmatrix} p_{14} \\ p_{15} \end{bmatrix}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
g_{03i}^{(2)} &= -\frac{1}{2} \left[ (X_{G_i} - X_A)^2 + (Y_{G_i} - Y_A)^2 \right] - \\
&+ \left[ X_{G_i} - X_A, Y_{G_i} - Y_A \right] \cdot \Gamma(\varphi_{li}) \cdot \begin{bmatrix} p_{11} \\ p_{12} \end{bmatrix}, \\
\mathbf{g}_{4i}^{(1)} &= - \left[ \begin{array}{c|c} \Gamma^{-1}(\varphi_{3i}) & 0 \\ \hline 0 & 0 \end{array} \right] \cdot \begin{bmatrix} X_{I_i} - X_D \\ Y_{I_i} - Y_D \\ 1 \end{bmatrix} - \left[ \begin{array}{c|c} \Gamma(\varphi_{4i} - \varphi_{3i}) & 0 \\ \hline 0 & 0 \end{array} \right] \cdot \begin{bmatrix} p_{19} \\ p_{20} \\ 0 \end{bmatrix}, \\
\mathbf{g}_{4i}^{(2)} &= \left[ \begin{array}{c|c} \Gamma^{-1}(\varphi_{4i}) & 0 \\ \hline 0 & 0 \end{array} \right] \cdot \begin{bmatrix} X_{I_i} - X_D \\ Y_{I_i} - Y_D \\ 1 \end{bmatrix} - \left[ \begin{array}{c|c} \Gamma^{-1}(\varphi_{4i} - \varphi_{3i}) & 0 \\ \hline 0 & 0 \end{array} \right] \cdot \begin{bmatrix} p_{16} \\ p_{17} \\ 0 \end{bmatrix}, \\
g_{04i}^{(1)} &= -\frac{1}{2} \left[ (X_{I_i} - X_D)^2 + (Y_{I_i} - Y_D)^2 \right] + \\
&+ \left[ X_{I_i} - X_D, Y_{I_i} - Y_D \right] \cdot \Gamma(\varphi_{4i}) \cdot \begin{bmatrix} p_{19} \\ p_{20} \end{bmatrix}, \\
g_{04i}^{(2)} &= -\frac{1}{2} \left[ (X_{I_i} - X_D)^2 + (Y_{I_i} - Y_D)^2 \right] - \\
&+ \left[ X_{I_i} - X_D, Y_{I_i} - Y_D \right] \cdot \Gamma(\varphi_{3i}) \cdot \begin{bmatrix} p_{16} \\ p_{17} \end{bmatrix}.
\end{aligned}$$

Далее на основе задач приближения Чебышева и наименьшего квадратического приближения, изложенных выше, проводится параметрический синтез рассмотренных ЗКЦ  $LM$  и  $QN$  по отдельности.

**Заключение.** В статье рассмотрены методы структурно параметрического синтеза ПМ с двумя рабочими органами. Рассматриваемый ПМ сформирован с помощью соединения двух движущихся выходных звеньев с неподвижной основой через систему закрытых кинематических цепей, состоящих из двух пассивных, одной активной и двух отрицательных. Активная и отрицательная ЗКЦ накладывают геометрические ограничения на перемещения выходных объектов, их работоспособность определяется длинами звеньев. Геометрические параметры активных и отрицательных ЗКЦ звеньев определены с помощью методов приближения Чебышева и наименьшего квадратического приближения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhumadil Baigunchekov et.al. Parallel Manipulator of a Class RoboMech. Mechanism and Machine Science. Proc. of ASIAN MMS 2016 & CCMMS 2016. Springer, 2016, pp. 547-555.
2. Zhumadil Baigunchekov et.al. Synthesis of Reconfigurable Positioning Parallel Manipulator of a Class RoboMech. Proc. 4<sup>th</sup> IEEE/IFTOMM Int.Conf. on Reconfigurable Mechanisms & Robots, Delft, The Netherlands, 20-22 June 2018, 6p.
3. Zhumadil Baigunchekov et.al. Synthesis of Cartesian Manipulator of a Class RoboMech. Mechanisms and Machine Science. Vol. 66, Springer, 2018, pp. 69-76.

4. A. Erdman, G. Sandor and S. Kota. Mechanism Design: Analysis and Synthesis. 3<sup>rd</sup> ed., Englewood Cliffs? New Jersey: Prentice Hall, 2001.
5. J.M. McGarthy. Geometric Design of Linkages. New-York: Springer Verlag 2000.
6. Jorge Angeles, Shaoping Bai. Kinematic Synthesis. McGill University, Montreal, Quebec, Canada, 2016.
7. Zhumadil Baigunchekov et.al. Structural and Dimensional Synthesis of Parallel Manipulators with Two End-Effectors. Robotics and Mechatronics. Vol. 37, Springer, 2015, pp. 15-23.
8. I.L. Sobol, R.B. Statnikov. Choosing the Optimal Parameters in Problems with Many Criterias. Moscow, 1981.

*Материал поступил в редакцию 15.11.19.*

**Б.К. Наурушев, Ә.Н. Дүйсенбек**

*Сәтбаев Университеті, Алматы қ., Қазақстан*

#### **ЕКІ ЖҰМЫСШЫ ОРГАНЫ БАР ПАРАЛЛЕЛЬДІ МАНИПУЛЯТОРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ПАРАМЕТРІН СИНТЕЗДЕУ**

Мақалада екі жұмысшы органы бар параллельді манипулятордың құрылымдық параметрлік синтез әдістері қарастырылған. Бұл параллельді манипулятор екі пассивті, бір белсенді және екі теріс тұйық кинематикалық тізбек жүйесі бойынша, екі жылжымалы тұрақты негіздегі шығу буынының байланысуы арқылы қалыптасады. Белсенді және теріс тұйық кинематикалық тізбек шығу объектілерінің қозғалысына геометриялық шектеулер қояды, сонымен қатар олардың өнімділігі буындардың ұзындығымен анықталады. Белсенді және теріс тұйық кинематикалық тізбек буындарының геометриялық параметрлері Чебышев әдісімен және ең аз квадрат жуықтау әдісімен анықталды.

**Тірек сөздер:** параллельді манипулятор, жұмысшы орган, параметрлік синтез.

**B. Naurushev, A. Duisenbek**

*Satbayev University, Almaty, Kazakhstan*

#### **STRUCTURAL AND PARAMETRIC SYNTHESIS OF A PLANAR PARALLEL MANIPULATOR WITH TWO END-EFFECTORS**

In this article the methods of structural and parametric synthesis of a planar parallel manipulator with two end-effectors are presented. This parallel manipulator is formed by connecting the two moving output objects with the fixed base by two passive, one active and two negative closing kinematic chains. Geometrical parameters of the active and negative closing kinematic chains are determined by the Chebyshev and least-square approximations.

**Keywords:** parallel manipulator, end-effector, structural-parametric synthesis.

ЭОЖ 631.31

**М.М. Бекмұратов<sup>1</sup>, М.М. Бажалакова<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент, <sup>2</sup>Магистрант*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*  
*Электрондық пошта: <sup>2</sup>mbazalakova@gmail.com***ТОПЫРАҚ ӨНДЕУШІ ФРЕЗА ЖҰМЫС ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ  
ТАЛДАУЛАРЫ**

Мақалада топырақ өңдеуші фрезаның жұмыс құралдарына жасалған талдау нәтижелері келтірілген. Топырақөңдеуші фрезаны пайдалану өсімдік қалдықтарын ұнтақтауды, топырақты қопсытуды (бұзуды), топырақты минералды тыңайтқыштармен араластыруды қамтамасыз етеді.

**Тірек сөздер:** топырақөңдеуші фреза, жұмыс құралдары, топырақты өңдеу, пышақтар, соқа.

2019 жылғы Қазақстан Президенті Қасым-Жомарт Тоқаевтың халыққа алғашқы жолдауында «Ауыл шаруашылығы – біздің негізгі ресурсымыз, бірақ оның әлеуеті әлі толық пайдаланылмай отыр. Біз суармалы жер көлемін кезең-кезеңмен 2030 жылға қарай 3 млн. га дейін ұлғайтуымыз керек. Бұл ауыл шаруашылығы өнімінің көлемін 4,5 есе арттыруға мүмкіндік береді» деп атап өткен болатын [1].

Жыл сайын өсіп келе жатқан халқымыздың әл-ауқатын жақсарту, күнделікті талғам-талабын қамтамасыз ету үшін ауыл шаруашылық дақылдарының өнімін де, көлемін де арттыра түсу керек. Суармалы жерлердегі егістіктерді ұлғайту – ауыл шаруашылығымызды өркендетудің негізгі бір қайнар бұлағы, байлық көзі. Сондықтан бұл саланы өркендету әрдайым назарда болғаны жөн. Әсіресе бұл мәселемен мемлекетіміз соңғы жылдары қатты шұғылданып келеді. Таяу жылдары еліміздің суармалы жер көлемі үдемелеп артып, келешекте суармалы егіншілік дамымақ. Себебі республикамыздың табиғи жағдайда ылғалмен қамтамасыз етілген, жыртуға жарамды жерлері түгелімен егістікке игерілген, ал қалған егісікке жарамды жерлерді игеру үшін оларды міндетті түрде қолдан суару қажет.

Қазақстанның суармалы жер көлемі кезінде 2,4 млн. га болса, соңғы жылдары көп төмендеп, қазіргі уақытта 1,0-1,2 га құрайды [2]. Олар негізінен оңтүстіктегі Алматы, Жамбыл, Оңтүстік Қазақстан және Қызылорда облыстарында. Болашақта осы облыстардағы мол сулы өзендер – Іле, Шу, Сырдария және басқа да майда өзендердің суларын тиімді пайдалану арқылы Оңтүстік Қазақстандағы суармалы жер көлемін 2-2,2 млн. га жеткізуге болады. Біраз жерлер республикамыздың батысындағы Жайық өзені, ал республикамыздың шығысы мен терістігінде Ертіс, Есіл, Тобыл өзендері арқылы суғарылмақ. Мұнда ең құнды дақылдар өсіріледі: жарма, қант қызылшасы, күріш, жүгері, картоп, бақша дақылдары, мақта, жеміс-жидек дақылдары және т.б.

Қазақстанның суармалы жерлерінің топырақ жамылғысы құрылымсыздығымен, топырағының аққыштығымен, суарудан және жаңбырдан кейін тығыздалып қыртыстануымен сипатталады.

Топырақты өңдеудің агротәсілдерін әзірлеу мен бағалауға қатысқан бірқатар ғалымдар топырақ өңдеу құралдарының технологиялық мүмкіндіктері мен Қазақстанның суармалы аймағының топырақ жағдайлары арасындағы сәйкессіздікті көрсетеді.

Олар пассивті жұмыс жабдықтарымен жұмыс жасайтын құралдарға тән бірқатар кемшіліктерді атап өтеді: ауыр және біртекті топырақтарда агрегаттың бірінші өңдеуінде, кейбір жағдайларда бірнеше рет өңдеудің өзінде қажетті мөлшерде кесектерді майдалауды қамтамасыз ете алмауы; арамшөптерді жақсы кесе алмауы; атыз түбінің тығыздалуы. Бұл, әсіресе, конструкциялық беріктілігі жағынан Қазақстанның суармалы аймағына сәйкес келмейтін қопсытқыштарға қатысты.

Пассивті жұмыс құралдарымен жұмыс істейтін жабдықтар кемшіліктері бұрыннан белгілі, бірақ олар әлі де қолданылып келеді.

Пассивті қызмет атқаратын жұмыс жабдықтарымен өңдеуге тән аталған кемшіліктерді жоюға мүмкіндік беретін технологиялық әдістердің бірі – жұмысшы құралы активті болып келетін фреза кескішімен топырақ өңдеу болып табылады.

Отандық және шетелдік ғалымдардың зерттеулері нәтижесінде, топырақты дайындау және егін дақылдарын себу жүйесінде өңдеудің тиімділігі жағынан механикалық құрамы ауыр топырақтарда жұмыс құралдары активті машиналарды, атап айтқанда фрезерлік кескіштерді қолдану ерекше орын алады.

Фрезерлеу топырақты арнайы терең өңдеу тәсілі ретінде өте шымды (қыртысты) шабындықтарды және шымтезекті топырақтарды өңдеуге қолданылады. Фрезерлеу кезінде топырақ өңдеудің бірнеше тәсілдері, яғни жырту, культивациялау, тырмалау жүзеге асырылады. Топырақты фрезерлегенде ол жақсы ұсатылады және араласады. Жалпы өңдеу тереңдігі 25-40 см дейін жетеді.

Профессор А.Д. Далин [3] топырақөңдеуші комбайнның жалғыз негізі ретінде жұмыс құралы активті ротациялы қызмет атқаратын фрезаның төмендегі типтері бола алатынын жазған:

а) ротациялы жұмыс құралдары кез-келген топырақты өңдеуде және кез-келген тереңдігінде топырақты жақсы ұсақтай алады, сонымен қатар топырақты ұсақтау көлемін жұмыс істеп тұрған фреза барабан жылдамдығын басқара отырып өзгертуге болады;

б) фрезерлік кескіш жоғарғы белсенді құнарлы қабат пен тыңайтқыштарды өңдеу тереңдігінде жақсы араластыруға мүмкіндік береді;

в) фреза (кескіш) жылдамдығы жоғары болғандықтан, кескіш пышақтарға сазды топырақтар жабыспайды және өңдеу кезінде жұмыс жабдығы топырақ араласқан шөппен бітеліп қалмайды;

г) фрезерлік кескішке негізделген комбайн соқамен және қосымша қондырғылармен негізделгендерге қарағанда ықшам және жеңіл болып келеді;

д) топырақтың фреза жұмыс құралына реакциясы агрегатты алға қарай итереді, бұл жалпы машинаның тарту кедергісін төмендетуге әсерін тигізеді.

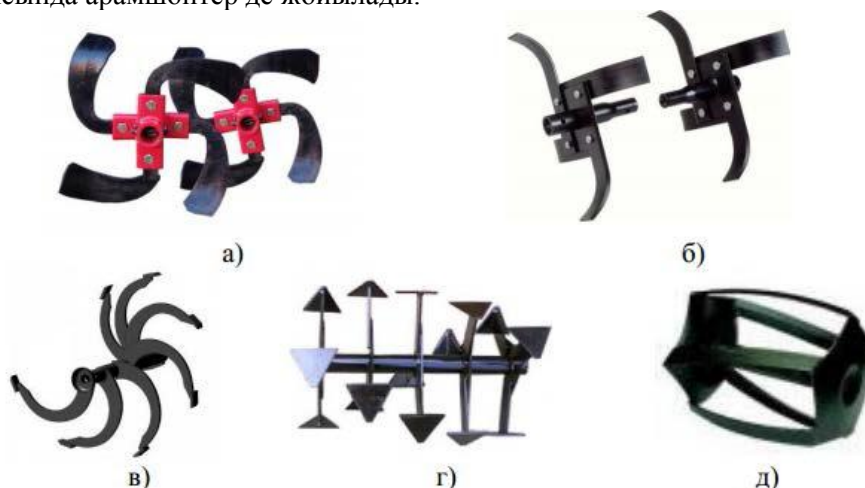
Технологиялық функцияларының сапалы орындалуымен қатар, олар агрегат қозғалысының тартылу кедергісі төмендеуіне ықпалын тигізеді. Сондықтан фрезалы кескіштер олар үшін өңдеудің тиімділігі жағынан баламасы болмаған жағдайда қолданылады.

Фрезерленгеннен кейін топырақ ұзақ уақыт бойына борпылдақтығын (қопсыған) сақтайды.

10-12 см тереңдікке фрезерлеу кезінде 30 см тереңдікке дейін топырақтың беріктігі төмендейді. Бұл белсенді (активті) айналатын фрезерлік пышақтардың топыраққа әсер ететін тербелмелі (вибрация) сипатына байланысты.

Топырақөңдеуші фрезаны пайдалану өсімдік тамырлары мен қалдықтарын турап майдалау, топырақты қопсытуды (бұзуды), топырақты минералды тыңайтқыштармен араластыру қызметтерін атқарады.

Қазіргі топырақөңдеуші фрезалар конструкцияларында көптеген жұмысшы құралдарының түрлері, әдетте атқаратын қызметіне, технологиялық және жұмыс тәртібі бойынша анықталады. Г-тәрізді пышақтары бар фрезерлік кескіштер (1-сурет а,б) аз габаритті топырақөңдеуші фрезаның негізгі жұмыс құралы болып табылады. Олардың көмегімен топырақтың үлкен немесе ұсақ кесекті құрылымын жасауға, кішігірім түрде және терең түрде қопсытуға болады, жұмыс жүргізу барысында арамшөптер де жойылады.



Сурет 1. Фрезерлі жұмыс құралдары: а, б – Г-тәрізді пышақтар секциясы, в – «Целина» фрезасы, г – «Гусиные лапки» фрезасы, д – «Активный ротор».

Өзіндік конструкциясы бар «Целина» фрезасының (1-сурет, в) пышақтары күрделі құрылымды, ұстара жүздеріндей топырақты кесіп өтеді, ал кішкене тістері топыраққа тікелей енеді. Тіпті төмен жылдамдықтағы айналу жиілігінде 80-120 айн/мин, бұл кескіш топыраққа ылғал мен ауаның 25-30 см тереңдікке дейін бойлауына мүмкіндік беріп, зиянкестердің ордасын жояды. Жұмыс құралдарының бұл түрі минералды тыңайтқыштарды қолдану кезінде топырақты біркелкі араластыруға және арамшөптерді және олардың тамырларын майдалай отырып топырақты қопсытуға арналған.

«Гусиные лапки» фрезасы (1-сурет, г) жыртылмаған жерлерді өңдеу үшін арналған. Фрезаның жұмыс принципі - топырақты кішкене кесектерге кесу. Бұл кезде мотоблок салмағы кескіш пышақтарға түсіріліп, топырақты қопсыту тереңдігі артады. Кейбір жағдайларда соқаның орнына «Гусиные лапки» фрезасын пайдалануға болады. Топырақты жырту кезінде жұмсақ топырақтан қатты топыраққа күрт ауысудың айырмашылығы сезілмейді.

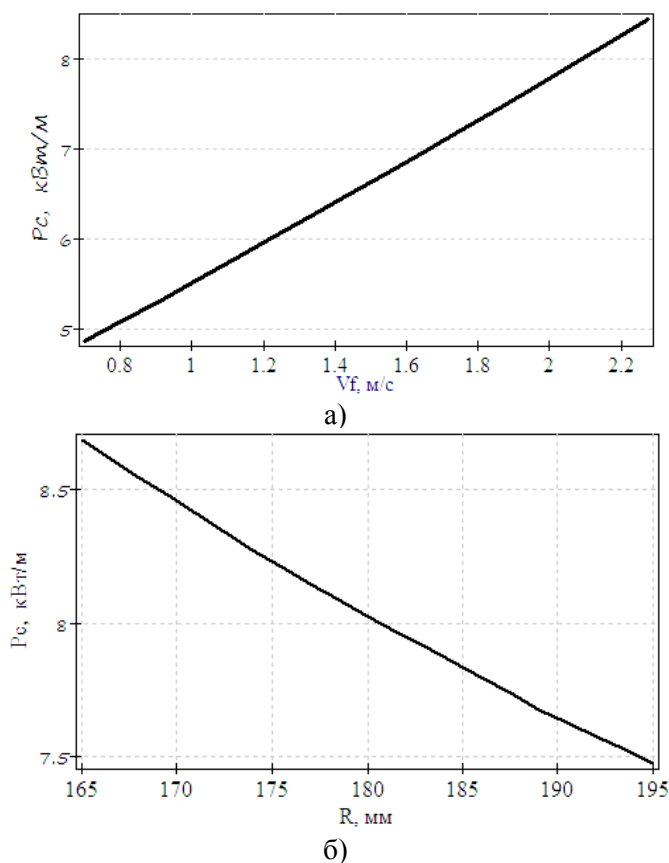
«Активный ротор» фрезасының (1-сурет, д) ерекшелігі бөшке тәрізді пішіні мен қарапайым роторлардағыдай пышақтары топырақтың беткі

қабатында емес, етбетінен орналасқан пышақ пішініне ұқсас орындалған винтті жақтауларында. Олар қараусыз қалған жерлерде арамшөптердің көп мөлшерін жоюға, топыраққа егілмес бұрын жасыл тыңайтқыштарды (сидерат) үгітуге, топырақ және өсімдік қалдықтарын мульчамен қаптау кезінде және топырақтың бетін тегістеу мақсатында қызмет атқарады. Топырақты қарқынды қопсыту үшін және арамшөптерді жақсы кесу үшін азгабаритті фрезерлі культиваторларда көбінесе әмбебап құрал болып келетін Г-тәрізді пышақ орнатылады [4].

Теориялық зерттеулер көрсеткендей, тежеуіш күштердің туындауын болдырмау үшін, пышақ пішіні пышақтың артқы жағы топыраққа ену кезінде қабатқа тірелмей, барабанның алға жылжуына кедергі жасамайтындай болуы керек. Осылайша, пышақтың пішіні осы жағдайды қанағаттандыратынына көз жеткізіп отырамыз [5].

Энергия шығынын анықтау үшін топырақты өңдеу кезіндегі қабатқа енетін (байланысатын) жұмыс жабдығы пышақтарының үш түрін қарастырамыз: түзу пышақтар түрінде, иілген пышақтар түрінде және толқынды пышақтар түрінде [6].

Топырақты пышақпен ұсақтауға жұмсалатын энергия шығыны өңделетін қабаттың жағдайына және пышақтың қалыңдығына байланысты ескеріледі. Ол соқа корпусының жылдамдығына тәуелді болып келетін пышақ траекториясының ұзындығына байланысты (2-сурет, а).

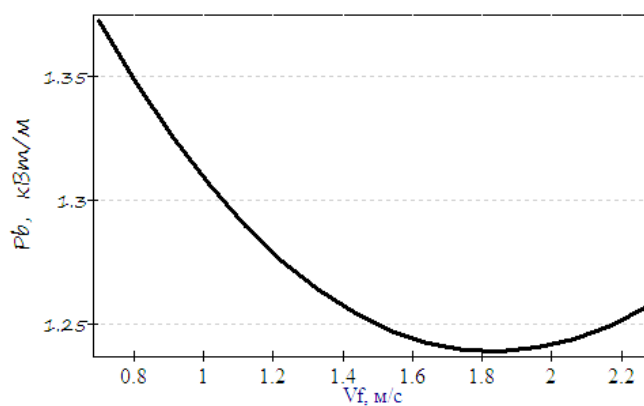


Сурет 2. Меншікті қуаттың  $P_c$  фреза корпусының жылдамдығына (а) және кескіш пышақтар, өңделетін қабаттың тереңдігі және фреза корпусының жылдамдығы тұрақты болғандағы барабан радиусына тәуелділігі (б)

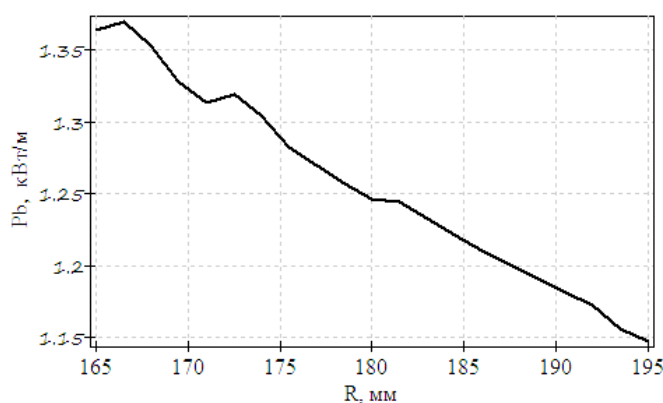
Қалған заттар тең болған кезде меншікті энергия шығыны жылдамдықтың төмендеуімен азаяды.

Кескіш пышақтар шеңберінің жылдамдығын, қабатты өңдеу тереңдігін, фреза жылдамдығын өзгертпей, барабан радиусын 165 мм-ден 195 мм-ге дейін үлкейту арқылы қабатты ұсақтауға кететін энергия шығынын 14% төмендетуге мүмкіндік бар (2-сурет, б).

Иілген пышақтардың қабат бөлшектерімен соқтығысу кезіндегі энергия шығыны қабатты ұсақтауға жұмсалған энергиядан 6 есеге көбірек (3-сурет).



а)



б)

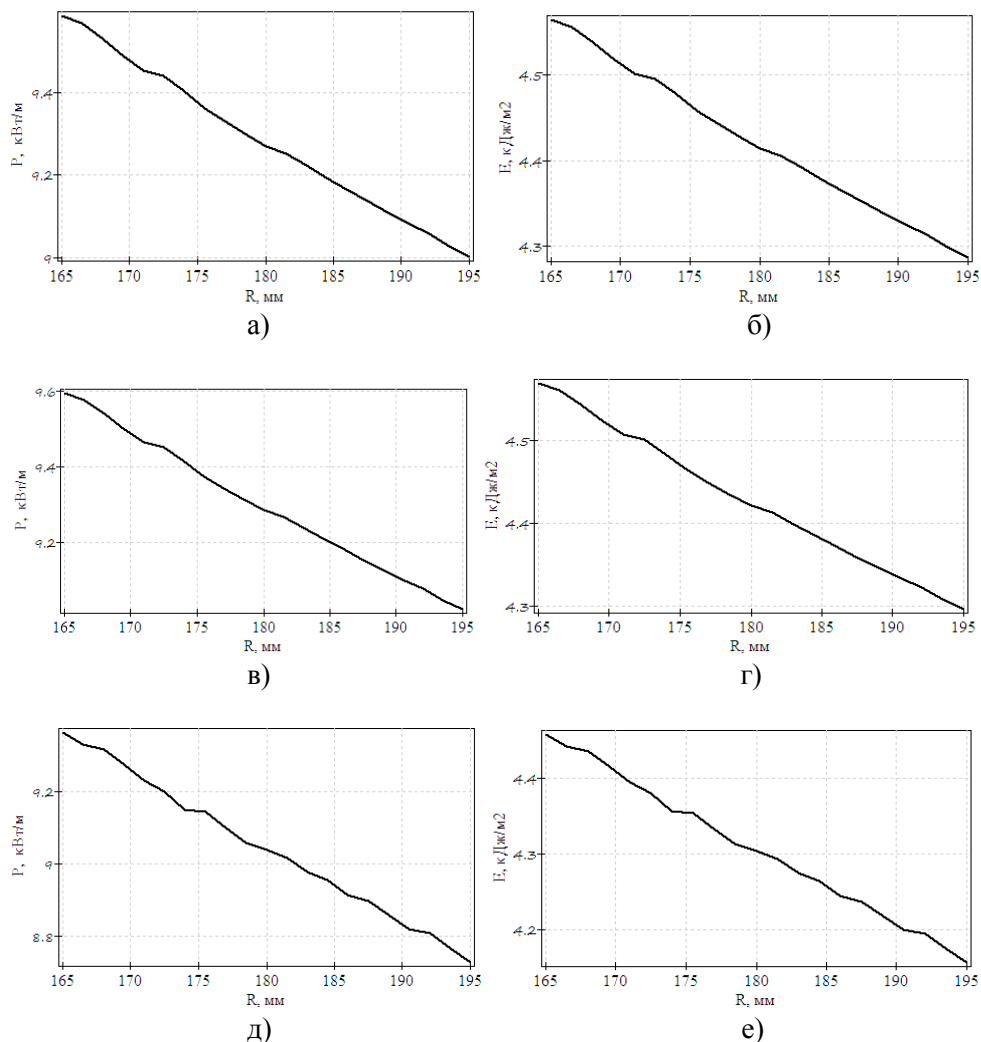
Сурет 3. Меншікті қуаттың  $P_b$  фреза корпусының жылдамдығына (а) және иілген кескіш пышақтар шеңберінің жылдамдығы, өңделетін қабаттың тереңдігі және фреза корпусының жылдамдығы тұрақты болғандағы фреза радиусына тәуелділігі (б)

Сонымен қатар, соққыларға жұмсалатын энергия шығыны, кескіш пышақтар шеңберінің жылдамдығын, қабатты өңдеу тереңдігін, фреза жылдамдығын өзгертпей, барабан радиусын үлкейткен сайын азаяды (3-сурет, б).

Есептеулер көрсеткендей, энергия шығынын түзу профильді пышақтар иілген профильді пышақтарға қарағанда көбірек жұмсайды, ал иілген профильді пышақтарға қарағанда толқынды профильді пышақтарға аз энергия шығыны жұмсалады (4-сурет).

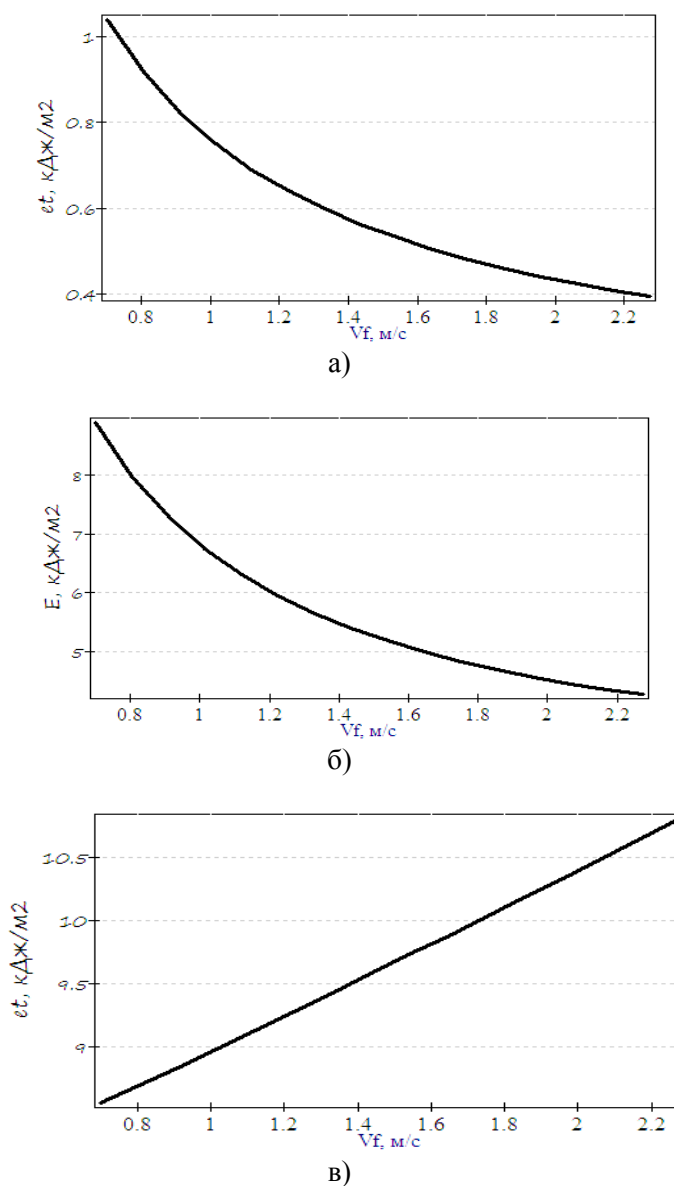


Кескіш пышақтар шеңберінің жылдамдығын, қабатты өңдеу тереңдігін, фреза жылдамдығын өзгертпей, барабан радиусын үлкейткен жағдайда топырақты өңдеуге кететін энергия шығыны төмендейді (4-сурет). Сол себепті, кескіш барабанның диаметрін мүмкіндігінше жоғары етіп қою ұсынылады.



Сурет 4. Кескіш пышақтар шеңберінің жылдамдығын, қабатты өңдеу тереңдігін, фреза жылдамдығын өзгертпей, түзу пышақтарда (а,б), иілген пышақтарда (в,г), толқынды пышақтарда (д,е) барабан радиусын өзгерткен жағдайдағы жұмсалатын қуатқа  $P$  (а,в,д) және меншікті жұмысқа  $E$  (б,г,е) тәуелділігі

Фреза жылдамдығы жоғарылаған кезде топырақты қопсыту  $K$  коэффициенті төмендейді, топырақты өңдеуге жұмсалатын меншікті энергия шығыны азаяды, тиімділігі тұрғысынан топырақ өңдеу нашарлайды (5-сурет).



Сурет 5. Фреза корпусынның жылдамдығының өзгеруіне байланысты қопсыту коэффициентіне  $K$  (а), меншікті энергия шығынына  $E$  (б) және тиімділік көрсеткішіне  $\eta$  (в) тәуелділігі

Талдау нәтижелері жаңа модернизацияланған топырақөндеуші фрезаларды жасап шығару бүгінгі күні өзекті екендігін көрсетеді, сондықтан біз топырақты жаппай үйлесімді өндеуге арналған толқынды пышақтары бар фреза кескішінің негізін мысалға ала отырып, топырақ өндеуге арналған энергия үнемдеуші фреза құрастыру үшін түбегейлі жаңа жұмыс құралдарын жасап шығаруды ұсынамыз. Қорытындылай келгенде, ұсынылған фреза кескіші топырақты өндеу кезінде өндеудің сапасын және топырақөндеуші машинаның сенімділігін жақсартта алады, сонымен қоса пышақтардың топырақпен кезектесіп әрекеттесуіне байланысты фреза жұмысының энергия

шығындау шамасын азайтып және ауылшаруашылығы дақылдарының биологиялық дамуы үшін қолайлы жағдайлар жасалады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Мемлекет басшысы Қасым-Жомарт Тоқаевтың Қазақстан халқына Жолдауы [Электрондық ресурс]. – Сілтеме: [https://www.akorda.kz/kz/addresses/addresses\\_of\\_president/memleket-basshysy-kasym-zhomart-tokaevtyyn-kazakstan-halkyna-zholdauy](https://www.akorda.kz/kz/addresses/addresses_of_president/memleket-basshysy-kasym-zhomart-tokaevtyyn-kazakstan-halkyna-zholdauy).
2. Қазақстан топырақтарын мелиорациялау мәселелері мен суармалы егіншілігі [Электрондық ресурс]. – Сілтеме: [http://diplomnik.kz/kerekti-marerialdar?id=ID\\_2037](http://diplomnik.kz/kerekti-marerialdar?id=ID_2037).
3. Далин, А.Д. Создание почвообрабатывающего и посевного комбайна [Текст] / А.Д. Далин // Материалы НТС ВИСХОМа. -1959. -№5. -С.95-118.
4. Князьков, А.С. Анализ изменения угла резания рабочих органов малогабаритных почвообрабатывающих фрез [Текст] / А.С. Князьков, В.Ф. Купряшкин, Н.И. Наумкин // Современное машиностроение. Наука и образование: Материалы 4-й Международной научно-практической конференции / под ред. М.М. Радкевича и А.Н.Евграфова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – С.671-679.
5. Белов, М.И. Математическая модель работы плуга с винтовым отвалом [Текст] / М.И. Белов // Тракторы и сельхозмашины. -2014. -№6. -С.27-33.
6. Рамазанова, Г.Г. Обоснование профиля рабочей поверхности ножа фрезы для обработки почвы / Г.Г. Рамазанова, М.И. Белов, П.И. Гаджиев // Техника и оборудование для села. – 2016. – №2. – С. 32-37.

*Материал редакцияға 26.11.19 түсті.*

**М.М. Бекмуратов, М.М. Бажалакова**

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

#### **АНАЛИЗ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ФРЕЗ**

В статье приводится анализ рабочих органов почвообрабатывающих фрез. Применение почвообрабатывающих фрез обеспечивает высокое качество измельчения и заделки растительных остатков, рыхления (крошения) почвы, перемешивание почвы с минеральными удобрениями.

**Ключевые слова:** почвообрабатывающая фреза, рабочие органы, обработка почвы, ножи.

**M.M. Bekmuratov, M.M. Bazhalakova**

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

#### **ANALYSIS OF WORKING BODIES OF SOIL PROCESSING MILLS**

The article provides an analysis of the working bodies of tillage cutters. The use of tillage mills provides high quality grinding and incorporation of plant residues, loosening (crumbling) of the soil, mixing the soil with mineral fertilizers.

**Keywords:** tillage mill, workingbodies, tillage, knives.

УДК 66.047.57

А.М. Байтуреев<sup>1</sup>, А.Т. Онлабекова<sup>2</sup>, Н.П. Чернявская<sup>3</sup>,  
Г.Б. Демеуова<sup>4</sup>, Н.А. Кембаев<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>2,4</sup>Д-р PhD, <sup>3</sup>Канд. техн. наук, <sup>5</sup>Ст.преподаватель  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>bam150348@mail.ru

### ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ЗАДАЧА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА СО СМЕШАННЫМ РЕЖИМОМ ТЕРМООБРАБОТКИ

В результате математической обработки процесса сушки кормовых обесфторенных фосфатов в барабанном сушильном агрегате со смешанным режимом термообработки определены рациональные конструктивные параметры барабана  $L=7,2$  м и  $D=1,2$  м.

**Ключевые слова:** диаметр барабана, длина барабана, барабанная сушилка.

В настоящее время в пищевой, химической и др. отраслях промышленности для сушки зернистых и сыпучих материалов широко применяются барабанные сушилки, устанавливаемые с наклоном в сторону выгрузки материала. В качестве сушильного агента применяется природный газ или жидкое топливо (мазута). Процесс сушки протекает при высоких температурах газа, при параллельном движении материала и сушильного агента [1].

В большинстве случаев сушка в барабанных сушилках осуществляется прямотоком, т.е. сушильный агент и высушиваемый материал движутся в одном направлении. В промышленности встречаются также противоточные сушильные барабаны, где сушильный агент и высушиваемый материал движутся навстречу друг к другу [2].

В настоящее время сушка гранулята кормовых обесфторенных фосфатов на ТОО «Казфосфат» осуществляется в барабанных сушилках диаметром 1,6 м и длиной 10,5 м. Температура сушильного агента поступающего в сушильный барабан не более 850°C, а температура отходящих газов после сушильного барабана должна быть не более 120°C. Начальная влажность высушиваемого материала кормовых обесфторенных фосфатов, поступающая на барабанную сушилку соответствует 10%, а на выходе из сушильного барабана должна быть не более 1%. Производительность сушильного барабана должна быть не более 20 т/ч, так как согласно технологического регламента после сушильного барабана находится шаровая мельница производительностью до 20 т/ч. Сушильный барабан работает в режиме прямотока [3].

По нормам Главхиммаша барабанные сушилки рекомендуется выполнять с диаметром барабана 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4 и 2,8 м при максимальном отношении длины барабана к диаметру  $L/D=7$  и

минимальном  $L/D = 3,5$ . Число оборотов сушильного барабана – от 0,5 до 8 в минуту [2].

Из анализа вышеизложенного следует, что интенсификация процесса сушки кормовых обесфторенных фосфатов в сушильных барабанах со смешанным режимом термообработки является существенным мероприятием.

Эффективность барабанных сушильных агрегатов во многом определяется интенсивностью тепло- и массообмена между сушильным агентом и высушиваемым материалом. Наиболее эффективными в этом отношении являются барабанные сушильные агрегаты, устанавливаемые с наклоном в сторону подачи сырого материала и агента сушки.

При установке сушильного барабана с наклоном в сторону загрузки и подачи агента сушки, частица материала при падении подвергается – прямоходу, а при скатывании в сторону загрузки – противоточку. Следовательно, происходит прямоточно-противоточный режим сушки, – т.е. смешанный режим термообработки [4, 6, 7].

Согласно кинетического уравнения (1) [5] были проведены расчеты технологических параметров процесса сушки кормовых обесфторенных фосфатов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки [6, 7] и сведены в таблицу 1.

$$G = \frac{1360\varphi^{0,34}L_6^{0,34}\left(\frac{W_k}{W_n \cdot (W_n - W_k)}\right)\left(\frac{n^2}{1800}\right)^{0,21}D_6^2(\sin \alpha)^{0,4}}{A^{0,34}d^{0,526}(\rho_c \mathcal{G}_c)^{0,139}} \times \sqrt{\frac{t_{6\text{ вх}} - 30}{t_{6\text{ вх}} - t_{6\text{ вых}} + 10}} (\rho_c \mathcal{G}_c) D_6^2 \cdot t_{6\text{ вх}}^{0,426} \quad (1)$$

где:  $G$  – производительность материала по сухому продукту, кг/ч;  $D_6$  – диаметр барабана, м;  $L_6$  – длина барабана, м;  $t_{6\text{ вх}}$  – температура агента сушки на входе в барабан, °C;  $t_{6\text{ вых}}$  – температура агента сушки на выходе из барабана, °C;  $\rho_c \mathcal{G}_c$  – массовая скорость сухого агента сушки по барабану, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $\rho_c$  – плотность газа (воздуха), кг/м<sup>3</sup>;  $\mathcal{G}_c$  – скорость агента сушки, м/с;  $\varphi$  – коэффициент заполнения барабана, %;  $W_n$  и  $W_k$  – начальная и конечная влажность материала, %;  $n$  – частота вращения барабана, об/мин;  $\alpha$  – угол наклона барабана, град;  $d$  – ср. эквивалентный диаметр частицы, мм.

Исследования проведены при диаметрах барабана  $D_6 = 1,0$  м; 1,2 м; 1,4 м и отношении длины барабана к диаметру  $L_6/D_6 = 5$ ,  $L_6/D_6 = 6$ ,  $L_6/D_6 = 7$  в зависимости от частоты вращения барабана  $n = 8, 10, 12, 14$  об/мин при угле наклона барабана в сторону загрузки  $\alpha = -1,5^\circ$ . Подобные исследования проведены также при  $\alpha = -1,0^\circ$ .

На рисунках 1, 3 приведены графики зависимости производительности барабанной сушилки от числа оборотов барабана, а на рисунках 2, 4 – времени пребывания высушиваемого материала в барабане.



Таблица 1

Технологические параметры процесса сушки кормовых обесфторенных фосфатов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки

$D_6, \text{м}$	$t_{\text{вх}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{вых}}, ^\circ\text{C}$	$L_6, \text{м}$	$L_6^{0,34}$	$n, \text{об/мин}$	$(n^2/1800)^{0,21}$	$a^0$	$(\sin a)^{0,4}$	$A^{0,34}$	$d_ч, \text{м}$	$d_ч^{0,526}, \text{м}$	$\rho_{\text{р.с.}}$	$\rho_{\text{р.с.}} \rho_{\text{с.с.}}, \text{кг/м}^2\text{с}$	$(\rho_{\text{р.с.}} \rho_{\text{с.с.}})^{0,139}$
						при $a=0; (-3^0)$								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1,0	225	40	5,0	1,728422	8	0,49624	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	39	5,0	1,728422	10	0,545	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	38	5,0	1,728422	12	0,58837	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	37	5,0	1,728422	14	0,62772	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	39	6,0	1,838956	8	0,49624	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	38	6,0	1,838956	10	0,545	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	37	6,0	1,838956	12	0,58837	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	36	6,0	1,838956	14	0,62772	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	38	7,0	1,937909	8	0,49624	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	37	7,0	1,937909	10	0,545	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	36	7,0	1,937909	12	0,58837	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,0	225	35	7,0	1,937909	14	0,62772	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	38	6,0	1,838956	8	0,49624	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	37	6,0	1,838956	10	0,545	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	36	6,0	1,838956	12	0,58837	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	35	6,0	1,838956	14	0,62772	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	37	7,2	1,956559	8	0,49624	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	36	7,2	1,956559	10	0,545	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	35	7,2	1,956559	12	0,62772	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369

1,2	225	37	7,2	1,956559	14	0,49624	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	37	8,4	2,061840	8	0,49624	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	36	8,4	2,061840	10	0,545	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	35	8,4	2,061840	12	0,58837	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,2	225	34	8,4	2,061840	14	0,62772	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	37	7,0	1,937909	8	0,49624	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	36	7,0	1,937909	10	0,545	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	35	7,0	1,937909	12	0,58837	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	34	7,0	1,937909	14	0,62772	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	36	8,4	2,061840	8	0,49624	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	35	8,4	2,061840	10	0,545	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	35	8,4	2,061840	12	0,58837	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	34	8,4	2,061840	14	0,62772	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	35	9,8	2,172786	8	0,49624	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	35	9,8	2,172786	10	0,545	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	34	9,8	2,172786	12	0,58837	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369
1,4	225	33	9,8	2,172786	14	0,62772	-1,5	0,998997	0,382	0,002	0,03805	0,70717	1,45677	1,05369

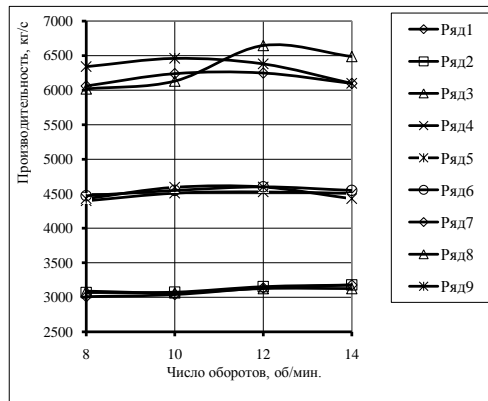
Продолжение таблицы 1

φ теор., %	φ экс., %	К	П	М	С <sub>теор.</sub> , кг/ч	С <sub>теор.</sub> · 10 <sup>-3</sup> , кг/с	τ теор., с	ωН	ωК	С <sub>м</sub>	Левая часть уравнения	Правая часть уравнения	Отклонения левой части уравнения от правой части уравнения, %
		18	19	20									
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
52,0	51-54	0,01111	0,226455	3239,6690	10737,5	2982,640	541,964	10	1,0	0,864	0,0250991	0,0244014	-2,8
52,6	51-54	0,01111	0,214286	3571,2317	11200,3	3111,206	525,283	10	1,0	0,864	0,0241920	0,0242714	0,3
53,1	51-54	0,01111	0,201517	3869,6516	11413,1	3170,306	521,099	10	1,0	0,864	0,0238687	0,0241414	1,1
53,7	51-54	0,01111	0,188025	4143,5264	11402,7	3167,408	527,189	10	1,0	0,864	0,0240183	0,0240114	0,0
52,0	51-54	0,01111	0,214286	3446,8491	10810,2	3002,845	538,318	10	1,0	0,864	0,0250650	0,0242714	-3,2



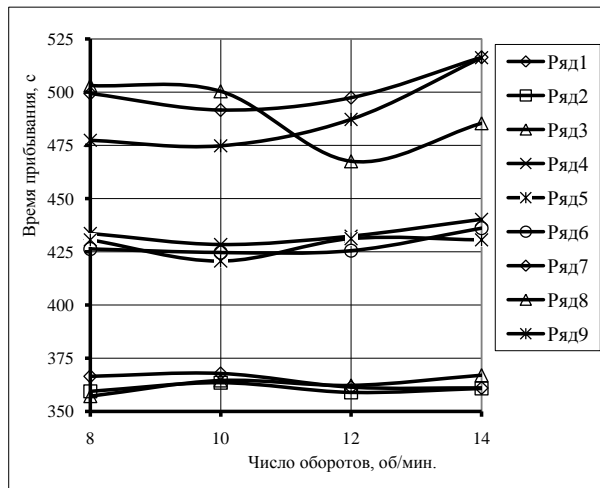
52,6	51-54	0,01111	0,201517	3799,6155	11206,5	3112,928	524,992	10	1,0	0,864	0,0243086	0,0241414	-0,7
53,1	51-54	0,01111	0,188025	4117,1196	11330,0	3147,222	524,921	10	1,0	0,864	0,0241723	0,0240114	-0,7
53,7	51-54	0,01111	0,173640	4408,5091	11203,7	3112,134	536,552	10	1,0	0,864	0,0245749	0,0238813	-2,8
52,0	51-54	0,01111	0,201517	3632,3206	10713,1	2975,867	543,198	10	1,0	0,864	0,0254282	0,0241414	-5,1
52,6	51-54	0,01111	0,188025	4004,0691	11018,9	3060,804	533,933	10	1,0	0,864	0,0248548	0,0240114	-3,4
53,1	51-54	0,01111	0,173640	4338,6578	11026,2	3062,823	539,386	10	1,0	0,864	0,0249705	0,0238813	-4,4
53,7	51-54	0,01111	0,158114	4645,7266	10750,9	2986,353	559,151	10	1,0	0,864	0,0257454	0,0237513	-7,7
52,0	51-54	0,01111	0,201517	3775,8340	16036,4	4454,559	627,062	10	1,0	0,864	0,0244617	0,0241414	-1,3
52,6	51-54	0,01111	0,188025	4162,2703	16494,1	4581,700	616,367	10	1,0	0,864	0,0239101	0,0240114	0,4
53,1	51-54	0,01111	0,173640	4510,0786	16505,0	4584,724	622,661	10	1,0	0,864	0,0240214	0,0238813	-0,6
53,7	51-54	0,01111	0,158114	4829,2797	16092,9	4470,255	645,478	10	1,0	0,864	0,0247669	0,0237513	-4,1
52,0	51-54	0,01111	0,188025	4017,3023	15919,6	4422,124	631,661	10	1,0	0,864	0,0247729	0,0240114	-3,1
52,6	51-54	0,01111	0,173640	4428,4516	16206,3	4501,746	627,314	10	1,0	0,864	0,0244642	0,0238813	-2,4
53,7	51-54	0,01111	0,158114	5138,1170	17122,1	4756,133	606,680	10	1,0	0,864	0,0232782	0,0237513	2,0
52,0	51-54	0,01111	0,188025	4017,3023	15919,6	4422,124	631,661	10	1,0	0,864	0,0247729	0,0240114	-3,1
52,0	51-54	0,01111	0,183813	4233,4694	16400,4	4555,672	613,145	10	1,0	0,864	0,0240851	0,0239724	-0,5
52,6	51-54	0,01111	0,167584	4666,7422	16482,7	4578,521	616,795	10	1,0	0,864	0,0241049	0,0238293	-1,1
53,1	51-54	0,01111	0,158114	5056,7052	16850,8	4680,773	609,884	10	1,0	0,864	0,0236530	0,0237513	0,4
53,7	51-54	0,01111	0,141069	5414,5940	16098,3	4471,753	645,262	10	1,0	0,864	0,0248889	0,0236213	-5,1
52,0	51-54	0,01111	0,188025	4297,8197	23181,5	6439,293	688,839	10	1,0	0,864	0,0231560	0,0240114	3,7
52,6	51-54	0,01111	0,173640	4737,6785	23598,8	6555,234	684,097	10	1,0	0,864	0,0228674	0,0238813	4,4
53,1	51-54	0,01111	0,158114	5133,5691	23284,4	6467,895	700,878	10	1,0	0,864	0,0232988	0,0237513	1,9
53,7	51-54	0,01111	0,141069	5496,8978	22244,7	6179,071	741,534	10	1,0	0,864	0,0245162	0,0236213	-3,7
52,0	51-54	0,01111	0,173640	4572,6696	22776,9	6326,922	701,073	10	1,0	0,864	0,0236926	0,0238813	0,8
52,6	51-54	0,01111	0,158114	5040,6577	22863,0	6350,834	706,115	10	1,0	0,864	0,0237283	0,0237513	0,1
53,1	51-54	0,01111	0,149813	5461,8659	23472,9	6520,241	695,251	10	1,0	0,864	0,0231726	0,0236863	2,2
53,7	51-54	0,01111	0,141069	5848,4299	23667,2	6574,229	696,962	10	1,0	0,864	0,0230426	0,0236213	2,5
52,0	51-54	0,01111	0,158114	4818,7204	21856,4	6071,210	730,601	10	1,0	0,864	0,0248212	0,0237513	-4,3
52,6	51-54	0,01111	0,158114	5311,8905	24093,2	6692,566	670,060	10	1,0	0,864	0,0225167	0,0237513	5,5
53,1	51-54	0,01111	0,141069	5755,7635	23292,2	6470,062	700,643	10	1,0	0,864	0,0234136	0,0236213	0,9
53,7	51-54	0,01111	0,121867	6163,1281	21545,8	5984,939	765,587	10	1,0	0,864	0,0254440	0,0234913	-7,7





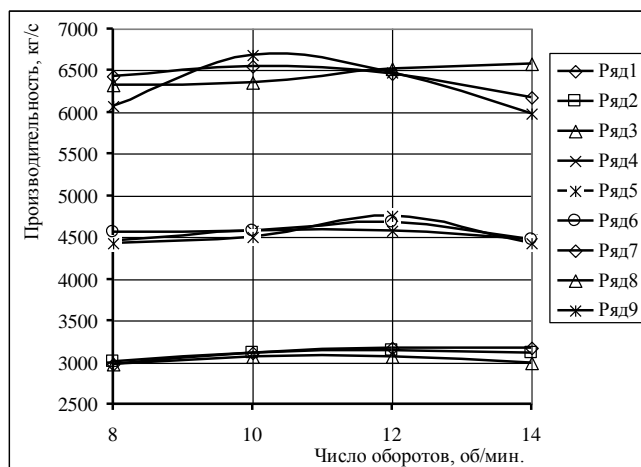
Ряд 1–1м/5м; Ряд 2–1м/6м; Ряд 3–1м/7м.; Ряд 4–1,2м/6,0м; Ряд 5–1,2м/7,2м;  
 Ряд 6–1,2м/8,4м; Ряд 7–1,4м/7,0м; Ряд 8–1,4м/8,4м; Ряд 9–1,4м/9,8м.

Рис. 1. Исследование зависимости производительности сушильного барабана ( $G$ ) от числа оборотов барабана ( $n$ ) и от отношения длины барабана к диаметру барабана  $L/D=5,6,7$  при  $\alpha = -1,5^\circ$ .



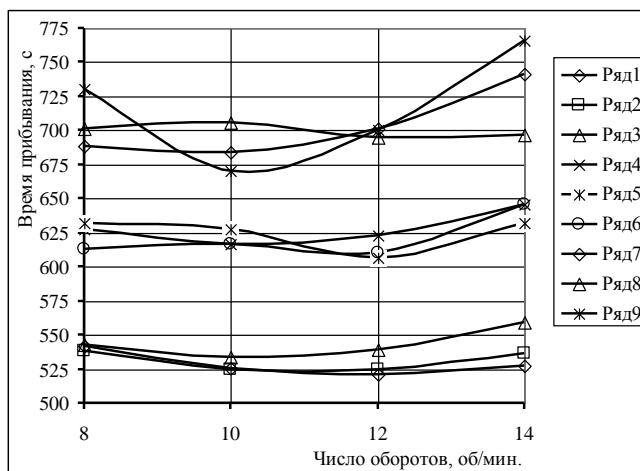
Ряд 1–1м/5м; Ряд 2–1м/6м; Ряд 3–1м/7м.  
 Ряд 4–1,2м/6,0м; Ряд 5–1,2м/7,2м; Ряд 6–1,2м/8,4м.  
 Ряд 7–1,4м/7,0м; Ряд 8–1,4м/8,4м; Ряд 9–1,4м/9,8м.

Рис. 2. Исследование зависимости времени пребывания материала ( $\tau$ ) от числа оборотов барабана ( $n$ ) и от отношения длины барабана к диаметру барабана  $L/D=5,6,7$  при  $\alpha = -1,5^\circ$ .



Ряд 1–1м/5м; Ряд 2–1м/6м; Ряд 3–1м/7м.  
Ряд 4–1,2м/6,0м; Ряд 5–1,2м/7,2м; Ряд 6–1,2м/8,4м.  
Ряд 7–1,4м/7,0м; Ряд 8–1,4м/8,4м; Ряд 9–1,4м/9,8м.

Рис. 3. Исследование зависимости производительности сушильного барабана ( $G$ ) от числа оборотов барабана ( $n$ ) и от отношения длины барабана к диаметру барабана  $L/D=5,6,7$  при  $\alpha = -1,0^\circ$ .



Ряд 1–1м/5м; Ряд 2–1м/6м; Ряд 3–1м/7м.  
Ряд 4–1,2м/6,0м; Ряд 5–1,2м/7,2м; Ряд 6–1,2м/8,4м.  
Ряд 7–1,4м/7,0м; Ряд 8–1,4м/8,4м; Ряд 9–1,4м/9,8м.

Рис. 4. Исследование зависимости времени пребывания материала ( $\tau$ ) от числа оборотов барабана ( $n$ ) и от отношения длины барабана к диаметру барабана  $L/D=5,6,7$  при  $\alpha = -1,0^\circ$ .

Из анализа рисунков 1-4 видно, что при  $n = 8$  и  $14$  об/мин производительность сушки относительно мала. Рациональная производительность сушки и время пребывания высушиваемого материала в барабане, обеспечивается при частоте вращения барабана  $n = 10$  и  $12$  об/мин, и отношении длины барабана к диаметру  $L_6/D_6 = 7,2/1,2 = 6$ .

В результате математической обработки процесса сушки кормовых обесфторенных фосфатов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки определены рациональные конструктивные параметры барабана  $L = 7,2$  м и  $D = 1,2$  м.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плановский, А.Н. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности [Текст] / А.Н. Плановский, В.И. Муштаев, В.М. Ульянов. – М.: Химия, 1979. – 288 с.
2. Лебедев, П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок [Текст] / П.Д. Лебедев. – М-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1963. – 320 с.
3. Постоянный технологический регламент производства трикальцийфосфата кормового в цехе КОФ. Срок действия 2008-2013 г. – Тараз, 2009.
4. Байтуреев, А.М. Предварительный патент Республики Казахстан №9653. Способ сушки сыпучих и зернистых материалов [Текст] / А.М. Байтуреев, М.К. Куатбеков, К.К. Сансызбаев; опубл. 15.11.2000; Бюл. № 11.
5. Байтуреев, А.М. Оптимизация технологических параметров процесса сушки галита в барабанном сушильном агрегате [Текст] / Е.К. Акынбеков // Вестник ТарГУ им. М.Х. Дулати «Природопользование и проблемы антропосферы». Сер.: Процессы и аппараты химических технологий. – 2008. – №2. – С.131-140.
6. Инновационный патент РК №27779. Способ сушки сыпучих и зернистых материалов [Текст] / А.М. Байтуреев «Национальный институт интеллектуальной собственности» (НИИС). 18.12.2013, бюл. 12.
7. Инновационный патент РК №27780. Способ сушки сыпучих и зернистых материалов [Текст] / А.М. Байтуреев «Национальный институт интеллектуальной собственности» (НИИС). 18.12.2013, бюл. 12.

Материал поступил в редакцию 02.12.2019.

**А.М. Байтуреев, А.Т. Оңлабекова, Н.П. Чернявская,  
Г.Б. Демеуова, Н.А. Кембаев**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

**ТЕРМОӨНДЕУДІҢ АРАЛАС РЕЖИМІ БАР КЕПТІРГІШ  
БАРАБАННЫҢ КОНСТРУКТИВТІК ПАРАМЕТРЛЕРІН  
АНЫҚТАУДЫҢ ОҢТАЙЛАНДЫРЫЛҒАН МІНДЕТІ**

Үшкальцийфосфатты, термоөндеу режимі аралас барабанды кептіргіш агрегатта кептіру процесінде алынған мәліметтерді математикалық өндеу нәтижесінде барабанның тиімді құрылымдау параметрлері анықталған ( $L=7,2$  м және  $D=1,2$  м).

**Тірек сөздер:** барабан диаметрі, барабан ұзындығы, барабанды кептіргіш.

**A.M. Baitureev, A.T. Onlabekova, N.P. Chernyavskaya,  
G.B. Demeuova, N.A. Kembaev**

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

### **OPTIMIZATION PROBLEM OF DETERMINATION OF CONSTRUCTION PARAMETERS OF DRYING DRUM WITH MIXED HEAT PROCESSING MODE**

As a result of mathematical processing of the drying process of feed defluorinated phosphates in a drum drying unit with a mixed heat treatment mode, rational design parameters of the drum  $L = 7.2$  m and  $D = 1.2$  m were determined.

**Key words:** drum diameter, drum length, drum dryer.

УДК 66.047.57

**А.М. Байтуреев<sup>1</sup>, А.Т. Онлабекова<sup>2</sup>, Г.Б. Демеуова<sup>2</sup>,  
Н.А. Кембаев<sup>3</sup>, Е.А. Кәрім<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Д-р PhD, <sup>3</sup>Ст. преподаватель  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>bam150348@mail.ru*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА СУШИЛЬНОГО БАРАБАНА СО СМЕШАННЫМ РЕЖИМОМ ТЕРМООБРАБОТКИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СУШКИ**

В результате математической обработки полученных данных процесса сушки кормовых обесфторенных фосфатов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки в зависимости от фракционного состава материала при  $t_{вх}=225^{\circ}\text{C}$ ,  $n=10$  об/мин,  $L/D=7,2/1,2$  установлено, что оптимальные значения технологических параметров обеспечиваются при угле наклона барабана в сторону загрузки  $\alpha = -1^{\circ}$ .

**Ключевые слова:** угол наклона, фракционный состав, производительность, коэффициент заполнения, время пребывания, температура на выходе.

В настоящее время для сушки дисперсных материалов в химической, пищевой и других отраслях промышленности используются сушильные аппараты различных типов, но наиболее широкое применение получили барабанные сушилки.

В результате математической обработки процесса сушки кормовых обесфторенных фосфатов в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки определены рациональные конструктивные параметры барабана  $L=7,2$  м и  $D= 1,2$  м.

Известны способы сушки дисперсных материалов в барабанных сушилках, устанавливаемых под углом горизонтальной оси, равным  $2-3^\circ$ , причем наклон барабана выполнен в сторону выгрузки, а коэффициент заполнения барабана находится в пределах  $18-25\%$  [1]. Недостатком указанного способа является относительно низкая эффективность сушки и, соответственно, производительность по сухому продукту, поскольку происходит унос материала из барабана вследствие относительно малого коэффициента заполнения барабана.

Эффективность барабанных сушильных установок во многом определяется интенсивностью тепло- и массообмена между сушильным агентом и высушиваемым материалом, а это, в свою очередь, зависит от условий обдува теплоносителем отдельно взятой частицы.

При установке сушильного барабана в сторону загрузки и подачи агента сушки, частица материала при падении подвергается прямоходу, а при скатывании в сторону загрузки – противоток. Следовательно, происходит прямоточно-противоточный режим сушки, т.е. смешанный режим термообработки [2,3].

Одним из путей интенсификации тепло массообменного процесса в барабанных агрегатах является увеличение контакта между теплоносителем и частицей. Наиболее эффективным в этом отношении являются сушильные барабаны со смешанным режимом термообработки, т.е. когда барабан устанавливается с наклоном в сторону загрузки материала и подачи сушильного агента [2,3].

С целью интенсификации процесса сушки сыпучих и зернистых материалов в барабанных сушилках со смешанным режимом термообработки были разработаны устройства и способы сушки, на которые получены предварительные и инновационные патенты [2-6].

Рассмотрев задачу оптимального управления процессом сушки в барабанном агрегате на примере кинетического уравнения для сушки измельченных материалов в барабанной сушилке с отрицательным углом наклона согласно уравнений (1)-(4) [1], разработана укрупненная блок-схема алгоритма [7,8] расчета производительности сушильного барабана и обработки экспериментальных данных.

$$G = MP(\rho_c \vartheta_c) D^2 t_{ex}^{0,425}, \quad (1)$$

где:

$$M = \frac{1360 \varphi^{0,39} l^{0,39} K^{0,34} \left(\frac{n^2}{1800}\right)^a D^{a_1} \sin \beta^{b_1}}{A^{0,34} d^{0,526} (\rho_c \vartheta_c)^{0,136}}; \quad (2)$$

$$K^{0,34} = \left[ \frac{W_K}{W_H \cdot (W_H - W_K)} \right]^{0,34}; \quad (3)$$

$$P = \sqrt{\frac{t_{вых} - 30}{t_{ex} - t_{вых} + 10}}; \quad (4)$$

$t_{вх}$  – температура агента сушки на входе в барабан, °C;  $t_{вых}$  – температура агента сушки на выходе из барабана, °C;  $\rho_c \mathcal{G}_c$  – массовая скорость сухого агента сушки по барабану, кг/(м<sup>2</sup>·с);  $\rho_c$  – плотность газа (воздуха), кг/м<sup>3</sup>;  $\mathcal{G}_c$  – скорость агента сушки, м/с;  $D$  – диаметр барабана, м;  $\varphi$  – коэффициент заполнения барабана, %;  $A$ ,  $K^{0,34}$ ,  $\Pi$  – коэффициенты;  $L$  – длина барабана, м;  $W_n$  и  $W_k$  – начальная и конечная влажность материала, %;  $n$  – частота вращения барабана, об/мин;  $\alpha$  – угол наклона барабана, град;  $d$  – средний эквивалентный диаметр частицы, мм; значения коэффициента  $A$  в зависимости от угла наклона барабана, берется из таблиц, приведенных в [9].

Обработку результатов экспериментальных данных проводим с помощью персонального компьютера (ПК) согласно разработанной укрупненной блок-схемы алгоритма [9,10] расчета производительности сушильного барабана.

Одним из факторов, влияющих на производительность и другие показатели сушилки является контакт газовой фазы с высушиваемым материалом (частицей). Поэтому были проведены исследования по выявлению зависимости влияния фракционного состава кормовых обесфторенных фосфатов на технологические параметры процесса сушки в сушильном барабане со смешанным режимом термообработки согласно уравнения (5) [11]

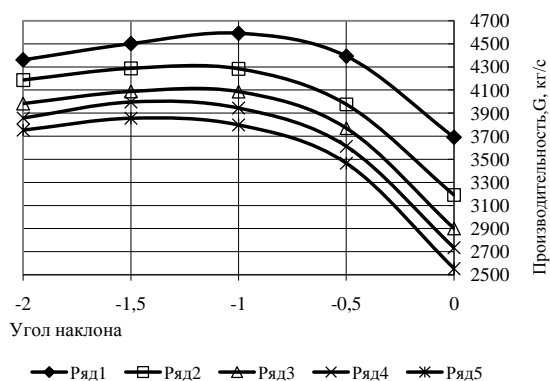
$$G = \frac{1360\varphi^{0,34} L_a^{0,34} \left( \frac{W\hat{e}}{W\bar{i} \cdot (W\bar{i} - W\hat{e})} \right) \left( \frac{n^2}{1800} \right)^{0,21} D_a^2 (\sin \alpha)^{0,4}}{A^{0,34} d^{0,526} (\rho_{\bar{n}} \mathcal{G}_{\bar{n}})^{0,139}} \times \sqrt{\frac{t_{\text{вых}} - 30}{t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}} + 10}} (\rho_c \mathcal{G}_c) D_0^2 \cdot t_{\text{вх}}^{0,426}} \quad (5)$$

Исследования проводились при следующих исходных данных: при  $t_{вх} = 225^\circ\text{C}$ ;  $n = 10$  об/мин;  $L_0/D_0 = 7,2/1,2 = 6$ . Угол наклона барабана в сторону загрузки материала брали в пределах  $\alpha = 0^\circ$   $\alpha = -2^\circ$  с интервалом  $0,5^\circ$ .

При математической обработке были исследованы влияние угла наклона барабана в зависимости от фракционного состава материала на следующие технологические параметры: производительность сушилки, коэффициент заполнения барабана, время пребывания, температура сушильного агента на выходе из барабана, коэффициент- $\Pi$ , коэффициент- $M$ .

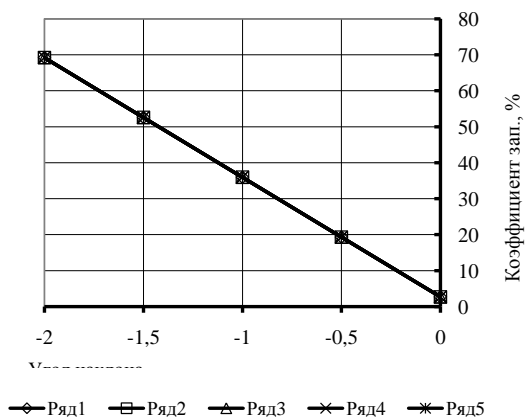
Зависимости технологических параметров процесса сушки кормовых обесфторенных фосфатов от угла наклона барабана приведены на рисунках 1-6.





Ряд 1 – при  $d_p=0,002$  м; Ряд 2 – при  $d_p=0,004$  м; Ряд 3 – при  $d_p=0,006$  м;  
 Ряд 4 – при  $d_p=0,008$  м; Ряд 5 – при  $d_p=0,001$  м.

Рис. 1. Исследование зависимости угла наклона барабана на производительность сушилки в зависимости от фракционного состава материала

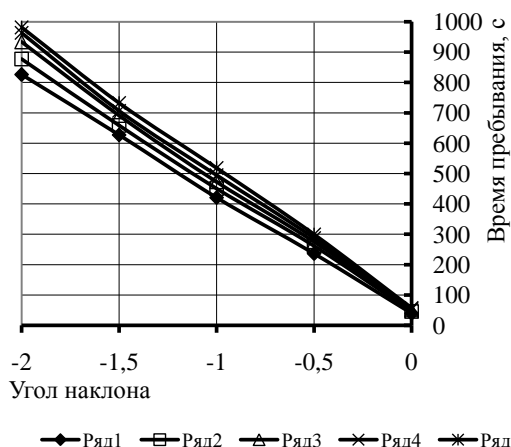


Ряд 1 – при  $d_p=0,002$  м; Ряд 2 – при  $d_p=0,004$  м; Ряд 3 – при  $d_p=0,006$  м;  
 Ряд 4 – при  $d_p=0,008$  м; Ряд 5 – при  $d_p=0,001$  м.

Рис. 2. Исследование зависимости угла наклона барабана на коэффициент заполнения барабана в зависимости от фракционного состава материала

Из анализа рисунка 1 видно, что с увеличением отрицательного угла наклона производительность сушилки растет, и достигнув максимума при  $\alpha = -1^\circ$ , далее идет на уменьшение. Следовательно, рациональный коэффициент заполнения барабана обеспечивается при  $\alpha = -1^\circ$  (см.рис. 2), что соответствует коэффициенту заполнения  $\varphi = 46,6\%$ .

Из анализа рисунка 2 видно, независимо от фракционного состава частиц высушиваемого материала коэффициенты заполнения барабана равны.

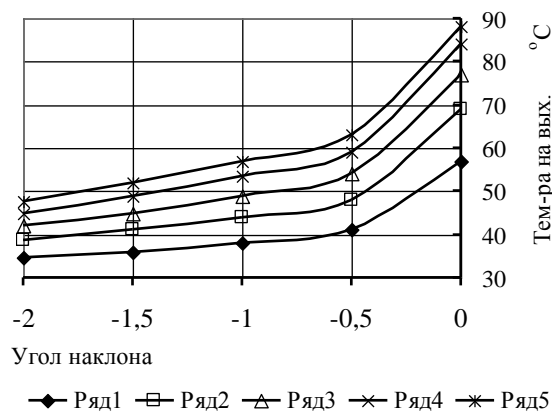


Ряд 1 – при  $d_c=0,002$  м; Ряд 2 – при  $d_c=0,004$  м; Ряд 3 – при  $d_c=0,006$  м;  
Ряд 4 – при  $d_c=0,008$  м; Ряд 5 – при  $d_c=0,001$  м.

Рис. 3. Исследование зависимости угла наклона барабана на время пребывания материала в барабане в зависимости от фракционного состава

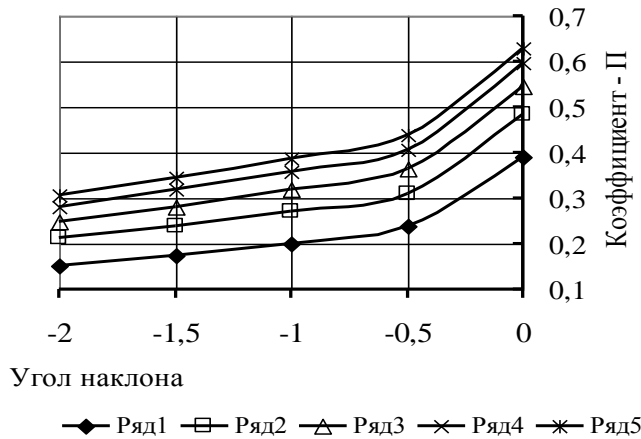
Из рисунка 3 следует, что с увеличением отрицательного угла наклона барабана время пребывания возрастает.

На рисунке 4 показано, что при температуре сушильного агента на входе в барабан  $t_{вх} = 225^\circ\text{C}$  температура сушильного агента на выходе из барабана с увеличением отрицательного угла наклона барабана уменьшается, а при  $\alpha = -1^\circ$  в зависимости от фракционного состава материала температура газа на выходе из сушилки колеблется в пределах  $t_{вых} = 38-56^\circ\text{C}$ .



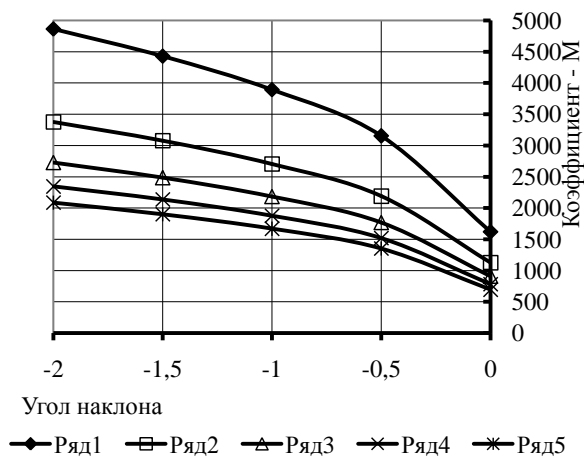
Ряд 1 – при  $d_c=0,002$  м; Ряд 2 – при  $d_c=0,004$  м; Ряд 3 – при  $d_c=0,006$  м;  
Ряд 4 – при  $d_c=0,008$  м; Ряд 5 – при  $d_c=0,001$  м

Рис. 4. Исследование зависимости угла наклона барабана на температуру газа на выходе из барабана в зависимости от фракционного состава материала



Ряд 1 – при  $d_q=0,002$  м; Ряд 2 – при  $d_q=0,004$  м; Ряд 3– при  $d_q=0,006$  м;  
 Ряд 4 – при  $d_q=0,008$  м; Ряд 5 – при  $d_q=0,001$  м

Рис. 5. Исследование зависимости угла наклона барабана на коэффициент-П в зависимости от фракционного состава материала



Ряд 1 – при  $d_q=0,002$  м; Ряд 2 – при  $d_q=0,004$  м; Ряд 3– при  $d_q=0,006$  м;  
 Ряд 4 – при  $d_q=0,008$  м; Ряд 5 – при  $d_q=0,001$  м.

Рис. 6. Исследование зависимости угла наклона барабана на коэффициент-М в зависимости от фракционного состава материала

Из рисунков 5 и 6 видно, что с увеличением отрицательного угла наклона барабана коэффициент-П уменьшается, а коэффициент-М – возрастает.

В результате математической обработки полученных данных процесса сушки кормовых обесфторенных фосфатов в барабанном агрегате со смешанным режимом термообработки в зависимости от фракционного состава материала при  $t_{вх}=225^{\circ}\text{C}$ ,  $n=10$  об/мин,  $L/D=7,2/1,2$  установлено, что оптимальные значения технологических параметров обеспечиваются при угле наклона барабана в сторону загрузки  $\alpha = -1^{\circ}$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стерлин, Д.М. Сушка в производстве фанеры и древесностружечных плит [Текст] / Д.М.Стерлин. – М.: Лесная промышленность, 1977. - 383 с.
2. Инновационный патент РК №27779. Способ сушки сыпучих и зернистых материалов [Текст] / А.М. Байтуреев «Национальный институт интеллектуальной собственности» (НИИС). 18.12.2013, бюл. 12.
3. Инновационный патент РК №27780. Способ сушки сыпучих и зернистых материалов [Текст] / А.М. Байтуреев «Национальный институт интеллектуальной собственности» (НИИС). 18.12.2013, бюл. 12.
4. Предварительный патент №9653. Способ сушки поваренной соли. [Текст] / Байтуреев А.М. [и др.]. 15.11.2000. Бюл. № 11.
5. Предварительный патент №9654. Способ сушки поваренной соли. [Текст] / А.М. Байтуреев [и др.]. 15.11.2000. Бюл. № 11.
6. Предварительный патент №10008. Способ сушки сыпучих и зернистых материалов [Текст] / А.М. Байтуреев [и др.]. 15.03.2001. Бюл. № 3.
7. Информатика. Базовый курс [Текст]. – СПб.: Питер, 1999. – 640 с.
8. Додж, Н.Т. Эффективная работа с Excel 97 [Текст] / Н.Т. Додж, К. Кината, К. Стинсон, С.В. Симанович [и др.]. – С.-Пб.: Питер, 1998. – 1072 с.
9. Гинсбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов [Текст] / А.С. Гинсбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.
10. Байтуреев, А.М. Разработка и создание высокопроизводительного и транспортабельного сушильно-охладительного агрегата [Текст] / А.М. Байтуреев // Механика и моделирование процессов технологий. – 2008. - №1. – С.28-33.
11. Байтуреев, А.М. Оптимизация технологических параметров процесса сушки галита в барабанном сушильном агрегате [Текст] / А.М. Байтуреев, Е.К. Акынбеков // Вестник ТарГУ. Сер. «Процессы и аппараты химических технологий». – 2008. - №2. – С.131-140.

*Материал поступил в редакцию 02.12.2019.*

**А.М. Байтуреев, А.Т. Оңлабекова, Г.Б. Демеуова, Н.А. Кембаев, Е.А. Кәрім**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

**КӨЛБЕУ БҰРЫШЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУДЕ АРАЛАС КЕПТІРГІШ  
БАРАБАНЫ КЕПТІРУ ПРОЦЕСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ  
ПАРАМЕТРЛЕРІНЕ ТЕРМОӨНДЕУ РЕЖИМІ**

Үшкальцийфосфатты фракционды құрамына байланысты, термоөндеу режимі аралас барабанды кептіргіш агрегатта  $t_{\text{кп}}=225^{\circ}\text{C}$ ,  $n=10$  айн/мин,  $L/D=7,2/1,2$  кептіру процесі кезінде алынған мәліметтерді математикалық өндеу нәтижесінде технологиялық параметрлердің оңтайлы мәндері, барабанның еңкіштік бұрышы тиеу жағына қарай  $\alpha=-1^{\circ}$ -та қамтамасыз етілетіні анықталды.

**Тірек сөздер:** көлбеу бұрышы, фракциялық құрамы, өнімділігі, толтыру коэффициенті, келу уақыты, шығу температурасы.

---

**A.M. Baitureev, A.T. Onlabekova, G.B. Demeuova, N.A. Kembraev, E.A. Karim**

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

**STUDY OF THE INFLUENCE OF THE ANGLE OF INCLINATION  
DRYING DRUM WITH MIXED MODE OF HEAT TREATMENT ON THE  
TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE DRYING PROCESS**

As a result of mathematical processing of the data obtained from the drying threecalciumphosphate in drum unit with mixed regime thermo processing depending on fractional composition of the material under  $t=225^{\circ}\text{C}$ ;  $n=10$  circ/min;  $L/D=7,2/1,2$  is installed that best values technological parameter are provided under slopping corner of the drum to aside loading  $\alpha = -1^{\circ}$ .

**Keywords:** angle of inclination, fractional composition, performance, fill factor, residence time, outlet temperature.

---

## Технологии продовольственных продуктов

---

UDC 664.642.2

**T. Samuylenko**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,  
Head of the Postgraduate Course,  
Mogilev State University of Food Technologies, Mogilev, Republic of Belarus  
E-mail: TataSam@tut.by*

### **MICROORGANISMS AND THEIR CONSORTIUMS USED IN THE TECHNOLOGY OF NATIONAL TYPES OF BREAD FROM RYE FLOUR**

The analysis of microorganisms and their consortiums, which are used in the preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour, was carried out. It was found that 2 types of lactic acid bacteriums and 1 type of yeast cells are involved in the formation of biotechnological properties of liquid acid-forming ferments from rye flour for the production of national types of bread. A new previously unused consortium of microorganisms was considered. The choice of a new consortium was based on the possibility of implementing the technological cycle of preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour in one stage.

**Keywords:** microorganisms, lactic acid bacteriums, bifidobacteriums, liquid acid-forming ferments, national types of bread

**Introduction.** In the Republic of Belarus bakery enterprises use the following microorganisms in liquid acid-forming ferments from rye flour:

- 4 types of lactic acid bacteriums and 1 type of yeast cells are involved in the formation of biotechnological properties of liquid acid-forming ferments from rye flour for the production of mass types of bread;

- 2 types of lactic acid bacteriums and 1 type of yeast cells are involved in the formation of biotechnological properties of liquid acid-forming ferments from rye flour for the production of national types of bread.

These microorganisms require cultivation in liquid acid-forming ferments from rye flour only in a continuous mode. In addition, they require several stages of the technological cycle, which occur both sequentially and in parallel. Such cultivation of microorganisms is possible only with the round-the-clock operation of bakery enterprises with a constant productivity of bread.

In the modern discrete mode of bread production, such cultivation of these microorganisms in liquid acid-forming ferments from rye flour is not possible and leads to disruption of their life and death. This situation is unacceptable in the bakery industry, as its consequences are costly [1-3].

The use of new consortiums of microorganisms in the preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour is a solution to the existing problem. The use of new consortiums of microorganisms will have the following advantages:

- reduction of the number of stages of the technological cycle of preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour;
- reducing the temperature of the stages of the technological cycle of preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour;
- the possibility of preserving liquid acid-forming ferments from rye flour for a different period of time;
- ensuring the preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour in one stage.

This innovative direction in the technology of liquid acid-forming ferments from rye flour will allow their preparation in a discrete mode of bread production, reduce the cost of material, energy and labor resources.

Analysis of the properties of microorganisms cultivated in liquid acid-forming ferments from rye flour, which are used for the production of national types of bread, is the purpose of research. The analysis will make it possible to choose new consortiums of microorganisms and apply them in the baking industry. This will ensure stable biotechnological properties of liquid acid-forming ferments from rye flour and consumer properties of bread at the present stage of development of the baking industry.

**Materials and Methods.** The research was conducted in the laboratories of the Department of technology of bread products of the Mogilev State University of Food Technologies, of the Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus. Experiments were repeated 3-5 times. The results were processed by statistical methods with the probability of 0,95. Error experience of 5,0%. The arithmetic mean values of the obtained values are presented in the tables.

The following raw materials have been used in research: a sample of the already used consortium of dried lactic acid bacteria; production of liquid acid-forming ferments from rye flour with a sample of the already used consortium, which are used for the production of national types of bread; a sample of the new consortium of dried lactic acid bacteria and bifidobacteria as new microorganisms in liquid acid-forming ferments from rye flour.

The total amount of microorganisms in the sample of the already used consortium of dried lactic acid bacteria, the sample of the production liquid acid-forming ferments from rye flour and the sample of the new consortium of dried lactic acid bacteria and bifidobacteria was established by the method of Burgvits [4-6]. The method is based on the production of colored systems from samples of microorganisms and the count of these microorganisms in the systems with the use of a microscope. Morphological features of microorganisms were established in parallel when counting microorganisms.

The contaminant microorganisms in the sample of the already used consortium of dried lactic acid bacteria, the sample of the new consortium of dried lactic acid bacteria and bifidobacteria were established by the methods of sowing the sample on various nutrient substrates and counting the grown colonies after cultivation [6].

**Results and Discussion.** National types of bread produced in bread-baking enterprises of the Republic of Belarus, are in high demand among the population of our country and abroad due to their high consumer properties. This allows bakers to export fresh and frozen national types of bread to Russian Federation, Ukraine, the countries of European Union, United States of America and other countries, which provides foreign exchange earnings to the country's economy.

National types of bread are prepared only with the use of liquid acid-forming ferments from rye flour, in which the following microorganisms are cultivated at different stages of the technological cycle:

- in the first stage, lactic acid bacteriums *Lactobacillus delbrueckii* (strain 76);

- in the second stage, together lactic acid bacteriums *Lactobacillus plantarum* (strain I-35) and yeast cells *Saccharomyces cerevisiae* race «Ivanovskaja».

These lactic acid bacteriums belong to the family Lactobacillaceae, genus *Lactobacillus* according to the classification proposed by M. Rogosa and M. E. Sharpe (1959 - 1960). Lactic acid bacteriums *Lactobacillus delbrueckii* (strain 76) are homofermentative lactic acid bacteriums to the subgroup of *Thermobacterium*. They have an optimal temperature for development within 40°C – 60°C. They produce in the fermentation process:

- lactic acid in the amount of 85,0 % – 90,0 % of the total acidity;
- volatile acids in the amount of 5,0 % – 10,0 % of the total acidity;
- dicarboxylic and tricarboxylic acids in the amount of 4,0 % – 5,0 % of the total acidity;

- volatile carbonyl compounds in the amount of 4,0 mg – 5,0 mg per 100 ml of wort in conversion of acetaldehyde [6].

Lactic acid bacteriums *Lactobacillus plantarum* (strain I-35) also refer to homofermentative lactic acid bacteriums, but belong to the subgroup *Streptobacterium*. They develop at a temperature of 25 °C – 37 °C. They produce mainly lactic acid.

The use of lactic acid bacteriums provides the required biotechnological properties of liquid acid-forming ferments from rye flour, which allow to prepare national types of bread, and also provide its high consumer properties, in particular taste and aroma.

*Saccharomyces cerevisiae* yeast cells race «Ivanovskaja» belong to the family Saccharomycetaceae. They have an optimal temperature for the development of 30°C. They produce mainly carbon dioxide, ethyl alcohol, other substances (aldehydes, alcohols, organic acids, flavoring compounds and aromatic compounds) in the fermentation process. Previously, the use of yeast cells in liquid acid-forming ferments from rye flour contributed to the subsequent loosening of the dough. Currently, it is not effective in the preparation of national types of bread. This is due to the use of a significant amount of additional raw materials in the bread, which leads to a logical increase in the amount of yeast bakery used in kneading dough (up to 2,0 % by weight of flour according to a unified recipe). This situation allows us to consider the possibility of excluding yeast cells from the composition of new consortia of microorganisms for liquid acid-forming ferments from rye flour [1, 6].

Obtaining different products of the metabolism of lactic acid bacteriums and yeast cells depends not only on the type and strain of the microorganism, but also on the characteristics of their morphological characteristics, the chemical composition of flour nutrient substrates and the conditions of life of microorganisms (tables 1-3) [6].

The analyzed lactic acid bacteriums are straight bacillus of different sizes with rounded ends, the yeast cells are predominantly round (table 1). Their location and size may vary and does not have a clear pattern depending on the group, species, race and strain. The considered lactic acid bacteriums have similar morphological characteristics. Lactic acid bacteriums and yeast cells use



monosaccharides and disaccharides as their main source of nutrition (tables 2-3). Cultivated microorganisms are demanding to flour nutrient substrates, which must contain such growth factors as vitamins and nitrogenous compounds. Lactic acid bacteriums *Lactobacillus delbrueckii* (strain 76) and *Lactobacillus plantarum* (strain I-35) produce mainly lactic acid. This proves a high fermentation coefficient, which is the ratio of lactic acid to acetic acid. This provides a pleasant sour taste and specific flavor characteristic of national types of bread. The analyzed lactic acid bacteriums produce one or two optical isomers of lactic acid (D and L) during their life activity.

Table 1

Morphological features of microorganisms

Microorganisms	Morphology
Lactic acid bacteriums <i>Lactobacillus delbrueckii</i> (strain 76)	Large sticks with size (5,0 – 9,0) x (0,5 – 0,8) $\mu\text{m}$ , arranged singly or in two
Lactic acid bacteriums <i>Lactobacillus plantarum</i> (strain I-35)	Thin sticks with size (4,0 – 6,0) x 0,5 $\mu\text{m}$ , arranged singly, rarely two
Yeast cells <i>Saccharomyces cerevisiae</i> race «Ivanovskaja»	Fixed, large, oval, round or slightly elongated cells with size (10,0 – 14,0) x (5,0 – 6,0) $\mu\text{m}$

Table 2

Characteristics of nutrients and growth factors of microorganisms

Microorganisms	The main fermentable carbohydrates									Growth factor					
	galactose	lactose	glucose	sucrose	maltose	dextrin	arabinose	xvlose	raffinose	vitamin B <sub>1</sub>	vitamin B <sub>2</sub>	vitamin B <sub>6</sub>	vitamin B <sub>9</sub>	vitamin B <sub>12</sub>	nitrogen compounds
Lactic acid bacteriums <i>Lactobacillus delbrueckii</i> (strain 76)	±	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
Lactic acid bacteriums <i>Lactobacillus plantarum</i> (strain I-35)	+	+	+	+	+	-	±	±	+	-	+	-	-	-	+
Yeast cells <i>Saccharomyces cerevisiae</i> race «Ivanovskaja»	+	-	+	+	+	±	-	-	±	+	+	+	+	+	+

Note: +- there is growth; ± - mainly growth is observed; -- no growth

Table 3

Conditions of vital activity and products of metabolism of microorganisms

Micro-organisms	Growth at temperatures, °C			Growth in medium with 0.4 % tipula	Amount of lactic acid formed in milk, %	Type of lactic acid formed	Titratable acidity in two-day microorganisms, degrees	Amount of volatile acids, % of titratable acidity	Fermentation coefficient (ratio of lactic acid to acetic acid)	Fermentation activity, min
	minimum	optimal	maximum							
	Lactic acid bacteriums Lactobacillus delbrueckii (strain 76)	no updated information	45 – 50							
Lactic acid bacteriums Lactobacillus plantarum (strain I–35)	15	33 – 35	38	+	0,3–1,2	DL	9,2	9,8	9,40	not defined
Yeast cells Saccharomyces cerevisiae race «Ivanovskaja»	2 – 3	25 – 30	35 – 37	not defined	not defined	not defined	not defined	not defined	not defined	17 – 19

Note: + – there is growth; – – no growth

The use of these microorganisms in the preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour requires mandatory continuity and multistage technological cycle. Each stage of the technological cycle has its own parameters (temperature, duration, amount of flour nutrient substrate). There are additional stages. They are associated with the preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour. This preparation will provide the possibility of using liquid acid-forming ferments rye flour in the next stage of the process cycle. Additional stages may be associated with cooling, heating, making additional components. This is due to the previously presented properties of microorganisms. The technological cycle of preparation of national types of bread with the use of liquid acid-forming ferments from rye flour can be up to 24 hours.

The implementation of such a technological cycle using the presented microorganisms is possible only with the round-the-clock operation of bakery enterprises with a constant productive national types of bread. This will ensure stable biotechnological properties of liquid acid-forming ferments from rye flour and high consumer properties of bread.

The modern discrete mode of bread production requires changes in the technological parameters of preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour. This leads to a change in the size, shape and location of microorganisms, due to the variation of the chemical composition of flour nutrient substrates and conditions of microorganisms (variation in temperature and duration of cultivation, lack of nutrients and growth factors with varying amounts of flour nutrient substrate). In such a situation, the life cycle of microorganisms and their activity changes, the ratio of individual microorganisms in the consortium is violated, in some cases, the death of microorganisms occurs. Therefore, the necessary composition of the products of metabolism of microorganisms is not produced. Biotechnological properties of liquid acid-forming ferments from rye flour and consumer properties of bread with their use are destabilized. The elimination of the consequences is costly for bakery companies, as it is associated with the acquisition of microorganisms used only abroad.

The use of new local consortiums of microorganisms for liquid acid-forming ferments from rye flour, which are used for the production of national types of bread, is a solution to the current problem for the modern baking industry of the Republic of Belarus.

The choice of microorganisms for the consortium was based on their ability to have a high coefficient of fermentation, to produce flavoring, aromatic compounds, to prevent the development of contaminant microorganisms and mainly to develop at a temperature of 25 °C – 35 °C. In addition, microorganisms must be biologically compatible. This will ensure the formation of certain rheological properties of the dough, taste and aroma of bread, as well as allow to prepare liquid acid-forming ferments of rye flour at a temperature lower than in the classical technology of preparation of national types of bread [2].

It was suggested to use a consortium of lactic acid bacteria and bifidobacteria as such microorganisms. These microorganisms are biologically compatible. They develop in the human body in the gastrointestinal tract in a consortium in different proportions. This property is widely used in the dairy industry. There is experience of using lactic acid bacteria and bifidobacteria separately in the baking industry. Experience of their joint use is absent in the preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour for national types of bread.

The joint cultivation of lactic acid bacteria and bifidobacteria in the consortium will provide a set of essential substances in the life of these microorganisms. Lactic acid bacteria will be producers of lactic acid, and bifidobacteria will produce additional other acids, aromatic and flavoring substances, growth stimulants for lactic acid bacteria, as well as substances that inhibit the development of contaminant microorganisms. All these substances will contribute to the formation of high consumer properties of bread.

The selection of lactic acid bacteria was stopped on the already used *Lactobacillus plantarum*. They are specific for liquid acid-forming ferments from rye flour, have a high fermentation coefficient (table 3), and significantly reduce the amount of contaminants. In addition, these microorganisms are cultivated by the Institute of Microbiology of the National Academy of Sciences of Belarus and have low cost.

The choice of bifidobacteria was based on their properties. Currently, 5 types of bifidobacteria are used in the food industry of the Republic of Belarus: *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium adolescentis*,

*Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis*. All bifidobacteria produce organic acids in the process of life: acetic acid and lactic acid (in a ratio of 3 : 2), formic acid and succinic acid. Bifidobacteria form some essential amino acids from inorganic nitrogen compounds, synthesize some vitamins of group B, vitamin K. All these substances are growth promoters for *Lactobacillus plantarum*, which allows for the joint cultivation of these microorganisms in a consortium [7].

*Bifidobacterium adolescentis* was selected from the bifidobacteria presented above. It has a high biological activity, resistant to environmental conditions, has a stabilizing acid formation in the entire temperature range of cell development (minimum temperature – 20 °C, optimum temperature – 37 °C, maximum temperature – 48 °C). This species is cultivated in various nutrient substrates. Previously, this type was used in the dairy industry. Now there are theoretical information about the possibility of its use in the preparation of various fermented and unfermented products, including kvass, beer, juices, beverages, liquid acid-forming ferments. *Bifidobacterium adolescentis* is antagonist to contaminant microorganisms. *Bifidobacterium adolescentis* ferment glucose to form acetic acid and L+ lactic acid, does not form a gas. The pH reaches a value of 4,4 – 3,8. *Bifidobacterium adolescentis* ferment lactose, arabinose, xylose, cellobiose, inulin, melibiose, raffinose, do not ferment mannose, sorbitol, inositol. These bifidobacteria develop well in the presence of ascorbic acid, cysteine or thioglycolate. Microorganisms need a carbon source (various carbohydrates, bicarbonate or carbon dioxide) [8].

A sample of the new consortium of dried lactic acid bacteria and bifidobacteria was obtained to study the possibility of using these microorganisms in the preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour. The ratio between microorganisms was formed in such a way as to obtain a fermentation coefficient of 6,00 - 7,00. This value of this coefficient is typical for the already used consortiums of lactic acid bacteria in the preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour according to the traditional technology of production of bread from rye flour and a mixture of rye and wheat flour. The quality indicators of the new consortium sample, the sample of the already used consortium of dried lactic acid bacteria, the sample of liquid acid-forming ferments from rye flour on the basis of the already used consortium were determined (table 4).

The results of the studies in table 4 show that the amount of lactic acid bacteria in the sample of the new consortium of dried lactic acid bacteria and bifidobacteria is greater than their amount in the sample of the already used consortium of dried lactic acid bacteria and in the sample of liquid acid-forming ferment from rye flour (on average  $10^2$  -  $10^4$  times). Such the amount of microorganisms allows the use of the new consortium in the technology of liquid acid-forming ferments from rye flour and to consider the possibility of reducing the duration of preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour using a new consortium of microorganisms.

Table 4

## Quality indicators of samples containing microorganisms

Name of indicator	Characteristic of the indicator		
	for the sample of the already used consortium of dried lactic acid bacteria	for the sample of liquid acid-forming ferments on the basis of the already used consortium of dried lactic acid bacteria	for the sample of the new consortium of dried lactic acid bacteria and bifidobacteria
Appearance	dry porous mass of cream-colored	liquid brown mass	dry porous mass of cream-colored
Solubility	The sample is dissolved by adding to 1,0 g of the drug 5,0 ml of NaCl with a concentration of 0,9 %. The solubility time is 3 min. Homogeneous flour suspension of yellowish-beige color with white particles is formed when the sample is dissolved.	not defined	The sample is dissolved by adding to 1,0 g of the drug 5,0 ml of NaCl with a concentration of 0,9 %. The solubility time is 3 min. Homogeneous flour suspension of yellowish-beige color with white particles is formed when the sample is dissolved.
Amount of lactic acid bacteria Lactobacillus plantarum, CFU/g	$1,0 \times 10^7$	$1,5 \times 10^9$	$1,2 \times 10^{11}$
Amount bifidobacteria Bifidobacterium adolescentis, CFU/g	not defined	not defined	$0,51 \times 10^{11}$
Ratio of bifidobacteria to lactic acid bacteria	not defined	not defined	1:2,353
E. coli group bacteria in 1,0 g sample	absent	absent	absent
Staphylococcus aureus in 1,0 g sample	absent	absent	absent
Pathogenic microorganisms,	absent	absent	absent

including Salmonella in 10,0 g of the sample			
The presence of mold, yeast, in the amount of CFU/g	absent	absent	absent

**Conclusions.** The analysis of the already used microorganisms in the preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour has found shortcomings in the cultivation of these microorganisms in the discrete mode of production of national types of bread. The instability of these microorganisms when changing technological parameters, their low amount in the already used consortiums and in the liquid acid-forming ferments based on them are significant disadvantages. This does not allow the use of these microorganisms in a discrete mode of bread production.

The use of the new consortium of dried lactic acid bacteria and bifidobacteria local production will eliminate these shortcomings in the preparation of liquid acid-forming ferments from rye flour, to stabilize their biotechnological properties, to reduce the duration of the technological cycle, to reduce the cost of buying expensive imported microorganisms, to obtain national types of bread with high consumer properties in a discrete mode of bakery enterprises.

#### REFERENCES

1. Auermann, L. Technology of bakery production. St. Petersburg: Profession, 2009, pp. 200-278.
2. Royter, I. Influence of technological factors on the quality and flavor of the rye-wheat bread. Moscow, 1972, pp. 10-84.
3. Samuilenko, T., Modeling the life cycle of yeast and lactic acid bacteria in biotechnological processes of baking production: report about scientific research work (№ of state registration 20163247), Establishment of education «Mogilev State University of Food Technologies», 2017, pp. 1-75.
4. Starovoitova, A., Bazan, A., Fedorov, F. and Fedorenchik, L., Methodical instructions on sanitary-microbiological control of bakery enterprises, State enterprise «Beltechnohleb», laboratory indication of infectious and parasitic diseases, State institution «Republican centre of hygiene and epidemiology» of Ministry of health of the Republic of Belarus, Minsk, 2002, pp. 1–30.
5. Karnyshova, L. and Sevastey, L. Methodical instructions for testing the quality of semi-finished bakery products, Scientific production Republican unitary enterprise «Beltechnohleb», Minsk, 2008, pp. 1-15.
6. Afanasyeva, O. Microbiology of bakery products. St. Petersburg: Beresta, 2003, pp. 160-210.
7. Russell, D., Ross, R., Fitzgerald, G. and Stanton, C. Metabolic activities and probiotic potential of bifidobacteria. Int. J. Food Microbiol, 2011, Vol. 149(1), pp. 88-105.
8. Felis G. and Dellaglio F. Taxonomy of lacto-bacilli and bifidobacteria. Curr Issues Intest Microbiol, 2007, Vol. 8, pp. 44-61.

*Material received at 17.10.19.*

**Т. Самуйленко**

*Могилев мелекеттік азық-түлік университеті, Могилев қ., Беларусь Республикасы*

### **ҚАРАБИДАЙ ҰНЫНАН ҰЛТТЫҚ НАН ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУДЕ ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН МИКРОАҒЗАЛАР МЕН ОЛАРДЫҢ КОНСОРЦИУМДАРЫ**

Қарабидай ұнынан сұйық қышқылтүзгіш жартылай дайын өнімдер дайындау кезінде пайдаланылатын микроағзалар мен олардың консорциумдарын талдау нәтижелері келтірілген. Ұлттық нан өнімдерін өндіруде қарабидай ұнының сұйық қышқылтүзгіш жартылай дайын өнімдерінің биотехнологиялық қасиеттерін түзуде сүтқышқылды бактериялардың 2 түрі және ашытқы жасушаларының 1 түрі қатысатыны анықталды. Микроағзалардың бұрын пайдаланылмаған консорциумы қарастырылған. Жаңа консорциум қарабидай ұнынан сұйық қышқылтүзгіш жартылай дайын өнімдерді бір кезеңде дайындаудың технологиялық режимін жүзеге асыру мүмкіндігіне негізделе отырып таңдалды.

**Тірек сөздер:** микроағзалар, сүтқышқылды бактериялар, бифидобактериялар, сұйық қышқыл түзгіш жартылай дайын өнімдер, ұлттық нан сұрыптары.

**Т. Самуйленко**

*Учреждение образования «Могилевский государственный университет  
продовольствия», г. Могилев, Республика Беларусь*

### **МИКРООРГАНИЗМЫ И ИХ КОНСОРЦИУМЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ТЕХНОЛОГИИ НАЦИОНАЛЬНЫХ СОРТОВ ХЛЕБА ИЗ РЖАНОЙ МУКИ**

Проведен анализ микроорганизмов и их консорциумов, которые используются при приготовлении жидких кислотообразующих полуфабрикатов из ржаной муки. Установлено, что 2 вида молочнокислых бактерий и 1 вид дрожжевых клеток участвуют в формировании биотехнологических свойств жидких кислотообразующих полуфабрикатов из ржаной муки для производства национальных сортов хлеба. Рассмотрен новый ранее неиспользуемый консорциум микроорганизмов. Выбор нового консорциума основывался на возможности реализации технологического цикла приготовления жидких кислотообразующих полуфабрикатов из ржаной муки в одну стадию.

**Ключевые слова:** микроорганизмы, молочнокислые бактерии, бифидобактерии, жидкие кислотообразующие полуфабрикаты, национальные сорта хлеба.

УДК 631.36.23

Ж.М. Курбанов<sup>1\*</sup>, Е. Спандияров<sup>1</sup>, Ш.Ж. Курбанов<sup>2</sup><sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Магистрант<sup>1\*</sup>, <sup>2</sup>Самаркандский институт экономики и сервиса, г.Самарканд, Узбекистан  
<sup>1</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г.Тараз, Казахстан**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФРУКТОВ И ОВОЩЕЙ**

В статье приведены результаты исследований диэлектрических свойств фруктов и овощей, которые необходимы для расчета и проектирования технологического оборудования по обработке продуктов электрофизическими методами.

**Ключевые слова:** электрофизический метод, диэлектрические свойства, диэлектрическая проницаемость, сверхвысокочастотный нагрев, тепловая обработка, диэлектрическая потеря.

Применение электрофизических методов с использованием сверхвысокочастотного (СВЧ) нагрева позволяет интенсифицировать технологический процесс производства пищевых продуктов.

Нагрев в СВЧ полях позволяет значительно сократить длительность тепловой обработки, повысить качество обрабатываемого материала, уменьшить площадь производственных цехов, улучшить санитарно-гигиенические условия труда, повысить экономические показатели работы предприятий путем снижения себестоимости готового изделия.

Для расчета и проектирования технологического оборудования по обработке пищевых продуктов электрофизическими методами необходимы сведения об их диэлектрических свойствах. Поэтому определение диэлектрических свойств фруктов и овощей является актуальной задачей.

В качестве объекта исследований выбрали сорта яблок, моркови и свеклы, которые нашли наибольшее распространение среди широких слоев населения.

Диэлектрические свойства или диэлектрическая проницаемость характеризуется комплексной  $\varepsilon^*$  диэлектрической проницаемостью и учитывает как проводящие, так и диэлектрические свойства диэлектрика (каковыми являются фрукты и овощи) [1].

На комплексной плоскости  $\varepsilon^*$  выражается вектором  $\varepsilon'$  и характеризует поляризационные процессы, происходящие в диэлектрике, определяемые токами смещения, а мнимая – токами проводимости (рис. 1).

Мнимая часть определяет нагрев диэлектрика при воздействии электрической составляющей поля и обозначается

$$\varepsilon'' = \frac{\sigma}{\omega} \quad (1)$$



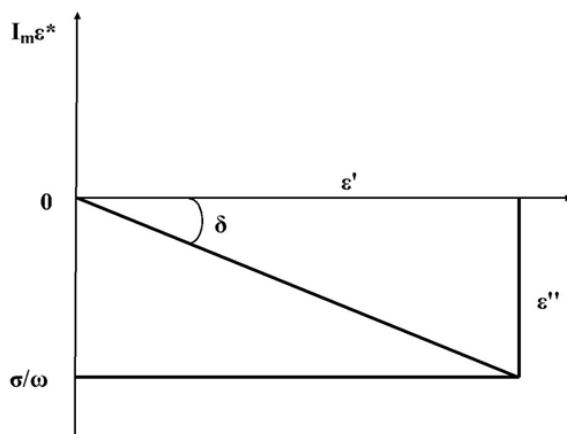


Рис. 1. Комплексная диэлектрическая проницаемость

Диэлектрик также можно характеризовать тангенсом угла диэлектрических потерь

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = \frac{\sigma}{\omega} \cdot \frac{1}{\varepsilon'} \quad (2)$$

Известно, что чем больше величина  $\operatorname{tg} \delta$ , тем большая доля энергии расходуется на нагрев диэлектрика [2]. Комплексная диэлектрическая проницаемость и её составляющие  $\varepsilon'$  и  $\varepsilon''$  в большей степени зависят от частоты воздействующего электрического поля, температуры и других физико-механических свойств испытуемого материала.

Блок-схема установки для измерения диэлектрической проницаемости пищевых продуктов приведена на рисунке 2. На установке измерительный генератор Г является источником СВЧ сигнала. Ферритовый вентиль Ф служит для исключения влияния отражений электромагнитной волны от нагрузки на стабильность работы генератора.

Направленный ответвитель НО необходим для отвода части СВЧ энергии, которая через детекторную головку ДГ подается на осциллограф О, являющийся индикатором постоянства уровня мощности, отдаваемой генератором.

Регулируемый аттенюатор АТТ даёт возможность изменять уровень мощности, поступающей в нагрузку, независимо от мощности генератора. Измерительная линия ИЛ является основным элементом установки, необходимым для измерения волноводной длины волны  $\lambda_g$ , коэффициента стоячей волны  $\rho$  смещения минимума электрического поля  $D_R$ .

Регистрирующий прибор РП позволяет фиксировать распределение поля стоячей волны и получать количественные значения. Волноводный изгиб ВИ нужен для получения вертикального положения отрезка короткозамкнутого волновода Н, что необходимо при исследованиях диэлектриков повышенной влажности.

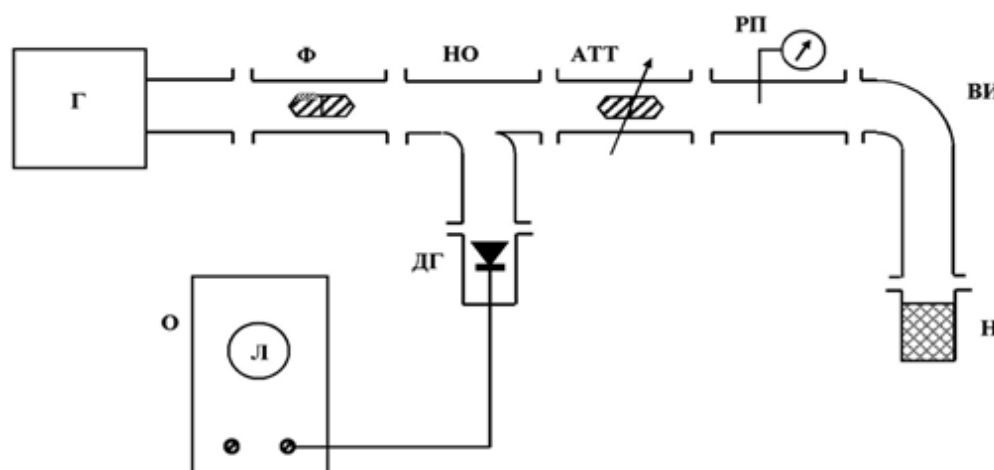


Рис. 2. Блок-схема установки для измерения диэлектрической проницаемости пищевых продуктов:

Г – измерительный СВЧ генератор;      АТТ – переменный аттенюатор;  
 Ф – ферритовый вентиль (развязка);      ИЛ – измерительная линия;  
 НО – направленный ответвитель;      РП – регистрирующий прибор  
 ДГ – детекторная головка;      (микроамперметр М-95 или  
 измерительный усилитель У2-4;  
 Н – отрезок короткозамкнутого волновода с исследуемым диэлектриком (нагрузка);      ВИ – волновой изгиб.  
 О – осциллограф.

Общий вид стенда измерения диэлектрических проницаемостей пищевых продуктов, где реализован метод короткого замыкания [3], представлен на рисунке 3.

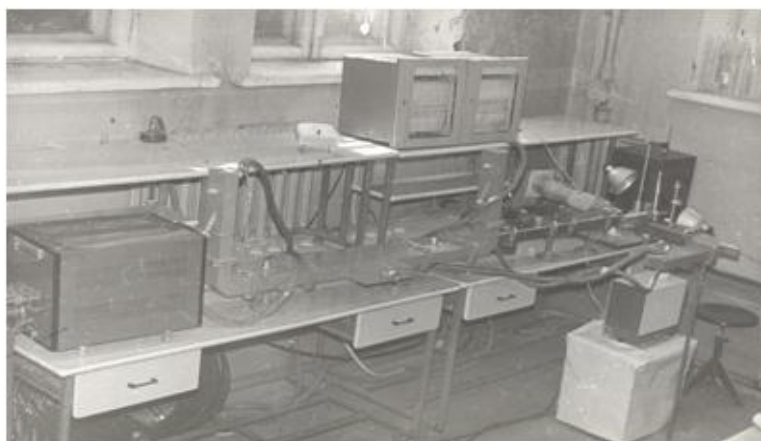


Рис. 3. Общий вид стенда для измерения диэлектрических проницаемостей пищевых продуктов

Измерение диэлектрических свойств (проницаемостей) объекта исследования проводили по методике, изложенной в работах [4,5]. Повторность каждого опыта была пятикратной. Обработку результатов наблюдений проводили методами математической статистики.

Полученные экспериментальные данные диэлектрических свойств яблок, моркови и свеклы приведены в таблице. Как видно, диэлектрические свойства яблок, моркови и свеклы зависят в основном от влажности и сорта продуктов.

С увеличением влажности диэлектрические свойства продуктов увеличиваются. Так, например, для яблок с увеличением влажности от 78,4 до 85,8%, диэлектрические свойства испытуемых продуктов во всех случаях возрастали.

Аналогичная картина наблюдалась при испытании моркови и свеклы. Это объясняется тем, что вода является сильно дипольным диэлектриком.

Таблица

Диэлектрические свойства яблок, моркови и свеклы

Плоды и овощи	Влажность, %	Диэлектрические свойства $f=2400\text{МГц}$ , $t=20^\circ\text{C}$		
		$\varepsilon$	$\varepsilon''$	$\text{tg}\delta$
Сорт яблока:				
Аппорт	78,4	59,6	14,9	0,25
Симиренко	85,8	60,2	16,1	0,27
Сорт моркови:				
Шантене	83,6	60,2	12,6	0,21
Витаминная	85,2	63,3	14,8	0,23
Сорт свеклы:				
Бордо	80,8	48,2	11,1	0,23
Голландская	83,4	51,1	14,1	0,27

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандт, А.А. Исследование диэлектриков на сверхвысоких частотах [Текст] / А.А. Брандт. – М.: Энергия, 1963. - 206 с.
2. Эли, Ф. Диэлектрические измерения [Текст] / Ф. Эли. – М.: Атомиздат, 1967. - 340 с.
3. Рогов, И.А. Технология сверхвысокочастотного нагрева пищевых продуктов [Текст] / И.А. Рогов, С.В. Некрутман, Г.Г. Лысов. – М.: Легкая промышленность, 1981. - 197 с.
4. Курбанов, Ж.М. Определение длины волноводной камеры в зависимости от влажности продукта [Текст] / Ж.М. Курбанов, А.М. Остапенков // Журнал. А.Н. МССР. Электронная обработка материалов. – 1986. – №6. – С. 55-56.
5. Курбанов, Ж.М. Электрофизические методы воздействия на продуктов питания предприятий сферы услуг [Текст]: монография / Ж.М. Курбанов, У.Р. Ходжаева. – Ташкент: Иктисод-молия, 2012. - 159 с.

Материал поступил в редакцию 04.12.19.

**Ж.М. Курбанов<sup>1</sup>, Е. Спандияров<sup>2</sup>, Ш.Ж. Курбанов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Экономика және сервис Самарқанд институты, Самарқанд қ., Өзбекстан

<sup>2</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан

**ЖЕМІСТЕР МЕН КӨКӨНІСТЕРДІҢ ДИЭЛЕКТРИКАЛЫҚ  
ҚАСИЕТТЕРІН АНЫҚТАУ**

Бұл мақалада өнімді электрофизикалық тәсілмен өңдейтін технологиялық жабдықтарды есептеу мен жобалауға қажетті жемістер мен көкөністердің диэлектрикалық қасиеттерін зерттеу қорытындылары келтірілген.

**Тірек сөздер:** электрофизикалық тәсіл, диэлектрикалық қасиеттер, диэлектрикалық өтімділік, аса жоғары жиілікте қыздыру, жылумен өңдеу, диэлектрикалық шығын.

**Zh.M. Kurbanov<sup>1</sup>, Y. Spandiyarov<sup>2</sup>, Sh.Zh. Kurbanov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Samarkand Institute of economics and service, Samarkand, Republic of Uzbekistan*

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

**DETERMINATION OF DIELECTRIC PROPERTIES OF FRUITS AND  
VEGETABLES**

The article presents the results of studies of the dielectric properties of fruits and vegetables, which are necessary for the calculation and design of technological equipment for processing products by electrophysical methods.

**Keywords:** electrophysical method, dielectric properties, dielectric permittivity, ultrahigh frequency heating, microwave heating, heat treatment, dielectric loss.

ӘОЖ 663.433

**Е. Спандияров<sup>1</sup>, И.И. Бекбасаров<sup>1</sup>, К. Абдыразаққызы<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Техн. ғылымдарының д-ры, профессор, <sup>2</sup>Магистрант*

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

**БОЗА ӨНДІРЕТІН ТЕХНОЛОГИЯНЫ ЖЕТІЛДІРУ**

Мақалада ұлттық сусын боза өндіруге арналған жетілдірілген технология, өндірістік операциялар мен тиімді технологиялық тәртіптер толығымен сипатталды. Ұсынылып отырған әдіс бойынша, суслоны ашыту анаэробты жағдайда, яғни оттегінің әсерінсіз, гидро бекітпенің көмегімен жүргізілді. Осы әрекеттер бозаның сапалық көрсеткіштерін, атап айтқанда, иісін, дәмін жақсартуға мүмкіндік туғызды.

**Тірек сөздер:** уыт, боза, бозо, қышқылдық саны, анаэробты ашыту, оттегінің әсері, оттегінің әсерінсіз, гидро бекітпе.

Keң тараған боза жасау технологиясында ашыту процесі әдетте герметикалық түрде жабылмаған ыдыста жүргізіледі [1]. Бұл тәсілдің келесі кемшіліктері бар: суслоның (жарманың судағы ерітіндісі) ашытудың

бастапқы кезеңінде қарқынды бөлінген көмірқышқыл газ өнімнің бет қабатындағы ауаны барынша жоғары ығыстырады.

Алайда ашыту баяулаған кезде ауа беті жабық емес ыдыста жинала бастайды. Бұл кезеңде суслоны ашыту процесі ауадағы оттегінің әсерімен жүреді, яғни сірке сулы қышқылды және май қышқылды ашыту орын алып, дайын өнімнің жағымды иісі мен дәмі бұзылады, сапасы едәуір төмендейді.

Осы кемшіліктерді жою үшін оттегінің әсерінсіз жүргізілетін ашу процесін іске асыратын технология жасалды. Ол келесі негізгі кезеңдерден тұрады.

Уыт дайындау үшін бидай дәндерін ыдыста тазалап жуып, оның үстіне жылы су құйып, жылы жерде 24-28<sup>0</sup>С температурада бір тәулік ұстайды. Ісінген бидай дәндерінің суын төгіп, оларды дымқыл материалмен тұмшалап орап температурасы 24-28<sup>0</sup>С жерге қояды. Үш-төрт тәуліктен кейін өсе бастаған бидай дәндерін кептіріп алып, одан кейін оларды ұсату арқылы уыт алады [2].

Боза дайындау тәсілінің принципіалды схемасы 1-суретте келтірілген. Шикізаттар қабылдау кезеңінде кездейсоқ бөгде қоспалардан тазартылып, олардың сапалық көрсеткіштері анықталады, көлемі өлшеніп, өндіріске бағытталады, ал артық шикізаттар арнаулы ыдыстарда сақталады [3].

Арнаулы ыдыста тары немесе жүгері жармаларына қайнаған жылы су, шамамен 1:5 қатынасындай, қоспалай отырып дайын болғанша қайнатып пісіреді. Осыдан кейін отты өшіріп, жарма ерітіндісінің бет ауданында қабықша түзілмейтіндей етіп, ауық-ауық қоспалай отырып салқындатады.

Бөлме температурасына 18-20<sup>0</sup>С дейін салқындатылған жарма ерітіндісіне уыт және қайнаған су қосып қоспалайды. Осыдан кейін оны температурасы 24-28<sup>0</sup>С жерде 7-10 сағат бойы оттегінің әсерінсіз ашытады.

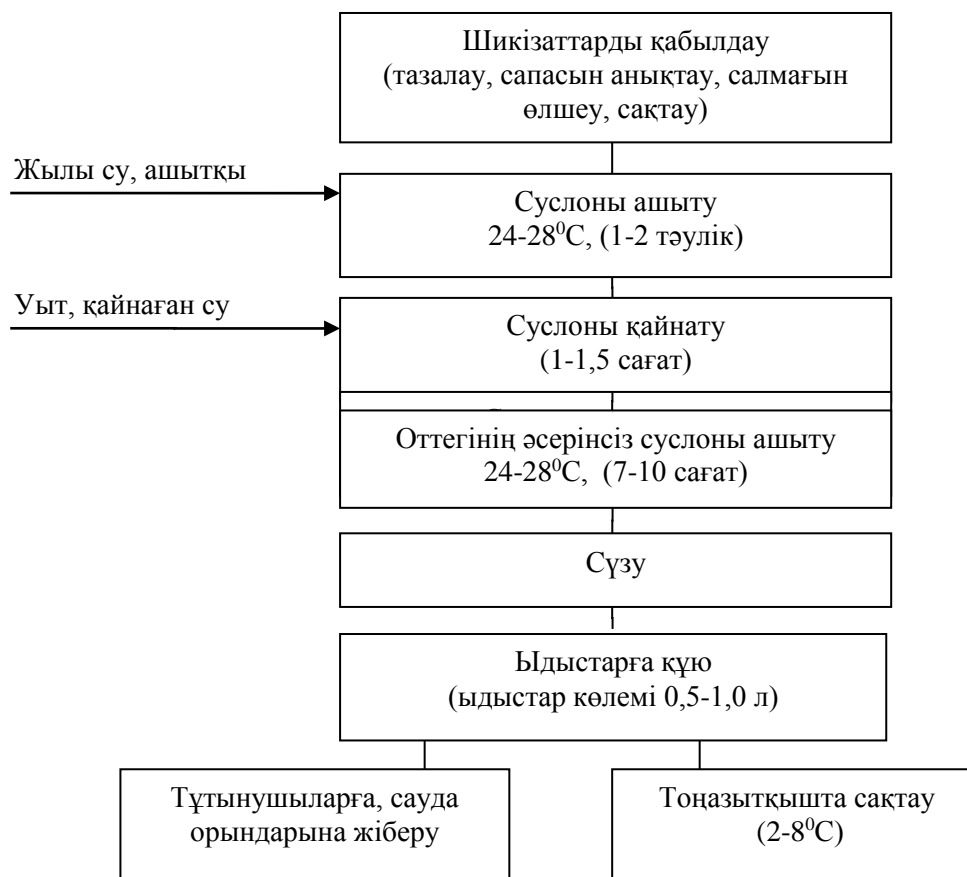
Ұсынылып отырған бұл боза өндіру технологиясының ерекшелігі, ол суслоны анаэробты ашыту тәсілмен жүргізу болып табылады. Суслоға оттегінің әсерін болдырмау үшін, біз көпке белгілі схемаға сәйкес гидро бекітпе жасадық (2-сурет).

Гидро бекітпе келесі бөліктерден тұрады: сусло құйылған ыдыс 1, тығын 2, түтікше 3, шланг 4 және су құйылған ыдыс 5. Шлангтың 2 бас жағы түтікшеге 3 тығыз түрде киіледі, ал төменгі бос ұшы су құйылған ыдыс 5 астына түсіріледі.

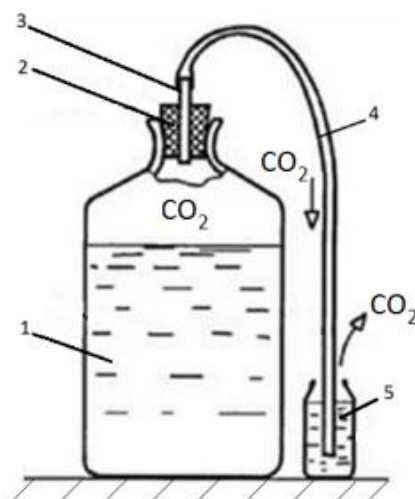
Ашыту кезеңінде суслодан бөлінген көмірқышқыл газ СО<sub>2</sub> түтікшемен 3 көтеріліп, шланг 4 арқылы ыдысқа құйылған су арқылы қоршаған кеңістікке шығады. Бұл жағдайда, яғни оттегі әсер етпеген кезде, тек қана спиртті ашыту қамтамасыз етіледі, тек қана этил спирті мен көмірқышқыл газ бөлінеді. Осыдан кейін ашыту аяқталған кезде алынған ерітіндіні капрон матасын қолданып, сүзу арқылы боза алынады.

Дайын болған боза 30-40 л флягаларға, 0,5-1,0 л пластик немесе шыны ыдыстарға жеткілікті дәрежедегі дәлдікпен өлшеп, құйылады. Дайын өнім тұтынушыларға, сауда орындарына, немесе қажетті жағдайда 2-8<sup>0</sup>С температурада тоңазытқыштарда сақталады.

Жаңа тәсілмен алынған бозаға берілген органолептикалық баға төмендегідей болды. Алынған сусынның дәмі қышқылсыз, өте жақсы, ал оның иісі жағымды және осы өнімге тән табиғи хош иісті болды. Қорыта айтқанда, оттегінің әсерінсіз жүргізілген ашыту, бозаның тауарлық және тұтынушылық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік туғызды.



Сурет 1. Боза дайындау тәсілінің принципіалды схемасы



Сурет 2. Гидро бекітпенің схемасы

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Кыдыралиев, Н.А. Разработка технологической линии по производству напитка «Бозо» для малых предприятий [Текст] / Н.А. Кыдыралиев, А.И. Изтаев, А.У. Дейдиев, Р.С. Омуралиев // Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана. - 2005. - №4. - С.11-12.
2. Спандияров, Е. Разработка технологической линии для производства уыта [Текст] / Е. Спандияров, И.И. Бекбасаров, К. Абдыразаккызы // Механика и технологии. Научно-теоретический журнал. – 2019. - №2. - С.32-34.
3. Спандияров, Е. Боза дайындау тәсілі [Мәтін] / Е. Спандияров, И.И. Бекбасаров, Ш.Ж. Умирбаева, Е.И. Атенев / Қазақстан Республикасының өнертабысының пайдалы моделі №4332. 26.09.2019.

*Материал редакцияға 04.12.19 түсті.*

**Е. Спандияров, И.И. Бекбасаров, К. Абдыразаккызы**

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

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БОЗЫ**

В статье описаны усовершенствованная технология производства национального напитка бозы, производственные операции и эффективные технологические режимы. Отличительной особенностью предлагаемого метода является брожение суслу в анаэробных условиях, то есть без доступа кислорода, с помощью гидрозатвора. Это позволило повысить качественные показатели бозы, такие, как запах, вкус.

**Ключевые слова:** уыт, боза, бозо, солод, кислотное число, анаэробное брожение, доступ кислорода, без доступа кислорода, гидрозатвор.

**Y. Spandiyarov, I.I. Bekbasarov, K. Abdyrazakkyzy**

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

**IMPROVEMENT OF BOSA PRODUCTION TECHNOLOGY**

In this article presented improved technology of production of the national drink boza, production processes and effective technological regimes. A distinctive feature of the proposed method is that the fermentation of the wort is carried out in anaerobic conditions, that is, without oxygen access, with the help of a hydraulic shutter. This allowed to increase quality indicators of bosa, such as smell, taste.

**Keywords:** uyt, boza, bozo, malt, acid number, anaerobic fermentation, oxygen access, without oxygen access, hydraulic shutter.

ӨОЖ 637.147:577.112.824

А.Т. Тунгатарова<sup>1</sup>, Г.С. Боранкулова<sup>2</sup>, Б.Ш. Ералиева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Педаг. ғылым. канд., <sup>2</sup>Техн. ғылым. канд., <sup>3</sup>Техн. ғылым. магистрі  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан  
E-mail: <sup>1</sup>at.tu@mail.ru, <sup>2</sup>b.gau@mail.ru, <sup>3</sup>b.eral@mail.ru

### МАЙСЫЗ СҮТТІ АШЫТУ ПРОЦЕСІНДЕ АЛЬБУМИН МАССАСЫНЫҢ КОАГУЛЯЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

Мақалада альбумин өнімдерін өндіру технологиясы, сарысудың және дайын өнімнің сапалық құрамы, олардың физикалық-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Сүт альбуминін шикі сарысудан өндіру мүмкіндігі анықталды, өйткені оның құрамында титрлейтін қышқылдығы төмен, ал дайын өнімнің сапасы жоғары. Сүтті қалдықсыз технология қағидаттарына негізделген өнеркәсіптік өңдеу шикізат шығынын азайтуға және өндіріс тиімділігін арттыруға маңызды резерв болып табылады.

**Тірек сөздер:** альбумин, сарысу, альбуминді мусс, майсыз сүт, қышқылдық, ірімшік, тағам.

Сүт құрамында болатын және сарысуға ауысатын альбумин өте құнды сүт ақуызы болып табылады және бірқатар құнды азық-түлік өнімдерін өндіруге негізі бола алады, мысалы: альбумин ірімшігі, альбуминді мусс, альбумин сүті және т.б.

Альбумин өнімдерін өндіру үшін сарысу, әдетте, сүзбе мен ірімшік өндірісіндегі қалдық болып табылатын бастапқы өнім ретінде қолданылады.

Шикі сүттен немесе майсыз сүттен алынған сүзбедегі сарысудың құрамы шамамен келесідей: май 0,13-0,02%, ақуыз 0,5-0,7%, құрғақ майсыздандырылған заттардың жалпы мөлшері 6,6%.

Сүттің жоғары пастеризациясы кезінде альбумин коагуляциясы жүреді, және сүтқышқылды ашыту нәтижесінде немесе фермент казеиннің әсерінен сүтті коагуляциялау процесінде, коллоидты ерітіндіден гельге өтіп, ол бұл түрінде тұндырылған альбуминнің бір бөлігін алады, сондықтан сарысулық альбуминде шамамен 0,2-0,4% -дан аз қалады.

Осылайша, жоғары пастерленген сарысудан гөрі, шикі сүтті сарысудан альбуминнің көп мөлшерін алуға болатындығы түсінікті [1].

Альбумин ірімшігі өндірісінде сарысудың температурасы 90°C-қа дейін жетеді, ал альбумин ерітіндіден шығып қалады. Егер сарысуды қазанмен бумен қыздырылған күртешемен қыздырса, онда альбумин үлкен қар тәрізді қабыршақтар түрінде қоюланып, 15-20 минут ішінде қайнатылып, сарысу толығымен мөлдір болады. Егер сарысуды қыздыру сарысуға бу желісі арқылы енгізілетін будың көмегімен жүзеге асырылса (будың қызуы толығымен пайдаланылады), онда сарысу арқылы өтетін бу оны қатты илейтіндіктен, альбумин жұқа суспензия түрінде шығады. Альбуминнің мұндай суспензиясы оны тұндыру үшін 4-5 сағатты қажет етеді.

Альбумин сарысу қабатының биіктігінің 20% дейін түскеннен кейін мөлдір сарысудың жоғарғы қабаты сифонмен немесе шүмектің көмегімен алынады, ал төменгі қабаты, құрамында альбумины бар, 30-36°C дейін салқындағаннан кейін 2% мөлшерінде сүт стрептококкының таза дақылдарымен және 0,3% ацидофильді ашытқымен ашытылады. Содан кейін



масса жақсы араластырылады және ваннадан ауырлық күші арқылы сүзгілерге яғни бөзбен (бязь) жабылған торларға шығарылады. Мұнда сарысу алдымен еркін сүзіледі, содан кейін калико майлықтары олардың ұштарын ішке қарай бүктейді, конверт пен тақта қойылады, біртіндеп қысымды жоғарылатып, дайын альбумин сүзбесінің салмағына 1:3 бөлігіне дейін жеткізеді [2]. Осындай басудан кейін илеу машинасындағы альбумин массасы қантпен араластырылады, ол 17% алынады және альбуминді сүзбе буып-түюге өтеді. Альбуминді тұндыру кезінде алдымен сарысудың қышқылдығын анықтау керек; егер қышқылдығы 80°-тан жоғары болса, онда сарысуды сумен сұйылту қажет. Альбумин тікелей бу арқылы тұндырылған кезде сарысу 90-93°С дейін қызады, содан кейін 3-4 сағатқа үзіліс жасалады. Егер сарысудың қышқылдығы 60-75°Т болса, онда бу 90°С дейін қызады, ал егер қышқылдығы 75-90° Т болса, онда оның қызуы 92-93°С дейін өседі. Бұл сарысуға бу енгізген кезде пайда болатын конденсатпен сұйылту арқылы сарысу қышқылдығының төмендеуін ескере отырып жасалады.

**Альбуминдік мусс.** Өнеркәсіп инженері Базаров 1935 жылы ЛПМР тәжірибелік зауытында сарысудан альбумин муссын алудың қызықты әдісін ойлап тапты. Альбуминді мусс - бұл ақ түсті масса. Оның дәмі жағымды, нәзік. Оны өндірудің технологиялық процесі келесідей болады. Сарысуға қышқылдығы 25-27°С жеткенше ас содасы қосылады. Осыдан кейін сарысу ваннадан будың көмегімен шығарылады, онда кенеппен (холстина) жабылған тор орналастырылады. Эжекторға будың шығуы реттеліп, эжектордан шыққан сарысу мен альбуминнің массасы 80-85°С температурада болады. Эжектордан шыққан альбумин құрамы шайқалған кремге ұқсас көбік тәрізді жіңішке масса түрінде шығады. Муссты алу процесінде келесі құбылыстар орын алады. Беттік керілуді төмендететін заттар Гиббс-Томсон заңы бойынша екі фазаның шекарасында шоғырланған, ал Рамсеннің айтуынша, екі фазаның шекарасындағы коллоидтар жеке күйден гель күйіне ауысуға бейім. Альбумин концентрациясының екі фаза шекарасында жоғарылауы (сарысу-бу), бетінің төмен кернеуі және гельдің түзілу тенденциясы 90-93°С-тан төмен температурада (80°С) альбумин көбігінің коагуляциясы мен түзілуіне жағдай жасайды. Осылайша, альбумин мен сарысудың көбіктенген массасы эжектордан шығады.

Көбік түріндегі альбумин ваннаға кенепте жиналады, ал сарысу ваннаның түбіне түседі, ол жерден сорғымен немесе эжектормен шығарылады. Кенепте жиналған көбіктенген альбуминді ваннада 1 сағат, содан кейін сүзгіні 1 сағат бойы басу керек болады.

Альбуминді мусстің көлемді шығымдылығы шығарудан бұрын бейтараптандыру температурасына және сарысудың қышқылдығына байланысты. Бейтараптандыру температурасы неғұрлым жоғары болса, шығатын мусстің көлемі соғұрлым көп болады.

Альбуминді мусс салмағының түсімділігі шикі альбуминнің шығындысынан еш айырмашылығы жоқ. Альбуминді мусс мөлшері альбумин сүзбе көлемінен 5 есе асады. Сығымдалған альбумин муссы илемді диірменнен өтіп, илеу машинасына жеткізіледі, онда ол 10-15% қантпен араластырылып, бөшкелерге салынып, 4°С дейін салқындатылады.

Х.Деланян альбумин муссын немесе автордың айтуы бойынша цигердің қаймағын шығарудың өзіндік әдісін ұсынды. Бұл әдіс майсыз сарысудан алынған жаңа сығылған цигерді 20% қант қосып біртекті масса

алынғанға дейін араластыруды және оған хош иіс үшін ванилин қосуды қажет етеді [3].

Альбумин сүті - жаңа диеталық өнім, әсіресе балалар тағамы үшін кеңінен ұсынылады. Оны өндірудегі басты мақсат – сарысулық альбуминді коагуляциялау болып табылады. Сарысудың қышқылдығы  $80^{\circ}\text{T}$  жоғары болмауы керек. Қан сарысуы қос шынылы ваннада немесе тікелей бу арқылы  $90-93^{\circ}\text{C}$  дейін қыздырылады. Ерітіндіден тұнбаға түскен альбумин тұнбасы сарысу қабаты биіктігінің 1/10 бөлігін алады. Сарысудың жоғарғы қабаты құрғатылады, ал құрамында альбумині бар төменгі қабат  $30-32^{\circ}\text{C}$  дейін салқындатылады, содан кейін 1-3% Str.Lactis пен 0,1-0,3% ацидофил шырышты қабығына және бір сағаттан кейін 10-12% қант (сироп түрінде) және 0,6% желатин, сонымен қатар хош иісті заттар қосылып араластырылады; содан кейін альбумин сүті бөтелкеге құйылады.

Альбуминге бай сүт өндірген кезде, құрамында альбумин сүтінің мөлшері 3,2% дейін артуы үшін зәйтүн қосылады.

Қате жүргізілген өндіріс процесі, ұзақ мерзімді сақтау және сақтау температурасының жоғарылауы консистенцияның да, дәмнің де, иістің де бірқатар кемшіліктерін тудырады [4].

Халықты сапалы тамақ өнімдерімен қамтамасыз ету кез-келген елдің ұлттық қауіпсіздігінің негізгі бағытының бірі болып табылады. Алайда, тағам дайындаудың көптеген дәстүрлі әдістері бұрынғы технология бойынша дайындалады. Көптеген дәстүрлі технологиялар бойынша сиыр, қой және ешкі сүтінен алынған осындай өнімдердің бірі - құрт, яғни құрғақ қышқыл сүт. Бұл атау өнімді дайындаудың бір кезеңін көрсетеді - формадағы құрт тәрізді өрнекке ұқсайтын шебердің саусақ іздері бар алақанға салып сығылған сүзбе массасы.

Дәстүр бойынша, құрттың 20-дан астам түрі мен сұрыптары дайындалады. Бүгінгі таңда оның бірнеше түрлері белгілі. «Буланған» қышқыл сүт негізін булану арқылы қажетті консистенцияны алғанға дейін дайындайды, ал пісіру технологиясы мен кейбір компоненттердің үйлесуіне байланысты «ақ және қара» құрт өнімдерін алуға болады. «Сығылған» құрт шикі сүтті массадан алақанға сығып алынады, содан кейін көлеңкеде кептіріледі. «Бітелмеген» құртты дайындау технологиясы сүттен қышқылсүт массасын буландырудан тұрады. Басқалардан айырмашылығы, бұл түр жұмсақ консистенцияға ие, өте қоректік және нәзік болып келеді.

Құрттың келесі «жаңа» түрін сары маймен сүтті сүзбе массасына аздап араластыру арқылы дайындайды. Сары маймен қанықтыру арқылы буланудың басқа сатысында қышқыл сүзбе массасының қажетті көлемінен «ыстық» құрт дайындалады. Өнім суықтың алдын алу және қабыну ауруларын, өкпе ауруларын емдеу үшін қолданылады. «Ұнтақты» құрт тағамға қолданылатын кез-келген құртты ұнтақтау арқылы дайындалады.

«Ерітілген» құрт - сорпада ерітілген кез-келген құрттан жасалады. «Сүзілген» құрт сарысуы алып тасталған қышқыл сүттен дайындалады. Ол балғын күйінде немесе алдын-ала тұздалғаннан кейін қолданылады. «Ежигей» - құрттың қой сүтінде еруі. Өнім өте қоректік қасиетке ие, тәбетті ашады және ағзаның иммунитетін күшейтеді.

**Альбумин сүті.** Альбумин сүті - бұл біртекті сұйық масса, ол сарысудан ірімшік пен сүзбе  $90^{\circ}$  дейін қыздырылған альбуминнің алынуы нәтижесінде пайда болады. Альбумин сүтін алу үшін ірімшікті немесе сүзбедегі сарысуды 2-3 қабат етіп бүктелген дәке арқылы сүзіп,  $90^{\circ}\text{C}$ -қа дейін

қыздырып, альбуминнің тұнбаға отыруы үшін осы температурада 15-20 минут ұстау керек. Содан кейін қайнатылған альбумині бар сарысу 1,5-2 сағат тұрып, дәке сүзгісі арқылы сүзіледі (жалпы көлемнің шамамен 80-85% төгіледі). Ыдыстың түбінде ақ сұйық кілегей - альбумин сүті қалады. Содан кейін алынған кілегей біртекті сұйық массаны, яғни альбумин сүтін алу үшін мұқият сүзіндіден өтеді. Сүтті дереу қолданудың қажеті жоқ жағдайларда, ол 8-10°C дейін салқындатылып, осы температурада сақталады. Альбумин сүтінің жағымдылығы мен тағамдық құндылығын арттыру үшін оған әртүрлі хош иістендіргіштер қосуға болады, мысалы кілегей, қант, какао, кофе, жеміс шырындары және т.б. Мұндай жағдайларда, толтырғыштарды альбумин сүтіне қосқанда, оларды толығымен сүтке қосқан кезде бірдей тәртіп сақталады.

Ақуыз - көмірсу қоспасы (альбумин сүті), сепаратор-тазартқыштағы казеин шаңы мен сүт майынан тиісті өндеуден кейін бірқатар ауруларды емдеуде профилактикалық және айқын емдік әсер етеді. Асқазан мен ұйқы безі сөлдерін, өт шығару, бауыр, бүйрек, ішек және қан айналымы органдарының жұмысын қалыпқа келтіруді ынталандыру арқылы метаболикалық процестерді, соның ішінде ас қорытуды реттейді. Мұндай өнімдердің 1 литрін күнделікті тұтыну ағзаның күнделікті кальцийге қажеттілігінің үштен екісін, В2 дәруменінің 80%-ын, В1, В6, В12 дәрумендерінің қажетті мөлшерінің үштен бірін, калийдің 40% қажеттілігін қанағаттандырады.

Сүт ақуыз-көмірсулар шикізатын өнеркәсіптік қайта өндеудің тағы бір маңызды бағыты - сүт шикізатында лактозаның бағытталған трансформациясы (изомеризациясы) арқасында лактулозада байытылған және құрғатылған концентраттар өндіру [5]. Құрамында лактулоза бар тамақ өнімдерін шығару мәселесінің өзектілігі осы көмірсулардың бифидогендік әсеріне және басқа да бірегей биологиялық қасиеттеріне байланысты.

Лактозадан изомеризация арқылы алынған лактулоза адам ағзасына енсе, бифидобактериялар қосымша қуат көзін алады, өйткені адам ағзасының ас қорыту жолында лактулозаны ашытатын фермент жоқ.

Лактулоза профилактикалық және емдік агент ретінде бірқатар ауруларда, әсіресе дисбиотикалық құбылыстардың пайда болуында кеңінен қолданылады [6]. Бұл ішек микрофлорасының метаболизміне әсер етудің классикалық құралы деп саналады. Лактулозаның әсер ету механизмі бифидобактериялардың адам денсаулығын сақтаудағы рөлі туралы қазіргі идеяларға негізделген. Лактулоза тек бифидобактериялармен ғана емес, сүт қышқылды бактериялары арқылы да метаболизденеді. Бұл аминқышқылдары мен несепнәрден аммиак түзілу белсенділігінің төмендеуіне әкеледі, иондандырылған аммоний түріне көшу нәтижесінде оның қанға сіңуі төмендейді.

Лактулозаны алкогольдік, дәрілік және ас қорыту жолдарының және гепатобилиарлық жүйенің басқа да зақымдануларының алдын алу және емдеу үшін қолдану мүмкіндіктері анықталып отыр. Зерттеу нәтижелері лактулоза концентраттарын тамақ өнеркәсібінің әртүрлі салаларында, әсіресе нәрестелер мен геродиетикалық тамақтану өндірісінде қолдануға кеңес береді [7]. Мұның мәні – сүт өнімдерінің ақуыз-көмірсулардың қалдықтары табиғи және ашытылған сусындарды, биологиялық белсенді заттардың концентраттарын, микробтық синтез өнімдерін және органикалық қосылыстардың биотрансформациясын өндіру үшін шикізат ретінде пайдаланылуы керек.

Осыған сәйкес әртүрлі сапалық деңгейдегі сүт шикізаты негізінде бифидогендік концентраттарды байытудың технологиялық әдістері мен тәсілдерін әзірлеу міндеті қойылып отыр. Осы тапсырманы орындау үшін сарысулық концентраттарды сүт ақуыздарымен байыту әдістері талданып, соның негізінде эксперименттік зерттеулер үшін екі әдіс таңдалды:

- біріншісі - табиғи майсыз сүтті табиғи сүт сарысуына енгізу, содан кейін қоспаны изомеризациялау;

- екіншісі - қоюландырылған майсыз сүтті бұрын изомеризациялаудан өткен концентрацияланған сарысуға енгізу.

Лактозаның концентрацияланған сарысуы мен майсыз сүттің қоспаларында изомеризациясын зерттеу нәтижелерін салыстырмалы талдау бифидогенді концентраттар технологиясына қатысты бірінші әдістің тиімдірек, сонымен қатар құрғақ концентраттың жоғары органолептикалық сипаттамалары мен функционалдық қасиеттерін ұсынуға мүмкіндік берді [8].

**Альбумин сүзбесі.** Сарысудан альбуминді сүзбе дайындау жоғарыда айтылғандай альбумин қоюын шығару арқылы жүреді. Алайда алынған қоюлық 25-30°C дейін салқындатылып, таза стрептокок пен ацидофил бацилласының 3% мөлшерінде ашытылады. Ашытылған масса бүйірлерінде саңылаулары бар металл формаларға, дуршлагқа немесе тығыз, таза қапқа салынады. Құрамында формасы бар және үстіне материалмен жабылған өнім 12-14 сағат бойы салқындатылады, сонда одан сарысу шығады [9]. Жүктеме 1 кг сүзбе үшін 2-3 кг мөлшерінде алынады. Құрамында ақуыздары бар альбуминді сүзбе балалар тағамы үшін ұсынылады. Одан ірімшіктен жасалған түрлі өнімдер дайындалады.

**Альбуминді сүзбеден жасалған ірімшік.** Ірімшік ет тартқыштан өткізіліп, оған ірімшік қант, мейіз, какао, кэмпиттер, джем, цукат, тосап және т.б. қосылады. Ірімшікке май, кілегей немесе қаймақ қосып, майлы сүзбе массасы алынады. Қосылған толтырғышқа байланысты өнім тиісінше аталады: аз майлы альбумин немесе майлы тәтті ірімшіктер; шоколад альбуминді ірімшіктер; қантты жемістер, мейіз, цукат, тосап, джем және т.б. қосылған альбуминді ірімшіктер.

**Ацидофильді паста.** Ацидофильді паста дайындау үшін бастапқы өнімдер келесі пропорциялармен алынады: сығымдалған альбумин сүзбесінің 40 бөлігі, ацидофильді ашытқының 45 бөлігі және қанттың 15 бөлігі. Бұл өнімдер мұқият араластырылып, 200 г банкаларға салынады. Паста құрамында ақуыз және ацидофил көп болатындықтан, ол шақалақ балаларды және тәбеті нашар науқастарды тамақтандыру үшін қолданылады.

Майсыз сүт пен альбумин массасынан құрт алу үшін қалыпты немесе майсыздандырылған сүт 80-85°C температурада пастерленеді, 32-34°C температураға дейін салқындатылады және мезофильді сүт стрептококктары мен болгар бациллалардың таза дақылдарында дайындалған ашытқы дақылымен ашытылады. Ашытқы ашытылған сүттің массасына қатысты 5% мөлшерінде қосылады. Сүт қышқылдығы 15-16° дейін болады. Қоюланған масса 45-50°C температураға дейін қыздырылады және 20-30 минут ұсталады, содан кейін қоюланған масса 30°T дейін салқындатылады. Ваннаға арналған штуцер арқылы босатылған сарысу алынып, қоюланған масса сүзгі шүберекпен жабылған пресс үстелге қойылады. Содан кейін қоюланған масса басылады. Тұзды құртты дайындау үшін сығымдалған массаға тұз қосылады, құрт әртүрлі сипаттағы пішіндерге (шар, торлар, тақтайшалар, сегменттер және т.б.) салынады, салмағы 20-60 г болады.

Ақуыздық альбумин массасы ірімшік өндіруден қалған ірімшік сарысуынан жасалады. Жаңа сарысуды 35-40°C температурада бөліп, майсыздандырады және коагуляция үшін контейнерге жібереді. Коагуляция қышқыл жолмен жүзеге асырылады, яғни 95°C температураға дейін қыздырылған бұрын дайындалған қышқыл сарысуда қышқылдандырылады. Ақуыздар коагуляцияланғаннан кейін, ірімшік сарысуы лавсан арқылы сүзіледі. Дайын қоюланған масса пресстің үстіне қойылып, басылады. Құрт сүт өндірісіндегідей қалыпқа келеді.

Сарысудан алынған өнімдерді тиімді пайдалану өнеркәсіптік өңдеу сияқты маңызға ие емес. Өкінішке орай, бұл мәселеге өңдеушілер, тұтынушылар мен инвесторлар тарапынан жеткілікті көңіл бөлінбейді. Біздің қолымыздағы ақпаратты жалпылау және практикалық тәжірибені жүйелі талдау көрсеткендей, сарысуды өңдеу мен пайдалану проблемаларын тиімді жолмен шешуге болады, бұл экономикалық жағынан үнемді, ал экологиялық тұрғыдан қажет болып табылады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Храмов, А.Г. Промышленная переработка вторичного молочного сырья [Текст] / А.Г. Храмов, Б.В. Василисин. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 100 с.
2. Храмов, А.Г. Технология продуктов из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки [Текст]: учебное пособие / А.Г. Храмов, П.Г. Нестеренко. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2003. – 112 с.
3. Храмов, А.Г. Экспертиза вторичного молочного сырья и получаемых из него продуктов [Текст]: методические указания. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 120 с.
4. Рябцева, С.А. Технология лактулозы [Текст]: учебное пособие / С.А. Рябцева. – М.: ДеЛи принт, 2003. – 232 с.
5. Фиалков, А.Н. Теоретические и экспериментальные исследования в целях комплексного решения проблемы рационального использования составных частей молока [Текст] / А.Н. Фиалков // Автореферат. дисс... докт. техн. наук. – М., 1974. – 39 с.
6. Босов, В.М. Технология производства сухого сывороточного концентрата (ССК) на корм скоту [Текст] / В.М. Босов, Н.М. Жилин, П.Г. Нестеренко, В.Д. Казьмина. Инф. листок №321-76 Ставроп. ЦНТИ, 1976. – 4 с.
7. Жилин, Н.М. Технология производства жидкого сывороточного концентрата (ЖСК) на корм скоту [Текст] / Н.М. Жилин, В.М. Босов, П.Г. Нестеренко, В.М. Москаленко, Б.И. Волосевич. Инф. листок №506-76 Ставроп. ЦНТИ, 2002. – 2 с.
8. Нестеренко, П.Г. Комплексное использование промежуточных продуктов производства молочного сахара на кормовые концентраты [Текст] / П.Г. Нестеренко, А.Г. Храмов, Б.В. Василисин, Т.К. Ширяева, Н.М. Жилин [и др.] // Труды ВНИИМСП. – Вып.26. 2002. С. 63 - 69.

Материал редакцияға 15.11.19 түсті.

**А.Т. Тунгатарова, Г.С. Боранкулова, Б.Ш. Ералиева**

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

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОАГУЛИРОВАНИЯ АЛЬБУМИНОВОЙ МАССЫ В ПРОЦЕССЕ ЗАКВАСКИ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА

Изучены технология производства альбуминных продуктов, качественный состав сыворотки и готового продукта, исследованы физико-химические и микробиологические показатели. Установлено, что альбумин молочный целесообразно производить из подсырной сыворотки, так как она имеет невысокую титруемую кислотность, а готовый продукт отличается высоким качеством. Промышленная переработка молока в сыр на принципах безотходной технологии является важным резервом снижения расхода сырья и повышения эффективности производства.

**Ключевые слова:** альбумин, сыворотка, альбуминный мусс, обезжиренное молоко, кислотность, сыр, пищевые продукты.

**A.T. Tungatarova, G.S. Borankulova, B.Sh. Eralieva**

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

## STUDIES OF COAGULATION OF ALBUMIN MASS IN THE PROCESS OF FERMENTATION OF SKIMMED MILK

The production technology of albumin products, the qualitative composition of whey and the finished product were studied, the physicochemical and microbiological parameters were studied. It was found that milk albumin is advisable to produce from raw whey since it has low titratable acidity and the finished product is of high quality. The industrial processing of milk into cheese based on the principles of non-waste technology is an important reserve for reducing the consumption of raw materials and increasing production efficiency.

**Keywords:** Albumin, whey, albumin mousse, skimmed milk, acidity, cheese, food.

ӘОЖ 664. 07

**А.Т. Киябаева<sup>1</sup>, С.А. Муратов<sup>2</sup>, Н.О. Оңғарбаева<sup>3</sup>, Н.Қ. Жаппарова**

*<sup>1</sup>Докторант PhD, <sup>2</sup>Магистрант, <sup>3</sup>Техн. ғылымдары д-ры, профессор,*

*<sup>4</sup>Магистр, оқытушы*

*Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы*

*Электрондық пошта: <sup>1</sup>[aizhan.kiyabaeva@yandex.ru](mailto:aizhan.kiyabaeva@yandex.ru), <sup>2</sup>[Sanat\\_10.95.kz@mail.ru](mailto:Sanat_10.95.kz@mail.ru),*

*<sup>3</sup>[o.nurlaim@mail.ru](mailto:o.nurlaim@mail.ru), <sup>4</sup>[Nurgul20021993@mail.ru](mailto:Nurgul20021993@mail.ru)*

## ҚАЗАҚСТАНДЫҚ СЕЛЕКЦИЯСЫНЫҢ ТРИТИКАЛЕ ДӘНІНІҢ БИОХИМИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Мақалада егіншілік және өсімдік шаруашылығы ҚазҒЗИ-да өсірілген күздік «Қожа» сұрыпты тритикале астығының өзіне тән ерекшеліктері, биохимиялық қасиеттері қарастырылды. Тритикале астық дақылдарын тамақтандыруда пайдалану қажеттілігі анықталып, негізделді. Мақалада тритикале дәнінің зерттелетін

үлгілерінің химиялық қасиеттерінің көрсеткіштері берілген. Корреляция коэффициенті  $r \pm 0,4$  құрады.

**Тірек сөздер:** белоктар, ақуыз-көмірсулар және липидті кешендер, қоректік құндылық, тритикале, сапа көрсеткіштері.

**Кіріспе.** Тамақ өнімдерінің сапасын, тағамдық құндылығын және тұтыну қадір-қасиетін анықтаудың негізі химиялық құрам болып табылады. Өнімдегі заттардың биохимиялық және физикалық-химиялық қасиеттеріне олардың қоректілігі мен сапасының аса маңызды көрсеткіштері: сіңімділігі, энергетикалық және биологиялық құндылығы, дәмі, иісі, түсі, консистенциясы, сақтауға жарамдылығы, сондай-ақ технологиялық қасиеттері тәуелді.

Тритикале дәнінің тағамдық қадір-қасиетін анықтау үшін ақуыз-көмірсулар және липидті комплексті сипаттайтын көрсеткіштер маңызды.

Ақуыздар - кез-келген тірі жасушаның құрамына кіретін маңызды заттар. Олардың астықтағы құрамы мен қасиеттері астықты қайта өңдеу өнімдерінің технологиялық және тағамдық қадір-қасиетін анықтайды. Астық тұқымдарының дәндерінде қарапайым ақуыздар бар, ұрықтың ақуыздарында нуклеин қышқылымен байланысты күрделі ақуыздар да болады. Қарапайым ақуыздар олардың ерігіштігі бойынша альбуминдерге, глобулиндерге, проламиндер мен глютелиндерге бөлінеді.

Альбуминдер - тазартылған суда еритін ақуыздар. Ерітінділерді 70-80°C дейін қыздыру кезінде альбуминдер оралады (коагуляциялайды). Бидай мен қара бидайда альбуминдер аз (0,3-0,5%), олар қарақұмық және әртүрлі бұршақты дақылдардың тұқымдарында көп.

Глобулиндер - бейтарап тұздардың әлсіз (3-5%) ерітінділерінде еритін ақуыздар.

Кез-келген өнімнің тағамдық құндылығын есепке алу кезінде ақуыздың жалпы құрамын ғана емес, сонымен қатар оның сапалық құрамын, яғни ақуыздағы алмастырылмайтын аминқышқылдарының құрамын ескеру қажет. Негізгі тағамдық заттар мен энергияға тәуліктік қажеттілік әртүрлі топтарға арналған тағамдық заттар мен энергияға физиологиялық қажеттілік нормаларына сәйкес анықталады [1].

Ақуыздар (протеиндер) амин қышқылдарының қалдықтарынан тұратын жоғары молекулалы табиғи қосылыстар; ағзаның өмірі, өсуі және дамуы мүмкін емес өмірлік қажетті заттарға жатады.

Ақуыз жетіспеушілігі ағзаға ерекше қауіп төндіретіні белгілі. Атап айтқанда, рациондағы ақуыздың ұсынылатын нормалардың 3% дейін азаюы ферменттер өндірісінің бұзылуын және тиісінше маңызды қоректік заттардың сіңірілуін тудырады. Ақуыз жетіспеген кезде кейбір дәрумендердің, пайдалы майлардың, көптеген микроэлементтердің сіңуі нашарлайды. Гормондар ақуыз құрылымдары болғандықтан, ақуыз жетіспеушілігі елеулі гормоналды бұзылуларға әкелуі мүмкін.

Азық-түлік өнімі ретінде тритикалені пайдалану тамақ индустриясының қайта өңдеу салалары үшін қызықты келешегі зор бағыт болып табылады. Бұл зерттеушілердің де, тамақ өнімдерін өндірушілердің де осы өнімге деген қызығушылығының артуымен расталады. Тритикаленің биопотенциалы толық бағаланбаған және аз зерттелген. Бұл жағдайда тритикале дән дақылдарын құрамында ақуыз бар шикізат ретінде пайдалану өзекті болып табылады [2].

**Жұмыстың мақсаты** осы дақылдың тағамдық құндылығын, сондай-ақ оның технологиялық қасиеттерін жалпы бағалауда маңызды рөл атқаратын тритикале дәнінің күздік сортының биохимиялық көрсеткіштерін анықтау болып табылады. Оның технологиялық қасиеттері, биохимиялық құрамы, сорттық ерекшеліктері, соңғы уақытта белсенді зерттелетін дайын өнімнің белгілі бір құрамы мен қасиеттері бар жаңа түрлерін алу технологиясын әзірлеуге мүмкіндік береді.

**Зерттеу әдістері.** Зерттелетін астық үлгілеріне физикалық-химиялық талдау қазіргі заманғы құрал-жабдықтардың көмегімен қолданыстағы МЕМСТ-қа сәйкес жүргізілді: инфраскан көмегімен астықтағы ылғалдың салмақтық үлесі; дәннің күлділігі; дәндегі ақуыз құрамы; шикі дән маңызының салмақтық үлесі мен сапасы анықталды; май мөлшері - шырын бойынша анықталды.

**Нәтижелер және талқылау.** Тритикале дәнінде басқа да дәнді дақылдарда сияқты, ақуызда жиі жетіспейтін маңызды, алмастырылмайтын лизин аминқышқылдары бар. Лизиннің құрамы бойынша тритикале бидайдан айтарлықтай асып түседі, оның астығында ақуыздың жалпы санының 3% жуығы бар.

Кез-келген дәнді дақылдардың көмірсулар кешеніне крахмал, клетчатка, қант кіреді. Көмірсулар табиғатта өте кең таралған, өсімдіктерде олардың үлесі құрғақ затқа 85% дейін жетеді. Олар тірі ағзалар үшін негізгі энергия көзі болып табылады, сондай-ақ астықты қайта өңдеудің технологиялық процестерінде маңызды рөл атқарады. Мысалы, қант пен крахмал нан пісіру үшін қажет. Қант - қамыр ашытқы үшін қоректік орта. Крахмал қамырдың құрылымын, сондай-ақ нанның сапасын анықтайды. Клетчатка адам ағзасымен сіңірілмейді, бірақ тамақтандыруда маңызды рөл атқарады, себебі ағзадан ауыр металл иондарын шығарады және ас қорыту процесіне көмектеседі. Моносахаридтерден пентоздар мен гексоздар бар. Әсіресе астық қабықтарында пентоз көп. Гексоздан глюкоза мен фруктоза бөлінеі. Моносахаридтер өсірілген және жетілмеген дәнде көп. Дисахаридтерден сахароз және мальтоз бар, сонымен қатар, трисахарид раффиноза да кездеседі.

Полисахаридтер - крахмал, клетчатка, шырыш және гемицеллюлоздар дәннің маңызды бөлігі. Әсіресе, дәндердің эндоспермасында крахмал көп. Крахмалдың нан пісіруде маңызы зор.

Клетчатка астық қабығының негізгі химиялық заты болып табылады. Ол өсімдіктердің жасушалық қабырғаларының құрамына кіріп, өсімдіктердің механикалық беріктігін береді. Пленкалы дақылдардың дәнінде көп кездеседі. Мәселен, сұлы талшығы 9,5-10,2%, тары 8% дейін клетчаткадан тұрады. Ал бидай мен қара бидайда ол тек 1,5-2,0% ғана болады.

Сақтау және қайта өңдеу кезінде болатын көптеген биологиялық процестер, сондай-ақ астықтың қоректік құндылығы көбінесе липидті кешеннің ерекшеліктеріне байланысты. Белгілі болғандай, липидтер энергетикалық, функционалдық және құрылымдық рөл атқарады. Тритикале липидтерінде линол қышқылының жоғары мөлшері анықталды, онда оның биологиялық құндылығы жоғары деп айтуға болады. Дәнде біркелкі емес бөлінген майлы заттардың салыстырмалы аз мөлшері бар – ең көп мөлшері алейрон қабатының жасушаларында, сондай-ақ ұрық тіндерінде, эндоспермада майдың мөлшері 1% аспайды.



Майлар - глицериннің үш атомды спиртiнiң және жоғары молекулалы май қышқылдарының күрделi эфирлерi (глицеридтер) [3,4]. Көп жағдайда бөлме температурасында астық дәндерiнiң майлары сұйық денелердi құрайды; оларда күтпеген май қышқылдарының көп мөлшерi бар. Ақуыз сияқты, майлар ашытқылар үшiн қоректену көзi бола алмайды, себебi олар органикалық жасуша арқылы диффундирлеуге қабiлеттi емес, бiрақ олар бардқа өтедi, бұл оның азықтық құндылығын арттырады. Майдың пайыздық мөлшерi бойынша жүгерi бардасы бағалы саналады.

Майлардан бөлек астық дәндерiнен басқа қасиеттерi бойынша майға жақын фосфатидтер деп аталатын заттар бар. Олар сондай-ақ глицеридтер, яғни глицерин мен май қышқылдарының күрделi эфирлерi болып табылады, бiрақ майлардан ерекшеленедi. Астық дәнiндегi күлдiң құрамы 3% дейiн жетедi, бұл ретте астықтың бiр түрi үшiн ол топырақтың сипатына, климатқа және енгiзiлген тыңайтқыштарға байланысты қатты ауытқиды. Әк тұздары аз мөлшерде негiзiнен дәннiң қабығында болады. Фосфор, күкiрт және магний мен темiрдiң бөлiктерi органикалық қосылыстар түрiнде дәнде кездеседi. Күкiрт цистин амин қышқылдары түрiндегi барлық қарапайым ақуыздардың құрамына кiредi.

Фосфор нуклеопротеидтер мен фосфатидтер, инозитфосфор қышқылы (фитин), гексозо- және триозофосфор, глицеринфосфор қышқылы құрамына кiредi. Магний хлорофилл молекуласының ядросында бар. Темiр органикалық кешендердiң құрылысы бойынша гематоидтер түрiнде орналасқан.

Кейбiр элементтер иондар түрiнде кездеседi, сонымен қатар, жоғарыда аталғандардан басқа, дәндерде басқа да бiрқатар элементтер анықталды: Al, B, Mn, Zn, Ni, Fe, Cu, Vg және басқалары аз мөлшерде.

Шикiзаттағы және онымен қантталатын массаға енгiзiлетiн тұздардың мөлшерi ашытқыларды қоректендiру үшiн жеткiлiктi болып табылады және нан дәнiн спиртке қайта өңдеу кезiнде ашытқылар үшiн минералды қоректендiрудi қосу қажет емес [4,5].

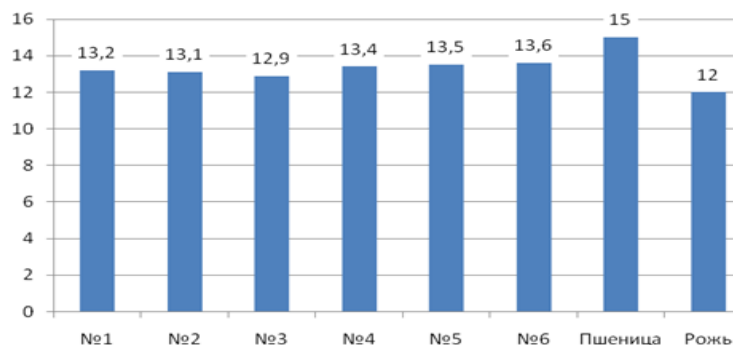
Ақуыз-көмiрсулар және липидтi астық кешенiн сипаттайтын көрсеткiштердiң маңыздылығына сүйене отырып тритикале сыналатын дән үлгiлерiнiң ақуыз, крахмал, қант, клетчаткалар, май, күлдi көрсеткiштерiн зерттеу бойынша зертханалық эксперименттер жүргiздiк. Алынған нәтижелер 1-кестеде келтiрiлген.

Кесте 1

Тритикале дәнiнiң зерттелетiн үлгiлерiнiң химиялық құрамы

№ үлгi	Құрамы, % (ҚЗ шаққанда)					
	ақуыз	крахмал	қант	клетчатка	май	күл
№1	13,2	65,3	2,8	2,8	1,8	1,94
№2	13,1	63,8	2,9	2,1	1,7	2,28
№3	12,9	59,7	2,9	3,1	1,8	2,13
№4	13,4	62,8	2,5	3,0	1,7	2,00
№5	13,5	58,0	2,7	2,7	2,0	2,31
№6	13,6	63,5	2,9	2,8	1,7	1,99
Бидай	15	2,0	1,9	70,1	3,2	1,9
Қара бидай	12	2,3	6,5	59,5	2,4	1,8

Ақуыздың құрамы бойынша ең құнды №5 және №6 үлгi болып табылады, онда ақуыздың құрамы тиiсiнше 13,5 және 13,6% құрайды.



Сурет 1. Зерттеуге алынған үлгілер дәніндегі ақуыздың құрамы

Зертханалық жағдайларда қазақстандық селекционерлер шығарған «Қожа» тритикале күздік сортының зерттеу үшін алынған үлгілері сапасының бастапқы көрсеткіштері анықталды (2-кесте).

Кесте 2

Тритикале зерттелетін астық үлгілері сапасының бастапқы көрсеткіштері

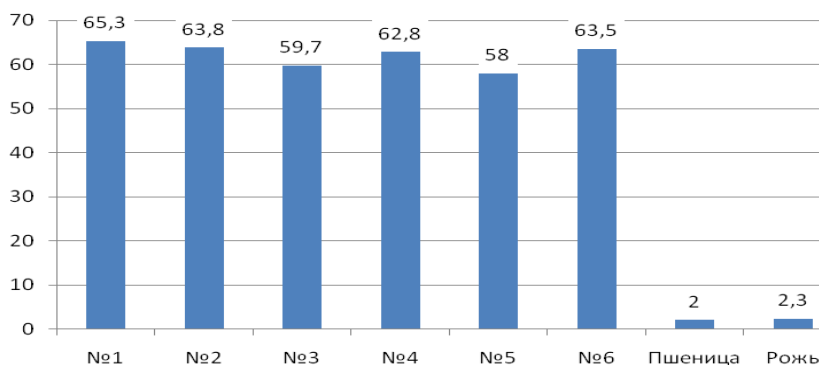
№ үлгі	1000 дәнің салмағы, г	Натура, г/л	Жалпы шынылық, %	Ылғалдылық, %	Шөп-шалаң мөлшері, % арамшөп/ дақылды
№1	39,9	690	46	13,4	0,52/1,21
№2	38,5	680	45	13,3	0,71/1,30
№3	36,4	671	38	13,4	0,63/1,10
№4	34,9	684	27	12,9	0,64/0,92
№5	38,3	702	46	14,0	0,73/1,31
№6	39,1	686	29	13,4	0,65/1,22
№7	33,8	661	33	13,6	0,56/1,34

Кесте деректерінен көрініп тұрғандай, ылғалдылығы мен ластануы бойынша барлық үлгілер құрғақ және таза, ылғалдылығы бойынша 12,9-14,0% шегінде және тиісінше арамшөпті және дәнді қоспалардың құрамы бойынша ауытқыған. Үлгілердің зақымдануы анықталған жоқ. Ылғалдылығы бойынша №1-№6 астық үлгілерінің физикалық қасиеттері зерттелді (2-кесте), бұл астықтың химиялық құрамын зерттеумен бірге практикалық маңызы бар қолданбалы есептерді шешуге мүмкіндік береді. Мәселен, астық мөлшерін анықтайтын көрсеткіштер бойынша астықтағы эндосперм құрамы туралы жанама түрде айтуға болады, бұл дайын өнімнің шығуын болжау үшін маңызды. Дәнің геометриялық өлшемдері де сепарациялау процестерін модельдеуге, ұсақтайтын, қабыршақтайтын және т.б. машиналардың режимдік параметрлерін таңдауға мүмкіндік береді. Эндоспермге тән ерекшеліктерін анықтайтын көрсеткіштер бойынша, мысалы, шынылық, гидротермиялық өңдеу параметрлерін таңдауға, ұн технологиясының бастапқы кезеңінің аралық өнімдерінің шығуын болжауға, сондай-ақ технологиялық процесс жүйесінің санын және т.б. анықтауға болады.

Алынған нәтижелер 1-3-суреттерде көрсетілген. Мысалы, 1000 дән массасы 39,9 г және тығыздығы 1,31 г/см<sup>3</sup>, шынылығы 46%, №1 астық үлгісі

ақуыздың жоғары болуымен (13,2%) ерекшеленді. Белоктың ең төменгі мәні – 12,9%, 1000 дән массасы 36,4 г көрсеткішпен №3 үлгі сипатталды. Ал екінші үлгіде ақуыз 13,1% құрады, 1000 дәннің массасы – 38,5 г. Барлық зерттелетін үлгілер талдауынан астықтың бастапқы физикалық белгілері дәндегі ақуыздың құрамына әсер ететіндігін байқауға болады.

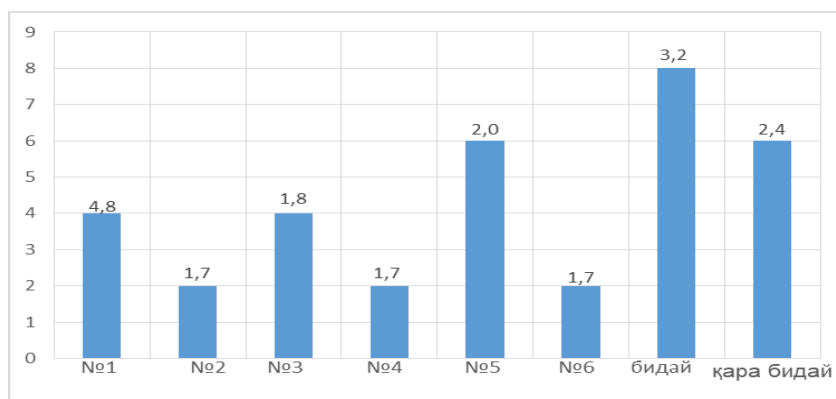
Осындай көрініс тритикале дәніндегі крахмалдың мөлшері бойынша да байқалады. №1 үлгідегі астық эндоспермасында крахмал құрамы 65,3% жетті. Ал №3 үлгісінде 59,7% ғана болды. 2-суретте зерттелетін үлгілердің дәніндегі крахмалдың құрамы көрсетілген.



Сурет 2. Зерттеуге алынған үлгілер дәніндегі крахмалдың құрамы

Көмірсулар кешенінде астықтың өз қантына ерекше көңіл бөлінеді. Олардың тритикаледағы құрамы бидайдан екі есе жоғары.

Майдың құрамы 1,7-1,8% құрайды. №1 және №3 астық үлгілерінде май құрамы құрғақ затқа 1,8%, №2, №4, №6 үлгілерде осы көрсеткіш 1,7% құрады. Майдың ең көп мөлшері №5 үлгіде 2,0% құрайды. Қара бидайдың құрамында 2,4%, ал бидайдың құрамында май мөлшері салыстырмалы ең көп 3,2% құрады.



Сурет 3. Зерттеуге алынған үлгілер дәніндегі май мөлшері

Күлділік астық сапасының маңызды көрсеткіші болып табылады және ол астықтың сұрыптық ерекшеліктер мен өсу жағдайларына байланысты. Күлділік эндоспермнен қабықшаларды бөлу дәрежесін бақылау және ұн сапасын бағалау үшін үлкен маңызға ие. Зерттелетін үлгілерде оның құрамы 1,94-2,31% - дан артық болды, яғни барлық үлгілердің күлділігі жоғары.

Азық-түлік сапасы бойынша бидай желемше деп аталатын едәуір дәрежеде өзіндік белоктық заттармен сипатталады. Адамдар бидай нанын дайындауды үйренген кезден бастап, су қосып бидай ұнын илегенде байланысқан және серпімді қамыр пайда болатыны белгілі болған. Ұнның нан пісіру қасиеттері неғұрлым сапалы болса, астық сұрыбы соғұрлым жоғары есептеледі.

Ұндағы дән сағыздылық мөлшері, егер оның салмақтық үлесі (шикі күйінде) 28%-ға жеткен болса, жоғары деп саналады. Дәндегі дән сағыздылығы құрамы негізінен сортқа және оны өсіру жағдайларына байланысты. Дәндегі желім температурасының төмендеуі жағдайында аз жиналады. Таңқаларлық жайт, бірақ бұрынғы кездерде (50-70 жыл бұрын) бидай дәніндегі дән желемшесінің құрамы қазіргі уақытқа қарағанда жоғары болған [5].

Дән желемшесінің сапасын жуылған күйде анықтайды. Жақсы шикі желемшеде тығыз және созылатын өлшемде жеткілікті байланыс болуы керек. Егер желемше тым тығыз (күшті) және аз созылатын немесе керісінше тым әлсіз және күшті созылатын болса, онда мұндай желемше сынақ барысында газ көпіршіктерімен толтырылған жоғары кеуекті көлемді қаңқаны құра алмайды. Осылайша, жоғары сапалы жабысқақ жақсы икемділік, орташа созылу қабілеті және орташа серпімділік көрсеткіштері болуы тиіс. Зерттелетін үлгілердің дән желемшесінің саны мен сапасын анықтау кезінде дәндегі дән желемшесінің саны бойынша бірінші үлгі 17,4%-ға, сапасы бойынша II топқа тең болғаны анықталды. Үшінші үлгіде желімшені жуу мүмкін емес. Талданатын тритикале үлгілерінің сағыздығы 3-кестеде келтірілген.

### Кесте 3

Ақуыз сапасы шикі дән желемше серпімділігін өлшей алатын ИДК 1 а

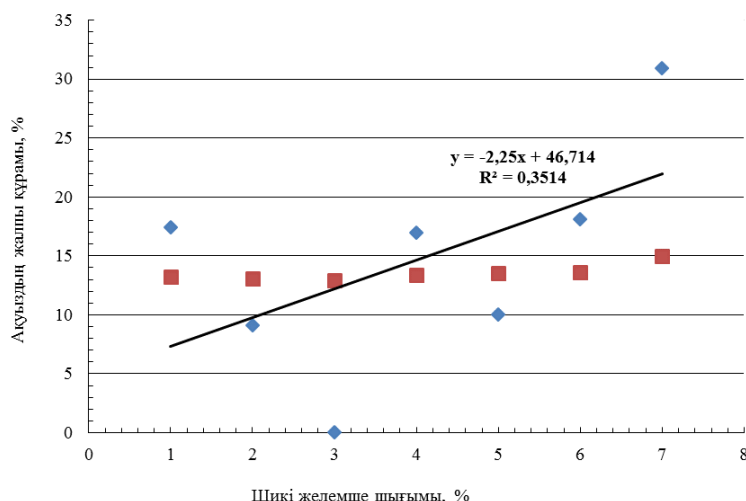
№ үлгі	Желемше құрамы, %			Сапа тобы	Созылғыштығы, см	Гидратациялық қабілеті, %
	шикі	құрғақ	ИДК, құрал бірлігі.			
№1	17,4	5,2	90	Қанағ. әлсіз.	13	262
№2	9,1	2,3	82	Қанағ. әлсіз.	11	243
№3	Стандартты әдіспен жуу нәтижесіз болды					
№4	17,0	4,6	96	Қанағ. әлсіз.	15	270
№5	10,0	3,1	82	Қанағ. әлсіз.	7	222
№6	18,1	4,8	91	Қанағ. әлсіз.	13	277
Бидай	30,9	10,7	94	Қанағ. әлсіз.	17	189

Тритикаледе алынған деректер бойынша шикі дән желемшенің саны бидайға қарағанда төмен. Бұл ерекшелікті тритикале бидайға қарағанда пентозандардың көп мөлшерін қамтитындығымен түсіндіруге болады, бұл сәйкесінше жуу процесін қиындатады.

Тритикале желемшесінің реологиялық ерекшеліктері бидаймен салыстырғанда оның аз созылуын тудырады.

Зерттелетін сорттардың гидратациялық қабілеті 222-ден 277% - ға дейін жетті, бұл бидайға қарағанда орташа жоғары шама.

Шикі желемшенің шығуы мен ақуыздың құрамы арасында корреляциялық тәуелділік анықталды. Корреляция коэффициенті 0,4 құрады (4-сурет).



Сурет 4. Тритикале дәніндегі ақуыздың жалпы құрамынан шикі желемше шығуының корреляциялық өрісі

Зерттелетін үлгілердің тритикале дәнінің бірқатар құнды технологиялық қасиеттері бар екендігі анықталды.

Зерттелетін астық үлгілеріндегі көрсеткіштердің кейбір вариациясы байқалады. Алайда, бұл тербелістердің ауқымы аз екені анықталды. Бұл осы сапалық сипаттамалардың үлкен дәрежеде сорттың ерекшелігімен айқындалатынын болжайды.

Жоғарыда баяндалғаннан кейін келесі қорытынды жасауға болады:

1) Ақуыз құрамы бойынша тритикале дәні бидай дәнінен асып түседі, өйткені бидай ақуызына қарағанда, алмастырылмайтын аминқышқылдарының құрамы бойынша тритикале ақуызы неғұрлым толық және жақсы сіңеді;

2) Тритикале дәнінің жоғары тағамдық құндылығы бар, бұл нан-тоқаш өнімдерін өндіру үшін негізгі шикізат ретінде пайдалану перспективалары туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді;

3) Құрамындағы май мөлшері бойынша сақтау мерзімін жақсартуға және ұзартуға мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Онгарбаева, Н. Исследование распределения амилолитических ферментов в зерне ржи [Текст] / Н. Онгарбаева, К. Елеукунова, Н. Батырбаева, Ж. Нургожина // Новости науки Казахстана. – 2018. – №3 (137). – С.191-198.
2. Жанабаева, К.К. Исследование гранулометрического состава и качества муки из тритикалы казахстанской селекции [Текст] / К.К. Жанабаева, О.Н. Онгарбаева, Л.В. Рукшан // Вестник МГУП. – 2018. – №2(25). – С.65-70

3. Жанабаева, К.К. Оптимальные режимы холодного кондиционирования зерна тритикале озимых сортов Казахстана [Текст] / К.К. Жанабаева, Н.Т. Онгарбаева, Л.В. Рукшан [и др.] // Механика и технологии. – 2018. – №3 (61). – С.94-100.
4. Жанабаева, К.К. Крупобразующая способность зерна тритикале казахстанской селекции [Текст] / К.К. Жанабаева, Н.Т. Онгарбаева, Л.В. Рукшан [и др.] // Механика и технологии. – 2018. – №3 (61). – С.101-104.
5. Жанабаева, К. Физико-химические характеристики зерна тритикале, производимые в Казахстане [Текст] / К. Жанабаева, Н. Онгарбаева, Ж.К. Нургожина, Я.И. Ерошенко // Материалы МНПК «Дулатовские чтения-2015». – Тараз: Тараз университеті, 2015.

*Материал редакцияға 21.10.19 түсті.*

**А.Т. Киябаева, С.А. Муратов, Н.О. Онгарбаева, К.Н. Жаппарова**

*Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан*

#### **ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ КАЗАХСТАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ**

В статье рассмотрены характерные особенности биохимических свойств озимого сорта «Кожа» зерна тритикале, выращенных в сортоучастках КазНИИ земледелия и растениеводства. Выявлена и обоснована необходимость использования в питании зерновой культуры тритикале. В статье представлены показатели химических свойств, исследуемых образцов зерна тритикале. Выявлена корреляционная зависимость между выходом сырой клейковины и содержанием белка. Коэффициент корреляции составил  $r \pm 0,4$ .

**Ключевые слова:** белки, белково- углеводный и липидный комплексы, питательная ценность, тритикале, показатели качества.

**A.T. Kiyabaeva, S.A. Muratov, N.O. Ongarbaeva, K.N. Zhapparova**

*Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan*

#### **FEATURES OF THE BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE TRITICAL GRAIN OF THE KAZAKHSTAN SELECTION**

The article considers the characteristic features of the biochemical properties of the winter variety "Kozha" of triticale grain grown in the cultivar stations of the Kazakh research Institute of farming and crop production. The necessity of using triticale in the nutrition of grain crops has been identified and justified. The article presents indicators of chemical properties of the studied samples of triticale grains. A correlation between the yield of crude gluten and protein content was revealed. The correlation coefficient was  $r \pm 0.4$ .

**Keywords:** proteins, protein - carbohydrate and lipid complexes, nutritional value, triticale, quality indicators.

УДК 664.6

Т.К. Мукашева<sup>1</sup>, Г.К. Есеева<sup>2</sup>, И.И. Гайдай<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Канд. с.-х. наук, доцент, <sup>2</sup>Канд. с.-х. наук, асс. профессор  
Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова,  
г. Костанай, Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>[1tarbiie@mail.ru](mailto:1tarbiie@mail.ru), <sup>2</sup>[gainia@mail.ru](mailto:gainia@mail.ru), <sup>2\*</sup>[iig28@mail.ru](mailto:iig28@mail.ru)

## СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Статья посвящена изучению состава композитных смесей из пшеничной муки, льняной муки и муки из тыквенных семечек и их использованию при производстве хлебобулочных изделий. По результатам экспериментальных исследований определены рецептуры хлебобулочных изделий из льняной муки и муки из тыквенных семечек, установлены основные режимы технологического процесса. Показано, что активные компоненты льняной муки и муки из тыквенных семечек могут использоваться с целью повышения пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий и придания им лечебно-профилактических свойств, замены части пшеничной муки льняной мукой и мукой из тыквенных семечек.

**Ключевые слова:** льняная мука, мука из тыквенных семечек, пшеничная мука, семена льна, рецептура.

При всем многообразии пищевых продуктов, употребляемых населением Казахстана, лишь продукты на основе зерновых культур постоянно присутствуют во всех пищевых рационах. Хлеб – главный их представитель. Хлеб и хлебобулочные изделия обладают уникальным свойством не приедаться, служат источниками энергии, углеводов, пищевых волокон, белков, витаминов.

Основным сырьем для производства хлебобулочных изделий является мука из масличных культур.

Результатом исследования является повышение пищевой и биологической ценности хлебобулочных изделий и придание им лечебно-профилактических свойств, замены части пшеничной муки льняной мукой и мукой из тыквенных семечек.

Указанный результат достигается тем, что способ производства хлебобулочных изделий предусматривает замес теста опарным или безопарным способом из пшеничной муки, льняной муки в количестве 20-30%, муки из тыквенных семечек в количестве 20-30% от общей массы муки, воды, соли, дрожжей и других рецептурных компонентов, брожение теста, его разделку, расстойку и выпечку. Перед посадкой в печь тестовые заготовки обсыпают семенами льна.

Количество льняной муки 20-30% и муки из тыквенных семечек 20-30% от общего количества муки, получено экспериментальным путем с учетом вкусовых качеств, внешнего вида готовых хлебобулочных изделий и с точки зрения решения поставленной задачи - разработки продукта для лечебно-профилактического питания с повышенным содержанием белка и полиненасыщенных жирных кислот.

20-30% льняной муки и 20-30% муки из тыквенных семечек от общего количества муки в рецептуре приготовления теста - достаточное количество,

чтобы решить поставленную задачу получения хлебобулочных изделий, содержащих высокое количество белка и полиненасыщенных кислот. В связи с этим их можно отнести к группе продуктов для лечебно-профилактического питания.

Льняная мука – ценный продукт питания, получаемый вследствие переработки семян льна (лат. *Linum*), травянистого растения семейства Льновые, необычайно полезного растения. Муку из льна получают путем перемалывания и очистки льняного семени, а полученное сырье затем обезжиривают и высушивают.

Обезжиривание является важным этапом в процессе приготовления муки, поэтому мука и измельченное льняное семя – это совершенно разные продукты. В муке полностью отсутствует такой компонент льняного семени, как жирное масло, которое при всех своих полезных свойствах склонно быстро портиться. Поэтому льняная мука и продукты из нее пригодны для длительного хранения.

Химический состав льняной муки делает ее для организма весьма полезным продуктом, пригодным не только для питания, но также в качестве лечебного или косметического средства. Польза льняной муки в том, что в ней содержится много растительного белка, богатого аминокислотами, в том числе и незаменимыми.

По количеству аминокислот белок льняной муки вполне сопоставим с белками сои. Количество белка доходит до 50% от общей массы продукта. Около 30% приходится на клетчатку и пищевые волокна.

В состав льняной муки входит множество витаминов группы В, в том числе тиамин и рибофлавин, полиненасыщенные жирные кислоты, биофлавоноиды и фитоэстрогены. Из множества микро- и макроэлементов стоит отметить существенное количество магния, калия и цинка. За счет высокого содержания лигнинов льняная мука является хорошим антиоксидантом.

Льняная мука повышает устойчивость хлеба к очерствению, благодаря бактерицидным ее свойствам.

Свои полезные свойства тыквенная мука унаследовала от тыквенных семечек, из которых она и производится.

Продукт богат витаминами С, А, К, В<sub>3</sub> и фолиевой кислотой (витамин В<sub>9</sub>). Минеральный профиль тыквенной муки включает калий и марганец, магний и фосфор, железо и кальций, медь, селен и цинк [1].

Порошок из семян тыквы – ценный источник омега-3 полиненасыщенных жирных кислот (в частности, альфа-линоленовой кислоты или АЛК), полезные свойства которых общеизвестны [2].

Способ приготовления осуществляют следующим образом. Приготовление теста осуществляют опарным или безопарным способом из пшеничной муки, льняной муки и муки из тыквенных семечек, а также воды, дрожжей, соли, жирового компонента с введением других рецептурных компонентов. Причем льняную муку берут в количестве 20-30%, муку из тыквенных семечек в 20-30% от общего количества муки, предусмотренного рецептурой, а в качестве рецептурных компонентов используют сахар-песок, жировой компонент - масло растительное, затем тесто подвергают брожению, разделке на тестовые заготовки, заготовки направляют на расстойку и выпечку. Перед расстойкой тестовые заготовки обсыпают семенами льна.

*Пример 1.* Тесто готовили безопарным способом. В дежу



тестомесильной машины засыпали 50 кг пшеничной муки, 20 кг льняной муки, 30 кг муки из тыквенных семечек, 6 кг дрожжей, 1,5 кг соли, 15 кг сахара, 1,5 кг растительного масла, воду по расчету. Замешивали тесто 7 мин, затем его оставляли на брожение в течение 1 часа. Готовое выброженное тесто направляли на разделку, делили тесто на заготовки весом 0,15 кг, придавали заготовкам круглую форму, и раскладывали на предварительно смазанный растительным маслом лист. Листы с заготовками помещали в расстоечный шкаф, окончание расстойки определяли по увеличению объема заготовки. Расстоявшиеся заготовки аккуратно надрезали, смазывали и посыпали семенами льна, затем выпекали [3].

*Пример 2.* Тесто готовили опарным способом. В дежу тестомесильной машины засыпали 50 кг пшеничной муки, 30 кг льняной муки, 20 кг муки из тыквенных семечек, 6 кг дрожжей, воду по расчету, замешивали опару. Затем опару оставляли на брожение в течение 3,5 ч. В готовую опару засыпали 1,5 кг соли, 2 кг сахара и замешивали тесто 7 мин, затем тесто оставляли на брожение в течение 1 часа. Готовое выброженное тесто направляли на разделку, делили тесто на заготовки весом 0,4 кг, придавая заготовкам круглую форму. После чего раскладывали на предварительно смазанные формы. Формы с заготовками помещали в расстоечный шкаф, окончание расстойки определяли по увеличению объема заготовки, затем выпекали [4].

Результаты исследований представлены в таблицах 1 и 2. Готовые хлебобулочные изделия, способ получения которых описан в примере 1, имеют тонкую корочку, пористую структуру, приятный хлебный запах и вкус, по внешнему виду незначительно отличаются цветом: от бледно-коричневого до темно-коричневого. Сохраняют свои пищевые свойства в течение 5 суток.

Результаты дегустационной оценки качества полученных изделий представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оценка качества полученных изделий

Показатель качества	Коэф- фициент весомости	Дозировка льняной муки и муки из тыквенных семечек %					
		2,0	4,0	6,0	0,8	8,0	10,0
		Численное значение уровней качества					
Внешний вид: а) форма; б) состояние поверхности.	0,5 0,5	5	5	5	5	5	5
Окраска корки	0,3	5	5	5	5	5	4
Характер пористости (крупность и равномерность пор, толщина стенок пор)	0,4	3	4	4	4	4	3
Физико-химические свойства мякиша (сопротивление мякиша нажиму пальцев рук)	0,5	5	5	5	5	5	5
Цвет мякиша	0,3	3	3	3	2	2	2
Запах	0,8	5	5	5	5	5	4
Вкус	0,8	5	5	5	5	5	4
Разжевываемость	0,4	4	4	5	5	5	5
Общая оценка, баллы	-	18,2	18,6	19,0	18,7	18,7	15,9

Количество набранных по соответствующей шкале баллов позволило определить категорию качества для дегустируемых изделий. В результате качество контрольного образца и хлеба с 2,0-8,0% льняной муки характеризовали как отличное по 20 - балльной шкале; хлеба с 10,0% льняной муки - как удовлетворительное. Результаты определения физико-химических показателей качества хлебобулочных изделий с добавлением льняной муки и муки из тыквенных семечек приведены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий с добавлением льняной муки и муки из тыквенных семечек

Показатели качества	Количество льняной муки и муки из тыквенных семечек, %					
	(контроль)	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
Влажность, %	43,0	43,0	44,0	44,5	45,0	45,5
Кислотность, °Н	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
Пористость, %	75,0	72,0	70,0	68,0	68,0	63,0
Удельный объем, см <sup>3</sup> /г	3,2	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5
Формоустойчивость, Н/Д	0,53	0,52	0,49	0,48	0,45	0,43

Превосходство питательной ценности хлебобулочных изделий с добавлением льняной муки и муки из тыквенных семечек над изделиями из одной пшеничной муки очевидно.

Предлагаемый способ производства хлебобулочных изделий позволяет получить пищевой продукт без химических добавок с высоким содержанием белка, полиненасыщенных жирных кислот и минеральных веществ, приятного вкуса, пористой структуры. Кроме того, технология его приготовления проста и не требует больших затрат энергии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зубцов, В.А. Биологические и физико-химические основы использования льняной муки для разработки хлебобулочных изделий [Текст] / В.А. Зубцов, И.Э. Миневиц // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2011. – № 3. – С. 10-13.
2. Кучерявенко, И.М. О возможности использования тыквенной массы при производстве сдобных хлебобулочных изделий [Текст] / И.М. Кучерявенко, О.Л. Вершинина, Е.С. Милованова // Пищевые технологии и биотехнологии: Сб. тез. докл. IX Межд. конф. молодых ученых. – Казань, 2008. – С. 50-54.
3. Мукашева, Т.К. Технология выпечки хлеба для лиц, страдающих сахарным диабетом [Текст] / Т.К. Мукашева, Е. Радько // Актуальные проблемы современной науки: Материалы мультидисциплинарной науч.- практ. конф. / Под ред. проф. Насретдинова И.Т. – Казань: Печать-сервис XXI век, 2016. – С. 62-65.
4. Мукашева, Т.К. Определение показателей качества хлеба [Текст] // Т.К. Мукашева, А. Абакаров // Материалы студ. междунар. науч.- практ. конф. Наука и технологии: День глобальных вызовов XXI века. – Костанай: КИНЭУ, 2017. – С. 141-143.

Материал поступил в редакцию 11.11.19.

**Т.Қ. Мұқашева, Ғ.Қ. Есеева, И.И. Гайдай**

*М. Дулатов атындағы Қостанай инженерлік-экономикалық университеті,  
Қостанай қ., Қазақстан*

### **ЕМДІК-ПРОФИЛАКТИКАЛЫҚ МАҚСАТТАҒЫ НАН-ТОҚАШ ӨНІМДЕРІН ӨНДІРУ ТӘСІЛІ**

Мақала бидай ұнынан, зығыр ұнынан және асқабақ дәнінен алынған ұннан жасалған композиттік қоспалардың құрамын зерттеуге және оларды нан-тоқаш өнімдерін өндіруде пайдалануға арналған. Тәжірибелік зерттеу нәтижелері бойынша зығыр ұнынан нан-тоқаш өнімдерінің және асқабақ дәндерінен ұнның рецептуралары анықталды, технологиялық процестің негізгі режимдері белгіленді. Зығыр ұны мен асқабақ дәндерінен жасалған ұнның белсенді компоненттері нан-тоқаш өнімдерінің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыру және оларға емдік-алдын алу қасиеттерін беру, бидай ұнының бір бөлігін зығыр ұнымен және асқабақ дәндерінен жасалған ұнмен ауыстыру мақсатында пайдаланылуы мүмкін.

**Тірек сөздер:** зығыр ұны, асқабақ тұқымынан жасалған ұн, бидай ұны, зығыр тұқымы, рецептура.

**T.K. Mukasheva, G.K. Eseeva, I.I. Gayday**

*Kostanay Engineering and Economic University named after M. Dulatov,  
Kostanay, Kazakhstan*

### **METHOD FOR PRODUCING BAKERY PRODUCTS FOR THERAPEUTIC AND PROPHYLACTIC USE**

The article is devoted to the study of the composition of composite mixtures of wheat flour, flax flour and pumpkin seeds flour and their use in the production of bakery products. According to the results of experimental studies, the formulations of bakery products from flax flour and flour from pumpkin seeds were determined, the main modes of the technological process were established. It is shown that the active components of flax flour and flour from pumpkin seeds can be used to increase the nutritional and biological value of bakery products and give them therapeutic and prophylactic properties, replacing part of the wheat flour with flax flour and flour from pumpkin seeds.

**Keywords:** flax flour, pumpkin seed flour, wheat flour, flax seeds, recipe.

## Технологии текстильной и легкой промышленности

ӘОЖ 677.053.001:621

**М.Ш. Шардарбек<sup>1</sup>, Р.Т. Қауымбаев<sup>2</sup>, Ф.Р. Ташмухамедов<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент, <sup>2</sup>PhD доктор, <sup>3</sup>Аға оқытушы  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

### ТІЗІП-ОРАУ ТІКІРШІГІНІҢ РАДИУСЫ БОЙЫНША НЕГІЗ ЖІПТЕРДІҢ ОРАУ ТЫҒЫЗДЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

Жұмыста негіз жіптерінің нақты ұзындығын және ораманың ағымдағы радиусын анықтау үшін СП типті машинаның метражды есептегіші қолданылды, ал ораманың ағымдағы радиусын анықтау үшін құрылғы жасалды. Алынған мәліметтер нәтижесінде тізіп-орау тіккіршігінің радиусы бойынша негіз жіптері орамының тығыздығының өзгеру графигі тұрғызылды.

**Тірек сөздер:** орау тығыздығы, тізіп-орау тіккіршігі, тоқу, иіру, иірімжіп, радиус, механизм, тізіп-орау білікшесі.

Бір жіптік орамадан көп жіптік орамаға негізгі жіптерді ораудан кейінгі тоқудың барлық технологиялық процестері үшін, жіптерді тізіп орау кезіндегі созылу тұрақтылығының және тізіп орау тығыздығының маңызы зор.

Тоқу кезіндегі негізгі жіптердің үзілуіне және тоқу станоктарының өнімділігіне әсер ететін негізгі факторлардың бірі [1] орамаға негізгі жіптерді орау тығыздығы болып табылатыны белгілі.

Тоқыма орамаларында оралған жіптердің оңтайлы тығыздығына қатысты мәселелер [2-5] жұмыстарында зерттелгенімен, авторлар қарама-қайшы нәтижелерге келген. [6] жұмыста мақта-мата иірімжіп орамасының оңтайлы тығыздығының 15,4 текс және 5,8 текс×2-ден 0,44 г/см<sup>3</sup>-ден 0,36 г/см<sup>3</sup>-ге дейінгі төмендеуі байқалады. Олар өз қорытындыларын жоғары тығыздықтағы негізгі жіптердің үзілуінің төмендеуі туралы деректермен растайды.

Біздің көзқарасымызша, орамадағы негізгі жіптердің тығыздығын зерттеу кезінде иірімжіптің физикалық-механикалық қасиеттерін және тоқу процесіндегі негізгі жіптердің үзілуінің болуын анықтау керек, яғни негізгі жіптерді орау машинасында орамаларды қалыптастыру кезінде қабаттан қабатқа орау тығыздығының, содан кейін өндірістік жағдайларда шлихталау машиналарында осы негізгі жіптер орамаларының қалай бөлінетіндігін анықтау қажет.

Келтірілген жұмыстарда [2-5], орама тығыздығы алдымен тоқыма орамасындағы иірімжіптің көлемін өлшеу арқылы және сосын оны өлшеу жолымен анықталған, анықтау кезінде қолданылған тоқыма орамасы жұмыс машинасынан алынған. Мұндай тәсіл негізгі жіптерді орауға арналған СП типті партионды машиналар үшін жарамсыз, негізгі жіптер оралған ораманың

тығыздығын жұмыс машинасынан тізу білікшесін алмай эксперименталды жолмен анықтау қажет.

Ол үшін Н.К. Бисярианың төмендегі формуласын қолданамыз [1]:

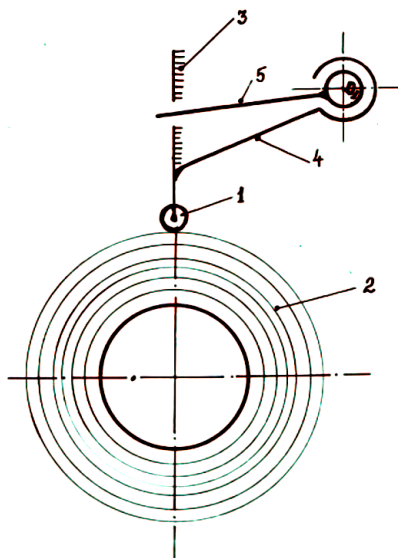
$$\gamma = C \frac{L}{R^2 - R_0^2}, \quad (1)$$

мұндағы:  $\gamma$  - бастапқы орамадан соңғы орамаға дейін тұрақты ұстап тұрылуы қажет негізгі жіптер орамасының тығыздығы;  $L$  - орама білікшесіндегі негізгі жіптердің ұзындығы;  $R$  - ағымдағы ораманың радиусы;  $R_0$  - орама білікшесіндегі оқпанның радиусы;  $C$  - тұрақты коэффициент;  $C = \frac{Z_H T}{\pi H 10^3}$ ;  $Z_H$  - оралатын негізгі жіптер саны;  $T$  - жіптердің қалыңдығы, текс;  $H$  - орама білікшесінің фланецтерін отырғызу шамасы.

Жоғарыда келтірілген формуланы (1) негізгі жіптерді орауға арналған СП типті тізіп орау машинасында орау кезінде негізгі жіптер орамасының тығыздығын есептеу үшін қолданамыз.

Демек, ораманың тығыздығын анықтау үшін негіз жіптерінің нақты ұзындығын және ораманың ағымдағы радиусын бір мезгілде өлшеу қажет.

Осы мақсатта біз жұмыста негізгі жіптердің ұзындығын анықтау үшін СП типті машинаның ұзындықты (метраж) есептеуішін пайдаландық, ал ораманың ағымдағы радиусын анықтау үшін 1-суретте көрсетілген құрылғы жасалды. Қондырғы негізгі жіптерді орау білікшесін 2 ораманың бетінен жанасатын жылжымалы шуп 1 болып табылады. Шупта 1 қозғалыссыз шкала 3 орнатылған, онда орама радиусының мәніне сәйкес келетін бөлу белгілері салынған. Шуп 1 шкаламен 3 және тартқышпен 4 бірге қозғалмайтын  $O_1$  нүктесі айналасында қозғалады.  $O_1$  осіне қозғалыссыз қалыптағы көрсеткіш 5 орнатылған.



Сурет 1. Градуирленген шкалалы орама диаметрін көрсету қондырғысының сұлбасы

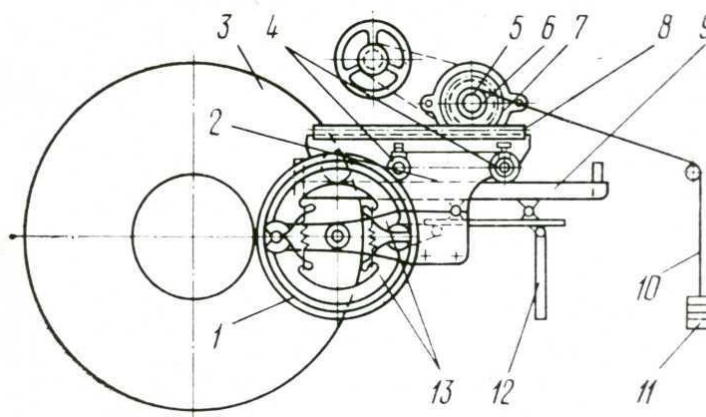
Негізгі жіптер орамасының диаметрі ұлғайған кезде шұп шкаламен бірге жоғары көтеріледі және қозғалмайтын көрсеткіш тіректік білікшедегі ораманың ағымдағы радиусын көрсетеді.

Жоғарыда келтірілгендерден мынадай қорытынды шығаруға болады, яғни негізгі жіптерді орау білікшесінде ораманың тұрақты тығыздығын сақтау үшін, төмендегі шартты қамтамасыз ету қажет:

$$\frac{L}{R^2 - R_0^2} = const \cdot \quad (2)$$

Негізгі жіптерді орауға арналған СП-180 типті барабансыз партионды машинасының орау механизмінің жұмысын қарастырайық және қолданыстағы конструкцияда жоғарыдағы шарттың (2) қаншалықты қамтамасыз етілетінін анықтаймыз.

Негізгі жіптерді орауға арналған СП-180 типті машинада орамды тығыздау үшін 2-суретке сәйкес, мойынтіректерде айналатын оське бекітілген арнайы айналдырып-орау білігі 1 орнатылған. Бұл біліктің жұмыс бөлігі оське бекітілген қағазды-бакелиттік құбыр болып табылады. Білікше корпусының ішінде машинаны қосу кезінде тежеу үшін қалыптық тежегіштер орнатылған. Айналдырып-орау білігі 1 жылжымалы қареткада 2 орнатылған, ол негізгі жіптер білігі орамасының диаметрі 3 ұлғайған кезде роликтер 4 арқылы көлденең бағытта жылжиды және бағыттаушы рельстер 9 бойынша сырғанады.



Сурет 2. Айналдырып-орау білікшесінің сұлбасы

Айналдырып-орау білікшесіндегі ирімжіптерді негізгі жіптерді орау білікшесінің орамына орау жүк 11 арқылы орындалады, ол тізбек 10 арқылы блокпен 6 байланысқан білікке 5 бекітілген. Осы білікке тістегершік 7 бекітілген, ол қаретканың 2 тістегершікті рейкасына 8 бекітіліп тұрады.

Бұл құрылғының кемшілігі орама диаметрінің ұлғаюына қарай негізгі жіптерді орау білікшесіндегі ораманың тұрақты тығыздығын қамтамасыз етудің мүмкін еместігі болып табылады, өйткені негізгі жіптерді орау және айналдырып-орау білікшелері арасындағы қысу күші өзгермейді, яғни тұрақты, ал бұл негізгі жіптерді орау білікшелері орамасының диаметрінің ұлғаюымен өзгереді: басында орама максимальды болса, ал соңында минимальды болады, нәтижесінде сызықтық түрде өзгереді, бұл негізгі

жіптерді орау білікшелерінде иірімжіп орамасының тұрақты тығыздығын қамтамасыз етпейді.

$D_{e(\min)} = 0,29$  м және  $D_{e(\max)} = 0,6$  м арасында жатқан  $D_e$  әртүрлі мәндері үшін есептеуді орындай отырып, біз мынадай нәтижені алдық, яғни 25 текс×2 иірімжібі үшін СП-180 машинасында  $\gamma$  ораманың тығыздығы негізгі жіптерді орау және айналдырып-орау білікшелерінің тұрақты қысу күші  $Q=820$  Н кезінде оралатын жіптер саны  $Z_H=440$  тең (1-кесте).

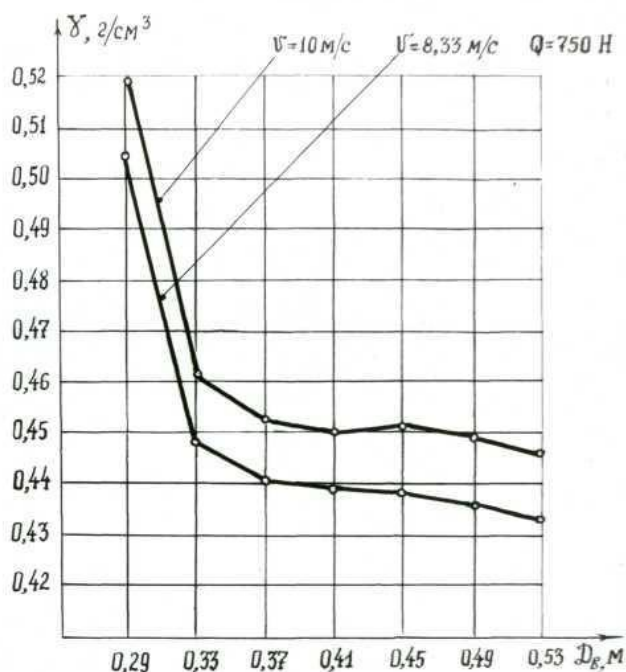
Кесте 1

Автореттегішсіз негізгі жіптер орамасының тығыздығы

Орама диаметрі	Қысу күші $Q, \text{Н}$	Орама тығыздығы $\gamma, \text{гс/см}^3$	
		$v = 10 \text{ м/с}$	$v = 8,33 \text{ м/с}$
0,29	750	0,52	0,507
0,33		0,464	0,448
0,37		0,452	0,44
0,41		0,45	0,439
0,45		0,451	0,436
0,49		0,448	0,435
0,53		0,445	0,432

1-кестеде келтірілген нәтижелердің негізінде орама тығыздығының өзгеру графигі тұрғызылды (3-сурет). Демек, бұл (2) шарт орындалмайды деген сөз.

Жоғарыда келтірілген (2) шарттың орындалуы үшін СП типті негізгі жіптерді орау машинасының орама білікшесіне жіптердің оралу тығыздығын реттеу қажет.



Сурет 3. Орама тығыздығының өзгеру графигі

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бисярина, К.Н. Аналитическое и экспериментальное определение изменения плотности намотки при формировании ткацкого навоя на шлихтовальной машине [Текст] / К.Н.Бисярина // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. - 1965. - №4. - С.75-80.
2. Рудаев, Я.И. К вопросу определения некоторых переменных инерционных параметров сновальной паковки при размотке на стойке шлихтовальной машины [Текст] / Я.И. Рудаев, А.К. Джаманкулов // Современные проблемы механики сплошных сред. – Бишкек: Институт геомеханики и освоения недр НАН КР, выпуск 10, - 2009. - С.51-54.
3. Джаманкулов, А.К. Обрывность основных нитей на ткацких станках типа СТБ [Текст] / А.К. Джаманкулов // Научный журнал «Индустрия дизайна и технологий». – 2009. - №2. - С.30-32.
4. Джаманкулов, А.К. Динамика разматывания идеального рулона сновальной паковки [Текст] / А.К.Джаманкулов // Сборник трудов «Инновационные технологии товаров народного потребления, качество и безопасность». Международная научно-практическая конференция. - Алматы, 17-18 июня 2010. -С.186-187.
5. Джаманкулов, А.К. Кинематика сновальной паковки при размотке [Текст] / А.К. Джаманкулов // Сборник трудов «Инновационные технологии товаров народного потребления, качество и безопасность». Международная научно-практическая конференция. - Алматы, 17-18 июня 2010. -С191-193.
6. Джаманкулов, К.Д. Система регулирования натяжения нитей основы на стойках шлихтовальных машин [Текст]: монография / К.Д. Джаманкулов, А.К. Джаманкулов. - Бишкек: КРСУ, 2010. - С.110.

*Материал редакцияга 11.11.19 түсті.*

**М.Ш. Шардарбек, Р.Т. Кауымбаев, Ф.Р. Ташмухамедов**

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ НАМОТКИ НИТЕЙ ОСНОВЫ  
ПО РАДИУСУ СНОВАЛЬНОЙ ПАКОВКИ**

Представлены результаты изучения работы счетчика метража машины типа СП для определения фактической длины нитей основы и текущего радиуса намотки. Описан принцип работы изготовленного приспособления для определения текущего радиуса намотки. По полученным данным построен график изменения плотности намотки нитей основы по радиусу сновальной паковки.

**Ключевые слова:** плотность намотки, сновальная паковка, пряжа, ткачество, прядение, радиус, механизм, сновальный валик.

**M.Sh. Shardarbek, R.T. Kauymbaev, F.R. Tashmukhamedov**

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

**RESEARCH OF DENSITY OF WINDING OF THREADS OF A BASIS ON  
RADIUS OF WARPING PACKING**



To determine the actual length of the warp threads and the current winding radius, a meter meter of the SP type machine was used, and a device was manufactured to determine the current winding radius. As a result of the obtained data, a graph of the change in the density of the winding of the warp threads along the radius of the warp packing is constructed.

**Keywords:** winding density, warp packing, yarn, weaving, spinning, radius, mechanism, warp roller.

ӘОЖ 677.072.33

**М.Ш. Шардарбек<sup>1</sup>, Р.Т. Қауымбаев<sup>2</sup>, Ф.Р. Ташмухамедов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент, <sup>2</sup>PhD доктор, <sup>3</sup>Аға оқытушы  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан

### ШИРАТЫЛҒАН КАМВОЛЬДІК ИІРІМЖІПТІҢ ҚАТТЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ

Жұмыста шикізаттық құрамдары әртүрлі (таза жүнді, жартылай жүнді және таза химиялық) 31 текс жекелеген камволь иірімжібінің қаттылығын анықтау үшін айналмалы динамометр әдісі қолданылды және ширату кезінде жекелеген камвольдік иірімжіптің қаттылығын бағалау әдістемесі нақтыланды. Алғаш рет қоспалардың жаңа жіктмесіне сәйкес, иірімжіптің теориялық беріктігін есептеуге арналған, қоспалық құрамдары әртүрлі камвольды иірімжіптерді ширату кезіндегі қаттылықтың есептік мәндері алынды.

**Тірек сөздер:** камвольды иірімжіп, полиакрилонитрильді талшық, беріктік, ширату маятнігі, иірімжіп қаттылығы.

Құрастырылған аналитикалық әдісті пайдалана отырып, ширатылған камвольды иірімжіптің беріктілігін теориялық тұрғыдан есептеу үшін, үш түрлі қоспалы 31текс×2 иірімжіп құрамы таңдап алынды (1-кесте): 1-нұсқа – таза жүнді иірімжіп, оны өндіру үшін 64<sup>к</sup>Іүз., сор. (M21Імз) - 100% меринос жүні пайдаланылды; 2-нұсқа – жартылай жүнді иірімжіп, оны өндіру үшін 64<sup>к</sup>Іүз., сор. (M21Імз) - 50% меринос жүні пайдаланылды; 3-нұсқа – таза химиялық иірімжіп, оны өндіру үшін 100% полиакрилонитрильді талшық пайдаланылды. Ширатылған камвольды иірімжіптің (31текс×2 ширатылуы 200 кр/м) екіншілік ширату бұрышы  $\alpha=0,139$  рад (7,96°) құрайды.

Кесте 1

Жекелеген және ширатылған камвольды иірімжіптер қоспаларының құрамы

№	Қоспа компоненттері	Салмағы бойынша компоненттердің үлестік құрамы
1	Меринос жүні 64 <sup>к</sup> Іүз., сор.(M21Імз)	1
2	Меринос жүні 64 <sup>к</sup> Іүз., сор.(M21Імз)	0,5
3	Полиакрилонитриль талшығы	0,5
4	Полиакрилонитриль талшығы	1

Профессорлар В.П. Щербаков [1] және Н.С. Скуланова [3] құрастырған аналитикалық теорияны және [1-4] мақалаларда ары қарай дамытылған әдістемелерді пайдалана отырып, алынған формула бойынша ширатылған иірімжіптің теориялық беріктігін анықтаймыз [1,2]:

$$R_k = 2 \left( \frac{T}{\cos \alpha} - \frac{q_0 R}{\cos \alpha} \right) \quad (1)$$

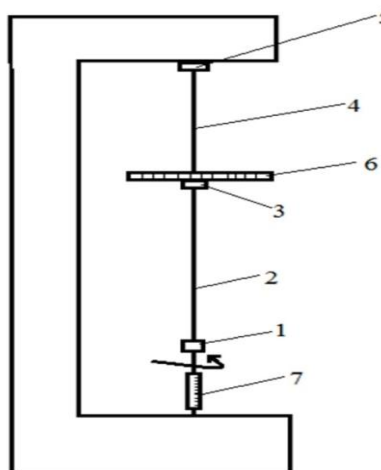
мұндағы:  $T$  - жекелеген иірімжіптің беріктігі, сН;  $q_0$  - байланыс жүктемесі, сН/мм;  $R$  - әрбір екі жіптің қима радиусы;  $\alpha$  - бұралған иірімжіптің бұратылу бұрышы.

Теориялық есептеулер үшін байланыс жүктемесін ( $q_0$ ) [1,2], анықтау қажет, ол жіптер арасында пайда болады:

$$q_0 = \frac{P_k \sin^2 \alpha}{4R \cos \alpha} + B \frac{\sin^2 \alpha}{2R^3} \quad (2)$$

Шикізаттық құрамдары әртүрлі ширатылған камвольдік иірімжіптің беріктігін есептеу үшін 31 текс×2 және контактілік жүктемені есептеу үшін әр нұсқа үшін (В) бұрау кезіндегі қатаңдықты эксперименталды жолмен анықтау қажет [1].

Жұмыста ММТУ-дың ТММТ кафедрасында доцент О.Ю.Дмитриев және инженер А.А.Козлов құрастырған ширату маятнигі (1-сурет) қолданылды. Иірімжіптің қаттылығын анықтау әдісі 31 текс камвольды иірімжіптің тепе-теңдік моментін эталондық элементтің айналмалы моментімен салыстыруға негізделген. 31 текс камвольдік иірімжіп екі қысқыштың арасына салынып бекітіледі. Жоғарғы қысқыш - өлшегіш, сезімтал элементтің төменгі жағына бекітілген. Қысқыш арқылы түсетін айналым саны есептегішпен есептеледі. Төменгі қысқыш жетектен қажетті бағытта айналады. Сезімтал элементтің бұралу бұрышы шкала көмегімен белгіленеді [1,3].



Сурет 1. Айналмалы динамометр сұлбасы

Аспап қысқыштан 1 тұрады, ол жетектен белгілі бір жылдамдықпен айналу күшін алады. Бұл қысқышқа сыналатын жіптің төменгі ұшы 2 бекітіледі, жіптің жоғарғы ұшы келесі қысқышпен 3 байланысқан, ол өз кезегінде сезімтал элементтің 4 төменгі ұшына бекітілген. Сезімтал элементтің жоғарғы ұшы қозғалыссыз 5 етіп бекітілген. Жіптің жүктемелік керілуі төменгі қысқыш жүйесінің салмағымен

анықталады. Аспаптың жұмысы кезінде камвольдік иірімжіп айналмалы 1 қысқышпен бұралады. Иірімжіпте жоғары қысқыш 3 арқылы сезімтал элементке әсер ететін серпімді айналмалы момент пайда болады, осы арқылы оны айналуға мәжбүрлейді. Аспапта сезімтал элементтің бұрылу бұрышын көрсететін көрсеткіш және датчик бар.

Сезімтал элемент ретінде торсионды серіппенің рөлін атқаратын болат сым қолданылды. Сымның бұралу кезіндегі қаттылықтың есептік мәні материалдар кедергісінің формуласы бойынша анықталады [1].

$$B_{ch} = G_{ch} I_{pch} \quad (3)$$

мұндағы  $G_{ch}$  - болат үшін  $8100 \text{ кгс/мм}^2$  тең сым материалының (сезімтал элементтің) жылжу модулі [2];  $I_{pch}$  -  $d$  диаметрілік сым қимасы инерциясының полярлық моменті, ол мынаған тең

$$I_{pch} = \frac{\pi d^4}{32} \quad (4)$$

Сонымен  $B_{ch} = 4,97 \text{ сН}\cdot\text{мм}^2$  аламыз.

31 текс камвольды иірімжіпті сынау келесі тәртіппен жүргізілді. Иірімжіп арақашықтығы  $L_y = 510 \text{ мм}$  болатын жоғарғы және төменгі қысқыштарда бекітілді. Бұл ретте төменгі қысқышқа алдын-ала ең аз созылу жасайтын салмақ қойылады, ол иірімжіпті түзетеді. Жетекті қосқаннан кейін, айналмалы төменгі қысқыш қосымша бұрауларды жасайды. Болат сымдардың сезімтал элементінің айналу моментінің  $M_{ch} = B_{ch} \frac{\varphi_{ch}}{L_{ch}}$  және 31 текс камвольды иірімжіптің моментінің

$M_y = B_y \frac{2\pi n}{L_y}$  теңдігі жағдайында иірімжіптің бұралу кезіндегі қаттылығын

есептедік, бұдан ары қарай осының нәтижесінде алынған моменттерді теңестіреміз:

$$M_{ch} = M_y$$

$$B_c \frac{\varphi_{ch}}{L_{ch}} = B_y \frac{2\pi n}{L_y},$$

$$B_y = B_c \frac{\varphi_{ch}}{L_{ch}} \frac{L_y}{2\pi n} \quad (5)$$

мұндағы  $B_y$  - иірімжіптің бұралу кезіндегі қаттылығы,  $\text{сН}\cdot\text{мм}^2$ ;  $\varphi_{ch}$  - сезімтал элементті бұралу бұрышы, рад.;  $L_{ch}$  - сезімтал элементтің (болат сым) ұзындығы,  $475 \text{ мм}$ ;  $L_y$  - қысылатын иірімжіптің ұзындығы,  $510 \text{ мм}$ ;  $n$  - иірімжіп бұралатын айналымдар саны.

Таңдалған құрамдары таза жүнді иірімжіптерден, жартылай таза жүнді иірімжіптерден және таза химиялық иірімжіптерден өндірілген 31 текс иірімжіптерді сынау кезінде алынған мәліметтер 2-ші және 3-кестелерде келтірілген.

Кесте 2

Айналмалы динамометрде иірімжіпті сынау кезінде алынған мәліметер

Көрсеткіш	Таза жүнді иірімжіп (64 <sup>к</sup> Үз., сор. (М21Імз) меринос жүні), 31 текс		Жартылай жүнді иірімжіп (64 <sup>к</sup> Үз., сор. (М21Імз) меринос жүні- 50%, полиакрилонитрил талшығы – 50%), 31 текс		Таза химиялық иірімжіп (полиакрилонитрил талшығы), 31 текс	
	Иірімжіпті орайтын айналым саны, $n$	Сезімтал элементтің оралу бұрышы, $\varphi_{ch}$ , рад	Иірімжіпті орайтын айналым саны, $n$	Сезімтал элементтің оралу бұрышы, $\varphi_{ch}$ , рад	Иірімжіпті орайтын айналым саны, $n$	Сезімтал элементтің оралу бұрышы, $\varphi_{ch}$ , рад
Орташа мәні	5	0,258	5	0,295	5	0,723
Кепілдемелік қатесі, %	3,7		3,4		3,8	

Кесте 3

Жекелеген иірімжіптің сипаттамасы

Параметр	Таза жүнді камвольды иірімжіп, 31 текс	Жартылай жүнді камвольды иірімжіп, 31 текс	Таза химиялық камвольды иірімжіп, пряжа 31 текс
Беріктігі $T$ , сН	169,3	247,9	445,8
Айналу кезіндегі қаттылығы $B$ , сН/мм <sup>2</sup>	0,042	0,047	0,112
Контактылы күш $a_0$ , сН/мм	15,057	22,644	40,929

Жұмыста таңдап алынған иірімжіптер қоспаларының үш нұсқалары (1-кесте) үшін, жекелеген камвольды иірімжіптерді ширатып орау кезіндегі қаттылықтарын анықтағаннан кейін, контактылы күшті анықтау арқылы ширатылған камвольды иірімжіптердің беріктіліктерін теориялық тұрғыдан табуға болады.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Щербаков В.П. Теоретические основы и экспериментальное определение жесткости нити при кручении и изгибе [Текст] / В.П. Щербаков, Н.С. Скуланова, О.Ю. Дмитриев, И.Б. Цыганов, Е.Р. Попова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. – №6. – С.166-171.
2. Щербаков, В.П. Теория и расчет силовых факторов определяющих равновесную структуру крученой нити [Текст] / В.П. Щербаков, Н.С. Скуланова, О.Ю. Дмитриев, И.Б. Цыганов, Е.Р. Попова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – №1. – С.156-161.
3. Скуланова Н.С. Теоретические расчеты прочности и методика определения жесткости скрученной пряжи при кручении [Текст] / Н.С.Скуланова, Е.Р.Попова // Химические волокна. – 2013. – №2. – С.41-44.

4. Скуланова Н.С. Проектирование прочности камвольной пряжи с вложением полиакрилонитрильных волокон [Текст] / Н.С.Скуланова, Е.Р.Попова, А.О.Артиков // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – №1. – С.51-54.

*Материал редакцияга 11.11.19 түсті.*

**М.Ш. Шардарбек, Р.Т. Кауымбаев, Ф.Р. Ташмухамедов**

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

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ СКРУЧЕННОЙ КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ**

Для определения жесткости одиночной камвольной пряжи 31 текс различных сырьевых составов (чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической) применен метод крутильного динамометра и уточнена методика оценки жесткости одиночной камвольной пряжи при кручении. Впервые получены расчетные значения жесткости при кручении камвольной пряжи различных смесовых составов для расчета теоретической прочности пряжи по новой классификации смесей.

**Ключевые слова:** камвольная пряжа, полиакрилонитрильное волокно, прочность, крутильный маятник, жесткость пряжи.

**M.Sh. Shardarbek, R.T. Kauymbaev, F.R. Tashmukhamedov**

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

#### **DETERMINATION OF THE STIFFNESS OF TWISTED WORSTED YARN**

To determine the stiffness of a single worsted yarn 31 tex of different raw materials (pure wool, wool blend and pure chemical), the method of torsional dynamometer was applied and the method of evaluating the stiffness of a single worsted yarn during torsion was refined. For the first time the calculated values of the torsional stiffness of worsted yarn of different mixed compositions were obtained to calculate the theoretical strength of the yarn according to the new classification of mixtures.

**Keywords:** worsted yarn, polyacrylonitrile fiber, strength, torsional pendulum, yarn stiffness.

УДК 687.02:004.94

С.Ж. Асанова<sup>1</sup>, Н.Р. Фазылбаева<sup>2</sup>, К.Т. Айтуленова<sup>3</sup>, Т.А.Баскимбаева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, академик, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, <sup>3</sup>Канд. техн. наук, доцент  
Университет «Алматы», г. Алматы, Республика Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>info@symbat.kz, <sup>2</sup>nuria@symbat.kz

### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье представлена технологическая система в виде имитационной модели, позволяющая создать комплекс многовариантных технических решений конструкций проектируемого изделия. Многовариантность решения позволяет расширить ассортимент и повысить потребительскую способность продукции с учетом запросов покупателей.

**Ключевые слова:** имитационная модель, блок-секция, конструирование детской блузки, базовая конструкция, модельная конструкция, графовые модели конструкций.

Изделия легкой промышленности, включая одежду, обувь и другие изделия представляют собой интегрированную систему, состоящую из отдельных элементов и подсистем, различным образом построенных и собранных в единое целое. Это означает, что интегрированная технологическая система обладает свойством инвариантности, дискретности, функциональной целостности, но с разным сочетанием элементов и подсистем, входящих в интегрированную технологическую систему (рис. 1).

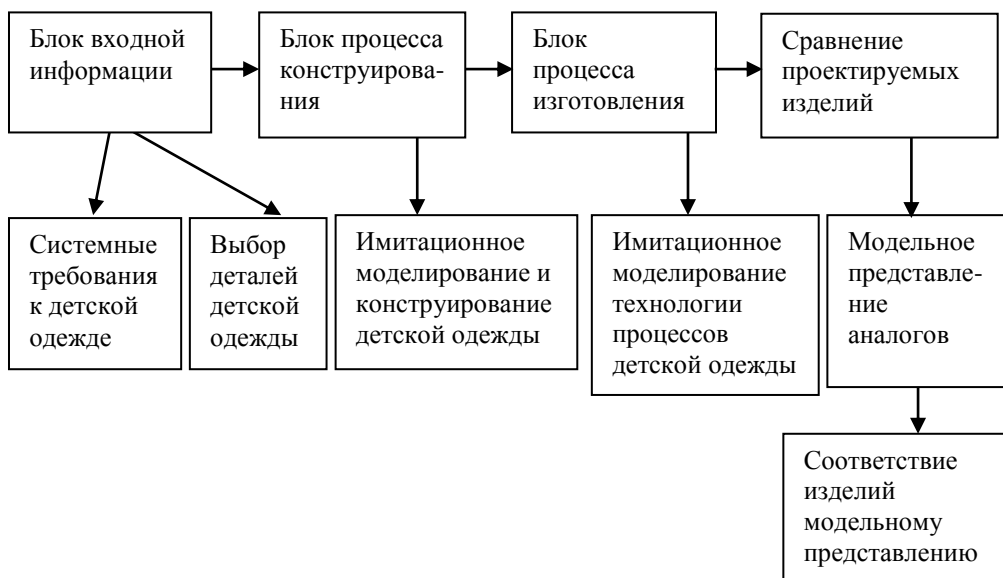


Рис.1. Структурная схема проектирования детской одежды

Целью настоящей статьи является представление технологической системы в виде имитационной модели, позволяющей создать комплекс многовариантных технических решений конструкций проектируемого изделия.

В работе принят системный вариационно-логистический подход к построению имитационной модели проектирования конструкций изделий.

Современный этап развития производства на предприятиях швейной промышленности определяется большой заинтересованностью в эффективном использовании достижений науки и техники, освоении нового рыночного сегмента по внедрению информационных технологий, соответствующих техническому и производственному потенциалу предприятий. В ассортименте выпуска швейных изделий, большое внимание уделяется производству детской одежды. При этом особую актуальность приобретают вопросы расширения ассортимента детской одежды, обладающей высоким уровнем комфортности и дизайна. Поэтому, особую группу швейных изделий составляет одежда для детей различного возраста.

Процесс создания новых моделей детской одежды достаточно трудоемкий и требует многочисленных корректировочных процедур, что сказывается на стоимости проектных работ. Анализ существующих конструкторских баз данных показал, что решить задачу оперативного построения новых конструкций позволяет модельное проектирование [1]. Проектирование одежды в современном понимании следует рассматривать не только как комплекс работ, направленный на разработку проектно-конструкторской документации, но и как процесс в целом, устанавливающий логическую основу построения конструкции нового в целом, устанавливающий логическую основу построения конструкции нового образца одежды [2].

При модельном проектировании одежды, в качестве структурной элементарной и формообразующей единицы конструкции принята блок-секция (БС) – часть типовой конструкции, обладающая определенной функциональной и информативной независимостью и унифицированная по принципу построения [3].

Для выделения модульных блок-секций рассмотрен анализ методик конструирования с выделением методов и принципов построения модельной конструкции (МК) изделия.

В частности, для конструирования детской блузки использовалась система кроя ЦОТШЛ (рис. 2), так как особенностью методики является простота расчетов и графических построений, не снижающая их точности. В соответствии с особенностями модели, требованиями предъявляемыми к ней, выбранной методикой конструирования разработана базовая основа конструкции.

После построения базовой конструкции выполнено техническое моделирование модели, построены чертежи лекал основы изделия с моделей конструкции.

Базовая и модельная конструкция деталей детской блузки разработаны в САПР Julivi.

Внедрение САПР в легкой промышленности позволяет решить ряд задач, связанных с сокращением производственного цикла, повышением качества проектных работ.

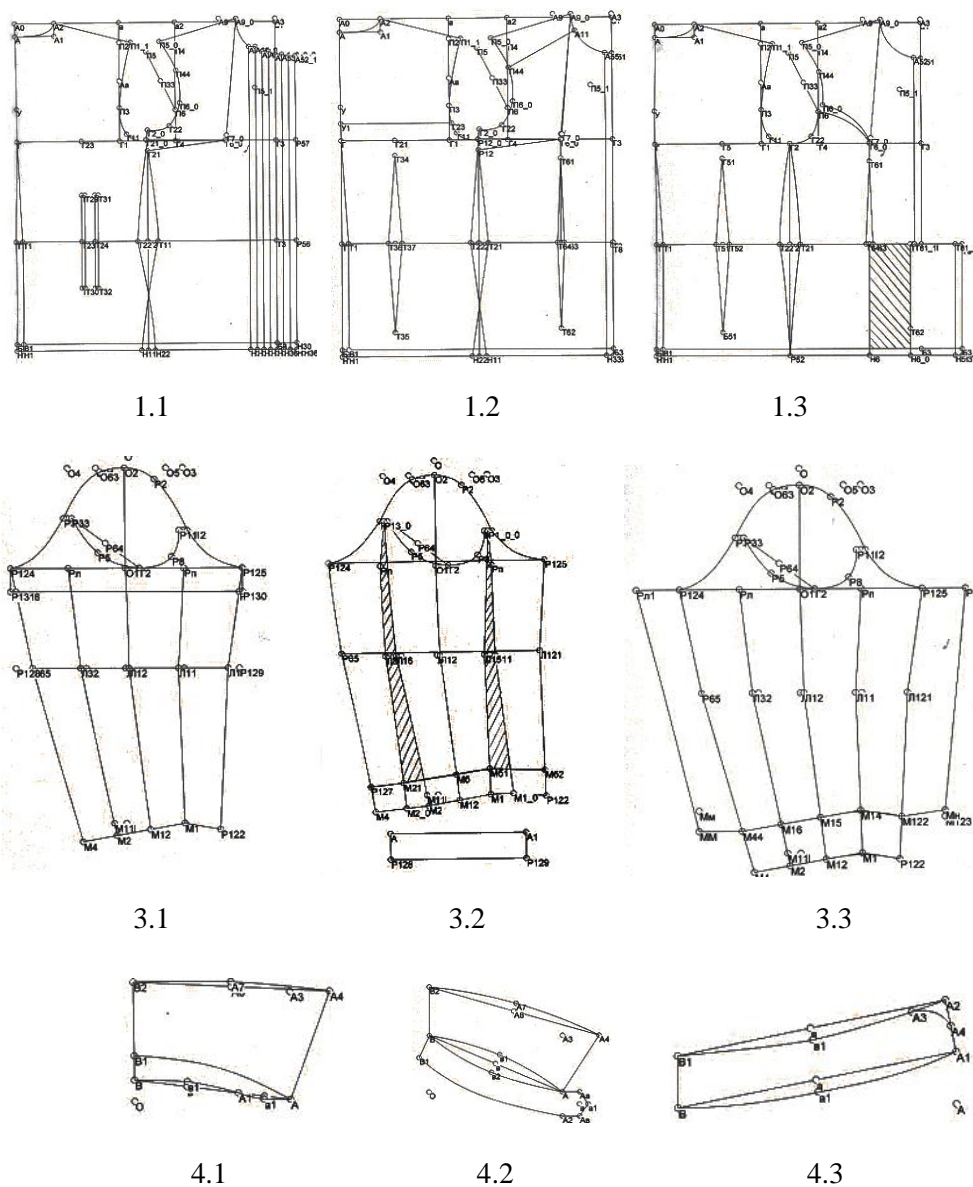


Рис. 2. Конструкции полочек, спинок, рукавов и воротников детской блузки

В частности, нами предлагается графовое построение модели изделия. Наименования деталей конструкции и их разновидностей представлены в таблице 1, а графовые модели представлены на рисунке 3.

Таблица 1

Детали конструкции детской блузки и их разновидности

№	Наименования деталей конструкции	Разновидности конструкции
1	Полочка (1)	1.1 Полочка с настрачными складками, с нагрудными вытачками и с центральной застежкой на планке 6 обметных петель и пуговиц.





Выбор технического решения произведем по потребительским показателям качества, включающего наиболее важные факторы, определяющие качества изделия.

Качество продукции, ее конкурентоспособность на мировом рынке рассматриваются сегодня как самый объективный и обобщающий показатель научно-технического прогресса, уровня организации производства, культуры и дисциплины труда [4].

Под качеством продукции принято понимать совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Свойства объективно присущи изделию и проявляются тем или иным способом при его создании, эксплуатации или потреблении и могут быть описаны качественно или количественно. Прежде чем оценивать качество продукции, необходимо определить те свойства, которые следует принимать во внимание для его оценки.

Любая продукция, в том числе и одежда, в процессе ее создания, обращения и потребления существует в нескольких различных формах: объекта перспективного и текущего планирования; объекта прогнозирования и разработки; овеществленного объекта труда в производстве; законченного производством продукта труда; товара; предмета потребления.

Главной формой существования промышленной продукции является форма предмета потребления. Поэтому судить о наиболее существенных свойствах продукции необходимо в первую очередь по характеристикам качества конечного продукта – предмета потребления, исходя из требований человека-потребителя. К ним относятся, прежде всего, показатели свойств, связанных с удовлетворением определенных потребностей людей. Эти свойства условно могут быть объединены под общим названием потребительских, или «человеческих» [5].

На основании изложенного, используя комплексный показатель продукции (КПП) и сравнивая его с существующими изделиями аналогичного назначения, выбираем группу изделий включающего к существующим новые особенности их эстетического оформления. Из выбранной определенной группы (варианты 1,2,3,4,5,6) определяем наиболее оптимальный вариант. Таким образом, на основании вышеизложенного, сделаны следующие выводы и рекомендации:

1) Детерминированное моделирование конструкции одежды с использованием графов позволяет иметь достаточно большое количество вариантов решения поставленной задачи;

2) Многовариантность решения позволяет расширить ассортимент и повысить потребительскую способность продукции с учетом запросов покупателей;

3) Выбор входных параметров позволяет разработчику широко использовать творческие способности для создания инновационных изделий;

4) Математическое моделирование позволяет создать условия для автоматизации конструирования с использованием компьютерной техники.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сучилин В.А. Имитационное моделирование в швейных технологических процессах [Текст] / В.А. Сучилин, Т.Н. Архипова // Швейная промышленность. – 2014. – № 2. – С. 35-37.

2. Норенков, И.П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем [Текст] / И.П. Норенков. – М.: Наука, 1986. – 304 с.
3. Джемардьян, Т.Ю. Интеграция локальных графических баз данных подсистем «Эскиз» и «Конструкция» [Текст]: дисс... канд. техн. наук, Джемардьян Т.Ю. – М.: МГАЛП, 1997. – 200 с.
4. Круглов, М.И. Стандартизация и управление качеством продукции в легкой промышленности [Текст]: учебник для вузов / М.И. Круглов [и др.]. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 256 с.
5. Ивлева, Г.С. Автоматизация процесса проектирования [Текст] / Г.С. Ивлева, Р.В. Ивлева, А.Ю. Рогожин [и др.] // Обзорная информ. Швейн. пром-сть. – 1986, Вып.3.– С.76-83.

*Материал поступил в редакцию 06.12.19.*

**С.Ж. Асанова, Н.Р. Фазылбаева, К.Т. Айтуленова, Т.А. Баскимбаева**

*«Алматы» университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы*

### **ЖЕҢІ ӨНЕРКӘСІПТЕ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ДЕТЕРМИНИРЛЕНГЕН ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ**

Мақалада жобаланатын бұйым конструкцияларының көп нұсқалы техникалық шешімдерінің кешенін жасауға мүмкіндік беретін имитациялық модель түріндегі технологиялық жүйе берілген. Шешімнің көптүрлілігі сатып алушылардың сұраныстарын ескере отырып, өнімнің ассортиментін кеңейтуге және тұтынушылық қабілетін арттыруға мүмкіндік береді.

**Тірек сөздер:** имитациялық модель, блок-секция, балалар жейдесін құрастыру, базалық құрылым, модельдік құрылым, конструкциялардың граф модельдері.

**S.Zh. Asanova, N.R. Fazylybaeva, K.T. Aytulnova, T.A. Baskimbaeva**

*Almaty University, Almaty, Republic of Kazakhstan*

### **SIMULATION OF INNOVATIVE DETERMINISTIC TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF LIGHT INDUSTRY**

This article presents a technological system in the form of a simulation model, which allows to create a complex of multivariate technical solutions of the designs of the designed product. Multivariance of the solution allows to expand the range and increase the consumer ability of products taking into account the needs of customers.

**Keywords:** simulation model, block section, design of children's blouse, basic design, model design, graph models of designs.

УДК 687.132: 51-7

**Н.Р. Фазылбаева<sup>1</sup>, С.Ж. Асанова<sup>2</sup>, Н.Ж. Сейтова<sup>1</sup>,  
Т.А. Баскимбаева<sup>3</sup>, Б.Р. Уразимбетова<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Канд. техн. наук, <sup>2</sup>Д-р техн. наук, профессор, академик,<sup>3</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>4</sup>Докторант

Университет «Алматы», г. Алматы, Республика Казахстан

E-mail: <sup>1</sup>nuria@symbat.kz, <sup>2</sup>info@symbat.kz**СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОБЪЕМНО-СИЛУЭТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

В работе представлены результаты структурно-параметрического анализа объемно-силуэтных решений при конструировании детских блузок. Создание идеального конечного результата сводилось к поиску и выбору оптимального объемно-силуэтного решения из возможных вариантов средств формообразования конструктивных решений.

**Ключевые слова:** модельная и базовая конструкция, объемно-силуэтная форма, швейные изделия, элементы множества.

Исходной информацией для построения модельной конструкции является способ членения базовой конструкции (БК), степень прилегания по основным конструктивным уровням, определяющий характер криволинейных вертикально-горизонтальных срезов, т.е. способ разработки объемно-силуэтной формы.

Элементы конструкции, определяющие объемно-силуэтную форму (зоны свободного прилегания), в свою очередь, определяются направлением моды и ведущей геометрической формой, выявляющая множественные решения, зависят от профессионального опыта и практической подготовки проектировщика, его креативности и творчества, а значит, может быть найдено с использованием метода эвристического подбора. Таким образом, создание ИКР (идеального конечного результата) сводится к поиску и выбору оптимального объемно-силуэтного решения из возможных вариантов средств формообразования конструктивных решений.

Процесс разработки объемно-силуэтного решения всегда является достаточно трудоемким. Конструктор, изучив модные тенденции, прорабатывает конструктивные вертикально-горизонтальные членения, определяющие конструктивные средства формообразования. При этом он должен правильно определить характер конструктивных и декоративных линий: расположение, направление (преобладание вертикалей и горизонталей) и оформление (прямое, выпуклое, вогнутое).

Для разработки формализованного описания и проектирования конструкции швейного изделия нами предложена схема связи поуровневой группировки исходных данных, представленная на рисунке 1.



Рис. 1. Схема связи поуровневой группировки исходных данных проектирования конструкции швейных изделий

Обобщенное множество видов швейных изделий различного вида и назначения представляется в виде универсума  $A$  [1]:

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_v, \dots, A_v\} \text{ или } A_v \subset A, \quad (1)$$

где  $v=1, \dots, V$  - число основных ассортиментных или видовых групп швейных изделий,  $A_1, A_2, \dots, A_v, \dots, A_v$  - элементы множества видов изделий или ассортиментных групп швейных изделий.

Разнообразие деталей в изделиях каждого вида представим через элементы множества  $A_v$ :

$$A_v = \{a_{v1}, a_{v2}, \dots, a_{vu}, \dots\} \text{ или } a_{vu} \in A_v, \quad (2)$$

где  $u=1, U$  - число деталей изделий ассортиментной группы;  $a_{vu}$  -  $u$ -я деталь  $v$ -го вида изделия.

Разнообразие конструкций изделий каждой группы представим двумя вложенными множествами, а именно:

$$K = \{K_1, K_2, \dots, K_v, \dots, K_V\} \text{ или } K_v \subset K, \quad (3)$$

где  $i=1, \dots, I$ ,  $I$  - число основных конструктивных признаков ассортиментной группы швейных изделий, рассмотренных в работе [2].

В свою очередь, элементами множества  $K_i$  являются множества изделий, имеющие значения  $i$ -го конструктивного признака в своей ассортиментной группе.

В качестве примера опишем для  $v$ -й ассортиментной группы плечевых изделий с общим названием блузка для младшего школьного возраста подмножества основных конструктивных признаков изделий (рис.2):

Видов сборочных единиц  $K_1 = \{x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1j}\}$  или  $x_{1j} \in K_1$ ,  $j=1, 2$ , с мощностью (числом элементов)  $|K_1|=3$  [1] или общем случае  $|K_1|=J_1$ ;

Конструкция сборочных единиц  $K_2 = \{x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2j}\}$  или  $x_{2j} \in K_2$ ,  $j=1, 2$ ,  $|K_2|=J_2$ ;  $K_2=3$ ;  $K_3 = \{x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3j}\}$  или  $x_{3j} \in K_3$ ,  $j=1, 3$ ,  $K_3=3$ ;  $K_4 = \{x_{41}, x_{42}, \dots, x_{4j}\}$  или  $x_{4j} \in K_4$ ,  $j=1, 4$ ,  $K_4=3$ ;

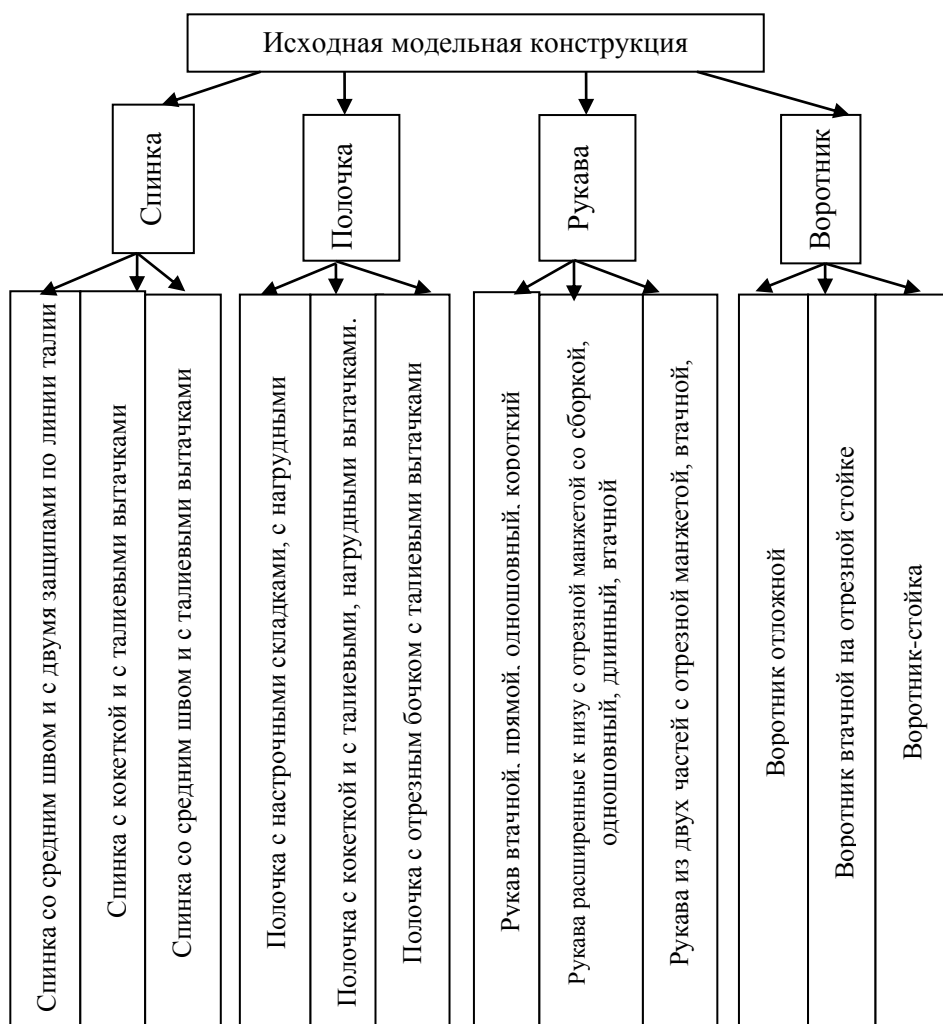


Рис. 2. Детали модельной конструкции детской блузки и их разновидности

Данные по типовой технологии конструирования представлены как множества способов параметрического конструирования группы изделий:  $T = \{T_1, \dots, T_1, \dots, T_L\}$  или  $T_1 \subset T$ ,  $1 \leq L$  или  $1 = 1, L$ ,  $|T| = L$ , где  $T_1$  подмножества параметрического конструирования узлов и линий.

Множество видов (типов моделей и изделия) представлены в виде:  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$  или  $P_m \subset P$ ,  $m = 1, M$ ,  $|P| = M = 81$  (рис.3).



Рис. 3. Множество видов блузок для девочек младшего школьного возраста

Как правило, для параметрического конструирования швейных изделий применяются следующие способы: методика ЦОТШЛ, методика Мюллер и сын, методика ЦНИШП, методика ЕМКО СЭВ и др.

Предложенное формализованное описание позволяет перейти к алгоритму составления технологии конструирования швейных изделий, для чего необходимо определить соответствие, т.е. отношение между значениями данных по конструктивным линиям проектируемого изделия и данным идеального конечного результата (ИКР).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Судоплатов, С.В. Дискретная математика [Текст]: учебник для вузов / С.В. Судоплатов, Е.В. Овчинникова. – М.: Юрайт, 2019. – 279 с.
2. Фазылбаева, Н.Р. Определение вариантов конструктивно-декоративного решения блок-секции на основе модульного проектирования детской одежды [Текст] / Н.Р. Фазылбаева, Ж.Ж. Сакенова // Сборник статей IV Международной научно-практической конференции «Результаты современных научных исследований и разработок». – Пенза, 2018. – С. 48-50.

Материал поступил в редакцию 06.12.19.

**Н. Р. Фазылбаева, С. Ж. Асанова, Н. Ж. Сеитова,  
Т. А. Баскимбаева, Б. Р. Уразимбетова**

*«Алматы» университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы*

**ТІГІН БҰЙЫМДАРЫН ҚҰРАСТЫРУДА КӨЛЕМДІ-СИЛУЭТТІ  
ШЕШІМДЕРДІ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ-ПАРАМЕТРЛІК ТАЛДАУ**

Мақалада балалар жейдесін құрастыруда көлемді-силуэтті шешімдерді құрылымдық-параметрлік талдау нәтижелері ұсынылған. Мінсіз түпкілікті нәтижені құру конструктивтік шешімдерді қалыптау құралдарының ықтимал нұсқаларынан оңтайлы көлемді-силуэтті шешімді іздеу мен таңдауда болды.

**Тірек сөздер:** модельдік және базалық конструкция, көлемді-силуэтті форма, тігін бұйымдары, жиын элементтері.

**N. R. Fazylbaeva, S.Zh. Asanova, N. J. Seitova,  
T. A. Baskimbayeva, B. R. Urazimbetova**

*Almaty University, Almaty, Republic of Kazakhstan*

### **STRUCTURAL-PARAMETRIC ANALYSIS OF VOLUME-SILHOUETTE SOLUTIONS IN THE DESIGN OF GARMENTS**

The paper presents the results of structural and parametric analysis of volume-silhouette solutions in the design of children's blouses. The creation of the ideal final result was reduced to the search and selection of the optimal volume-silhouette solution from the possible options of the means of forming constructive solutions

**Keywords:** model and basic design, volume-silhouette form, garments, elements of the set.



# Геотехника и строительные материалы, \_\_\_\_\_конструкции\_\_\_\_\_

УДК 624.154

**И.И. Бекбасаров<sup>1</sup>, Е.И. Атенев<sup>2</sup>, Н.А. Шаншабаев<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>PhD докторанты  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

## О ЛАБОРАТОРНОМ ОБОРУДОВАНИИ ДЛЯ ЗАБИВКИ И ИСПЫТАНИЙ МОДЕЛЕЙ СВАЙ

В статье рассмотрены конструктивные особенности разработанного лабораторного оборудования, предназначенного для испытания грунтов маломасштабными моделями свай. Приведены фотографии и схемы лабораторного оборудования, указаны геометрические параметры их деталей и узлов. Изложены механические принципы работы с оборудованием при выполнении испытаний грунтов моделями свай.

**Ключевые слова:** грунт, свая, модель, лоток, испытание, несущая способность, забивка, нагрузка, деформация.

В работах [1,2] представлены результаты расчетной оценки несущей способности свай с плоскими уширениями ствола и пирамидально-призматических свай, разработанных в геотехнической лаборатории ТарГУ им. М.Х. Дулати [3,4]. Расчетами, выполненными на основе предложенных авторами способов [5,6], установлено, что несущая способность новых свай, отличается от традиционных призматических и пирамидальных свай. Выявлено, что количество уширений, а также длина пирамидальной части свай оказывает существенное влияние на величину их несущей способности.

Для экспериментального установления особенностей работы пирамидально-призматических свай и свай с плоскими уширениями ствола разработаны и изготовлены следующие лабораторные грунтовые лотки:

- плоский лоток для исследования особенностей деформирования околосвайного грунта при забивке свай с применением плоских моделей (рис. 1);
- пространственный лоток для исследования процесса забивки свай и их испытаний на действие сжимающей, горизонтальной и выдергивающей нагрузок с применением маломасштабных моделей (рис. 3);

Плоский лоток оснащен навесным устройством и приспособлением, необходимыми для забивки плоских моделей свай. Пространственный лоток в свою очередь оснащен соответствующим навесным оборудованием и механическими системами, необходимыми для забивки маломасштабных моделей свай и их испытаний на действие различных статических нагрузок.

**Плоский грунтовый лоток** изготовлен из деревянных досок (рис. 1, 2). Размеры лотка 1 составляют: высота - 60 см, размеры в плане - 106×35 см. Для визуального наблюдения за деформациями грунта при забивке моделей свай фасадная сторона лотка выполнена из толстостенного стекла (толщиной

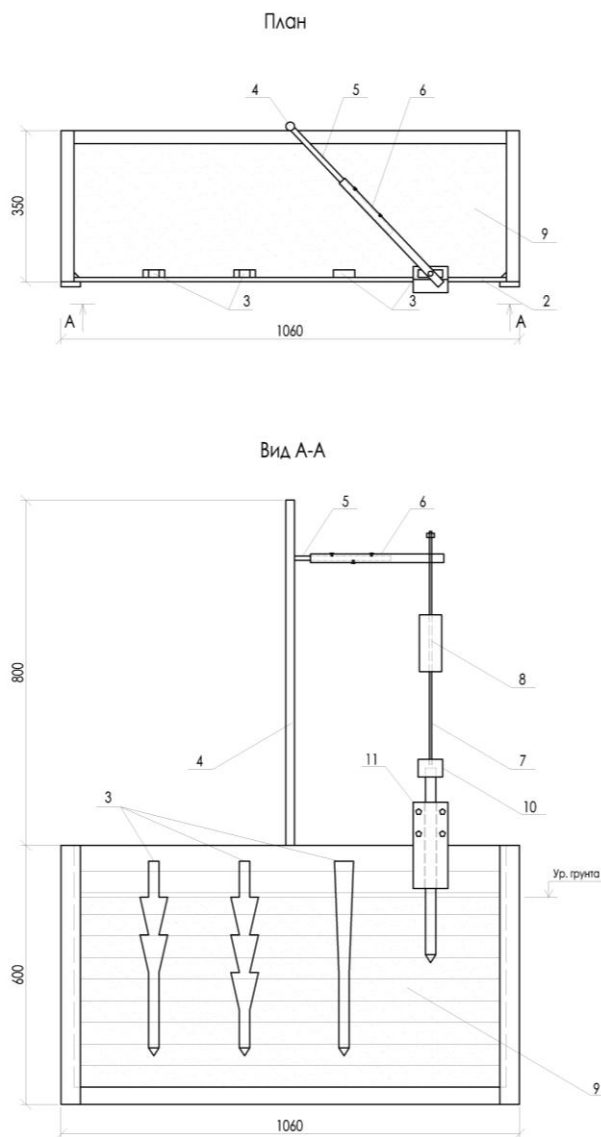
8,0 мм). Для измерения послойных деформаций грунта на поверхность стеклянной стенки 2 наклеена прозрачная полиэтиленовая пленка с горизонтальными (разметочными) линиями через каждые 5,0 мм. Лоток оснащен навесным устройством, позволяющим производить ударное погружение моделей свай 3. Навесное устройство состоит из вертикальной опоры 4, изготовленной из металлической трубы диаметром 20 мм. Вертикальная опора прикреплена к корпусу лотка и обладает возможностью свободного вращения по горизонтальной оси на 180°. К верхней части опоры перпендикулярно к ее оси приварена металлическая труба (диаметром 20 мм), служащая в качестве горизонтальной стрелы 5. Для изменения длины горизонтальной стрелы в зависимости от места забивки моделей свай, на стрелу вдет металлическая труба с большим диаметром, равным 25 мм. Данная труба является подвижной частью стрелы 6 и обеспечивает ее необходимое удлинение или укорочение. Выбранная длина стрелы фиксируется при помощи двух винтовых зажимов, расположенных на противоположных гранях подвижной части стрелы. В конце подвижной части стрелы имеется сквозное отверстие для пропуска вертикального стержня, используемого в качестве направляющего элемента 7 для ударника 8. Верхний конец направляющего элемента снабжен резьбой для завинчивания болта, который позволяет удерживать элемент в висащем состоянии.



Рис. 1. Лоток и навесное устройство для забивки плоских моделей свай

Направляющий элемент диаметром 10 мм может свободно перемещаться вниз по вертикали по мере погружения модели свай в модель грунта 9. Ударник 8 изготовлен из металлического полнотелого шестигранника, высотой 75 мм и диаметром 35 мм. Ударник имеет сквозное

осевое отверстие диаметром 11 мм. Для обеспечения вертикального сброса (при забивке модели сваи) ударник через осевое отверстие вдевается на направляющий элемент. Нижний конец направляющего элемента вставляется в наголовник 10, размещаемый в головной части модели сваи. Наголовник изготовлен из деревянного бруса и имеет коническую форму. В верхней части наголовник имеет отверстие для установки нижнего конца направляющего стержня, а в нижней части – прямоугольную прорезь для размещения в ней головной части плоской модели сваи.



1 – грунтовый лоток; 2 – стеклянная стенка; 3 – модель сваи; 4 – вертикальная опора; 5 – горизонтальная стрела; 6 – подвижная часть стрелы; 7 – направляющий элемент; 8 – ударник; 9 – модель грунта; 10 – наголовник; 11 – направляющее приспособление.

Рис. 2. Схема плоского лотка и навесного устройства для забивки плоских моделей свай

Вертикальность модели сваи при забивке обеспечивается посредством направляющего приспособления 11. Приспособление состоит из двух деревянных пластин, на одной из которых с внутренней стороны с помощью двух тонких деревянных реек устроен вертикальный паз прямоугольного поперечного сечения. Размеры паза в поперечном сечении соответствуют наибольшим размерам поперечного сечения плоской модели сваи. Пластины направляющего приспособления скреплены между собой (болтовым соединением) с образованием в нижней части прямоугольного зазора шириной 9 мм. Прямоугольный зазор в приспособлении позволяет насаживать его на стеклянную стенку лотка и перемещать его в продольном направлении поверху стенки. Погружение модели сваи производится через вертикальный паз направляющего приспособления после его установки на стеклянную стенку лотка. При этом обеспечивается плотное прилегание боковой поверхности модели сваи к внутренней поверхности стеклянной стенки лотка. При забивке моделей свай осуществляется подсчет количества ударов, затрачиваемое ударником для погружения моделей на необходимую глубину.

В качестве модели грунта в плоском лотке используется мелкий песок. Песок в лоток укладывается послойно с толщиной каждого слоя 20 мм. Каждый насыпной слой подлежит укатке с помощью резинового цилиндра с металлическим стержнем. Для разделения слоев песка поверху каждого из них производится подсыпка сухого порошкообразного красителя. Смещение отмеченных границ слоев модели грунта (при погружении модели сваи) относительно горизонтальных разметочных линий стеклянной стенки лотка фиксируются путем фотографирования.

Пространственный лоток для забивки и испытаний маломасштабных моделей изготовлен из деревянных досок и установлен на металлическую станину (рис. 3). Размеры лотка составляют: высота – 80 см, размеры в плане - 150×55 см. Лоток 1 оснащен навесным оборудованием и приспособлениями, необходимыми для испытаний моделей свай 2.

Каркас навесного оборудования изготовлен сварным из полых металлических элементов квадратного сечения с размерами 25×25 мм (рис. 4, а). Толщина стенок элементов каркаса составляет 2 мм. Каркас оборудования в нижней части состоит из двух П-образных рам 3 (с консолями), соединенных между собой короткими горизонтальными металлическими элементами. Расстояние между рамами составляет 130 мм. В нижней части рамы имеют общую опорную часть из швеллера с высотой стенки 65 мм. Опорная часть рам устанавливается на поверхность бетонного пола лабораторного помещения. Расстояние от верха рам до низа их опорной части составляет 144 см. Пролет рам равен 64 см.

В верхней части каркас оборудования включает в себя одиночную раму 4 с наклонными стойками, которые снизу приварены к горизонтальным металлическим элементам, соединяющим нижние рамы каркаса между собой. В двух балках (расположенных на разных уровнях) верхней рамы проделаны сквозные отверстия для пропуска направляющего стрежня 5, предназначенного для сброса по нему ударника 6. Направляющий стержень изготовлен из гладкой арматуры диаметром 10 мм. Нижний конец направляющего стержня устанавливается в отверстие наголовника 7, который насаживается на головную часть модели сваи.



Рис. 3. Пространственный лоток и навесное оборудование для забивки и испытаний маломасштабных моделей свай

Для обеспечения точности размещения острия модели сваи по месту забивки, а также для исключения поворота и отклонения модели сваи при погружении лоток оснащен съемной балкой-направляющей 8. Балка-направляющая изготовлена из двух деревянных реек шириной 40 мм. Рейки скреплены друг с другом с установкой между ними деревянных вкладышей, которые образуют прорезь в центральной части для пропуска модели сваи. Размеры и форма прорези в плане соответствуют форме и наибольшим размерам поперечного сечения модели сваи. Балка-направляющая размещается по месту забивки модели сваи с опиранием ее концов на накладные упоры, закрепленные на противоположных стенках лотка (выше поверхности модели грунта).

Для выполнения испытаний моделей свай на действие статической вдавливающей нагрузки навесное оборудование лотка оснащено рычажной системой (рис. 4, б). Рычажная система состоит из шарнирной части 9, балки-рычага 10 и троса 11 с крюком для удерживания груза. Шарнирная часть системы состоит из двух шарикоподшипниковых роликов диаметром 45 мм,

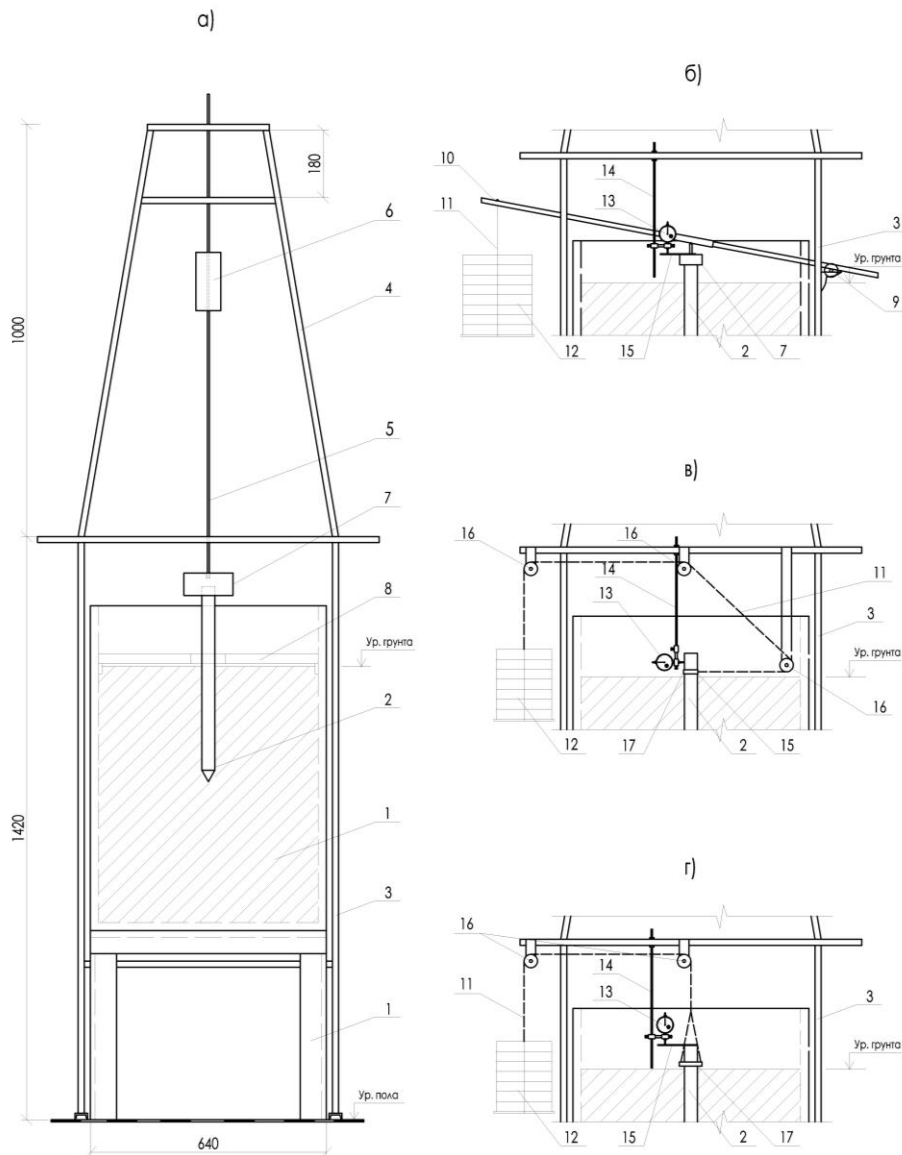
которые насажены на металлический осевой стержень диаметром 20 мм и закреплены на нем болтовым соединением. Расстояние между роликами составляет 70 мм. Внешняя кольцевая часть роликов в нижней части соединена сваркой с короткой балкой из металлического уголка, которая в свою очередь закреплена к стойкам нижних рам навесного оборудования. К осевому стержню, соединяющему ролики в единый шарнир, прикреплен фиксатор балки-рычага. Фиксатор представляет собой металлический полый элемент длиной 140 мм и имеющий квадратное поперечное сечение с размерами 25×25 мм. Данный элемент за счет свободного вращения осевого стержня вокруг своей оси, обладает возможностью изменять угол наклона в вертикальном направлении. Фиксатор на противоположных боковых гранях имеет по одному винтовому зажиму.

Балка-рычаг 10 рычажной системы оборудования изготовлена из полого металлического элемента длиной 118 см и имеющего квадратное поперечное сечение с размерами 20×20 мм. Один конец балки-рычага вставляется в фиксатор шарнирной части 9 рычажной системы и закрепляется в нем винтовыми зажимами. Со свободного конца балки-рычага на нее вдевается другой подвижный металлический фиксатор с отверстием в нижней части и зажимным винтом в верхней части. Подвижный фиксатор имеет квадратное поперечное сечение с размерами 25×25 мм и длину 110 мм. Фиксатор обладает возможностью перемещаться по длине балки-рычага и служит для фиксирования в вертикальном положении трубчатого стержня, посредством которого усилие от балки-рычага передается на модель сваи. Длина трубчатого стержня составляет 50 мм, а диаметр – 8 мм. Между подвижным фиксатором и трубчатым стержнем располагается металлический шарик диаметром 10 мм. Шарик вставляется в отверстие подвижного фиксатора и упирается в корпус балки-рычага, что обеспечивает строго осевую передачу нагрузки от балки-рычага к модели сваи. Трубчатый стержень нижним концом вставляется в отверстие в наголовнике, который в свою очередь предварительно вдевается на голову модели сваи и крепится к ней шурупами.

Трос 11 рычажной системы в верхней части крепится к балке-рычагу. Длина троса составляет 620 мм, а диаметр – 1,5 мм. Крюк, закрепленный в нижней части троса изготовлен из проволоки диаметром 3 мм. К крюку подвешивается емкость 12 для укладки в нее оттарированного груза. Размещение груза в емкость приводит к натяжению троса и обеспечивает передачу вдавливающего усилия на модель сваи посредством рычажной системы лотка.

Для измерения осадок модели сваи при передаче на нее нагрузки (через рычажную систему) применяется индикатор (ИЧ) 13 с ценой деления 0,01 мм. Индикатор фиксируется на стержне 14, закрепленном на балке одной из нижних рам навесного оборудования. Шток индикатора нижним концом упирается в консольную пластину 15, прикрепленную к боковой поверхности модели сваи.

Для проведения статических испытаний моделей сваи на действие горизонтальной и выдергивающей вертикальной нагрузок навесное оборудование лотка оснащено натяжной ролико-тросовой системой (рис. 4, в, г). Основными элементами данной системы являются пластиковые ролики 16, трос 11 и захваты 17.



1 – грунтовый лоток; 2 – модель сваи; 3 – П-образная нижняя рама; 4 – верхняя рама с наклонными стойками; 5 – направляющий стержень; 6 – ударник; 7 – наголовник; 8 – съемная балка-направляющая; 9 – шарнирная часть рычажной системы; 10 – балка-рычаг; 11 – трос; 12 – емкость для груза; 13 – индикатор; 14 – стержень для крепления индикатора; 15 – консольная пластина; 16 – ролик; 17 – захват.

Рис. 4. Схема пространственного лотка и навесного оборудования для забивки и испытаний маломасштабных моделей свай

Пластиковые ролики, имеющие наружный круговой паз для пропуска троса, закреплены сварочным соединением на балке одной из нижних рам навесного оборудования. Два ролика размещены на одном уровне по вертикали (ближе к балке рамы) и один ролик – ниже на уровне близком к

поверхности модели грунта в лотке. Нижний ролик используется только при необходимости передачи на голову модели сваи горизонтальной нагрузки (рис. 4, в). Расстояние между верхними роликами составляет 40 см. Захваты изготовлены из стальной проволоки диаметром 2 мм и имеют клещеобразную форму. Концы захвата вставляются в горизонтальные несквозные отверстия в верхней части головы модели сваи. Захваты могут свободно вращаться в поперечном направлении лотка и поэтому используются как в испытаниях на горизонтальную нагрузку, так и в испытаниях на выдергивающую нагрузку. К захвату жестко крепится трос. Трос вдевается в пазы роликов и к его свободному концу с крюком подвешивается оттарированный груз. Путем натяжения троса грузом осуществляется передача на модель сваи горизонтальной или выдергивающей нагрузки. При этом горизонтальные и вертикальные перемещения модели сваи, измеряются с помощью индикатора часового типа 13, закрепленного к стержню 14. При приложении горизонтальной нагрузки шток индикатора упирается в боковую грань головы модели сваи, а при приложении выдергивающей нагрузки – в консольную пластину, прикрепленную к голове модели сваи.

Масса ударников и высота их сбрасывания в рассмотренных лабораторных установках назначалась в соответствии с принципами и условиями подобия, представленными в работе [7]. Использование лабораторных установок для проведения экспериментов с моделями свай свидетельствует об их надежности, безопасности и возможности многократного применения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекбасаров, И.И. О несущей способности забивных свай с плоскими уширениями ствола [Текст] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенев // Материалы МНП конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития строительных конструкций: инновации, модернизация и энергоэффективность в строительстве», посвященной Году Узбекистана в Казахстане. – Алматы: КазГАСА, 2018. – С.123-128.
2. Бекбасаров, И.И. О расчетной оценке несущей способности забивных свай с пирамидальным участком ствола [Текст] / И.И. Бекбасаров, Н.А. Шаншабаев // Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции «Global science and innovations 2019: Central Asia». – Астана, 2019. – С.10-15.
3. Бекбасаров, И.И. Забивная железобетонная свая. Описание изобретения к инновационному патенту №26663 РК [Текст] / И.И. Бекбасаров, Г.И. Исаков. – Астана: МЮ РК, 2012. – Опубликовано: бюл. №1.
4. Бекбасаров, И.И. Внецентренно нагруженный свайный фундамент. Патент на полезную модель №3850 Республики Казахстан [Текст] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенев. Зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей РК 05.04.2019. – 4 с.
5. Бекбасаров, И.И. Способ определения несущей способности висячей забивной сваи с плоскими пирамидальными уширениями ствола. Патент на полезную модель №4387 Республики Казахстан [Текст] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенев. Зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей РК 23.10.2019. – 12 с.



6. Бекбасаров, И.И. Способ определения несущей способности висячей забивной пирамидально-призматической сваи. Патент на полезную модель №4386 Республики Казахстан [Текст] / И.И. Бекбасаров, Н.А. Шаншабаев. Зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей РК 23.10.2019. – 12 с.
7. Бекбасаров, И.И. Об особенностях моделирования процесса забивки свай в лабораторных условиях [Текст] / И.И. Бекбасаров // Вестник Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева. Серия технические науки и технологии. – Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2019. - №1(126). – С.19-27.

*Материал поступил в редакцию 05.12.19.*

**И.И. Бекбасаров, Е.И. Атепов, Н.А. Шаншабаев**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

#### **ҚАДА МОДЕЛЬДЕРІН ҚАҒЫП КІРГІЗУГЕ ЖӘНЕ СЫНАУҒА АРНАЛҒАН ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖАБДЫҚТАР ТУРАЛЫ**

Мақалада топырақтарды аз масштабты қадалар модельдерімен сынақ жұмыстарын жүргізуге арналып дайындалған зертханалық жабдықтар жөнінде баяндалған. Зертханалық жабдықтар мен олардың жекелеген бөлшектерінің өлшемдері берілген, суреттері мен сұлбалары келтірілген. Жабдықтардың топырақты қада модельдерімен сынау барысындағы жұмыс істеу принципі баяндалған.

**Тірек сөздер:** топырақ, қада, модель, науа, сынақ, жүк көтеру қабілеті, қағу, жүктеме, деформация.

**I.I. Bekbasarov, Ye.I. Atenov, N.A. Shanshabaev**

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

#### **ABOUT LABORATORY EQUIPMENT FOR DRILLING AND TESTING OF PILE MODELS**

The article discusses the design features of the developed laboratory equipment designed for soil testing by small-scale pile models. Photographs and schemes of laboratory equipment are given, the geometric parameters of their parts and assemblies are indicated. The mechanical principles of working with equipment when performing soil tests with pile models are described.

**Keywords:** soil, pile, model, tray, test, bearing capacity, driving, loading, deformation.

УДК 624.154

**И.И. Бекбасаров<sup>1</sup>, М.Н. Байтемиров<sup>2</sup>, Е.И. Атенев<sup>3</sup>, Н.А. Шаншабаев<sup>3</sup>***<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, <sup>3</sup>PhD докторанты**<sup>1,3</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан**<sup>2</sup>ЮКФ АО «КазНИИСА», г. Тараз, Казахстан***ОБ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ ДЛЯ ЗАБИВКИ  
И ИСПЫТАНИЙ КРУПНОМАСШТАБНЫХ МОДЕЛЕЙ СВАЙ  
В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

В статье представлены конструктивные особенности модернизированного экспериментального оборудования, предназначенного для проведения забивки и испытания крупномасштабных моделей свай в полевых условиях. Описаны принципы действия оборудования и последовательность проведения работ по испытанию грунтов моделями свай. Приведена схема экспериментального оборудования, а также фотофрагменты процесса проведения экспериментального испытания грунтов моделями свай.

**Ключевые слова:** свая, грунт, модель, удар, забивка, динамическое испытание, статическое испытание, нагрузка, деформация, несущая способность.

Забивка и испытание крупномасштабных моделей свай в полевых условиях, как правило, требует применения экспериментального оборудования, так как традиционное оборудование, применяемое для забивки и испытаний натуральных свай, не в полной мере приемлемо в виду его габаритности, массивности и не соответствующего по техническим, геометрическим и энергетическим параметрам процессу забивки микросвай. Данное несоответствие, прежде всего выражается в том, что при забивке микросвай существующим оборудованием имеют место большие остаточные отказы и не обеспечивается надлежащее уплотнение околосвайного грунта, что негативно отражается на несущей способности микросвай [1,2].

Учитывая указанное обстоятельство для экспериментального изучения на моделях особенностей забивки и работы свай нетрадиционной формы ствола, разработанных в геотехнической лаборатории ТарГУ им. М.Х. Дулати [3-6], авторами создана крупномасштабная комплексная механизированная установка. Установка предназначена для ударного погружения и статических испытаний микросвай с размерами поперечного сечения от 7×7 см до 15×15 см и длиной до 2-4 м в сильносжимаемых и средней сжимаемости грунтах.

Основными элементами установки являются:

- передвижной рамный корпус 1 с поворотной платформой 2;
- направляющая мачта 3;
- механическая лебедка 4;
- ударник 5;
- навесное приспособление 6 для передачи на модель сваи горизонтальной статической нагрузки;
- навесное приспособление 7 для приложения к модели сваи выдергивающей вертикальной нагрузки.

Рамный корпус 1 с поворотной платформой 2 представляет собой базовую часть грузоподъемного механизма типа «Пионер», который выпускался и использовался для погрузки и разгрузки мелкоштучных изделий на стационарных складах в период СССР. Рамный корпус с поворотной платформой и направляющая мачта, были использованы для вытрамбовывания крупномасштабных котлованов специалистами бывшего Джамбульского гидромелиоративно-строительного института [7-9].

Передвижной рамный корпус 1 изготовлен сварным из труб и швеллеров. Корпус на колесном ходу может перемещаться по направляющим из труб. Нижний пояс 8 корпуса включает в себя четыре балки из швеллера с высотой стенки 10 см. Балки соединены между собой под прямым углом и в плане образуют прямоугольник, на четырех концах которого закреплены колеса 9. Размеры нижнего пояса корпуса в плане составляют 185×165 см. Наружный диаметр колес равен 36 см. В углах нижнего пояса через пластины-накладки закреплены нижние концы подкосов 10 из труб с наружным диаметром 8 см. Верхние концы подкосов приварены к осевой трубе-коротышу 11 шарнира 12. Наружный диаметр осевой трубы-коротыша составляет 17 см. На шарнир насажена поворотная платформа 2. Шарнир обеспечивает вращение платформы вокруг оси корпуса на 360°.

Платформа состоит из двух консольных балок 13, изготовленных из швеллера с высотой стенки 16 см. Длина платформы составляет 180 см, а ширина – 38 см. В ее нижней части понизу консольных балок в двух местах закреплены поперечные балки-коротыши 14, которые служат в качестве упора для ручного поворота платформы в горизонтальной плоскости. Длина выпуска балок-коротышей из вертикальной наружной плоскости платформы с обеих сторон составляет по 50 см.

На одном конце платформы поверху консольных балок закреплена металлическая пластина 15 толщиной 5 мм, на поверхности которой в свою очередь размещен опорный элемент 16. Опорный элемент принят из швеллера с высотой стенки 16 см и к нему с помощью болтового соединения закреплена механическая лебедка 4. В средней части поворотной платформы к поверхности консольных балок приварен металлический уголок 17 с размерами полок 75×50 мм, служащий упором для подвижного подкоса 18. Подкос, изготовленный из трубы с наружным диаметром 50 мм, верхним концом шарнирно соединен с направляющей мачтой 3 и обеспечивает ее вертикальность. Подкос в нижней части имеет болтовое содинение с упором 17, что придает ему возможность регулировать угол наклона направляющей мачты. На противоположном (от места размещения лебедки) конце поворотной платформы имеется неподвижный подкос 19, к которому с помощью болтовых соединений крепится направляющая мачта. Неподвижный подкос состоит их двух наклонных швеллеров с высотой поперечного сечения 10 см, приваренных к внутренней стороне консольных балок поворотной платформы. К верхней части наклонных швеллеров неподвижного подкоса приварены уголки с размерами полок 75×75 мм, к которым с помощью болтового соединения крепится направляющая мачта.

Направляющая мачта 3 изготовлена из швеллера с высотой стенки 16 см и двух уголков с размерами полок 75×75 мм. Мачта предназначена для подъема и сбрасывания по ней ударника 5 установки. Длина мачты равна 455 см. Уголки мачты соединены с полками швеллера с помощью болтов и между ними имеется зазор шириной 2 см. К верхней части направляющей мачты

приварены две горизонтальные балки 20 длиной 100 см, между которыми размещены два ролика 21 для скольжения по ним троса 22. Наружный диаметр роликов составляет 25 см, а диаметр их осевых стержней – 5 см. Осевые стержни роликов опираются на балки и неподвижно соединены с ними сваркой. В нижней части направляющей мачты имеется наземный упор из швеллера с высотой стенки 10 см. Длина наземного упора равна 100 см.

Лебедка 4 обеспечивает натяжение троса 22 и оснащена ступором для фиксации рычага лебедки в требуемом положении.

Ударник 5 состоит из корпуса 23 и подвижной каретки 24. Корпус ударника изготовлен полым и имеет кольцевое поперечное сечение. Высота корпуса равна –170 см, наружный диаметр – 30 см, толщина стенки – 4 мм. Конструкция ударника позволяет регулировать (подбирать) ее общую массу путем подсыпки в ее полость сыпучего материала или размещения в ней грузовых пластин. Для обеспечения требуемой жесткости нижняя контактная часть ударника усилена пластиной с размерами в плане 34×34 см и толщиной 20 мм. Для крепления к корпусу ударника каретки 24 к ней вертикально приварена стойка 25 длиной 109 см из швеллера с высотой стенки 27 см. В верхней части балки имеется отверстие для крепления к ней троса 22.

Подвижная каретка 24 состоит из двух рядов подшипниковых роликов 26, соединенных между собой металлическими элементами. В каждом ряду имеется по 4 ролика (два верхних и два нижних), наружный диаметр каждого из которых составляет 66 мм. Ролики попарно насажены на втулку диаметром 30 мм. Расстояние между левым и правым рядами роликов составляет 73 мм, а расстояния между роликами в ряду – 250 мм. Балка 27 каретки с помощью сварного соединения крепится к стойке 25 ударника.

Монтаж ударника и соединенной с ним каретки производится через нижний конец направляющей мачты 3 путем пропуска левого ряда роликов в ее внутреннюю полость. Таким образом левый ряд роликов находится внутри, а правый ряд роликов – снаружи направляющей мачты. Благодаря зазору в направляющей мачте, ролики одновременно двигаясь по ее внутренней и наружной поверхности обеспечивают свободный подъем и сбрасывание ударника 5 тросом 22.

Для предохранения головы модели сваи 28 от возможных повреждений при ударах ударника на нее одевается наголовник 29 с предварительным размещением на торцовой поверхности модели сваи деревянного амортизатора 30. Вертикальность забивки модели сваи обеспечивается при помощи направляющего элемента 31, который состоит из роликовой части 32 и удерживающего хомута 33. Хомут из полосовой пластины одевается на модель сваи и зажимается болтами. Концы хомута соединены с роликовой частью, которая состоит из четырех роликов, соединенных попарно между собой металлическими стержнями. Роликовая часть направляющего элемента (до крепления с хомутом) вдевается в полость направляющей мачты 3. При этом левая пара роликов размещается внутри полости мачты, а правая пара роликов – снаружи мачты. При движении модели сваи вниз от ударов ударника направляющий элемент также синхронно перемещается вниз исключая при этом отклонение модели сваи от вертикали.

Навесное приспособление 6 для передачи на модель сваи горизонтальной статической нагрузки представляет собой две балочки-уголки между которыми закреплен ролик. Длина каждого уголка равна 170 мм, а высота полок – 45 мм. На каждой балочке-уголке имеются по два

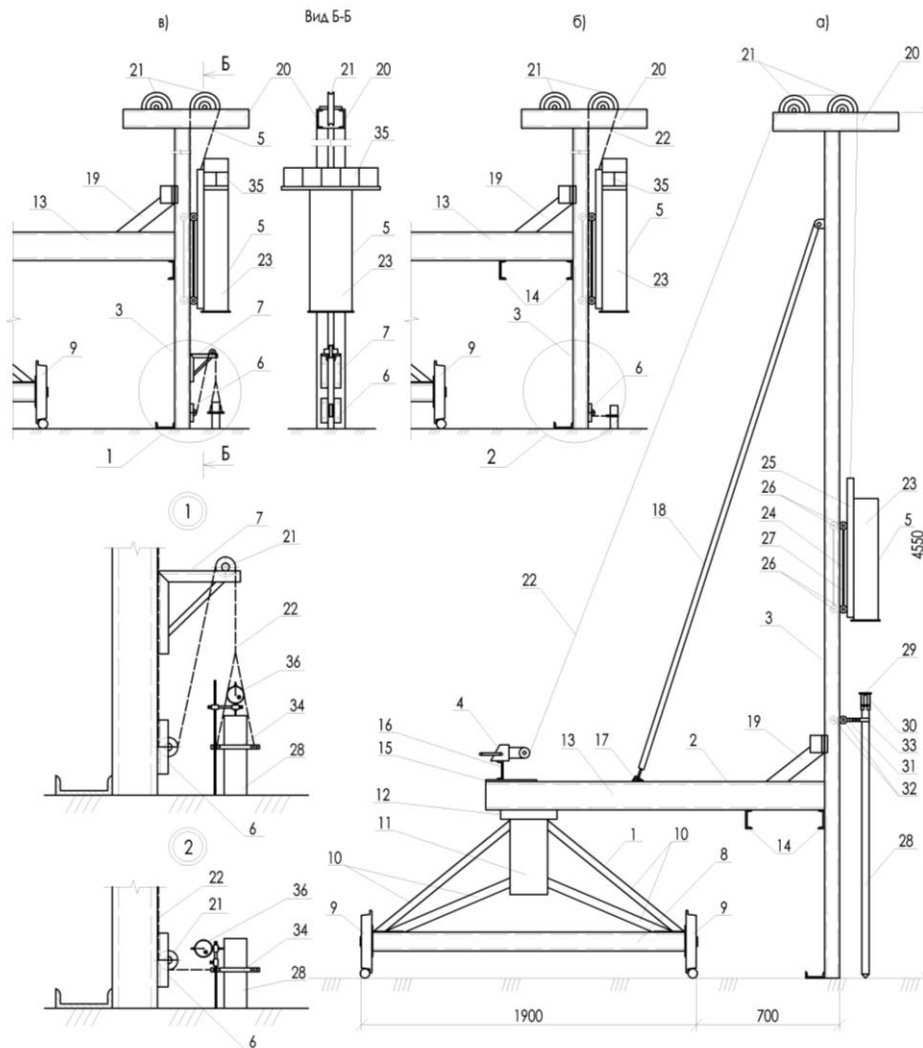
отверстия для их болтового соединения с корпусом направляющей мачты. Ролик диаметром 60 мм насажен на круглый стержень длиной 60 мм и диаметром 20 мм. Горизонтальная нагрузка к голове модели сваи прикладывается путем натяжения троса 22, который пропускается через паз ролика и соединен с зажимным хомутом 35. Хомут состоит из двух П-образных полосовых пластин с выпусками на концах. Высота пластин равна 30 мм, а толщина – 3 мм. На концевых выпусках пластин имеются отверстия для их болтового скрепления между собой. Зажимной хомут вдевается на голову сваи и фиксируется в требуемой горизонтальной плоскости при помощи резиновых уплотнителей, размещаемых между внутренней поверхностью хомута и боковыми гранями модели сваи. Трос 22, закрепленный к хомуту, пропускается через паз ролика 21, и крепится к верхнему концу стойки 25 ударника. Для приложения к голове модели сваи горизонтального усилия к ударнику 5 прикладывают вертикальную нагрузку с помощью оттарированных грузовых блоков 36. Ударник перемещаясь вниз под воздействием груза обеспечивает натяжение троса, и тем самым вызывает горизонтальное перемещение головы модели сваи. В качестве груза используются готовые бетонные блоки с размерами 400×200×200 мм, которые укладываются на грузовую платформу. В качестве грузовой платформы применяется швеллер длиной 1,8 м и с высотой стенки 27 см, который предварительно размещается поверху ударника.

Навесное приспособление 7 для приложения к модели сваи выдергивающей вертикальной нагрузки представляет собой консольную конструкцию на которой закреплен ролик. Консольная конструкция состоит из двух Г-образных элементов, каждая из которых усилена подкосами. Г-образный элемент состоит из горизонтальной балочки и вертикальной стойки, которые изготовлены из уголков длиной 300 мм и размерами полок 45×45 мм. Подкосы изготовлены из уголка с размерами полок 25×25 мм. На стойках Г-образных элементов имеются отверстия для болтового соединения навесного приспособления с направляющей мачтой. Между горизонтальными балочками приспособления закреплен ролик на втулке. Диаметр втулки равен 20 мм, а диаметр ролика – 60 мм. Расстояние от низа направляющей мачты до верха приспособления составляет 65 см. Для передачи на модель сваи выдергивающего усилия на ее голову надевают зажимной хомут 35 к которому крепится трос. Трос вдевается в паз ролика навесного приспособления 7, в паз навесного приспособления 6, в паз ролика 21 направляющей мачты и крепится к верху стойки 25. Для приложения к модели сваи выдергивающего усилия к ударнику 5 прикладывают вертикальную нагрузку с помощью оттарированных грузовых блоков 35. Ударник перемещаясь вниз под воздействием груза обеспечивает натяжение троса, и тем самым вызывает перемещение модели сваи вверх.



Рис. 1. Общий вид оборудования для забивки и испытаний крупномасштабных моделей свай

Масса ударника и высота ее сбрасывания в рассмотренной экспериментальной установке назначались в соответствии с принципами и условиями подобия, представленными в работе [10]. Использование установки для проведения экспериментов с крупномасштабными моделями свай свидетельствует об их надежности, безопасности, достаточной мобильности и возможности многократного применения.



1 – передвижной рамный корпус; 2 – поворотная платформа; 3 – направляющая мачта; 4 – лебедка; 5 – ударник; 6 – навесное приспособление для передачи горизонтальной нагрузки; 7 – навесное приспособление для передачи выдергивающего усилия; 8 – нижний пояс рамного корпуса; 9 – колесо; 10 – подкос из трубы; 11 – осевая труба-коротыш; 12 – шарнир; 13 – консольная балка; 14 – балка-коротыш; 15 – пластина; 16 – опорный элемент; 17 – упор; 18 – подвижный подкос; 19 – неподвижный подкос; 20 – балка; 21 – ролик мачты; 22 – трос; 23 – корпус ударника; 24 – подвижная каретка; 25 – стойка; 26 – ролик каретки; 27 – балка каретки; 28 – модель сваи; 29 – наголовник; 30 – амортизатор; 31 – направляющий элемент; 32 – роликовая часть направляющего элемента; 33 – удерживающий хомут; 34 – зажимной хомут; 35 – грузовой блок; 36 – индикатор.

Рис. 2. Схема устройства экспериментальной установки для забивки и испытаний крупномасштабных моделей свай в полевых условиях



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фаерштейн, В.Д. Опыт применения малых свай в промышленном, жилищном и сельскохозяйственном строительстве [Текст] / В.Д. Фаерштейн, В.В. Булдыгин, П.С. Осипов, Г.Ф. Асадуллин // Вопросы фундаментостроения / Труды института. – Уфа: НИИпромстрой, 1976. – С.18-23.
2. Рудь, Ю.П. К вопросу о повышении эффективности и уточнения методики расчета свай уменьшенного поперечного сечения [Текст] / Ю.П. Рудь, А.А. Комзина // Совершенствование технологии работ нулевого цикла с использованием средств механизации и автоматизации / Тезисы докладов и сообщений всесоюзной конференции. – Уфа: НИИпромстрой, 1981. – С.92-95.
3. Бекбасаров, И.И. Об инновационных свайных конструкциях [Текст] / И.И. Бекбасаров // Материалы международной научной конференции «Новые строительные тренды в XXI веке». – Алматы: АО «КазНИИСА», 2017. – С. 65-69.
4. Бекбасаров, И.И. Эффективные конструкции забивных свай, особенности их устройства и работы в грунтах [Текст] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенев [и др.] // Материалы международной научно-практической конференции «IV Уркумбаевские чтения на тему: «Роль ЭКСПО-2017 в развитии экономики страны». – Тараз: ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2017. – С. 256-261.
5. Бекбасаров, И.И. О несущей способности забивных свай с плоскими уширениями ствола [Текст] / И.И. Бекбасаров, Е.И. Атенев // Материалы МНП конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития строительных конструкций: инновации, модернизация и энергоэффективность в строительстве», посвященной Году Узбекистана в Казахстане. – Алматы: КазГАСА, 2018. – С.123-128.
6. Бекбасаров, И.И. О расчетной оценке несущей способности забивных свай с пирамидальным участком ствола [Текст] / И.И. Бекбасаров, Н.А. Шаншабаев // Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции «Global science and innovations 2019: Central Asia». – Астана, 2019. – С.10-15.
7. Шилибеков, С.К. Установка для вытрамбовывания котлованов [Текст] / С.К. Шилибеков, И.И. Бекбасаров, Б.К. Тасболатов / Информационный листок. – Джамбул: Джамбульский ЦНТИ, 1986. -№22-86. – 4 с.
8. Бекбасаров, И.И. О влиянии некоторых геометрических параметров трамбовки на энергоемкость процесса вытрамбовывания котлованов и его состояние [Текст] / И.И. Бекбасаров, С.К. Шилибеков, Б.З. Кушекбаев // Основания и фундаменты в геологических условиях Урала / Межвузовский сборник научных трудов. – Пермь: ППИ, 1987. – С. 118-126.
9. Бекбасаров, И.И. О влиянии некоторых геометрических параметров фундаментов в вытрамбованных котлованах на их сопротивляемость действию статической вертикальной нагрузки [Текст] / И.И. Бекбасаров, С.К. Шилибеков, Б.З. Кушекбаев // Основания и фундаменты в геологических условиях Урала / Межвузовский сборник научных трудов. – Пермь: ППИ, 1989. – С. 88-93.
10. Бекбасаров, И.И. Об особенностях моделирования процесса забивки свай в лабораторных условиях [Текст] / И.И. Бекбасаров // Вестник



Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева. Серия технические науки и технологии. – Астана: ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, 2019. - №1(126). – С.19-27.

*Материал поступил в редакцию 05.12.19.*

**И.И. Бекбасаров<sup>1</sup>, М.Н. Байтемиров<sup>2</sup>, Е.И. Атенов<sup>1</sup>, Н.А. Шаншабаев<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

<sup>2</sup>*«Қазақ құрылыс және сәулет ғылыми-зерттеу институты» АҚ ОҚФ,  
Тараз қ., Қазақстан*

### **ДАЛА ЖАҒДАЙЫНДА ІРІ МАСШТАБТЫ ҚАДА МОДЕЛЬДЕРІН ҚАҒЫП КІРГІЗУГЕ ЖӘНЕ СЫНАУҒА АРНАЛҒАН ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫҚ ҚОНДЫРҒЫ**

Мақалада дала жағдайында ірі масштабты қада модельдерімен сынақ жұмыстарын жүргізуге арналған жетілдірілген эксперименталдық қондырғының сипаттамасы келтірілген. Қондырғының жұмыс істеу принципі баяндалған, топырақты қада модельдерімен сынау жұмыстарының реті сипатталған. Эксперименталдық қондырғының сұлбасы берілген, сондай-ақ эксперименталдық сынақ жұмыстарының барысында жасалған суреттер фрагменттері келтірілген.

**Тірек сөздер:** қада, топырақ, модель, қағу, динамикалық сынақ, статикалық сынақ, жүктеме, деформация, жүк көтеру қабілеті.

**I.I. Bekbasarov<sup>1</sup>, M.N. Baitemirov<sup>2</sup>, Ye.I. Atenov<sup>1</sup>, N.A. Shanshabaev<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>*South Kazakhstan branch of the Kazakh Research Institute of Construction and  
Architecture, Taraz, Kazakhstan*

### **ABOUT EXPERIMENTAL DRILLING EQUIPMENT AND TESTING OF LARGE-SCALE PILING MODELS IN THE FIELD**

The article presents the design features of the modernized experimental equipment designed for driving and testing large-scale models of piles in the field. The principles of equipment operation and the sequence of soil testing by pile models are described. A scheme of experimental equipment is presented, as well as photographic fragments of the process of conducting experimental soil testing by pile models.

**Keywords:** pile, soil, model, driving, dynamic testing, static testing, load, deformation, bearing capacity.

УДК 693.11

А.А. Сагындыков<sup>1</sup>, Т. Наширалиев<sup>2</sup>, А.Ы. Сейдибалиева<sup>3</sup>,  
Е.А. Абуталипов<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Д-р техн.наук, профессор, <sup>2</sup>Канд.техн.наук, доцент, <sup>3</sup>Магистрант, <sup>4</sup>Студент  
<sup>1,3,4</sup>Таразский государственный университет им.М.Х.Дулати, г. Тараз, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И.  
Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

Электронная почта: <sup>4</sup>ernur.abutalipov 98 @mail.ru

### ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ОСОБО ЛЕГКОГО КЕРАМЗИТА

Выявлено что, особо легкий керамзит имеет более высокие показатели по комплексу физико-механических свойств в сравнении со стандартно выпускаемым керамзитовым гравием. Установлена возможность использования особо легкого керамзита для получения легких керамзитопенобетонов, соответствующих классу прочности В5 и марке плотности D600.

**Ключевые слова:** зерновой состав, керамзитовый гравий, крупнопористая и плотная структуры, легкие бетоны, насыпная плотность, пористые заполнители, прочность при сжатии, теплоизоляционные материалы, физико-механические свойства.

Анализ современного состояния и перспектив развития мирового строительства свидетельствует о нарастающей тенденции применения строительных материалов и конструкций, обеспечивающих значительное снижение массы зданий и сооружений. Одно из ведущих мест здесь принадлежит пористым заполнителям и легким бетонам на их основе [1,2].

Теплоизоляционные бетоны должны обладать не только низкими значениями теплопроводности, но и обеспечивать достаточную несущую способность конструкций.

Таковыми свойствами обладают легкие бетоны на пористых заполнителях и в частности, особо легкий керамзит, шлакозит, шлакостеклогранулят.

С 1996 г. на предприятиях строительной индустрии начинают изготавливать трехслойные стеновые панели с наружными слоями из армированного тяжелого или конструкционного керамзитового бетонов.

Практика применения трехслойных панелей, в то же время, выявила ряд их существенных недостатков: они ненадежны в эксплуатации вследствие недостаточной долговечности отечественных утеплителей; отличаются низкой теплотехнической однородностью; теряют со временем свои теплозащитные свойства [3-6]. Кроме того, по данным Б.В.Гусева фенол и особенно стирол, на основе которых производят самые распространенные теплоизоляционные материалы, обладают неприятной для человека особенностью - накапливаться в организме и производить его разрушение. По его мнению, эти вещества должны быть запрещены к использованию в жилищном строительстве [6].

На сегодняшний день одним из широко используемым, наиболее доступным и экологически безопасным пористым заполнителем для легких бетонов является керамзитовый гравий. Однако керамзитовый гравий по своим физико-механическим свойствам имеет некоторые недостатки,

обусловленные спецификой его производства. К таким недостаткам относятся наличие большого количества расколотых зерен и значительный коэффициент формы зерна, высокая плотность.

Перспективным пористым заполнителем для легких бетонов является особо легкий керамзит (ОЛК), который по сравнению с керамзитовым гравием обладает более выгодными физико-механическими и теплотехническими характеристиками, и может быть получено из недефицитного сырья, как бентонитовые глины и шлакозольное техногенное сырье, что решает также проблему утилизации промышленных отходов. К особо легким пористым заполнителям относят заполнители с насыпной плотностью 250-300 кг/м<sup>3</sup> и ниже. Такие заполнители пригодны для получения легких конструкционно-теплоизоляционных бетонов плотностью до 600 кг/м<sup>3</sup>, из которых можно изготавливать однослойные стеновые панели с термическим сопротивлением 3,5 м<sup>2</sup>-град/Вт и выше.

Сырьем для изготовления особо легких пористых заполнителей служат монтмориллонитовые глины и различные стеклосодержащие материалы: бой тарного стекла, шлаки тепловых электростанций, некоторые разновидности зол с малым содержанием углерода, горные стекловидные породы типа перлита и обсидиана, а также их смеси.

Производство особо легкого керамзитового гравия имеет ряд технологических особенностей. Одним из основных условий, необходимых для вспучивания глинистого сырья при обжиге, является образование пиропластической массы с оптимальными параметрами вязкости в относительно широком интервале температуры нагрева и выделении из этой массы достаточного количества газообразных продуктов. Степень вспучивания зависит от комплекса факторов, включающих качественный состав исходного сырья, режимы термообработки и физико-химические процессы.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал [2-3], что выпускаемое в настоящее время заполнители с насыпной плотностью 250-300 кг/м<sup>3</sup>, используемое в качестве шлакостеклогранулята, шлакозита, ОЛК в роли заполнителя, позволяет получать теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные легкие бетоны со средней плотностью 600-1000 кг/м<sup>3</sup>.

В работе [4] также показано, что варьирование плотности легкого заполнителя и отношения цемента к заполнителю позволяет получать материалы с широким диапазоном свойств и различного функционального назначения.

Известно, что крупнопористые бетоны относятся по назначению к группе теплоизоляционных бетонов. Их плотность составляет не более 600 кг/м<sup>3</sup>.

Получение легких бетонов с маркой по плотности D600 и меньше на керамзитовом гравии вызывает некоторые трудности, которые связаны с применением плотных песков и значительного количества цемента. Поэтому возникает потребность в разработке составов особо легкого керамзита и керамзитопенобетонов на их основе.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- исследование физико-механических свойств особо легкого керамзита и керамзитового гравия и их соответствие техническим требованиям на пористые заполнители для легких бетонов;

- установление отличий и выявление особенностей физико-механических свойств ОЛК и керамзитового гравия;
- разработка и исследование свойств опытного состава керамзитопенобетона.

Керамзитовые гранулы изготавливали на лабораторном оборудовании, включающих: сушильный шкаф, шаровую мельницу, сита, тарельчатый гранулятор, трубчатую печь.

Эксперименты проводили на дарбазинской бентонитовой глине и стеклобое, имеющих удельную поверхность 3800 см<sup>2</sup>/г. Соотношение бентонитовой глины и стеклобоя составляло 90:10% по массе. Влажность гранул составляло 10-12%. Для снижения влажности отформованные гранулы присыпались сухой золой. После формования гранул они подвергались сушке при температуре 105-110°C и обжигу при 1200°C.

Для приготовления пробного замеса беспесчаного керамзитопенобетона использовались следующие материалы:

- 1) керамзитовый гравий фракции 5...10 и 10...20 мм, полученное в лабораторных условиях насыпной плотностью 280 кг/м<sup>3</sup>;
- 2) портландцемент производства ОАО «Жамбылцемент» ПЦ ДО 400 (марка по прочности М400);
- 3) пенообразователь ПО-6К, серийно выпускаемый российскими производителями в качестве средства пожаротушения и являющейся экологически безопасным;
- 4) вода по ГОСТ 23732-2011.

Показатели качества пористых заполнителей определялись по стандартным методикам согласно ГОСТ 9758-2012. Сравнительная оценка показателей качества проводилась согласно ГОСТ 32496-2013. Назначение опытного состава керамзитопенобетона осуществлялось в соответствии с ГОСТ 27006-86.

Испытание опытных образцов керамзитопенобетона проводилось по ГОСТ 12730.1-785 и ГОСТ 10180-2012.

Результаты определения насыпной и средней плотности зерен пористых заполнителей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Насыпная и средняя плотность зерен керамзита

Насыпная плотность	Вид керамзита	Марка насыпной плотности, кг/м <sup>3</sup>	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>
450	обычный	500	650
280	особо легкий	300	340

Как следует из данных таблицы 1, особо легкий керамзит (ОЛК) имеет значительно меньшую насыпную плотность, что обеспечивает более низкую марку по насыпной плотности (М300), чем у керамзитового гравия (М500).

Меньшая насыпная плотность ОЛК позволит получать легкие бетоны на его основе с повышенными теплозащитными свойствами. Средняя плотность обоих видов заполнителей также значительно отличается, что свидетельствует о высокопористой структуре, характерной для ОЛК.

В таблице 2 приведены результаты определения водопоглощения по массе, пористости и объема межзерновых пустот (пустотность) исследуемых видов пористых заполнителей.

Таблица 2

Водопоглощение по массе, пористость и объем межзерновых пустот керамзита

Вид керамзита	Водопоглощение по массе	Водопоглощение по массе по ГОСТ 32496-2013	Пористость, %	Объем межзерновых пустот, %
обычный	19	30	71	41,9
особо легкий	21	30	84	42,4

Как следует из полученных результатов, водопоглощение у обоих заполнителей соответствует требованиям ГОСТ 32496-2013 и имеет среднее значение от 19 до 21% по массе. Допустимое значение водопоглощения для крупного заполнителя при марке по плотности М500 составляет 30%. Это означает, что ОЛК с маркой по плотности М300 имеет закрытую пористость, поэтому его водопоглощение сравнима с водопоглощением керамзитового гравия, имеющего более высокую плотность. Следует отметить, что низкая плотность ОЛК и сравнимое с керамзитовым гравием значение водопоглощения, свидетельствуют о наличии в его структуре тонких межпоровых перегородок, образование которых обусловлено спецификой производства ОЛК.

Пористость ОЛК составила 84%, что значительно выше, чем у керамзитового гравия, пористость которого равна 71%. Данный показатель и предопределяет более повышенную величину водопоглощения у ОЛК.

Объем межзерновых пустот или пустотность для исследуемых видов пористых заполнителей также отличается незначительно и составляет для керамзитового гравия 41,9%, а для ОЛК 42,4%, т.е. разница составила 1,5%. При большей пустотности особо легкого керамзита потребуется повышенный расход цементно-песчаного раствора для легкого бетона плотной структуры.

Известно [5], что расход цементно-песчаного раствора для бетона плотной структуры зависит от размера фракций крупного и мелкого заполнителя.

В частности, для фракций заполнителя крупного размера характерна повышенная пустотность по сравнению с пустотностью фракций среднего и мелкого размеров.

Можно предположить, что пустотность для керамзитового гравия и ОЛК будет близка, а это, в свою очередь, незначительно отразится на расходе растворной части бетонной смеси для легкого бетона плотной структуры.

Для оценки свойств пористых заполнителей также необходимо определить количество расколотых зерен и коэффициент формы зерна. Необходимость определения содержания расколотых зерен в крупном заполнителе вызвана тем, что наличие открытой внутренней поверхности зерна заполнителя способствует повышению водопоглощения материала и увеличению расхода цементно-песчаного раствора. Кроме того, наличие большого количества расколотых зерен может привести к снижению прочности при сдавливании в цилиндре зерен крупного заполнителя.

Коэффициент формы зерна крупного заполнителя оценивают в связи с тем, какой эффект оказывает шаровидная или продолговатая форма зерен на

удобоукладываемость бетонной смеси. Наилучшей принято считать шаровидную или близкую к ней форму зерен крупного заполнителя [5].

Определение коэффициента формы зерна показало, что этот коэффициент у особо легкого керамзита меньше допустимого значения и равен 1,28. Керамзитовый гравий за счет специфики своего производства имеет более вытянутую форму и коэффициент формы зерна, равный 1,62, что не соответствует требованиям ГОСТ 32496-2013.

Таким образом, особо легкий керамзит по данным показателям значительно превосходит керамзитовый гравий и обеспечит получение оптимальной структуры керамзитопенобетона.

Одним из важнейших показателей качества пористых заполнителей является их прочность при сдавливании в цилиндре, результаты определения которой представлены в таблице 3.

Таблица 3

## Прочность при сдавливании в цилиндре

Вид керамзита	Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа	Прочность при сдавливании в цилиндре по ГОСТ 32406-2013	Марка по прочности
обычный	1,5	1-1,5	П50
ОЛК	0,9	до 1	П40

Для оценки возможности использования особо легкого керамзита в качестве заполнителя в легких бетонах был произведен пробный замес в лабораторных условиях.

При проектировании состава КП-бетона использовались данные из литературных источников [5,7]. Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> керамзитопенобетона М50 составляет: цемента – 200-250 кг, керамзита – 1150-1200 л, воды – 140-160 л, добавки ПО-6К – 1,5% от массы цемента.

С учетом полученных данных по зерновому составу и прочности для пробного замеса использовались две фракции: 5...10 и 10...20 мм в соотношении 50:50.

Приготовление пробного замеса проводилось с учетом рекомендаций [7]. Перемешивание компонентов производилось в следующей последовательности: особо легкий керамзит смешивался с 2/3 объема воды, выдерживалось в течение 5 мин, а затем уже перемешивалось с заранее приготовленной сухой смесью песка и цемента. В полученную смесь вводилась оставшаяся часть 1/3 объема воды. В течение 2...3 мин в смеситель подают концентрат синтетического технического пенообразователя и перемешивают смесь до готовности. Далее проводили формование образцов размером 100×100×100 мм.

По сравнению со стандартной подачей в смеситель пены, приготовленной из традиционных пенообразователей (клееканифольного, смолосапонинового и т.п.) в пеногенераторе, разработанная технология обеспечивает эффективное вспенивание пенообразователя с образованием устойчивой пены. Межзерновое пространство керамзита заполняется поризованным цементным тестом, что обеспечивает получение бетона со степенью поризации до 35% пониженной на 20...30% плотностью и уменьшенной на 15...20% теплопроводностью [7].

Результаты испытаний физико-механических свойств образцов КП-бетона представлены в таблице 4.

Таблица 4

Физико-механические свойства образцов пенобетона

Вид	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии в возрасте, МПа			Класс бетона
		7	21	28	
Обычный	750	3,5	5,9	7,5	B7,5
ОЛК	600	2,3	4,7	6,2	B5

На рисунке 1 приведена динамика набора прочности бетона при 7, 21, 28 суток твердения.

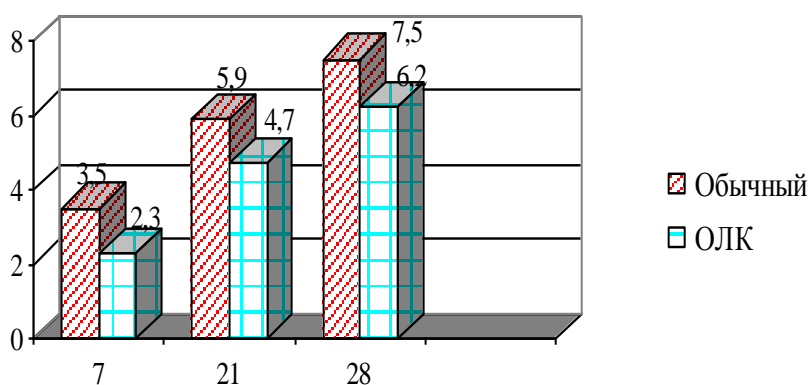


Рис. 1. Динамика набора прочности керамзитопенобетона от срока твердения

Как следует из данных таблицы 4, керамзитопенобетон пористой структуры имеет среднюю плотность 600 кг/м<sup>3</sup> и класс по прочности B5, что соответствует заданному при проектировании состава бетона значению.

При проведении корректировки состава по расходу цементно-песчаного раствора на основе полученных данных возможно получение КП-бетона пористой структуры с заданными свойствами во всем объеме изделия.

Технология поризации бетонов дает возможность изготавливать беспесчаный керамзитопенобетон со средней плотностью в сухом состоянии 600-700 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности сухого бетона не более 0,14 Вт/(м·°С) и расчетным коэффициентом теплопроводности бетона не более 0,16 Вт/(м·°С) – при сухих и нормальных влажностных режимах эксплуатации помещений в сухой климатической зоне влажности.

Исследования, выполненные при подборе составов керамзитопенобетона на керамзитовых гравиях с насыпной плотностью 280 кг/м<sup>3</sup>, показали возможность получения беспесчаного керамзитопенобетона слитной поризованной структуры на добавке ПО-6К со следующими характеристиками: средняя плотность сухого бетона - 600 кг/м<sup>3</sup> и прочность после пропаривания 62 кг/см<sup>2</sup>, что соответствует марке бетона М50. Расчеты однослойной стеновой панели (коэффициент теплотехнической однородности 0,9) на предлагаемом эффективном беспесчаном керамзитопенобетоне со средней плотностью 600 кг/м<sup>3</sup> и коэффициентом теплопроводности: 0,13-0,14 Вт/(м·°С) - в сухом состоянии и 0,16-0,17

Вт/(мч°С) - показали, что при толщине 50 см (с учетом наружного и внутреннего фактурных слоев) ее термическое сопротивление составит не менее 3,23 (м<sup>2</sup>ч°С)/Вт, что вполне достаточно для климатических условий Казахстана. Такие стены могут быть использованы при сборном строительстве и возведении зданий и сооружений из монолитного бетона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова, С.М. Композиционный цементный пеностеклобетон [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2005. – 22 с.
2. Давидюк, А.Н. Легкие бетоны на стеклогранулятах - будущее ограждающих конструкций [Текст] / А.Н. Давидюк // Технология бетона. – 2014. – [?]. - С.24-27.
3. Касимов, А.А. Перспективы развития и применения конструктивного керамзитобетона [Текст] / А.А. Касимов, Р.Г. Касимов // Интеграция современных научных исследований в развитие общества: Междунар. науч.-практ. конф. (28-29 декабря 2016 года): в 2 т. Т.2. – Кемерово: ЗапСибНЦ, 2016. – С. 44-48.
4. Баженов, Ю.М. Технология бетона [Текст] / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 500 с.
5. Ицкович, С.М. Технология заполнителей бетона [Текст] / С.М. Ицкович, Л.Д. Чумаков, Ю. Баженов. – М.: Высш. шк., 1991. – 272 с.
6. Гусев, Б.В. Нормы предельно-допустимых концентраций для стройматериалов жилищного строительства [Текст] / Б.В. Гусев, В.М. Дементьев, И.И. Миротворцев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 1999. – №5. – С.20-21.
7. Патент РФ №2059587. Способ приготовления керамзитобетонной смеси [Текст] / Б.С. Комиссаренко, А.Г. Чикноровьян. – МКИЗ С 04 В 28 / 02. Заяв. №93017864 / 04; Опубл. 10.05.96; Бюл. № 13.

*Материал поступил в редакцию 11.12.19.*

**А.Ә. Сағындықов, Ж.Т. Наширалиев, А.Ы. Сейдибалиева,  
Е.А. Абуталипов**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан  
Қ.И. Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті,  
Алматы қ., Қазақстан*

#### **АСА ЖЕҢІЛ КЕРАМЗИТ НЕГІЗІНДЕГІ КӨБІК БЕТОННЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ**

Мақалада аса жеңіл керамзиттің стандартты өндірілетін керамзитпен салыстырғандағы кешенді физикалық-механикалық көрсеткіштері жоғары екедігі анықталған. Беріктігі В5 және тығыздығы бойынша маркасы D600 сәйкес жеңіл керамзиткөбік бетондарын алу үшін аса жеңіл керамзитті пайдалану мүмкіндігі дәлелденген.

**Тірек сөздер:** түйіршік құрам, аса жеңіл керамзит, ірі қуысты жеңіл бетондар, сусыма тығыздық, кеуек толтырғыштар, физикалық-механикалық қасиеттер, беріктік.



**A.A. Sagyndykov, Zh.T. Nashiraliev, A.Y. Seydibalieva, E.A. Abutalipov**

*Taraz State University named after M.Kh.Dulati, Taraz, Kazakhstan  
Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev,  
Almaty, Kazakhstan*

### **PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF FOAM CONCRETE ON THE BASIS OF ESPECIALLY EASY CERAMSITE**

It was revealed that particularly light claydite has higher indices on the complex of physical and mechanical properties in comparison with standardly produced claydite gravel. The possibility of using particularly lightweight expanded clay to obtain lightweight expanded clay foam concrete, corresponding to the strength class B5 and density grade D600, has been established.

**Keywords:** grain composition, expanded clay gravel, large pore and dense structures, lightweight concrete, bulk density, porous aggregates, compressive strength, thermal insulation materials, physical and mechanical properties.

УДК 666.11

**А.А. Сагындыков<sup>1</sup>, С.К. Нурпеисов<sup>2</sup>, З.С. Жижина<sup>3</sup>, Р.Н. Омаралы<sup>4</sup>**

*<sup>1</sup>Д-р техн.наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. техн.наук, доцент, <sup>3</sup>Магистрант, <sup>4</sup>Студент  
Таразский государственный университет им.М.Х.Дулати, г. Тараз, Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>ernur.abutalipov 98@mail.ru*

### **КЕРАМИЧЕСКИЕ ПЛИТКИ НА ОСНОВЕ СУГЛИНКОВ И ДОБАВОК**

Приведены результаты исследований применения суглинка и добавок в виде фосфорного шлака, волластонита, золы ТЭЦ в производстве керамической плитки. Полученные плитки по физико-механическим свойствам удовлетворяют нормативным требованиям. Использование низкосортных суглинков и отходов промышленности является эффективным способом снижения себестоимости производства керамических плиток, сокращения объемов транспортных перевозок сырья и расширения сырьевой базы.

**Ключевые слова:** керамическая плитка, суглинок, фосфорный шлак, волластонит, помол, сушка, обжиг, прочность при изгибе, физико-механические свойства, усадка, водопоглощение, фазовый состав.

Наряду с поиском, разведкой и освоением новых месторождений сырья необходимо шире использовать материалы попутной добычи, вторичное сырье и отходы других отраслей промышленности. Особую актуальность имеет максимально возможное приближение источников сырья природного и техногенного происхождения к предприятиям изготовителям плиток. Отмечается, что сокращение среднего радиуса перевозок сырья на 100 км дает экономический эффект около 15 млн. тенге/год. Практическая реализация этого эффекта в производстве плиток может быть достигнута путем использования местного сырья - низкосортных глин и отходов

промышленности - при сокращении расхода дефицитных высокосортных глин, плавней, являющихся для большинства предприятий дальнепривозной.

Учеными внесен большой вклад в развитие теоретических представлений о физико-химических процессах, протекающих при обжиге керамических смесей на основе различного глинистого сырья и промышленных отходов [1-3]. Имеется опыт их применения в производстве.

Традиционным сырьем для производства керамических плиток являются огнеупорные и тугоплавкие гидрослюдисто-каолининовые глины, главным образом, месторождений Донецкой области (Украина). В Казахстане огнеупорные глины расположены в Костанайской области (Аркалыкское) и в Акмолинской области (Алексеевское). Ограниченные запасы к возможности добычи, большие объемы потребления этих глин в технологии изготовления керамики различного назначения определяют их возрастающую дефицитность. Вместе с тем, современная технология производства керамических плиток на поточно-конвейерных линиях, базирующаяся на шликерном способе подготовки смесей и получении пресс-порошка в распылительной сушилке, позволяет употреблять низкосортные глины, в том числе и легкоплавкие, являющиеся для многих предприятий местным сырьем. Шликерный способ обеспечивает высокую степень дисперсации различных примесей, отрицательно влияющих на технологические свойства, а скоростной обжиг в конвейерных роликовых печах позволяет применять сырье с меньшим интервалом спекания.

В отличие от традиционного сырья низкосортные суглинки являются, как правило, полиминеральными, относятся, по классификации В.Ф.Павлова и Е.Н.Веричева, к третьей группе, содержат повышенное количество монтмориллонита, свободного кварца, карбонатов и гидроксидов железа. Согласно ГОСТ 9169-75, они в основном являются неспекающимися и не рекомендуются для производства керамических плиток.

Научной основой практического использования низкосортных полиминеральных глин является принцип оптимизации химико-минералогического состава глинистых систем и керамических смесей, развитый трудами профессора В.Ф. Павлова.

В результате исследований глинистых систем, полученных шихтованием полиминеральных, гидрослюдисто-каолининовых и монтмориллонито-каолининовых глин установлен эффект интенсификации их спекания при обжиге [2], обусловленный изменением количественного соотношения основных породообразующих минералов и дисперсности керамической смеси [3].

Наличие указанного эффекта при спекании композиций природных глин согласуется результатами исследований систем чистых глинистых минералов.

Значительный объем исследований и разработок связан с использованием отходов химической промышленности.

На Волгоградском керамическом заводе [4] разработана и внедрена смесь для получения облицовочных плиток по скоростным режимам обжига, содержащая 55% шлака фосфорного производства, 30% дружковской глины и 15% кварцевого песка. Экономический эффект от ее внедрения составил 292 тыс.руб. в год. В 1981-1985 гг. на заводе было выпущено 24 млн.м<sup>2</sup> керамических плиток с применением 163 тыс.т фосфорных шлаков.

Для производства облицовочных плиток разработана также смесь следующего состава (в %): шлак фосфорного производства 40-45; бой плиток 3-6; глина гидрослюдисто-каолинистая 49-57 [5].

Позняк А.И. с целью уменьшения деформации облицовочных плиток предложила смесь с комплексной добавкой волластонита и полевошпатового сырья [6].

За рубежом разработана технология изготовления плиток из смеси, содержащей каолин, полевой шпат, кварцевый песок и отходы переработки фосфатной руды, образующиеся при производстве фосфорной кислоты. Химический состав отходов (в %):  $\text{SiO}_2$  21,75;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  6,5;  $\text{CaO}$  28,91;  $\text{MgO}$  2,14;  $\text{P}_2\text{O}_5$  19,31. Водопоглощение плиток 7,4-9,45%.

Разработаны предложения по комплексному использованию шлама - отхода производства жидкого стекла автоклавным методом для изготовления керамических фасадных плиток и плиток для внутренней облицовки стен по режимам скоростного обжига на поточно-конвейерных линиях.

Использование низкосортных полиминеральных глин и отходов других отраслей промышленности является эффективным способом снижения себестоимости производства керамических плиток, сокращения объемов транспортных перевозок сырья и расширения сырьевой базы. При этом утилизация отходов имеет важное экологическое значение.

Выполнено большое количество научно-исследовательских разработок, в том числе на уровне изобретений, показывающих возможность производства с применением низкосортных полиминеральных глин и промышленных отходов керамических плиток различного назначения по режимам скоростного обжига на поточно-конвейерных линиях.

Рядом предприятий России, Беларуси и Узбекистана выпускаются керамические плитки для внутренней облицовки стен, фасадные плитки и плитки для полов из смесей на основе низкосортных полиминеральных глин, что позволило сократить расход дефицитных огнеупорных и тугоплавких глин.

Широкое применение в производстве керамических плиток получил нефелиновый концентрат (отход цветной металлургии).

Волгоградским и Львовским керамическими заводами, Киевским заводом «Керамик» и Славянским комбинатом выпускаются керамические плитки для внутренней облицовки стен, фасадные, плитки для полов с использованием отходов химической и горнодобывающей промышленности, черной металлургии и теплоэнергетики.

Планируется увеличить объемы утилизации отходов путем организации выпуска плиток для внутренней облицовки стен с применением отсевов граносиенитов, отходов ферросплавного производства для интенсификации спекания плиток для полов на топливных шлаках для изготовления фасадных плиток, отходов цветной металлургии для получения нефритоваяных глазурей.

Целью работы является разработка составов сырьевых композиций на основе суглинка и технологических параметров получения керамических плиток для внутренней облицовки стен с комплексом требуемых эксплуатационных характеристик; выявление основных закономерностей формирования структуры и фазообразования во взаимосвязи с физико-химическими свойствами изделий на всех стадиях технологического процесса их изготовления однократным обжигом.

Объектом исследования являются керамические массы с использованием местного сырья, применяемые для изготовления плиток с высокими прочностными характеристиками для внутренней облицовки стен методом полусухого прессования на поточно-конвейерных линиях по технологии однократного обжига.

Предмет исследования: химико-минералогический состав и технологические характеристики сырьевых материалов – суглинка, фосфорного шлака, золы ТЭЦ; процессы формирования структуры и фазообразования при получении плиток на основе разработанных керамических масс; физико-химические свойства полуфабриката изделий на разных стадиях технологического процесса их изготовления.

В настоящей статье показаны возможности корректировки процесса спекания за счет использования природных добавок в виде волластонита (ВЛ), фосфорного шлака (ФШ) и золы ТЭЦ (ЗЛ). Был изучен процесс спекания суглинка месторождения Жасоркен, а также смесей этого суглинка при различном их соотношении с вышеуказанными добавками.

Полиминеральный суглинок имеет следующий химический состав (в %):  $\text{SiO}_2$  60,51;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  13,13;  $\text{TiO}_2$  0,87;  $\text{CaO}$  7,34;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  3,01;  $\text{Na}_2\text{O}$  2,1;  $\text{K}_2\text{O}$  1,8;  $\text{MgO}$  1,1  $\text{SO}_3$  0,25; п.п.п. 4,6.

Минералогический состав суглинка представлен 12% каолинита, 9,9% гидрослюд, 4,3% монтмориллонита, 50,8% кварца, 5,7% полевого шпата, 15,2% кальцита и 3,9% гидроксидов железа.

Содержание частиц размером менее 0,001 мм составляет лишь 4,9%, преобладает фракция 0,01-0,005 мм (50,9%).

Смеси готовили шликерным способом. После взвешивания сырьевые материалы подвергали совместному мокрому помолу в лабораторной шаровой мельнице с фарфоровыми шарами (рис.1) при соотношении шаров: материал 1:2 при влажности 48-50% с добавкой электролитов: кальцинированной соды и жидкого стекла в количестве 0,1-0,2%.

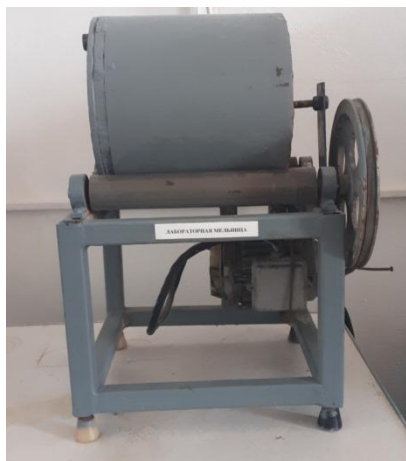


Рис. 1. Лабораторная шаровая мельница мокрого помола

Пресс-порошок влажностью 5-7% получали в сушильном шкафу при температуре 105-110°C. Плитки размером 120×65×7 и 140×120×7 мм прессовали на гидравлическом прессе при удельном давлении 22-24 МПа. Остаточная влажность плиток после сушки в радиационной сушилке составляла 0,3-0,5%. Обжиг неглазурованных плиток осуществляли в

муфельной печи (рис.2) при максимальной температуре 1000°C в течение 42-50 мин. Цвет черепка плиток кремовый.



Рис. 2. Лабораторная муфельная печь для обжига плиток

Плитки глазурили фриттованными борно-циркониевыми глазуриями методом пульверизации. Глазурную суспензию наносили на поверхность керамической плитки, прошедшей утильный обжиг методом полива. При этом глазурь наносится более гладким и плотным слоем, что позволяет получать глазурированные плитки с меньшей рябизной и меньшим количеством наколов, при одинаковом количестве нанесенной глазури и конечной температуре обжига. Покрытые глазурной суспензией керамические плитки сушились и обжигались в муфельной электрической печи при оптимальной температуре 800-950°C.

Учитывая совокупность всех показателей, за оптимальные были выбраны глазури с высокими показателями белизны. Глазури, которые обладают сравнительно невысокими показателями белизны, могут применяться только совместно с красителями. Плитки из опытных масс с нанесенными глазуриями отличаются лучшим розливом глазури, минимальным содержанием наколов и хорошими показателями белизны и блеска.

Плотность глазури составляла 1,61-1,63 г/см<sup>3</sup>, расход на одну плитку размером 120×65×7 мм - 5,0-5,5 г. Полиной обжиг при максимальной температуре 960-980°C в течение 40-45 мин. Глазурное покрытие обладало достаточной заглушенностью, хорошо скрывающей цвет черепка.

Выявлено, что увеличение дисперсности частиц сырьевой смеси, размером 0,1 мкм и менее, приводит к повышению общей усадки образцов плиток от 1,6 до 1,9%. При этом отмечается смещение температуры разложения карбонатов на 10-15°C в более низкотемпературную область, обусловленное ростом удельной поверхности частиц и их реакционной способности, уменьшает вероятность появления дефектов на глазурированной поверхности керамических плиток при их однократном обжиге.

Изучена зависимость степени уплотнения пресс-порошка от прилагаемого усилия и определено оптимальное давление прессования на второй ступени, составляющее 20-25 МПа, обеспечивающее получение

целостных прессовок с повышенными показателями механической прочности при изгибе после прессования (0,52-0,53 МПа) и сушки (2,4-2,7 МПа).

Изучено влияние армирующих добавок волластонита на механическую прочность полуфабриката плиток.

Результаты испытаний опытных смесей, обожженных по скоростным режимам, показывают (табл. 1), что водопоглощение образцов из полиминерального суглинка превышает 14%. Вместе с тем интенсивность спекания образцов из суглинка значительно меньше, чем при введении в состав добавок.

Таблица 1

Составы шихты и показатели физико-механических свойств плиток

№	Состав шихты, %		Усадка, %	Водопоглощение, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при изгибе, МПа
11	СГ-100	-	1,9	15,3	1958	7,9
12	СГ-95	ФС-5	1,8	14,9	1966	8,3
13	СГ-90	ФС-10	1,7	14,7	1970	8,6
14	СГ-85	ФС-15	1,6	14,2	1972	9,1
15	СГ-95	ВЛ-5	1,8	14,8	1977	8,4
16	СГ-90	ВЛ-10	1,7	14,6	1976	8,7
17	СГ-85	ВЛ-15	1,6	14,1	1988	9,3
18	СГ-95	ЗЛ-5	1,9	15,1	1966	8,1
19	СГ-90	ЗЛ-10	1,8	14,9	1969	8,2
110	СГ-85	ЗЛ-15	1,7	14,5	1973	8,4

На рисунке 3 приведены влияния содержания фосфорного шлака на прочность при изгибе плиток.

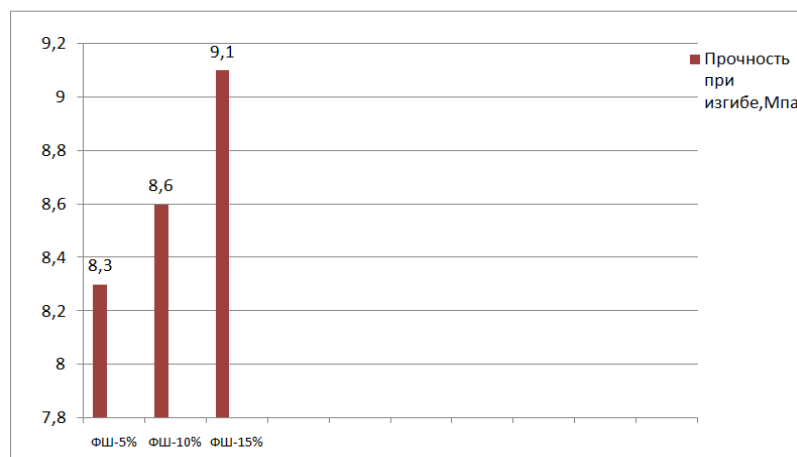


Рис. 3. Влияние фосфорного шлака на прочность плиток

Анализ данных таблицы 1 показал что, исходный суглинок спекается при 1000°C. При этом водопоглощение составляет 15,3%, плотность 1964 кг/м<sup>3</sup>, а прочность при изгибе 7,9 МПа.

По данным рентгеноструктурного анализа, кристаллизационная структура образцов из суглинка, полученных скоростным обжигом при температуре 1000°C представлена кварцем, гематитом и небольшим

количеством анортита, причем с повышением температуры обжига значительного изменения в абсолютном и относительном содержании указанных кристаллических образований не наблюдается. Для образцов из суглинка и добавок характерно наличие кварца и небольшого количества анортита, муллита при температуре обжига 1000°C.

Установлено, что шихтование фосфорным шлаком, волластонитом, золой ТЭЦ существенным образом влияет на спекание (см. табл. 1). Так, для образцов из смесей с фосфорным шлаком (составы 2,3,4) при обжиге при температуре 1000°C свойственны существенно меньшее водопоглощение, большая плотность и прочность по сравнению с образцами из суглинка.

Малая усадка керамических масс с природным волластонитом объясняется, по-видимому, не только появлением менее плотных кристаллических фаз, но и образованием каркаса из разнонаправленных игольчато-волокнистых кристаллов, не взаимодействующих с жидкой фазой при температуре обжига до 1000°C. Благодаря игольчатой форме минерала структура керамического материала остается открытой. Показано, что введение волластонита также способствует армированию структуры полуфабриката плиток, обусловленное игольчатым габитусом кристаллов.

Разработанные составы и технологические параметры производства были рекомендованы для внедрения на предприятиях южных регионов РК, выпускающих фасадные керамические плитки. Экономический эффект от замены части привозных глин местными составляет более 10 млн. тенге при выпуске 400 тыс.м<sup>2</sup> плиток в год.

Приведенные данные подтверждают тот вывод, что высокие свойства керамики могут быть достигнуты при определенных соотношениях различных кристаллических образований и стеклофазы, в том числе при отсутствии или низкой степени муллитобразования, что характерно для обжига низкосортных полиминеральных глин.

Увеличение объемов использования отходов промышленности в технологии керамических плиток невозможно без решения таких межведомственных вопросов, как организация складирования и отгрузки предприятиями-поставщиками отходов по согласованным техническим условиям, организация приемки, складирования и дозировки отходов предприятиями-изготовителями плиток.

Целесообразно создание производства керамических плиток непосредственно на предприятиях, где образуются отходы.

Разработка рациональных составов керамических смесей для получения плиток с использованием низкосортных полиминеральных глин и отходов промышленности основывается на принципе оптимизации химико-минералогического и фазового составов. Показан эффект интенсификации спекания суглинка, реализуемый на практике шихтованием фосфорным шлаком, золой ТЭЦ в определенных соотношениях. Использование в качестве плавней фосфорных шлаков, зол ТЭЦ позволяет комплексно воздействовать на формирование кристаллической фазы и стекло-фазы при обжиге изделий. При этом благодаря совершенствованию структуры повышаются физико-механические и эксплуатационные свойства плиток.

Определение связи химико-минералогического состава смесей, фазового состава, структуры и свойств изделий определяет перспективность установления соответствующих аналитических зависимостей - моделей спекания и свойств, которые могут стать основой для оперативных расчетов рациональных составов смесей с использованием современных компьютерных программ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков, А.Д. Энергосберегающая технология керамической плитки [Текст] / А.Д. Жуков, Г.И. Горбунов, Н.А. Белаш // Вестник МГСУ. – 2013. – №10. – С.122-130.
2. Книгина, Г.И. Малоусадочные керамические плитки из карбонатно-суглинистой шихты [Текст] / Г.И. Книгина, А.А. Шароватов, Т.С. Баландина // Стекло и керамика. – 1981. – №11. – С.17.18.
3. Тихомирова, С.А. Опыт использования шлаков в производстве облицовочных плиток [Текст] / С.А. Тихомирова // Пром-сть строит. материалов. Сер.5. Керамическая промышленность. - 1980. - Вып.4. - С.7-10.
4. Рыщенко, М.И. Использование фосфорного шлака в производстве керамических облицовочных плиток [Текст] / М.И. Рыщенко, Ю.Д. Трусова, Н.Г. Олифиренко [и др.] // Пром-сть строит. материалов, Сер.5. Керамическая промышленность. – 1981. – №2. – С.23-27.
5. Сулейменов, Ж.Т. Керамические облицовочные плитки с использованием фосфорных шлаков [Текст] / Ж.Т. Сулейменов, А.А. Сағындыков, А.Т. Киргизбаев // Стекло и керамика. - 2016. - №2. - С.14-17.
6. Позняк, А.И. Ресурсосберегающая технология получения керамических плиток для внутренней облицовки стен [Текст]: автореф. дис. ... канд.техн наук / А.И. Позняк. – Минск, 2015. – 22 с.

*Материал поступил в редакцию 11.12.19.*

**А.Ә. Сағындықов, С.К. Нурпейсов, З.С. Жижина, Р.Н. Омаралы**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

## САЗДАҚ ЖӘНЕ ҚОСПАЛАР НЕГІЗІНДЕГІ КЕРАМИКАЛЫҚ ТАҚТАЛАР

Фосфорлы қож, волластонит, жылу электр станцияларының қыш түріндегі керамикалық плиталар өндірісінде саздақтар мен қоспаларды қолдану бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Физикалық-механикалық қасиеттері бойынша алынған плиталар нормативтік талаптарға сай келеді. Керамикалық плиталарды өндіруге арналған төмен сортты саздақтар мен өндірістік қалдықтарды пайдалану өндіріс шығындарын төмендетудің тиімді әдісі болып табылады, шикізат тасымалын азайтады, сонымен қатар қолданылатын шикізат базасын кеңейтеді.

**Тірек сөздер:** керамикалық плитка, саздақ, фосфор шлактары, волластонит, ұнтақтау, кептіру, күйдіру, иілу беріктігі, физикалық және механикалық қасиеттері, шөгү, су сіңіру, фазалық құрам.

**A.A. Sagyndykov, S.K. Nurpeisov, Z.S. Zhizhina, R.N. Omaraly**

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

## CERAMIC TILES BASED ON LOAM AND ADDITIVES

The results of studies of the use of loam and additives in the form of phosphorus slag, wollastonite, ash CHP in the production of ceramic tiles. The resulting tiles on the physical and mechanical properties meet the regulatory requirements. The use of low-grade loams and industrial waste is an effective way to reduce costs-production of ceramic tiles, reducing the volume of transport-transportation of raw materials and expansion of the raw material base.

**Keywords:** ceramic tile, loam, phosphorus slag, wollastonite, grinding, drying, firing, bending strength, physical and mechanical properties, shrinkage, water absorption, phase composition.



УДК 624.012.3

**К.Е. Ермуханов<sup>1</sup>, Н.Р. Искаков<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>2</sup>Магистрант*Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан*Электронная почта: <sup>2</sup>nursultan\_iskakov\_96@mail.ru**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ  
ТРУБОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

В статье приведен краткий обзор развития и эффективность применения трубобетонных конструкций при возведении зданий и сооружений различного технического назначения. Рассмотрены конструкционные и строительно-технические свойства трубобетона, а также возможности его применения в самых различных областях строительства.

**Ключевые слова:** бетон, трубобетон, несущая способность, железобетон, строительные конструкции, арматура, постоянная нагрузка, прочность, эксплуатационная надёжность, деформации, трубобетонный каркас.

Трубобетон - конструкции тонкостенных стальных труб, заполненных бетоном. Трубобетон как строительный элемент, применяется довольно широко как в отечественном, так и зарубежном домостроении.

Трубобетон в связке с металлической оболочкой используется в различных направлениях строительства, а в последние годы использование таких конструкций увеличилось в высотном строительстве. Технологически стальная трубчатая оболочка играет роль несущего каркаса арматуры (как продольной, так и поперечной) и опалубки, сопротивляющейся давлению свежего бетона, что значительно упрощает монтаж и улучшает условия возведения сооружений, особенно высотных и большепролетных. Безусловно, круглая металлическая труба есть самый эффективный вид арматуры для сжатых бетонных элементов. Бетон, заключенный в металлическую оболочку способен выдерживать большие нагрузки, прикладываемые в произвольных направлениях. Металлическая оболочка создает эффективные условия для работы бетонного ядра, препятствуя расширению в поперечном направлении и развитию трещин. Бетон, заполнив оболочку, увеличивает общую и местную устойчивость конструкции, а также повышает ее жесткость [1].

Применение трубобетона гарантирует высокую прочность сооружений за счет стального каркаса. Металл, работая в связке с бетоном в закрытой конструкции, обеспечивает гораздо более высокий коэффициент устойчивости, чем в конструкциях с армированным открытым бетоном. Так, в последнем случае у бетона со временем появляются трещины, которые имеют тенденцию расширяться. В трубобетоне же трещин, за счет нагрузки, практически не бывает. А металл, усиленный бетоном, воспринимает различные продольные, поперечные, «переломные» нагрузки более эффективно. Трубобетон обладает исключительно высокой несущей способностью при небольших поперечных сечениях колонн, являясь прекрасным примером сочетания выдающихся способностей металла и

бетона. При этом стальные трубы выполняют роль несъемной опалубки при бетонировании, обеспечивая как продольное, так и поперечное армирование бетона. Бетон в трубобетоне находится в условиях всестороннего сжатия и в таком состоянии выдерживает напряжение, существенно превышающее его призмную прочность [1].

По сравнению с железобетонными конструкциями трубобетонные позволяют в 1,5-2 раза уменьшить расход металла и бетона, в 2-3 раза – массу конструкции и, примерно, вдвое – затраты труда в связи с радикальным уменьшением арматурных, сварочных работ и работ по монтажу опалубки. Особенно эффективны трубобетонные конструкции при больших напряжениях с относительно малыми эксцентриситетами [2].

Существенным фактом является то, что трубобетонные конструкции могут выдерживать значительные нагрузки длительное время, а железобетонные конструкции теряют несущую способность мгновенно. Помимо всех конструктивных достоинств трубобетонные конструкции обладают всеми достоинствами металлических конструкций в плане монтажа, отличаясь при этом от последних более высокой огнестойкостью. Прекрасные конструктивные и строительно-технические свойства трубобетона позволяют применять его в самых различных областях строительства - мостостроении, строительстве метро, промышленных и жилых зданий.

Идея армирования бетона стальной круглой трубой появилась около столетия назад, и принадлежит американскому инженеру John Lally, который использовал стальные трубы, заполненные бетоном, как несущие колонны для многоэтажных зданий (для возведения зданий не более 6-ти этажей).

Одним из первых сооружений, возведенный с использованием трубобетона, считается арочный мост пролетом около 9 м в восточном предместье Парижа (1931 г. постройки, рис.1). Для постройки данного сооружения было применено многотрубное армирование, при котором несущим элементом был пакет из трубобетонных стержней малого диаметра. Каждая арка данного моста состоит из 6 труб, заполненные бетоном, и имеющие диаметр  $60 \times 3,5$  мм [3].



Рис. 1. Мост в предместье Парижа

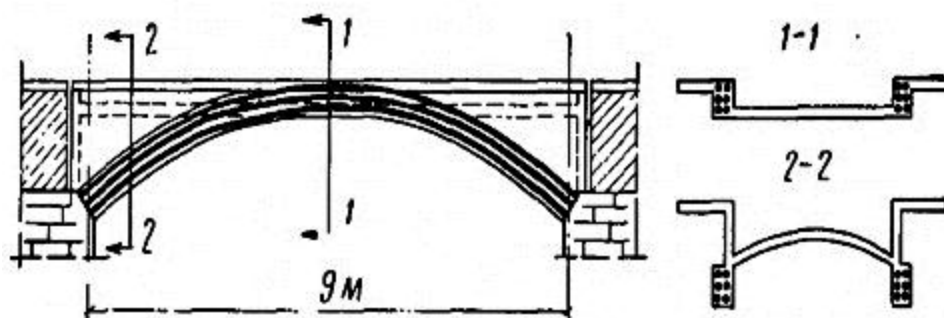


Рис. 2. Схема конструкции моста в предместье Парижа

В строительстве моста пролетом в 101 м, сооруженный через р.Нева в Санкт-Петербурге, применялась известная схема без раскосной фермы, строительство велось под руководством Г.П. Передерия. Крупногабаритный пакет из 40 труб диаметром 140×5 мм использован в качестве верхнего параболического пояса пролетного строения. Трубы изготовлены из малоуглеродистой стали марки Ст5. На 1 м<sup>2</sup> поперечного сечения арки приходится 104 м пролета, что почти в 2 раза больше, чем у других подобных мостов. Впоследствии система пакетного трубобетона не применялась из-за сложности ее изготовления.

С появлением многотрубной системы началось широкое развитие трубобетонных конструкций. В 40-х годах В.А. Росновский предложил использовать в качестве конструктивного элемента мостов одну тонкостенную стальную трубу, заполненную бетоном, и в ряде проектов показал ее преимущества по сравнению с обычными решениями. Им были предложены различные конструкции мостов с применением такого решения, а впоследствии по одному из этих предложений был построен железнодорожный мост через р. Исеть вблизи г. Каменск-Уральского (РФ)[3].



Рис. 3. Общий вид моста р. Исеть вблизи г. Каменск-Уральский

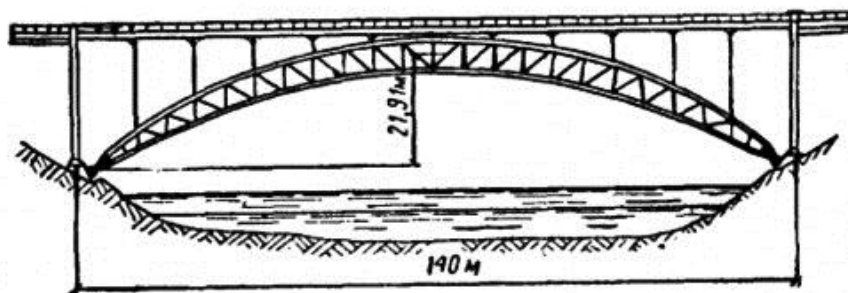


Рис. 4. Схема конструкции моста р. Исеть

В ряде зарубежных стран в строительстве в 60-е г. применялись стальные трубы с бетонным заполнением. В те годы началось интенсивное строительство во многих странах мира. Во Франции трубобетон использован в качестве стоек каркасов многоэтажных жилых и общественных зданий, например, в первом небоскребе в Париже - жилом доме на ул. Крулебарб, в административном здании на ул. Жофре [3].

Лидером по применения трубобетонных конструкций является КНР. В стране насчитывается около 30 высотных сооружений, построенные в трубобетонном исполнении для несущих конструкций.

Телебашня «Canton Tower» в г. Гуанчжоу (2009 г. постройки) является одним из ярчайших примеров использования трубобетона при ее строительстве. Даже несмотря на форму этого здания, которая выполнена в виде криволинейного образца, основными элементами послужили прямолинейные трубобетонные конструкции (рис 5.)



Рис. 5. Телебашня «Canton Tower» в г. Гуанчжоу (КНР)

К другому примеру можно отнести строительство сооружения 508-метровой мега башни в Тайбэе (рис.6). В данном сооружении было использовано комбинированные сталежелезобетонные несущие конструкции. В качестве колонн использовались металлические коробки сечением 2,4×3,0 метра, заполненные бетоном. Каждая колонна сооружения воспринимает нагрузку, равную 38 тыс. т [4].



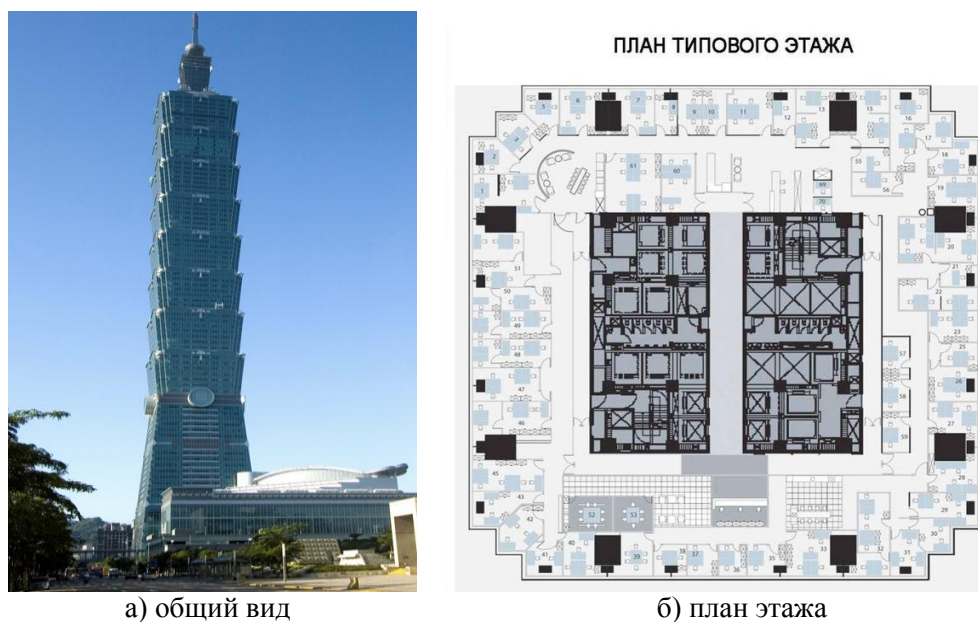


Рис. 6. Высотное здание Тайpei 101 в Тайване (КНР)

Трубобетон в Казахстане применяется «Корпорацией КУАТ», который возводит здания в мега-районе «Сайран» - в крупнейшем архитектурно-строительном проекте нашей страны, с площадью застройки в 228 га.

Трубобетон здесь используют по причине высотности возводимых зданий (от 12 до 25 этажей). Это накладывает определенную ответственность за выбор конструкций в несущем каркасе.

Область застройки нового мега-комплекса ограничена квадратом улиц Розыбакиева, Толе би, пр.Абая и восточным побережьем озера Сайран. Этот район относится к зоне «9 баллов», поэтому здания, возводимые на проектируемой территории, будут подвержены различным проверкам на сейсмостойкость.

На строительных объектах района «Сайран» используется жесткий монолитный каркас с эффективными стеновыми материалами, который создает возможность формирования больших пролетов для сейсмостойких конструкций. В опорных узлах колонн и перекрытий используются стальные элементы, которые вместе с диафрагмами жесткости принимают основные нагрузки сеймики [5].

**Изготовление трубобетона.** При изготовлении трубобетона используются трубы различного сечения: круглые цилиндрические, призматические (квадратные или прямоугольные). Во многих случаях внутри ядра из бетона устанавливается арматура: гибкая – в виде стержней или жесткая – уголки, двутавры и др. Такие конструкции используются также и для свай, представляющих собой металлические цилиндрические оболочки с армированным бетонным ядром. Армирование ядра позволяет уменьшить диаметр оболочки и, следовательно, поперечный габарит конструкции, что имеет большое значение (рис.7,8). При широком применении трубобетонных конструкций необходим индустриальный и высокопроизводительный способ заполнения труб бетоном, обеспечивающий высокую прочность и однородность бетонного ядра. Существуют три способа уплотнения бетона в трубах: глубинным вибрированием, штыкованием и внешним вибрированием [6].

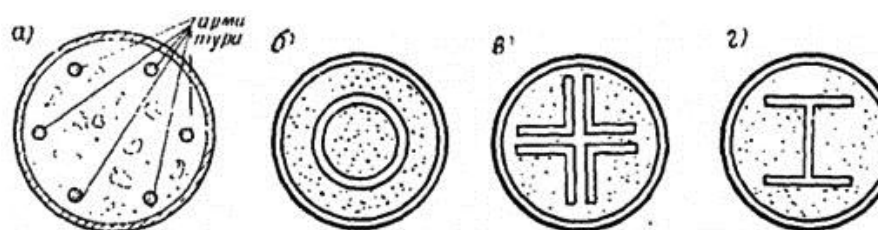


Рис. 7. Армирование бетонного ядра: а – гибкой арматурой; б – жесткой арматурой в виде трубы; в – то же, уголком; г – то же, двутавром

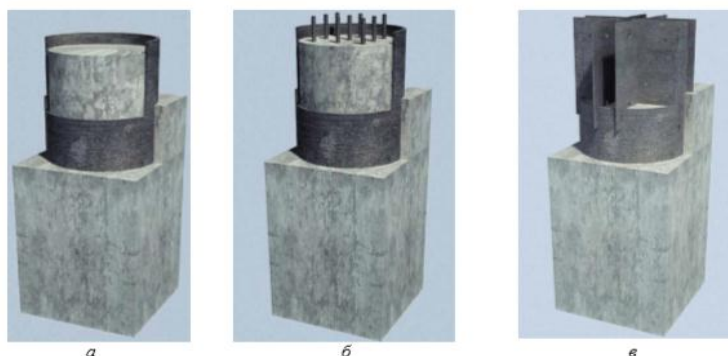


Рис. 8. Примеры армирования бетонного ядра:  
а – трубобетонный сердечник неармированный; б – то же, с высокопрочной арматурой; в – жесткий рамный узел, колонна с перекрытием.

Существует также инъекционный способ заполнения трубы бетоном (рис.9). При использовании данного способа бетон подается снизу вверх по трубе через отверстие в ее боковой грани [6].

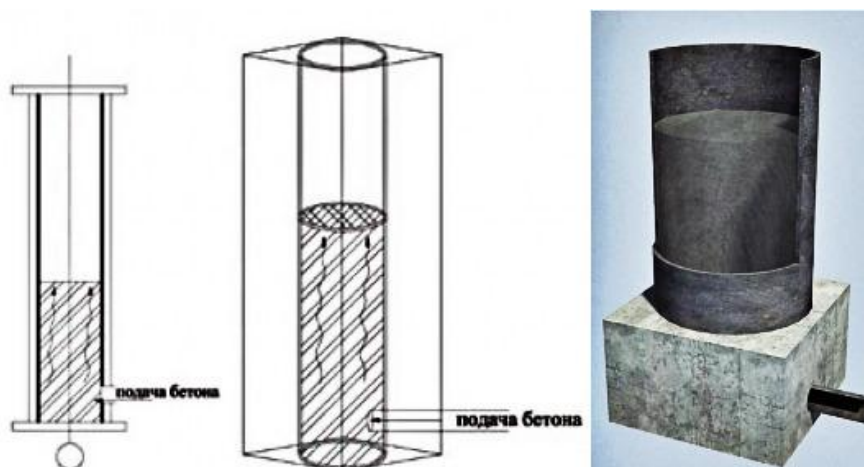


Рис. 9. Схема заполнения трубы бетоном инъекционным способом

К основным преимуществам трубобетона относят следующее:

- в трубобетонных конструкциях стальная оболочка играет роль несъемной опалубки, что уменьшает сроки строительства, а также значительно упрощает процесс возведения конструкции;

- стальная труба выполняет функцию продольного и поперечного армирования; так как пространство трубы заполнена бетоном, то значительно возрастает коррозионная стойкость металла, вследствие чего происходит уменьшение воздействия негативных факторов на металлическую «опалубку» изнутри;

- равномерно обжатая со всех сторон обойма железобетонного массива, обеспечивает его трехосное сжатие, при котором прочность бетона возрастает в несколько раз; также, наличие стальной оболочки снижает процесс трещинообразования в бетоне, уменьшает влияние таких факторов, как ползучесть и усадка;

- заполнение стальной трубы бетоном повышает жесткость элементов, значительно увеличивает несущую способность и огнестойкость.

К экономическим преимуществам трубобетона относятся: сокращение расхода металла при возведении каркасов высотных зданий в 1,8-2 раза, сокращение сроков строительства коробок зданий и сооружений в 1,5-2 раза, снижение себестоимости строительства на 25-35%. К технологическим – следует отнести: возможность работы в зимнее время, снижение объема сварочных работ, высокая скорость возведения.

Недостатком трубобетона можно считать следующие особенности:

- стальные трубы большого диаметра имеют относительно высокую стоимость;

- низкая коррозионная стойкость по сравнению с железобетонными конструкциями, которые ведут к дополнительным затратам;

- возможность расслоения бетонной смеси при заполнении труб небольшого диаметра;

- отсутствие надежных вариантов стыков трубобетонных колонн с несущими конструкциями перекрытий зданий;

- сложность обеспечения совместной работы стали и бетона существенно осложняет применение трубобетонных конструкций, требуя разработки эффективных узлов сопряжения; также, достаточно трудоемко сопряжение трубобетонных колонн с элементами перекрытия;

- расчет таких конструкций является весьма тяжелым;

- не имеется единой методики расчета, которые позволяют учитывать все факторы, влияющие на работу таких конструкций;

- отсутствие нормативной базы для процесса проектирования трубобетонных конструкций [7].

Широкое применение трубобетонных конструкций сдерживается отсутствием нормативных документов по их проектированию и расчету. Несмотря на весьма обстоятельные исследования в этой области, надо признать, что до сих пор нет надежной и приемлемой для практического использования расчетной модели трубобетонного сечения в предельном состоянии, адекватно отражающей его специфические особенности. Использование именно этой конструктивной системы дает огромные возможности архитекторам для разработки самых необычных зданий и сооружений, практически без ограничений, позволяя воплотить в жизнь самые смелые объемно-планировочные решения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кикин, А.И. Конструкции из стальных труб, заполненных бетоном [Текст] / А.И. Кикин, Р.С. Санжаровский, В.А. Трулль. - М.: Стройиздат, 1974. – 144 с.
2. СНиП РК 5.03-34-2005 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» [Текст]. - [?].
3. Турчин, Л. Трубобетон: строим в два раза быстрее, легче, экономичней, надежней [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://blog.liga.net>.
4. [?] // Строительство. – 2015. - №9.
5. Шуллер, В. Конструкции высотных зданий [Текст] / В. Шуллер. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.
6. Иванов, А.С. Трубобетонные конструкции [Текст] / А.С. Иванов // Железобетонные изделия и конструкции. – 2011. – №10. – С.13-16.
7. Хамиев, Р. Трубобетон – технология будущего / Строительный вестник. Элек. издание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://subscribe.ru/archive/build.gsv/200702/28114728.html>.

*Материал поступил в редакцию 11.11.2019.*

**К.Е. Ермуханов, Н.Р. Искаков**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

#### **ҚАРЖЫЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМ ҚҰРАЛЫН ДАМУЫ ЖӘНЕ ТИІМДІЛІК ТАРИХЫ**

Мақалада әр түрлі техникалық мақсаттарда ғимараттар мен құрылыстар салу кезінде бетон конструкцияларын дамытудың тарихы мен қолданудың тиімділігі сипатталған. Нақты құрылымдардың пайда болу тарихын зерттеу. Бетонның құрылымдық және құрылыс-техникалық қасиеттерін қарастыру, сонымен қатар оны әртүрлі құрылыста қолдану мүмкіндігін көрсету.

**Тірек сөздер:** бетон, құбыр бетон, жүк көтергіштігі, темірбетон, құрылыс конструкциялары, арматура, тұрақты жүктеме, беріктік, пайдалану сенімділігі, деформация, бетонның қаңқасы.

**K.E. Ermukhanov, N.R. Iskakov**

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

#### **HISTORY OF DEVELOPMENT AND EFFICIENCY OF APPLICATION OF PIPE CONCRETE STRUCTURES**

The article provides a brief overview of the development and effectiveness of the use of concrete structures in the construction of buildings and structures for various technical purposes. The structural and construction-technical properties of concrete are considered, as well as the possibilities of its application in various fields of construction.

**Keywords:** concrete, pipe concrete, bearing capacity, reinforced concrete, building structures, reinforcement, constant load, strength, operational reliability, deformation, concrete pipe frame.



---

---

## Транспортные технологии

---

---

ӘОЖ 629.113.073

**У.Ш. Кокаев<sup>1</sup>, К.К. Абишев<sup>2</sup>, А.Н. Балтабекова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Техн. ғылымд. канд., доцент, <sup>2</sup>Техн. ғылымд. канд., қауымдастырылған профессор,  
<sup>3</sup>Докторант

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,  
Нұр-Сұлтан қаласы, Қазақстан Республикасы

<sup>2,3</sup>С.Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қаласы, Қазақстан Республикасы

Электрондық пошта: <sup>1</sup>[kush\\_kush78@mail.ru](mailto:kush_kush78@mail.ru), <sup>2</sup>[a.kairatolla@mail.ru](mailto:a.kairatolla@mail.ru), <sup>3</sup>[almagul\\_bn@mail.ru](mailto:almagul_bn@mail.ru)

### ЖОЛ-КӨЛІК ОҚИҒАЛАРЫН ТУҒЫЗУШЫ ФАКТОРЛАРДЫ АНЫҚТАУ ЖОЛДАРЫ

Мақалада жол-көлік оқиғаларын туғызушы факторлардың маңыздылық дәрежесін анықтау жолы баяндалған. Статистикалық зерттеулер нәтижесінде жол-көліктік оқиғалардың туындау процесін толық айқындайтын негізгі факторлар анықталған. Бұл мақсатта эксперттік-статистикалық әдіс пайдаланылған. Жол қозғалысы қауіпсіздігін бағалау Тараз қаласы жолдары мысалында жүргізілген. Алынған нәтиже жол-көліктік оқиғалардың туындау мүмкіндігін сипаттайтын математикалық модельді тұрғызуға мүмкіндік береді.

**Тірек сөздер:** автомобиль, апат, жүргізуші, жол, жол-көліктік оқиға, қозғалыс қауіпсіздігі.

Автокөліктердің жол бойындағы қозғалыс үрдісі бірегей жүйе ретінде қарастырылады. Бұл жүйеге «жүргізуші», «автомобиль», «жол» және «орта» кіреді.

Жол-көлік оқиғаларының (ЖКО) орын алуына әсер ететін факторларды зерттеу кезінде жалпы кешеннің, яғни  $P_k$  жүйесінің сенімділігінің, оның жалпы түрде автомобильдің  $P_a$ , жүргізуші  $P_e$  мен жолдың  $P_d$  ақаусыз жұмыс істеу ықтималдылығының туындысы ретінде келтірілуі мүмкін болған әрбір элементінің әсер ету дәрежесіне тәуелділігін төмендегіше өрнектеуге болады [1,2]:

$$P_k = P_a \cdot P_e \cdot P_d . \quad (1)$$

Жүйенің әрбір элементінің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдылығы әрбір элементтің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдылығының туындысымен бағаланады:

$$P_a = \prod P_{ai}; \quad P_e = \prod P_{ei}; \quad P_d = \prod P_{di}; \quad (2)$$

Бұл жүйеде «жүргізуші» элементі өте күрделі элемент ретінде егжей-тегжейлі зерттелген. Сондай-ақ жүктемелер, психофизиологиялық көрсеткіштердің жол жағдайлары әсерінен өзгеру салдарынан болған жүргізуші жұмысындағы «ақау» түсінігі енгізілген.

«Жүргізуші-автомобиль-жол-орта» (ЖАЖО) жүйесі элементтерінің өзара байланысын, қауіпсіз қозғалыс тәртіптерін бағалау тұрғысынан қарастыра отырып, сегіз елеулі байланыстарды бөліп көрсетуге болады [3,4]. Бірақ жүйе элементтерінің арасындағы өзара байланыстарды зерттеу күрделі мәселе болып табылады, сондықтан қоршаған ортаның жолға әсер ету барысын зерттеп, «орта-жол», «жол-жүргізуші», «жол-автомобиль» жүйесіндегі элементтердің өзара үйлесімділігін қарастыру қажет. Қауіпсіз қозғалыстың ең төменгі аралық шектерде тұрақты немесе өзгеріп отыратын ЖАЖО жүйесінің себепкерлерімен қамтамасыз етілетіндігі анықталған және бұл үрдісті төмендегі функция түрінде көрсетуге болады:

$$P_{gh} = f\{ЖАЖО\} = const. \quad (3)$$

Көлік үрдісін, сондай-ақ қозғалыс қауіпсіздігін қарастыру кезіндегі жүйелік жуықтаудың сараптамасы, жол апаттарының ішінен негізгісін бөліп қарастыру қиынға соғатын бірқатар себептердің салдары болып табылатындығын көрсетіп отыр. ЖАЖО жүйесі элементтерінің тіпті бір көрсеткішінің бұзылуы ЖКО-ның пайда болуына әкеп соғуы мүмкін. Сондықтан, тізбектің әртүрлі элементтерінің апаттылыққа әсерін кешендік түрде бағалау үшін ЖАЖО жүйесінің негізгі себепкерлерін анықтап алу қажет.

Математикалық есепті келесі түрде қалыптастырамыз. Жол-көлік оқиғаларының туындауының, оларды анықтайтын себепкерлерден тәуелділігінің сараптамалық түрлендірілуін табу, яғни, келесі түрдегі функцияны табу талап етіледі:

$$ЖКО = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \quad (4)$$

мұндағы ЖКО – жол-көлік оқиғасы;  $X_1, \dots, X_n$  – екі кезеңде жүзеге асырылатын ЖКО-ның туындауына әсер ететін себепкерлердің өзара жиынтығы.

Бірінші кезеңдегі жұмыс ЖАЖО жүйесіндегі себепкерлердің ішінен ЖКО-ның туындау себептері болып табылатын негізгі себепкерлерді таңдау мақсатында ЖКО-ны есепке алу жөніндегі бастапқы құжаттамалар мен статистикалық мәліметтерді сараптамалаудан тұрады.

Қозғалыс қауіпсіздігін бағалау Тараз қаласы жолдарының мысалында жүргізілгендіктен, «жол» жүйесінің факторларын бағалау қарастырылып отырған көше-жол торабының жол жағдайларынан шыға отырып жүзеге асырылған. Зерттеулер үшін шартты мәндер ретінде Тараз қаласы Жол полиция басқармасының статистикалық материалдары пайдаланылып, ЖКО-ның туындау орындарындағы автомобиль жолдарының бөлімшелері зерттелген.

Статистикалық зерттеулердің нәтижесінде ЖКО-ның туындау процесін едәуір толығырақ айқындайтын 19 фактор таңдап алынды (1-кесте).

Кесте 1

## Статистика бойынша апаттылыққа әсер ететін факторлар

X	Факторлар	Жүйе
X <sub>1</sub>	Жүргізушінің стажы	«Жүргізуші»
X <sub>2</sub>	Жүргізушінің класы	
X <sub>3</sub>	Жүргізушінің жасы	
X <sub>4</sub>	Жүргізушінің жынысы	
X <sub>5</sub>	Жүргізушінің күйі (мас, сау)	
X <sub>6</sub>	ЖКО-сы дейінгі рульді басқару уақыты	
X <sub>7</sub>	Жол қозғалысы ережелерін сақтамау	
X <sub>8</sub>	Автомобильдің техникалық күйі	«Автомобиль»
X <sub>9</sub>	Қозғалыстың жоғарғы қарқындылығы	«Жол»
X <sub>10</sub>	Жүру бөлігінің жеткіліксіз ені	
X <sub>11</sub>	Жол белгілерінің болуы	
X <sub>12</sub>	Ілініс коэффициентінің теңдігі	
X <sub>13</sub>	Жол жағдайларының қозғалыс режимінің талаптарына сәйкессіздігі	
X <sub>14</sub>	Жолдардың тегіс болмауы	
X <sub>15</sub>	Көріну жағдайлары	
X <sub>16</sub>	Тар көпірлер мен темір жол өткелдері	«Орта»
X <sub>17</sub>	Ауа-райы жағдайлары (боран, тұман, жауын-шашын)	
X <sub>18</sub>	Тәулік мезгілдері (жарық, қараңғы)	
X <sub>19</sub>	Жыл мезгілдері	

Ең ақпаратты факторлардың шағын санын таңдау бойынша эксперттік-кәсіби сараптаманы жүргізу талап етіледі. Осы мақсатты орындауға бағытталған екінші кезеңдегі зерттеулер кезінде келесіге негізделген мақсаттық функцияны тұрғызудың эксперттік-статистикалық әдісі қолданылған [5]. Әрбір ЖКО айтарлықтай шамада  $X_1, \dots, X_n$  факторларының өзара жиынтығымен сипатталады. Бір факторлар, басқаларына қарағанда, ЖКО кезінде едәуір жиірек кездеседі. Олардың көбі тікелей сандық өлшеуге жатпайды, мұның өзі ЖКО-ның туындауына себеп болған шынайы факторды анықтаудың қосымша зерттеулерін қиындата түседі. Сондықтан, ЖКО-ның туындауына әсер ететін факторлар туралы ең жоғарғы ақпаратты алу үшін, оларды мәні жағынан төмендеу тәртібінде айқындау, яғни төмендегі түрдегі теңсіздікті алу қажет:

$$X_1 < X_2 < X_3 < \dots < X_n \quad (5)$$

Эксперттердің пікірі бойынша, зерттелетін құбылысқа ең үлкен үлес қосатын факторлар дәрежелердің ең кіші қосындысына  $X_1$ , ал әсері төмен факторлар – ең үлкен қосындысына  $X_n$  ие болады.

ЖКО-ның туындауына ең жоғарғы дәрежеде әсер ететін факторлар туралы пікірлер жинақтау мемлекеттік жол полиция бөлімі қызметкерлерінің, автокәсіпорын мамандарының, автомобиль жолдарын басқарушылардың,

автокөлік кафедрасының оқытушылары мен қызметкерлерінің арасында сұрақ жүргізудің көмегімен жүзеге асырылған. Эксперттер санын келесі белгілерден шыға отырып анықтаған: эксперттер санының  $N$ , сұрақтамаға енгізілген  $n$  себепкерлерден 3 есе артық болу қажет:

$$N_3 = 3 \cdot n = 3 \cdot 19 = 57 \quad (6)$$

Сондықтан, тәжірибе барысына сауалнамаға ұсынылған 60 маман – эксперттер тартылған болатын.

Сауалнама мәліметтерінің негізінде салыстырмалық сұрақтама немесе дәрежелер матрицасы құрастырылған, кестелерді толтыру дұрыстығының белгісі барлық бағаншалар бойынша алынған қосындылар теңдігі болып табылады:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = \frac{(1+n) \cdot n}{2}, \quad (7)$$

мұндағы  $X_{ij}$  –  $i$ -ші эксперттің  $j$ -ші себепкерінің дәрежесі;  $n$  – себепкерлер саны.

Таңдап алынған факторларды апаттық жағдайлардың туындауына әсерінің маңыздылығын сұрақтан өткен эксперттердің көзқарасы тұрғысынан анықтау, бағаналар бойынша алынған қосындымен сәйкес келуі қажет жолдар қосындысын және әр жолдың қосындысын есептегеннен кейін ғана орындалады:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \sum_{j=1}^m X_{ij} = \sum_{j=1}^n X_{ij} \sum_{j=1}^m X_{ij}, \quad (8)$$

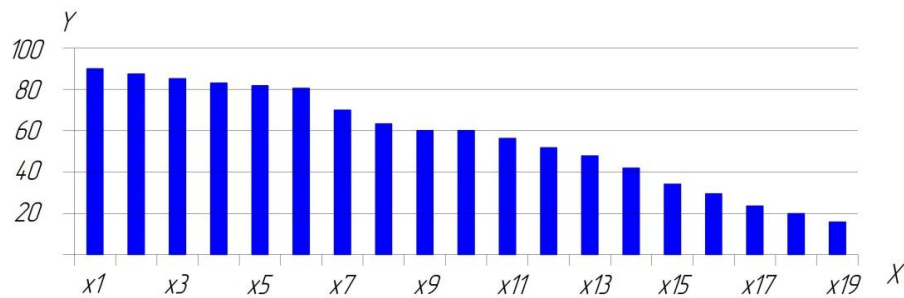
Дәрежелер матрицасының мәндері бойынша гистограмманы тұрғызып, таңдап алынған факторлардың ЖКО-ның туындауына әсер ету дәрежелерінің қосындысын үлестіру полигонын «Microsoft Excel» бағдарламасының мәліметтер базасына енгіземіз.

Сауалнаманың маңызды элементтерінің бірі эксперттер арасындағы өзара үйлесімділік дәрежесі болып табылады, оны төмендегі формула бойынша есептелетін конкордация коэффициенттерінің көмегімен анықтайды:

$$N = \frac{12S}{m^2(n^2 - n)}, \quad (9)$$

$$S = \sum_{j=1}^n X_{ij} \left( \sum_{i=1}^m X_{ij} \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij} \sum_{i=1}^m X_{ij}}{n} \right)^2 \quad (10)$$

Мамандар арасындағы толық үйлесімділік кезінде конкордация коэффициенті бірге, ал бұл үйлесімділік болмаған жағдайда – нольге тең, яғни,  $W$  мәнінің өзгеру аралықтары  $0 \leq W \leq 1$  шектерінде жатады.



Y – маңыздылық дәрежесі, X – ЖКО туғызушы факторлар

Сурет 1. Эксперттердің сараптамалау нәтижелері бойынша апаттылыққа әсер ететін факторлар маңыздылығының гистограммасы

Конкордация коэффициенттерінің маңыздылығы еркіндік дәрежесінің  $n=1$  санына ие болатын Пирсон белгісінің  $\xi^2$  көмегімен төмендегі формула бойынша анықталады

$$\xi^2 = m(n-1)\omega = \frac{S}{\frac{1}{12}mn(n+1)} \quad (11)$$

Егер  $\xi^2$  есептелген мәні кестелік мәннен жоғары болса, онда эксперттер пікірінің өзара үйлесімділігіндегі кездейсоқтық туралы жорамал теріске шығарылады.

Эксперттердің пікірлерін жинақтау бойынша жүргізілген тәжірибенің нәтижесінде (9), (10) формулалар бойынша конкордация коэффициентінің мәні есептелген:

$$W = \frac{12 \cdot 210632}{60^2(19^3 - 19)} = 0,10265.$$

Сондай-ақ, (11) формула бойынша, оның Пирсон белгісі  $\xi^2$  бойынша маңыздылығы тексерілген болатын:

$$\xi^2 = \frac{210632}{\frac{60 \cdot 19 \cdot 20}{12}} = 110,86.$$

Маңыздылықтың 5%-дық деңгейі үшін Пирсон белгісінің есептік мәнін  $\xi^2$  кестелік мәнмен  $\xi^2=26,3$  салыстыра отырып,  $p=0,95$  ықтималдылық кезінде ЖКО-ның туындауына әсер ететін факторлардың маңыздылығын бағалауда эксперттердің пікірі кездейсоқ болып табылмайды деп тұжырымдауға болады:

$$\xi_{есеп}^2 = \xi_{кест}^2, \\ 110 > 26,3.$$

1-кестенің және 1-суреттегі гистограмманың мәндерін сараптай отырып, апаттылыққа әсер ететін ең маңызды факторларды анықтауға болады. Маңыздылық дәрежесі 40%-дан төмен болатын факторлар да айқындалған. Оларды кестеден шығарып тастаймыз. Маңыздылығы төмен себепкерлер: «жүру бөлігінің ені» – 31%, «жол белгілерінің болуы» – 26%, «жүргізушінің жасы» – 28%, «жүргізушінің жынысы» – 18%, «тар көпірлер мен темір өткелдері» – 16% және «жыл мезгілдері» – 13%. Аталған себепкерлердің әрқайсысы белгілі бір дәрежеде тек басқа фактормен қатар жүретін фактор ғана болып табылады.

Тараз қаласы жолдарының мысалында жүргізілген қозғалыс қауіпсіздігін бағалау нәтижелері 2-кестеде келтірілген. Бұл кестеде жоғарыда айтылғандай маңыздылық дәрежесі 40%-дан төмен болатын апаттылыққа әсер ететін факторлар ескерілмеген. Нәтижесінде Тараз қаласындағы апаттылыққа әсер ететін маңызды факторлардың саны 13-ті құрайды.

Кесте 2

Тараз қаласындағы апаттылыққа әсер ететін маңызды факторлар

X	Факторлар	Маңыздылық дәрежесі
X <sub>1</sub>	Жүргізушінің стажы	73%
X <sub>2</sub>	Жүргізушінің класы	53%
X <sub>3</sub>	Жүргізушінің күйі (мас, сау)	87%
X <sub>4</sub>	ЖКО-сы дейінгі рульді басқару уақыты	45%
X <sub>5</sub>	Жол қозғалысы ережелерін сақтамау	98%
X <sub>6</sub>	Автомобильдің техникалық күйі	85%
X <sub>7</sub>	Қозғалыстың жоғарғы қарқындылығы	78%
X <sub>8</sub>	Ілініс коэффициентінің төмендігі	66%
X <sub>9</sub>	Жол жағдайларының қозғалыс режимінің талаптарына сәйкессіздігі	60%
X <sub>10</sub>	Жолдардың тегіс болмауы	57%
X <sub>11</sub>	Көріну жағдайлары	49%
X <sub>12</sub>	Ауа-райы жағдайлары (боран, тұман, жауын-шашын)	79%
X <sub>13</sub>	Тәулік мезгілдері (жарық, қараңғы)	48%

Тараз қаласының жағдайларында екінші кестенің нәтижелерін пайдалана отырып, сараптамалық функцияны анықтауға және ЖКО-ның математикалық моделін тұрғызуға болады.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Иларионов, В.А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: учебник для вузов / В.А. Иларионов. – М. : Транспорт, 1989. – 255 с.
2. Клиновштейн, Г.И. Организация дорожного движения [Текст]: учебник для вузов / Г.И. Клиновштейн. – М.: Транспорт, 1997. – 231 с.
3. Абишев, К.К. К вопросу надежности водителя автотранспортного средства [Текст] / К.К. Абишев // Вестник государственного университета имени Шакарима города Семей. – 2015. – № 2(70) – С. 3-6.

4. Abishev, K. Mukanov, R. Improving Road Traffic Safety in the Republic of Kazakhstan / Abishev, K. Mukanov, R. // Driver-Car Interaction and Safety conference. – 2014. – P. 43–46.
5. Балакин, В.Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий [Текст]: учебное пособие / В.Д. Балакин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Омск: СибАДИ, 2010. – 136 с.

*Материал редакцияга 13.10.19 түсті.*

**У.Ш. Кокаев<sup>1</sup>, К.К. Абишев<sup>2</sup>, А.Н. Балтабекова<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,  
Нур-Султан, Республика Казахстан*

*<sup>2</sup>Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, Павлодар,  
Республика Казахстан*

### **ПУТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТОРОВ, СПОСОБСТВУЮЩИХ ВОЗНИКНОВЕНИЮ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ**

В статье рассмотрены вопросы по определению факторов, способствующих возникновению дорожно-транспортных происшествий. На основе статистических исследований выявлены основные факторы, наиболее полно отражающие процесс возникновения дорожно-транспортных происшествий. Для этой цели использован экспертно-статистический метод. Оценка безопасности дорожного движения проведена на примере дорог г.Тараз. Полученные результаты позволяют, в дальнейшем, построить математическую модель, характеризующую возможность возникновения дорожно-транспортного происшествия.

**Ключевые слова:** автомобиль, бедствие, водитель, дорога, дорожно-транспортное происшествие, безопасность движения.

**U.Sh. Kokaev<sup>1</sup>, K.K. Abishev<sup>2</sup>, A.N. Baltabekova<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan*

*<sup>2</sup>S. Torayghyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan*

### **WAYS OF DETERMINING FACTORS RELATED TO THE EMERGENCE OF ROAD ACCIDENTS**

The article discusses the issues of determining the factors contributing to the occurrence of traffic accidents. Based on statistical studies, the main factors that most fully reflect the process of the occurrence of road traffic accidents are identified. For this purpose, the expert statistical method is used. Road safety assessment was carried out on the example of the roads of the Taraz city. The results allow further developing of a mathematical model that describes the possibility of road accidents.

**Keywords:** car, disaster, driver, road, traffic accidents, traffic safety.

## Мелиоративные технологии

ӘОЖ 631.632: 635.64

**А.О. Жатқанбаева**

*Философия докторы (PhD), доцент м.а.*

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті. Тараз қ., Қазақстан*

*Электрондық пошта: [ainur\\_779@mail.ru](mailto:ainur_779@mail.ru)*

### **ТАМШЫЛАТЫП СУҒАРУ ТӘСІЛІНДЕГІ ҚЫЗАНАҚ ДАҚЫЛЫНЫҢ СУПАЙДАЛАНУ ЖИЫНТЫҒЫ**

Мақалада жаңадан ұсынылып отырған төменқысымды тамшылатқышпен қызанақ дақылды суғару режимі, дақылдың супайдалану жиынтығы, элементарлы суғару мөлшері арқылы дақылдың суғару және суғармалау мөлшерлерін анықтаудың әдістемесі қарастырылған. Элементарлы суғару мөлшерін анықтаудың жаңа теңдеуі ұсынылып отыр. Есепті суғару мөлшері 132 м<sup>3</sup>/га тең. Зерттеу нәтижесі бойынша қызанақ дақылдың супайдалану коэффициенті, қарықпен суғару нұсқасына қарағанда екінші нұсқада әлдеқайда төмен екені көрсетілген. Топырақтың есепті қабатының (50 см) ылғалдану ұзақтығын және ылғалдану аймағын анықтауға арналған лизиметрлік зерттеу жәшігі ұсынылады.

**Тірек сөздер:** тамшылатып суғару, суғару режимі, супайдалану, тәуліктік супайдалану.

Қазіргі уақытта ауылшаруашылық дақылдарын суғаруға қолданылатын суғармалы судың тапшылығы үлкен мәселеге айналып отыр. Осы орайда ауылшаруашылық саласында суды үнемдеу мақсатында көптеген жаңа заманауи технологиялар мен техникалар дамып келеді. Солардың бірі - тамшылатып суғару жүйесі болып табылады. Аталған суғару жүйесімен қазіргі таңда барлық дерлік ауылшаруашылық дақылдары суғарылып келеді.

Тамшылатып суғару кезінде топырақтың ылғалдану контуры және көлемі негізгі көрсеткіш болып саналады және дақылдың суғару режимін есептеуде ескеріледі. Тамшылатып суғару кезінде су топыраққа тамшы ретінде түсіп, топырақтың ылғалдану контуры пайда болады, өсімдікке жасанды түрде ылғал беріледі. Бұл жағдайда перспективті технологияға кішікөлемді суғару жүйелері жатады. Мұндай жүйелерде жерді пайдалану коэффициентін (КЗИ-ЖПК) 95% дейін жоғарылатса, судың ысырапсыз булануына жол берілмейді.

Тамшылатып суғару тәсілін жүйектеп суғару тәсілімен салыстырғанда, мұнда су қоректік заттармен бірге тікелей әр өсімдіктің түбіне беріліп, судың және тыңайтқыштардың тиімділігі жоғарылайды [1].

Ауылшаруашылық дақылдарын тамшылатып суғару кезіндегі, олардың тамыры таралған топырақ қабатының ылғалдану заңдылығы үлгісінің негізінде топырақтың ылғалдану шеңберінің геометриялық өлшемдерін негіздеу арқылы суды тұтыну мөлшерін анықтауға арналған әдістемелік нұсқасы жасалып отыр [2].



**Зерттеу әдістемесі.** Зерттеу жұмысы Жамбыл облысы Жамбыл ауданына қарасты «Тастөбе» ауылының жерлерінде жүргізілді. Аталған жұмыс бойынша барлығы 3 патент алынды. Олар: №17493. А01G 25/02. 14.07.2006, бюл. №7; №20096. А01G 25/02. 15.10.2008, бюл. №10; №20097. А01G 25/02. 15.10.2008, бюл. №10. Аймақтың климаты тез континенталды. Күн жылуының жылдық орташа саны 30-35 ккал/см<sup>2</sup>. Жазы ыстық, құрғақ келген. Қаңтар айында ауаның орташа температурасы -3,1<sup>0</sup>С-ты құраса, ең ыстық шілде айында ауаның орташа температурасы +23+36,5<sup>0</sup>С арасында. Желдің орташа жылдық жылдамдығы 2-3,5 м/сек және ол көктемнің аяғында және жазда тұрады. +10<sup>0</sup>С-тан жоғары активті температуралар жиынтығы +3600+3700<sup>0</sup>С. Жауын-шашынның жылдық түсімі облыстың батыс және орталық аймақтарында 180-200 мм. Зерттеу территориясында келесідей топырақ түрлері кездеседі: шалғынды-сұртопырақ, суғармалы, орташасаздақты; сұр-шалғынды, суғармалы, ауырсаздақты; сұр-шалғынды, суғармалы, орташасаздақты. Эксперименттік жұмыс ретінде зерттеу жұмысы келесідей нұсқаларда жүргізілді: 1 нұсқа – жүйектеп суғару (бақылау). 2 нұсқа – тамшылатып суғару. Мөлтек ауданы – 28 м<sup>2</sup>, тәжірибенің қайталама саны – 3 [3].

Қызанақ дақылын төменқысымды тамшылатқышпен суғару кезінде дақылдың суғару режимін есептеу бір өсімдік түбіне берілетін элементарлы суғару мөлшеріне, суды берудің ұзақтығына, суғару аралық кезенге және суберу шығынына байланысты негізделді.

Нетто есепті суғару мөлшері келесі теңдеу арқылы анықталды:

$$m_n = m_э \times n, \quad (1)$$

мұнда:  $m_э$  – элементарлы суғару мөлшері, м<sup>3</sup>/түп;  $n$  – бір гектардағы өсімдік саны, дана.

Элементарлы суғару мөлшері дегеніміз – бір өсімдік түбінің тамыржүйесін қажетті тереңдікте ылғалдандыруға беретін судың мөлшерін айтамыз (м<sup>3</sup>/түп) және ол келесі теңдеу арқылы анықталды [4]:

$$\left( \frac{t}{60} \cdot q \right) : 1000, \quad (2)$$

мұнда:  $t$  – топырақтың есепті қабатының ылғалдану ұзақтығы, минут;  $q$  – тамшылатқыштың су өтімі, л/сағ.; 60 – 1 сағаттағы минут саны.

Тамшылатып суғару кезіндегі тәуліктік супайдалану – ең маңызды көрсеткіш болып табылады. Бұл көрсеткіш арқылы дақылды суғарудың мерзімін және мөлшерін, суғаруаралық кезеңнің ұзақтығын анықтауға мүмкіндік береді. Супайдалануды болжау келесідей үш деңгейде жүргізіледі:

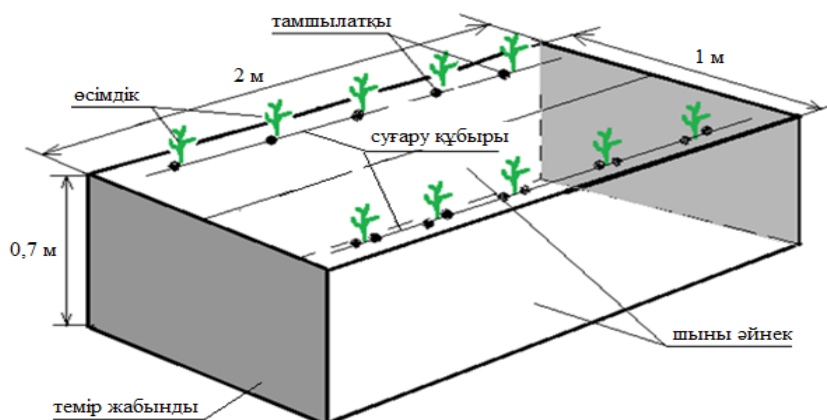
- өсімдік жамылғысының транспирациясы;
- ауылшаруашылық жерлерінің экологиялық супайдалануы;
- ауылшаруашылық дақылдарының биологиялық супайдалануы.

Ауылшаруашылық дақылдарының супайдалану жиынтығы биоклиматтық әдіс бойынша анықталды [5]:

$$E_v = E \cdot k_б \cdot k_о, \quad (3)$$

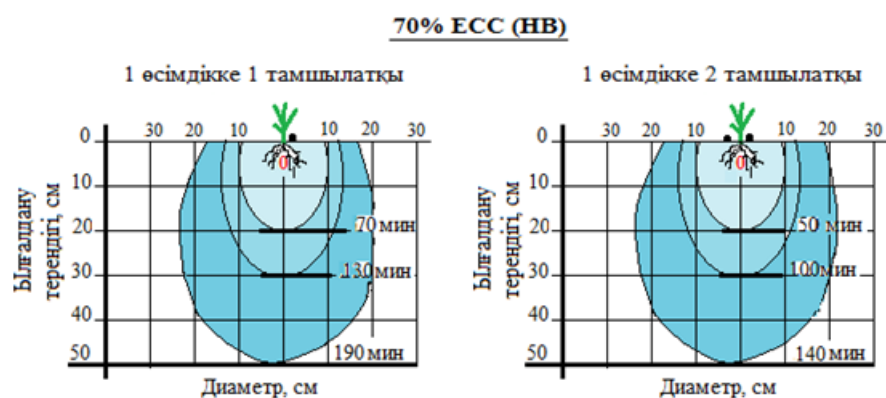
мұнда:  $E$  – буланғыштық;  $k_б$  – биологиялық коэффициент;  $k_о$  – микроклиматтық коэффициент.

**Зерттеу жұмысының нәтижесі.** Топырақтың есепті қабатының ылғалдану ұзақтығын және ылғалдану аймағын анықтау мақсатында лизиметрлік зерттеу жұмысы жүргізілді. Лизиметрлік жәшік темірден жасалған және оның екі жақбүйір беті шыны әйнекпен қапталған. Жәшіктің ішіне топырақ, топырақтың генетикалық қабатының орналасу реті бойынша салынды. Шыны әйнек арқылы өсімдіктің тамыр жүйесінің дамуын және топырақтың есепті қабатының (50 см) ылғалдану ұзақтығы анықталды. Лизиметрлік жәшікке отырғызылған әрбір өсімдік түбіне 1 дана тамшылатқы орналастырылса, қарама-қарсы бетіне отырғызылған әрбір көшет түбіне 2 дана тамшылатқыдан орналастырылды (1-сурет).



Сурет 1. Топырақтың есепті қабатының ылғалдану ұзақтығын және ылғалдану аймағын анықтауға арналған лизиметрлік зерттеу жәшігінің сұлбасы

Жамбыл облысы жағдайында жүргізілген зерттеу жұмысының нәтижесі бойынша алынған топырақтың есепті қабатының ылғалдану ұзақтығының нәтижесі 2-суретте көрсетілген. Зерттеу жұмысы бір өсімдік түбіне 1 дана және 2 дана тамшылатқыштан орналастыру бойынша жүргізілді. Суғару уақытының ұзақтығына тамшылатқыштың су өтімі әсер етеді. Бір өсімдік түбіне 1 дана тамшылатқыш (тамшылатқыштың су өтімі 1,2 л/сағ) орналастыру нұсқасымен салыстырғанда, 2 дана тамшылатқыштан орналастыру (тамшылатқыштың жалпы су өтімі 2,4 л/сағ), суғару уақытының ұзақтығы 40-50 минутқа қысқаратындығы анықталды.



Сурет 2. Тамшылатып суғару кезіндегі топырақтың есепті қабатының ылғалдану ұзақтығы

Келесі 1-кестеде зерттеу нәтижесі бойынша алынған қызанақ дақылын төменқысымды тамшылатқышпен суғарудағы бір өсімдік түбінің ылғалдану көлемінің (контурының) есептеулері көрсетілген.

Кесте 1

Қызанақ дақылын төменқысымды тамшылатқышпен суғарудағы бір өсімдік түбінің ылғалдану көлемі (контуры)

Топырақ бетінің ылғалдану диаметрі (D), см	Ылғалдан-дыру тереңдігі (h), см	Ылғалдану кезеңінің ұзақтығы, минут	Тамшы-латқыш-тың су өтімі, л/сағ	Бір өсім-діктің ылғалдану контуры, м <sup>2</sup>	Бір өсімдік түбінің ылғалдану контуры, м <sup>3</sup>
Нұсқа 2а. 70 % ЕТШЫС. Бір өсімдік түбінде 1 дана тамшылатқыш орнатылған					
21	20	70	1,2	0,034	0,0068
25	30	130	1,2	0,049	0,0147
31	50	190	1,2	0,075	0,037
Нұсқа 2б. 70 % ЕТШЫС. Бір өсімдік түбінде 2 дана тамшылатқыш орнатылған					
24	20	50	2,4	0,045	0,009
31	30	100	2,4	0,075	0,022
33	50	140	2,4	0,085	0,042
Нұсқа 2в. 80 % ЕТШЫС. Бір өсімдік түбінде 1 дана тамшылатқыш орнатылған					
22	20	50	1,2	0,037	0,0074
27	30	90	1,2	0,057	0,0171
35	50	150	1,2	0,096	0,048
Нұсқа 2г. 80 % ЕТШЫС. Бір өсімдік түбінде 2 дана тамшылатқыш орнатылған					
24	20	40	2,4	0,045	0,009
30	30	60	2,4	0,070	0,021
35	50	120	2,4	0,096	0,048
Нұсқа 2д. 90 % ЕТШЫС. Бір өсімдік түбінде 1 дана тамшылатқыш орнатылған					
25	20	40	1,2	0,049	0,0098
30	30	60	1,2	0,070	0,021
37	50	120	1,2	0,107	0,053
Нұсқа 2ж. 90 % ЕТШЫС. Бір өсімдік түбінде 2 дана тамшылатқыш орнатылған					
21	20	30	2,4	0,034	0,0068
24	30	40	2,4	0,045	0,0135
38	50	90	2,4	0,113	0,056

Зерттеу нәтижесі көрсеткендей, бір өсімдік түбінің ылғалдану көлемі 2а нұсқасында 70% ЕТШЫС-да топырақтың 50 см тереңдігінің ылғалдану кезеңінің ұзақтығы 190 минутты құраса, бір өсімдік түбінің ылғалдану көлемі 0,037 м<sup>3</sup> құрап отыр. Ал бұл көрсеткіш 2б нұсқасында 140 минут және 0,042 м<sup>3</sup>. Жалпы зерттеу нәтижесі бойынша есепті топырақ қабатының ылғалдану (0-50 см) тереңдігі 70% ЕТШЫС (НВ)-да орташа 190 минутты қажет етсе, бұл көрсеткіш зерттеу жылдары бойынша 190-210 минутты қажет ететіндігі анықталды. Зерттеу жұмысы жүргізілген аймақтың топырақ-климат жағдайларын және зерттеу жұмысы нәтижесінде алынған мәліметтер қорытындысы бойынша, топырақтың 50 см есепті қабатын ылғалдандыру үшін 190 минут жеткілікті екендігі анықталды. 2д және 2ж нұсқаларында 90% ЕТШЫС топырақтың есепті қабатының ылғалдану ұзақтығы 120-90 минут арасында жүрсе, бұл уақыттағы бір өсімдіктің ылғалдану контуры 0,107-0,113 м<sup>2</sup>.

Жоғарыдағы кестеде келтірілген мәліметтерді қорытындыласақ, тамшылатқыштың су өтімі мен топырақ қабатының ылғалдану тереңдігі ұлғайған сайын бір өсімдік түбінің ылғалдану көлемі мен суғару мөлшерінің ұлғаюуының көбейетіндігін байқауға болады.

Әрбір суғару жұмысының басталуы топырақтың ылғалдылығының анықтаулары бойынша жүргізілсе, аяқталуы, топырақтың есепті қабатын ылғалдандыруға қажетті уақыт бойынша тоқталып отырылды. Зерттеу жылдары бойынша анықталған қызанақ дақылын төменқысымды тамшылатқышпен суғару кезіндегі суғару және суғармалау мөлшерлері 2-кестеде келтірілген.

## Кесте 2

Тамшылатып суғару кезіндегі қызанақ дақылының элементарлы және есепті суғару мөлшерлері (70% ЕТШЫС)

Анықталған күн	Топырақтың есепті қабатын ылғалдандыру тереңдігі, см	Суғару уақытының ұзақтығы, минут	Элементарлы суғару мөлшері, м <sup>3</sup> /түп	Есепті суғару мөлшері, м <sup>3</sup> /га	Суғару саны, рет
2012 ж. q = 1,2 л/сағ					
7.05-25.05	30	125-130	0,0024-0,0025	86-89	3
5.06-28.06	50	185-200	0,0036-0,0040	128-132	5
2.07-30.07	50	185-200	0,0036-0,0040	128-142	6
3.08-21.08	50	180-190	0,0036-0,0037	128-132	5
Суғармалау мөлшері M = 2394 м <sup>3</sup> /га					19
2013 ж. q = 1,2 л/сағ					
13.05-8.05	30	125-130	0,0024-0,0025	86-89	4
3.06-27.06	50	185-190	0,0036-0,0037	128-132	6
3.07-29.07	50	185-200	0,0036-0,0040	128-142	6
5.08-27.08	50	180-200	0,0036-0,0040	128-142	4
Суғармалау мөлшері M = 2475 м <sup>3</sup> /га					20
2014 ж. q = 1,2 л/сағ					
8.05-25.05	30	125-130	0,0024-0,0025	86-89	4
1.06-27.06	50	180-200	0,0036-0,0040	128-142	6
1.07-31.07	50	185-200	0,0036-0,0040	128-142	8
4.08-3.08	50	185-200	0,0036-0,0040	128-142	5
Суғармалау мөлшері M = 2885 м <sup>3</sup> /га					23
2015 ж. q = 1,2 л/сағ					
7.05-26.05	30	125-130	0,0024-0,0025	86-89	4
1.06-29.06	50	180-200	0,0036-0,0040	128-142	7
3.07-30.07	50	185-200	0,0036-0,0040	128-142	7
4.08-23.08	50	185-200	0,0036-0,0040	128-142	5
Суғармалау мөлшері M = 2871 м <sup>3</sup> /га					23

Қызанақ дақылы зерттеу жылдары бойынша мамыр айында 3-4 рет суғарылса, маусымда – 5-7 рет, шілдеде 6-8 рет және тамызда 4-5 рет суғарылды, жалпы суғару саны зерттеу жылдары бойынша 19-23 рет жүргізілді. Қызанақ дақылының суғару мөлшері топырақтың есепті қабатының ылғалдандыру тереңдігіне байланысты, зерттеу жылдары бойынша 86-142 м<sup>3</sup>/га арасында ауытқып отырса, суғару мөлшеріне байланысты қызанақ дақылының суғармалау мөлшері зерттеу жылдарында – 2394 м<sup>3</sup>/га, 2475 м<sup>3</sup>/га, 2885 м<sup>3</sup>/га және 2871 м<sup>3</sup>/га құрады.

Жоғарыда келтірілген кесте мәліметтерін пайдалана отырып, қызанақ дақылын төменқысымды тамшылатқышпен суғару кезіндегі бір өсімдік түбіне 1 дана және 2 дана тамшылатқыш орналастыру кезіндегі дақылдың элементарлы және есепті суғару мөлшері анықталды.

Топырақтың 50 см (ЕТШЫС 70%) қабатының ылғалдану ұзақтығы 1 дана тамшылатқы орналастыру нұсқаларында 185-190 минут арасында жүрсе, 2 дана тамшылатқы орналастыру нұсқаларында бұл көрсеткіш – 130-140 минут. Элементарлы суғару мөлшері 2а нұсқасында 0,0037 м<sup>3</sup>/түп болса, 2б нұсқасында 0,0055 м<sup>3</sup>/түп болды. Мұнда есепті қабатты суғару мөлшері бір өсімдік түбіне 1 дана тамшылатқы орналастыру нұсқасында 43-132 м<sup>3</sup>/га құраса, бір өсімдік түбіне 2 дана тамшылатқы орналастыру нұсқасында бұл көрсеткіш 64-196 м<sup>3</sup>/га (3-кесте).

### Кесте 3

Қызанақ дақылын тамшылатып суғару кезіндегі элементарлы және есепті суғару мөлшерлері

Нұсқалар және топырақтың еркіндік су сиымдылығы	Топырақтың 50 см қабатының ылғалдану ұзақтығы, минут	Элементарлы суғару мөлшері, м <sup>3</sup> /түп	Есепті суғару мөлшері, м <sup>3</sup> /га
1 дана тамшылатқышпен суғару			
Нұсқа 2а ЕСС 70%	190	0,0037	132
Нұсқа 2в ЕСС 80%	160	0,0031	110
Нұсқа 2д ЕСС 90%	130	0,0026	93
2 дана тамшылатқышпен суғару			
Нұсқа 2б ЕСС 70%	140	0,0055	196
Нұсқа 2г ЕСС 80%	125	0,0050	178
Нұсқа 2ж ЕСС 90%	100	0,0040	142

Жүйектеп суғару нұсқасында зерттеу жылдарында қызанақ дақылы вегетация кезінде 8-10 рет суғарылды. Осы кездегі дақылдың суғару мөлшері 520-530 м<sup>3</sup>/га арасында болып, суғармалау мөлшері орташа есеппен алғанда 4575 м<sup>3</sup>/га құрады. Бұл көрсеткіштерді ескерсек, суғармалау мөлшері қызанақты қарықпен суғару технологиясымен салыстырғанда тамшылатып суғару нұсқасында судың үнемділігі 42% аз екендігі анықталды.

Суғару жұмысының тиімділігінің маңыздылығының көрсеткіштерінің бірі – супайдалану коэффициенті болып табылады, яғни бір бірлік тауарлы өнімнің қалыптасуына жұмсалатын су шығынын анықтау. Бұл көрсеткішті анықтау үшін супайдалану жиынтығын бір гектар жерден алынған өнімділікке бөлу арқылы жүргізілді. 2012-2015 зерттеу жылдары бойынша анықталған қызанақ дақылының су пайдалану коэффициентінің қорытындысы жайлы мәліметтер келесі 4-кестеде келтірілген.

## Кесте 4

Зерттеу жылдары бойынша анықталған қызанақ дақылының су пайдалану коэффициенті (2012-2015 жж.)

Зерттеу нұсқалары	Жалпы су пайдалану (E), м <sup>3</sup> /га	Өнімділік (Ө), т/га	Су пайдалану коэффициенті, м <sup>3</sup> /т	Айырмашылық	
				м <sup>3</sup> /т	%
1	2	3	4	5	6
2012 ж.					
Нұсқа 1. Жүйектеп суғару (бақылау)	4768	32,8	145		
Нұсқа 2. Тамшылатып суғару	2968	38,5	77	-68	46,8
2013 ж.					
Нұсқа 1. Жүйектеп суғару (бақылау)	4679	29,0	161		
Нұсқа 2. Тамшылатып суғару	2944	34,0	86	-75	46,5
2014 ж.					
Нұсқа 1. Жүйектеп суғару (бақылау)	5740	31,4	183		
Нұсқа 2. Тамшылатып суғару	3287	36,7	90	-93	50,8
2015 ж.					
Нұсқа 1. Жүйектеп суғару (бақылау)	5831	31,0	188		
Нұсқа 2. Тамшылатып суғару	3246	36,4	89	-99	52,6
Орташа зерттеу жылдары бойынша					
Нұсқа 1. Жүйектеп суғару (бақылау)	5250	31,0	169		
Нұсқа 2. Тамшылатып суғару	3110	36,4	85	-84	50,0

Жоғарыда келтірілген 4-кесте мәліметтерін қорытындыласақ, зерттеу жылдары бойынша қызанақтың орташа жалпы су пайдалануы жүйектеп суғару (бақылау) нұсқасында 5250 м<sup>3</sup>/га-ны құраса, негізгі өнімділігі 31,0 т/га. Осы нұсқада қызанақ дақылының су пайдалану коэффициенті 169 м<sup>3</sup>/т болғандығы анықталды. Ал, тамшылатып суғару нұсқасында қызанақтың жалпы су пайдалануы 3110 м<sup>3</sup>/га, негізгі өнімділігі 36,4 т/га, су пайдалану коэффициенті 85 м<sup>3</sup>/т-ға тең болды. Қызанақ дақылының СПК-ті зерттеу жылдары бойынша тамшылатып суғару нұсқасында 50,0%-ға төмен болғандығы анықталып отыр.

**Қорытынды.** Қызанақ дақылын төменқысымды тамшылатқышпен суғару кезіндегі топырақтың 50 см есепті қабатын ылғалдандыру үшін 190 минут жеткілікті, осы уақытта бір гектар жерге берілетін судың мөлшері 132 м<sup>3</sup>. Суғару саны 19-23 рет жүргізілгенде, суғармалау мөлшері 2394-2885 м<sup>3</sup>/га. Ал, жүйектеп суғару нұсқасында (8-10 рет суғарылды) бұл көрсеткіш 4652-5748 м<sup>3</sup>/га тең болып отыр. Жүйектеп суғару нұсқасымен салыстырғанда тамшылатып суғару нұсқасында дақылдың супайдалану

жиынтығы 1650 м<sup>3</sup>/га (32%) төмен болды. Қызанақ дақылының супайдалану коэффициенті (СПК) зерттеу жылдары бойынша тамшылатып суғару нұсқасында 50,0 %-ға төмен болғандығы анықталды.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Зубаиров, О.З. Суғару және оның жүйесін пайдалану [Мәтін] / О.З. Зубаиров, А.А. Сағаев. – Қызылорда: Қала типографиясы, 2001. – 98 б.
2. Козыкеева, А.Т. Совершенствование методики расчета поливного режима сельхозкультур при капельном орошении [Текст] / А.Т. Козыкеева, А.О. Жатқанбаева // Водное хозяйство Казахстана. – 2015. – №1(63). – С.33-37.
3. Козыкеева, А.Т. Методика определения параметров капельного орошения сельскохозяйственных культур [Текст] / А.Т. Козыкеева, А.О.Жатқанбаева // Изденістер, нәтижелер. – 2015. – №4. –Б.118-125.
4. Жатқанбаева, А.О. Тамшылатып суғару жүйесін қолдану арқылы Жамбыл облысында жүргізілген зерттеу жұмысының әдістемесі // Ғылым және білім: ізденіс, міндеттер, болашақ» Республикалық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдары. – Тараз, 2016. Б.438-442.
5. Козыкеева, А.Т. Методика расчета поливного режима сельскохозяйственных культур при капельном орошении [Текст] / А.Т. Козыкеева, Н.И. Иванова, А.О. Жатқанбаева // Вестник КРСУ. – 2015. – Том 15, №5. – С.175-177.

*Материал редакцияға 25.11.19 түсті.*

#### А.О. Жатқанбаева

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

#### СУММАРНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ТОМАТА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

Представлены результаты суммарного водопотребления и режим орошения томата при поливе по предлагаемой новой низконапорной капельной системе. Определены поливные и оросительные нормы томата, используя данные элементарной поливной нормы. Предлагается новая формула для определения элементарной поливной нормы растений томата. Расчетная поливная норма томата составила 132 м<sup>3</sup>/га. Установлено, что коэффициент водопотребления томата при капельном орошении меньше, чем при поливе по бороздам. С помощью лизиметрического ящика определены глубина расчетного слоя почвы (50 см), контуры увлажнения и продолжительность полива при разном количестве капельниц.

**Ключевые слова:** капельное орошение, режим орошения, водопотребление, суточное водопотребление.

#### А.О. Zhatkanbayeva

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

## TOTAL WATER CONSUMPTION OF TOMATO WHILE WATERING IN DRIP IRRIGATION

The results of the total water consumption and the regime of tomato irrigation during irrigation using the proposed new low-pressure drip system are presented. Irrigation and irrigation norms of tomato were determined using data from an elementary irrigation norm. A new formula is proposed for determining the elementary irrigation norm of tomato plants. The estimated irrigation rate of tomato was  $132 \text{ m}^3 / \text{ha}$ . It has been established that the coefficient of tomato water consumption during drip irrigation is less than when irrigated by furrows. Using a lysimetric box, the depth of the calculated soil layer (50 cm), the contours of moisture and the duration of irrigation with a different number of droppers were determined.

**Keywords:** drip irrigation; irrigation regime; water use; daily water consumption.



---

## Химические технологии

---

УДК:532.783:541.1:539.21:535.37

**Б.Ж. Унайбаев<sup>1</sup>, В.Г. Пак<sup>2</sup>, Г.Ж. Макитова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. хим. наук, доцент  
Екибастузский инженерно-технический институт имени академика К. Сатпаева,  
г. Екибастуз, Казахстан  
Электронная почта: eitiekb@mail.ru

### **ВЛИЯНИЕ МЕЖМОЛЕКУЛЯРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В МЕЗОГЕННЫХ СИСТЕМАХ**

Низкое энергопотребление, варьированность физико-химических свойств во многом определяет широкое применение мезогенных органических соединений в электронике. Поиск новых соединений такого типа не прекращается.

**Ключевые слова:** арилпропаргиловые эфиры фенолов, компьютерное моделирование, межмолекулярное воздействие, мезогенные соединения.

Класс нематических жидких кристаллов на основе арилпропаргиловых эфиров фенолов впервые получен и исследован в Институте органического синтеза и углехимии. Вопросами компьютерного моделирования поведения подобных систем методами молекулярной динамики занимаются во многих странах мира.

Несмотря на большое разнообразие используемых расчетных методов и теоретических моделей, совершенно очевидно, что необходимым условием существенного продвижения в управлении мезогенными свойствами таких соединений, как арилпропаргиловые эфиры фенолов, является понимание характера межмолекулярного взаимодействия, определяющее особенности фазовых переходов в анизотропных жидкостях. Наиболее интересным и перспективным направлением в решении такой задачи является проведение экспериментов в области компьютерного моделирования поведения больших ансамблей мезогенных молекул. В мире отмечается большой прогресс в компьютерном моделировании поведения жидких кристаллов в микро-, мезо- и континуальной шкале размерности. Очевидно, что моделирование в каждом из этих режимов вносит важный вклад в улучшение понимания и использования жидких кристаллов.

Для проведения данной работы был использован набор программ под общим названием GROMACS версии 3.2.1, предназначенный для моделирования поведения молекулярных систем при изменении температуры и давления. При моделировании были использованы стандартные параметры расчета GROMOS-96.

Учитывая, что исследуемые объекты находятся в жидком агрегатном состоянии, формирование кластера производилось путем размещения его в одной ячейке, что исключало задание периодических граничных условий.

При построении кластера были учтены все экспериментальные и теоретические результаты исследований.

Кластер после построения представлял собой куб с общим количеством атомов около 100000. Отжиги проводились последовательным способом с возрастанием температуры, при этом конечный кластер при какой-либо температуре становился исходным для последующего отжига. Время отжига при конкретной температуре составляло 10 пс.

Для получения сведений об упорядоченности сотрудниками лаборатории спектроскопии был создан ряд программ.

Функция распределения  $D(\alpha)$  соответствовала количеству пар молекул, продольные оси которых расположены под заданным углом  $\alpha$  по отношению друг к другу. Кривые по величине  $D$  уменьшаются в основном по мере роста температуры.

Зарядовые состояния атомов определялись с помощью квантово-химического метода MNDO программного пакета MOPAC 6.0.

Компьютерное моделирование поведения кластеров, отличающихся составом мезогенных соединений, продемонстрировало заметные изменения объема, энергии связи, функции распределения, энтропии, степени упорядоченности в области температуры плавления [1-3]. Эксперименты проводились при стандартных параметрах входного файла: ранее был использован набор параметров GROMOS-96 (input.file) [4], учитывающий кулоновское и дисперсионное взаимодействие (максимальные радиусы взаимодействия, радиусы «отсечки»,  $rcoulomb = 0.85$  нм,  $rvdw = 0.85$  нм соответственно). По-видимому, это определило незаметные изменения в области просветления этих величин, за исключением объема.

Поэтому целью работы явились исследования влияния величины критического радиуса действия дисперсионных сил, при котором учитывается их влияние на межмолекулярное взаимодействие, на динамику кластера мезогенных соединений [4-6]. Для проведения подобной работы были выбраны такие величины, как информационная энтропия, функция распределения.

Методика эксперимента описана в [1-3]. В качестве объекта исследований были использованы кластеры, состоящие из молекул модельного соединения 4-метоксибензилиден-4'-бутиланилин (температура плавления - 294К, температура просветления - 320К,  $\Delta\varepsilon = -0,56$ ) (МБА) [7]. Для уменьшения влияния граничных условий были использованы следующие размеры исследуемого кластера: МБА – (13x13x13 молекул).

Были проведены эксперименты для последовательного отжига при планарной ориентации исходного кластера. Вариации  $rvdw$  были ограничены возможностями вычислительной техники. Были проведены эксперименты по моделированию для значений  $rvdw = 2$  нм, 3 нм и 4 нм.

Анализ полученных результатов компьютерного эксперимента показал, что с увеличением радиуса взаимодействия происходит более резкое убывание энергии связи с ростом температуры отжига. Кривые изменения объема от температуры сохраняют общие особенности, наблюдавшиеся в [2-3].

Изменения информационной энтропии, также как и объем, сохраняют основные закономерности. Необходимо отметить, что в области просветления наблюдается небольшое изменение этой величины.

Как видно из рисунка 1, функция распределения  $D(\alpha)$  [2-3] при различных значениях  $r_{vdw}$  сохраняет особенности изменения при изменении температуры отжига.

Проведенные эксперименты показывают, что увеличение  $r_{vdw}$  приводит к росту максимальных значений  $D(\alpha)$ : в предыдущих экспериментах [2] оно составляло 12500, при 2 и 3 нм  $\sim 17800$ , 4 нм – 19200. При этом общие тенденции изменения этой кривой с ростом температуры сохраняются: с температурой максимум кривой уменьшается и форма становится менее анизотропной.

Таким образом, увеличение радиуса дисперсионного межмолекулярного взаимодействия приводит к увеличению упорядоченности в кластерах мезогенных взаимодействий.

Практическая ценность работы обусловлена тем, что подобные исследования позволяют прогнозировать физико-химические свойства будущих мезогенных соединений. Установленные закономерности влияния электрического поля, строения изучаемых молекул, условий первичной ориентации на процессы, протекающие при температурном воздействии в таких системах, позволяют использовать полученные закономерности при подготовке соответствующих электрооптических ячеек и их применении.

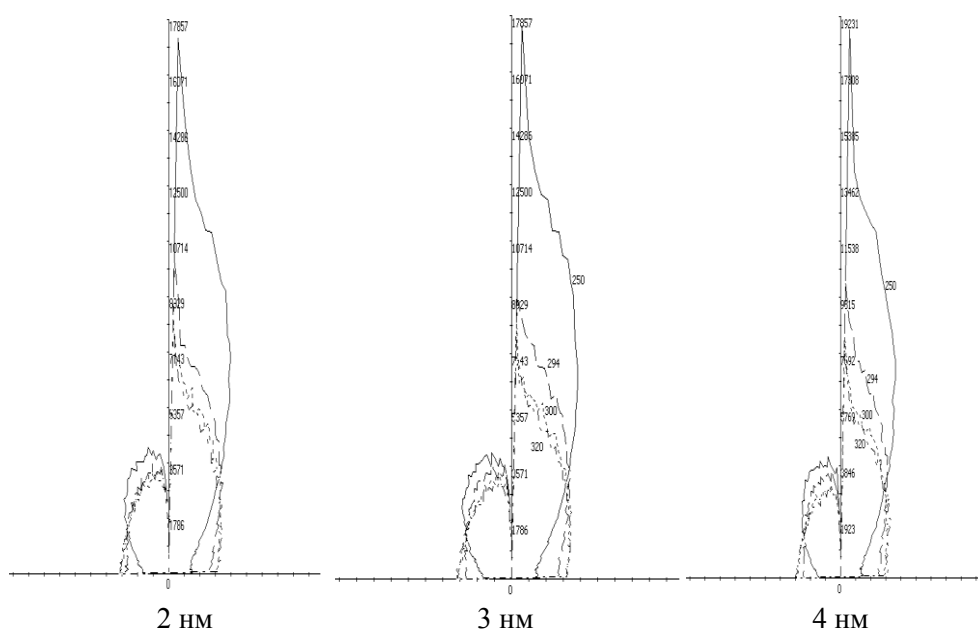


Рис. 1. Функция распределения  $D(\alpha)$  молекул при температурах отжига 250К, 294К, 300К, 320К. Кривые соответствуют экспериментам при различных величинах  $r_{vdw}$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мулдахметов, З.М. Особенности фазовых переходов мезогенных соединений [Текст] / З.М. Мулдахметов, М.Е. Агельменев, В.Н. Вородюхин, С.М. Братухин, Д.Ф. Валеев // Вестник Карагандинского университета; Сер.химическая. – 2006. – №2 (42). – С.22-25.

2. Агельменев, М.Е. Влияние подложки на поведение мезогенных молекул [Текст] / М.Е. Агельменев, З.М. Мулдахметов, С.М. Братухин, В.Г. Пак, А.Б. Кажтаев, В.В. Поликарпов, О.А. Яковлева // Вестник Карагандинского университета; Сер.химическая. – 2006. – №4(44). – С.25-29.
3. Агельменев, М.Е. Влияние межмолекулярного взаимодействия на динамику поведения кластера при температурном воздействии [Текст] / М.Е. Агельменев, З.М. Мулдахметов, С.М. Братухин, Д.Ф. Валеев, В.Н. Вородюхин, В.В. Поликарпов, В.Г. Пак // Матер. 3-й межд.конф.по теоретич. и экспер.химии, 21-22 сентября 2006. – Караганда: КарГУ им.Е.А.Букетова, 2006. - С.48-52.
4. D. van der Spoel, E. Lindahl, B. Hess etc Gromacs User Manual version 3.2, 2004.
5. Lindahl E., Hess B., van der Spoel D. // J. Mol. Mod.. 2001. V.7. P.306.
6. Berendsen H. J. C., van der Spoel D., van Drunen R. // Comp. Phys. Comm. 1995. 91. P.43.
7. Сонин, А.С. Введение в физику жидких кристаллов [Текст] / А.С. Сонин. – М.: Наука, 1983. – 320 с.

*Материал поступил в редакцию 12.11.19.*

**Б.Ж. Унайбаев, В.Г. Пак, Г.Ж. Макитова**

*Академик Қ. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты,  
Екібастұз қ., Қазақстан*

### **МЕЗОГЕНДІК ЖҮЙЕЛЕРДЕ ПРОЦЕССТЕР КЕЗІНДЕГІ ИНТЕРМОЛЕКУЛАРАЛЫҚ ҚЫЗМЕТІНІҢ ӘСЕРІ**

Компьютерлік модельдеу кезінде молекулалық динамика әдісімен диэлектрлік тұрақты анизотропияның теріс мәні бар фенолдардың арилпропаргильді эфирлері негізінде нематикалық сұйық кристалдардың сипаттамасының атомдық деңгейінде эксперименттер жүргізілді. Дисперсиялық молекулааралық өзара әрекеттесу радиусының жоғарылауы мезогендік өзара әрекеттесулер кластерлерінде реттіліктің артуына әкелетіні анықталды.

**Тірек сөздер:** фенил-арилпропаргильді эфирлер, компьютерлік модельдеу, молекулааралық әсерлер, мезогендік қосылыстар.

**B.J. Unaybaev, V.G. Pak, G.J. Makitova**

*Ekibastuz technical institute of the name of academician K.Satpaev, Ekibastuz, Kazakhstan*

### **INFLUENCE OF INTERMOLECULAR INTERACTION ON PROCESSES PROCESSING IN MESOGENIC SYSTEMS**

Experiments were conducted on computer modeling at the atomistic level of the behavior of nematic liquid crystals based on arylpropargyl ethers of phenols with negative values of the dielectric constant anisotropy by the molecular dynamics method. It was found that an increase in the radius of dispersion intermolecular interaction leads to an increase in ordering in clusters of mesogenic interactions.

**Keywords:** phenyl aryl propargyl esters, computer simulation, intermolecular effects, mesogenic compounds.

## Информационные технологии

УДК 622.0025.621.314

**Б.Ж. Унайбаев<sup>1</sup>, В.Г. Пак<sup>2</sup>, С.В. Быстрова<sup>3</sup>, С.С. Сейтканов<sup>4</sup>**

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

<sup>4</sup>Ст. преподаватель

Екибастузский инженерно-технический институт им. акад. К. Сатпаева,  
г. Экибастуз, Казахстан

Электронная почта: eitiokb@mail.ru

### ПЕРЕВОД ДЕЙСТВУЮЩИХ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПАРОПРОВОДОВ ТЭС В ЦИФРОВУЮ СИСТЕМУ КОНТРОЛЯ С ВЫВОДОМ ДАННЫХ В АСУ ТП

В статье рассматривается перевод действующих механических систем контроля тепловых перемещений паропроводов ТЭС (тепловые электрические станции) в цифровую систему контроля и для дистанционного контроля технологических параметров тестируемого объекта в режиме реального времени с применением программного обеспечения АСУ ТП.

**Ключевые слова:** программное обеспечение системы контроля тепловых перемещений паропроводов, цифровая система контроля и мониторинга, программное обеспечение ПТК АСУ ТП.

Существующий контроль тепловых перемещений паропроводов на тепловых электрических станциях осуществляется механическим способом, что не дает оперативного получения информации в режиме реального времени для проведения качественного контроля и мониторинга. На рисунке 1 представлены указатели тепловых перемещений «РЕПЕРЫ».

Изменения температуры пара в паропроводах вызывают изменения их линейных размеров, вследствие чего в паропроводах возникают компенсационные напряжения. Всякого рода заземления, вызываемые неисправностью опор, либо ограничением перемещения, расположенным вблизи оборудования или строительными конструкциями, могут привести к резкому возрастанию уровня компенсационных напряжений, и, тем самым, к снижению надежности паропровода [1].

Для измерения тепловых перемещений паропроводов заводами изготовителями выпускаются датчики с аналоговыми и цифровыми выходами, а также ультразвуковые датчики. Датчики тепловых перемещений паропроводов в настоящее время выпускаются с аналоговым выходом 4-20 мА.

После подключения датчиков тепловых перемещений паропроводов к контроллеру ПТК, система контроля тепловых перемещений паропроводов функционирует по работающим программным обеспечением ПТК.

Выходные сигналы от датчиков тепловых перемещений паропроводов с выходными аналоговыми сигналами 4-20 мА или цифровыми сигналами могут подключаться непосредственно к ПЛК, датчики с аналоговым выходом через аналого-цифровые модули, датчики с цифровым выходом через цифровые модули, где проходят обработку сигналов.



Рис. 1. Указатели тепловых перемещений «РЕПЕРЫ»

Однако, если география подключения датчиков тепловых перемещений паропроводов имеет значительную территориальную протяженность, это потребует длинных кабельных линий от каждого датчика перемещения к ПЛК. Такое техническое решение может оказаться не рациональным по двум причинам:

- высокая стоимость кабельной продукции;
- возрастание уровня электромагнитных помех с ростом длины линий.

Более рациональным в такой ситуации является использование станций распределенной периферии, располагающихся в непосредственной близости к датчикам тепловых перемещений паропроводов. Схема ввода/вывода с использованием станции распределенной периферии представлена на рисунке 2.

Такие станции содержат необходимые модули ввода и вывода, а также интерфейсные модули для подключения к ПЛК через цифровую полевую шину (например, с использованием протокола Profibus DP, или Modbus RTU).

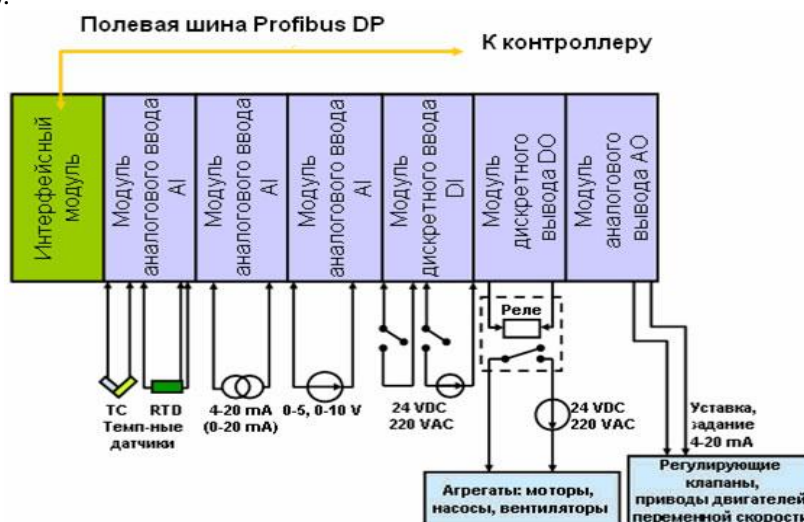


Рис. 2. Схема ввода/вывода с использованием станции распределенной периферии

Цифровая передача всех сигналов осуществляется по одному кабелю с высоким уровнем помехозащищенности. К полевой шине могут непосредственно подключаться также так называемые интеллектуальные датчики и исполнительные устройства (имеющие в своем составе контроллеры и другие блоки, обеспечивающие преобразование сигнала в цифровую форму и реализующие обмен данными через полевую шину).

После подключения датчиков тепловых перемещений паропроводов к контроллеру АСУ ТП, система контроля тепловых перемещений паропроводов функционирует по работающим программным обеспечением АСУ ТП. Схема подключения датчиков перемещения к котроллеру представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Схема подключения датчиков перемещения к котроллеру

Загрузка вывода данных датчиков тепловых перемещений паропроводов в АСУ ТП выполняется с помощью построения базы данных, системой фирменной программы ПТК АСУ ТП [2].

Система контроля тепловых перемещений паропроводов, после ввода сигнала в ПТК АСУ ТП, предназначена для бесконтактного дистанционного контроля тепловыми перемещениями. Программно-технический комплекс АСУ ТП обеспечивает одновременное в режиме реального времени (On-Line) измерение текущих значений перемещении паропроводов, проводит накопление и хранение значений измеренных величин, и представляет измеренную величину в виде таблиц и графиков). Обеспечивает проверку работоспособности технических средств системы.

Кроме того, в функцию системы контроля входит:

- мониторинг фактических параметров нагружения трубопроводов скорости изменения и абсолютного значения температуры металла в точке контроля перемещений;
- мониторинг низкочастотных вибрации паропроводов;
- сравнение значений перемещений, параметров среды с ранее проведенными нагружениями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солнцев, Ю.П. *Металловедение и технология металлов* [Текст]: учебник для ВУЗов / Ю.П. Солнцев, В.А. Веселов, В.П. Демянцевич [и др.]. – М.: Металлургия, 2002. – 512 с.

2. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств [Текст]: учебное пособие / А.А. Иванов. – М: ФОРУМ, 2011. – 224 с.

*Материал поступил в редакцию 12.11.19.*

*Исследование проведено на базе филиала кафедры «Автоматизации и информационных систем» предприятия ТОО «Экибастузская ГРЭС-1 им. Б.Нуржанова», в рамках реализации государственной программы «Цифровой Казахстан».*

**Б.Ж. Унайбаев, В.Г. Пак, С.В. Быстрова, С.С. Сейтканов**

*Академик Қ. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты,  
Екібастұз қ., Қазақстан*

**ЖЭО БУ ҚҰБЫРЛАРЫНЫҢ ЖЫЛУ ҚОЗҒАЛЫСЫНА АРНАЛҒАН  
ҚОЛДАНЫСТАҒЫ МЕХАНИКАЛЫҚ БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН  
ДЕРЕКТЕРДІ ШЫҒУМЕН АВТОМАТТЫ ПРОЦЕСТЕРДІ БАСҚАРУ  
ЖҮЙЕЛЕРІНЕ САНДЫҚ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНЕ АУДАРУ**

Мақалада ЖЭС бу құбырларының жылу орнын ауыстыруын бақылаудың қолданыстағы механикалық жүйелерін (жылу электр станциялары) сандық бақылау жүйесіне және тестіленуші объектінің технологиялық параметрлерін қашықтықтан бақылау үшін нақты уақыт режимінде ТП АБЖ бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдану арқылы ауыстыру қарастырылады.

**Тірек сөздер:** бу құбырларының жылу орнын ауыстыруын бақылау жүйесін бағдарламалық қамтамасыз ету, бақылау және мониторингтің сандық жүйесі, АБЖ АБЖ ТП бағдарламалық қамтамасыз ету.

**B.J. Unaybaev, V.G. Pak, S.V. Bystrova, S.S. Seytkanov**

*Ekibastuz technical institute of the name of academician K.Satpaev, Ekibastuz, Kazakhstan*

**TRANSFER OF EXISTING MECHANICAL CONTROL SYSTEMS FOR  
MONITORING THERMAL MOVEMENTS OF STEAM PIPELINES OF  
TPPS INTO A DIGITAL CONTROL SYSTEM WITH DATA OUTPUT TO  
AUTOMATIC PROCESS CONTROL SYSTEMS**

This article deals with the translation of the existing mechanical control systems for monitoring the thermal movements of steam pipelines of thermal power plants (thermal power plants) into a digital control system and for remote control of technological parameters of the object under test, in real time with the use of software ACS TP.

**Keywords:** software of control system of thermal movements of steam pipelines, digital control and monitoring system, software of PTC ACS TP.



УДК 622.0025.621.314.632

**Б.Ж. Унайбаев<sup>1</sup>, В.Г. Пак<sup>2</sup>, С.В. Быстрова<sup>3</sup>, С.С. Сейтканов<sup>4</sup>**<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. хим. наук, доцент, <sup>3</sup>Магистр, доцент,<sup>4</sup>Ст. преподавательЕкибастузский инженерно-технический институт им. акад. К. Сатпаева,  
г. Экибастуз, Казахстан

Электронная почта: eitiiekb@mail.ru

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА LOGO! И ЕГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ  
ОБОРУДОВАНИЕМ**

В статье рассматривается система программирования микроконтроллера LOGO! – программное обеспечение, предназначенное для разработки АСУ и записанное на определенном языке программирования. Появление международного стандарта языков программирования контроллера IEC 61131-3, позволило разрабатывать САУ (система автоматического управления), специалистами той предметной области, которая нуждается в автоматизации, т.е. инженерами – технологами, а не программистами.

**Ключевые слова:** микроконтроллер LOGO!, программирование контроллеров и микроконтроллеров, языки программирования международного стандарта IEC 61131-3, программный пакет «LOGO! Soft Comfort», FBD - язык функциональных блоков, LAD - язык релейных схем.

Микропроцессорные устройства широко применяются при автоматизации общепромышленных, транспортных и бытовых устройств. Благодаря универсальности и низкой стоимости микропроцессорных устройств их доля в устройствах автоматики постоянно увеличивается. На начальном этапе применения микропроцессорных устройств основным сдерживающим фактором являлись, при низкой стоимости самих микроконтроллеров, значительные затраты на создание их программного обеспечения, которое разрабатывалось на языках программирования низкого уровня и требовало высококвалифицированных программистов.

Решить данную проблему позволило создание функционально законченных микропроцессорных модулей со встроенным базовым программным обеспечением и дополнительными модулями расширения. Связь базовых модулей с модулями расширения осуществляется через специальные разъемы, исключающие подключение модулей, которые по каким либо критериям (например, напряжению питания) не могут быть соединены с базовым модулем.

Лучшие результаты дает применение LOGO! для оснащения зданий, управления оборудованием, машинами и аппаратами, а также при обработке сигналов для систем управления верхнего уровня. Самые простые управленческие «объекты» для LOGO!: энергоснабжение, водоснабжение и освещение, вентиляция, отопление и кондиционирование, системы охраны и видеонаблюдения, двери и ворота, насосы, клапаны, тенты и жалюзи, специальные системы в оранжереях. Expansion module – модули расширения позволяют применять LOGO! не только в таких модных системах, как

«интеллектуальный дом» или «умный сад». Он работает в конвейерах и лифтах, на судах и в силосных башнях, на элеваторах, автомобильных стоянках и в системах управления движением. Устройство способно управлять спецэффектами в конференц-залах и на выставках, наблюдать за багажом и компрессорами, гибочными и сварочными станками, контролировать аварийные системы и солнечные энергетические установки.

Для программирования микроконтроллеров LOGO! с помощью PC (персональный компьютер) предназначена программа «LOGO! Soft Comfort». Программа позволяет создать коммутационную программу микроконтроллера (на языке программирования международного стандарта IEC 61131-3) в виде диаграммы (схемы) функциональных (FBD–Function Block Diagram) или в виде релейно-контакторной схемы (LAD–Ladder diagram, лестничной диаграммы). Используя панель функций, можно вызывать соединения, основные и специальные функции и просто буксировать их в программу, перемещая и комбинируя в любой последовательности.

Работоспособность коммутационной программы можно проверить на персональном компьютере в режиме эмуляции, не требующем подключения к микроконтроллеру LOGO! [2].

«LOGO! Soft Comfort» позволяет осуществлять графический ввод и редактирование программы, а также отладку программы в режиме эмуляции логического модуля. Готовая программа может загружаться в память логического модуля через специальный кабель или записываться в модуль памяти через специальное устройство LOGO!.

Есть возможность добавлять свои комментарии не только к входам и выходам, но и к функциональным блокам.

Пакет «LOGO! Soft Comfort» работает под управлением операционных систем Windows 95/ 98/ NT 4.0/ ME/ 2000/ XP, Linux и MACOSX. Он может быть использован в клиент/серверных приложениях и обеспечивает максимальное удобство разработки, отладки, документирования и архивирования программ логических модулей LOGO!.

Программирование модулей LOGO! может выполняться с клавиатуры при помощи встроенного дисплея. Процесс программирования сводится к последовательному соединению встроенных функциональных блоков и заданию параметров настройки (задержек включения/ выключения, значений счетчиков и т.д.). Для выполнения всех этих операций используется система встроенных меню. Готовая программа может быть скопирована.

При подключении программируемого контроллера к порту COM (интерфейс-RS232) компьютера кабелем «LOGO! pscable», программа «LOGO! Soft Comfort» позволяет:

- 1) Загрузить разработанную в «LOGO! Soft Comfort» коммутационную программу в PLC (программируемый логический контроллер);
- 2) Читать записанную в контроллер коммутационную программу в компьютер;
- 3) Запустить и остановить выполнение коммутационной программы в контроллере из окна «LOGO! Soft Comfort»;
- 4) Отслеживать работу коммутационной программы контроллера на её функциональной схеме в окне «LOGO! Soft Comfort» (отладка в режиме реального времени, «on-line» тест) [3].

Микроконтроллер LOGO! предназначен для решения наиболее простых задач автоматического управления: программная реализация алгоритмов управления и гибкие возможности адаптации аппаратуры к требованиям решаемых задач позволяет использовать логические модули во всех секторах промышленного производства.

Микроконтроллер LOGO! позиционирует данное устройство как «интеллектуальное реле», позволяющее строить несложные системы автоматизации. На рисунке 1 приведен микроконтроллер LOGO!.

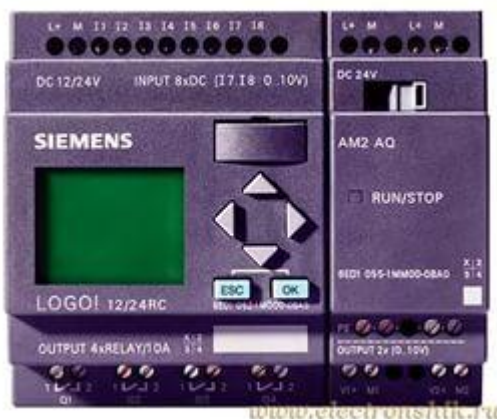


Рис. 1. Микроконтроллер LOGO!

Примером таких систем могут быть, например, гаражные ворота, лестничное освещение, управление светофором и более простые системы, включающие в себя несколько исполнительных устройств и органы управления (кнопки и переключатели). На рисунке 2 представлен микроконтроллер LOGO! с дополнительным модулем.



Рис. 2. Микроконтроллер LOGO! с дополнительным модулем

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Минаев, И.Г. Программируемые логические контроллеры в автоматизированных системах управления [Текст] / И.Г. Минаев, В.М. Шарапов, В.В. Самойленко, Д.Г. Ушкур. 2-е изд., перераб и доп.- Ставрополь: АГРУС, 2010. – 128 с.

2. Деменков, Н.П. МВТУ - языки программ. промыш. контроллеров [Текст] / Н.П. Деменков. – М.: МВТУ им. Баумана, 2004.
3. Красногорцев, И.Л. Автоматика на основе программируемого контроллера. Руководство по выполнению базовых экспериментов. АПК. 001 РБЭ (929) [Текст] / И.Л. Красногорцев, П.Н. Сенигов. – Челябинск ИПЦ «Учебная техника», 2007. – 118 с.

*Материал поступил в редакцию 01.11.19.*

**Б.Ж. Унайбаев, В.Г. Пак, С.В. Быстрова, С.С. Сейтканов**

*Академик Қ. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты,  
Екібастұз қ., Қазақстан*

### **LOGO! МИКРОКОНТРОЛЛЕРІН БАҒДАРЛАМАЛАУ ЖӘНЕ ОНЫ ӨНДІРІС ЖАБДЫҚТАРЫН БАСҚАРУ ҮШІН ПАЙДАЛАНУ**

Мақалада белгілі бір программалау тілінде жазылған және БАЖ жасау үшін арналған бағдарламалық пакет – LOGO! Soft Comfort – микроконтроллерді бағдарламалау жүйесі қарастырылған. IEC 61131-3 контроллерлерді бағдарламалау тілдерінің халықаралық стандартының пайда болуы АБЖ (автоматты басқару жүйесі) әзірлеуге мүмкіндік берді. Оны автоматтандыруды қажет ететін саланың мамандары, яғни инженер-технологтардың дайындауына мүмкіндік туғызды.

**Тірек сөздер:** LOGO! микроконтроллері, контроллерлерді бағдарламалау және оқып үйрену, IEC 61131-3 халықаралық стандартының программалау тілдері, "LOGO! Soft Comfort" бағдарламалық пакеті, FBD функционалдық блоктар тілі, LAD реле схемаларының тілі.

**B.J. Unaybaev, V.G. Pak, S.V. Bystrova, S.S. Seytkanov**

*Ekibastuz technical institute of the name of academician K.Satpaev, Ekibastuz, Kazakhstan*

### **PROGRAMMING THE LOGO! MICROCONTROLLER AND ITS USE FOR MANAGEMENT OF INDUSTRIAL EQUIPMENT**

The programmatic package of "LOGO Soft Comfort" is the system of programming of microcontroller of LOGO!, that allows to make the interconnect programs in programming of FBD (language of function boxes) or LAD (language of relay charts) language. Appearance of international standard of programming of comptroller of IEC 61131-3 languages, allowed to develop CAУ (system of automatic control), by the specialists of that subject domain that needs automation, i.e. by engineers - technologists, but not programmers.

**Keywords:** microcontroller of LOGO!, programming of comptrollers and microcontrollers, programming of international standard of IEC 61131-3 languages, programmatic package of "LOGO! Soft Comfort", FBD is a language of function boxes, LAD is a language of relay charts.

УДК 004.383

**Б.Ж. Унайбаев<sup>1</sup>, В.Г. Пак<sup>2</sup>, Е.С. Зозуля<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. хим. наук, доцент, <sup>3</sup>Магистр, ст.преподаватель  
Екибастузский инженерно-технический институт имени академика. К. Сатпаева,  
г. Экибастуз, Казахстан  
Электронная почта: eitiieb@mail.ru

### **КРАТКИЙ ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

В статье рассматриваются перспективы внедрения робототехники в образовательные программы Республики Казахстан, а также возможности аппаратной вычислительной платформы Arduino и ее использование в преподавании робототехники.

**Ключевые слова:** вычислительная платформа Arduino, робототехника, роботизация, LEGO Education.

В настоящее время сохраняется высокая конкуренция развитых стран в научно-технической сфере. Приоритетные научно-технические направления развития науки и инноваций включают развитие таких систем, как информационно-телекоммуникационные, транспортные, авиационные и космические системы, перспективные вооружения, военная и специальная техника.

Осваивая новейшие технологии, Казахстан в последние годы сделал значительный шаг в развитии информационно-коммуникационной сферы и начал двигаться по линии развития робототехники. Актуальность развития робототехники в сфере образования обусловлена необходимостью подготовки инженерно-технических кадров для промышленных отраслей. В связи с этим перед сферой образования встает задача включения робототехники в различные уровни учебного процесса. Программа развития представляет собой систему многоуровневого непрерывного образования в сфере высоких технологий для детей, подростков, молодежи в возрасте от 8 до 30 лет. Данная система нацелена на развитие передовых технологий, оснащение учебных заведений новой техникой, повышение квалификации педагогов, вовлечение детей в научно-техническое творчество, раннюю профориентацию, эффективную реализацию талантливой молодежью своего потенциала.

Курс робототехники - это задуманная, сформированная и отработываемая на практике методология обучения в учебном процессе. Это реальный опыт и его может применять в своей работе любой преподаватель. Он может быть использован, как руководство к собственному действию. Опираясь на эти разработки, преподаватель может самостоятельно модифицировать курс под себя, свой инструментарий, свое видение, текущий момент.

Внедрение единой системы обучения основам робототехники в школе будет являться важным этапом развития технических навыков и умений. «Основы робототехники» в школе позволят привить интерес обучаемых к

техническому творчеству, тем самым раскрыть таланты тех учеников, которые в дальнейшем могут стать первоклассными инженерами и технологами. Именно поэтому внедрение образовательной робототехники – большой шаг в сторону начального инженерного образования и начальной профориентации.

Учебный процесс должен вестись с использованием современных технологий. Современному преподавателю необходимо постоянно развиваться и следить за новейшими технологиями в электронике, которые играют важную роль в нашем обществе. Одной из таких новинок является семейство контроллеров Arduino.

*Arduino* – торговая марка аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматики и робототехники, ориентированная на непрофессиональных пользователей [1].

*Программная* часть состоит из бесплатной программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры.

*Аппаратная* часть представляет собой набор смонтированных печатных плат, продающихся как официальным производителем, так и сторонними производителями. Полностью открытая архитектура системы позволяет свободно копировать или дополнять линейку продукции Arduino. Arduino может использоваться как для создания автономных объектов автоматики, так и подключаться к программному обеспечению на компьютере через стандартные проводные и беспроводные интерфейсы.

Достоинства Arduino:

1. *Открытые схемы оборудования и спецификаций.* Arduino Uno выполнена на популярных микропроцессорах Atmel и ATMEGA. Пользователи могут спроектировать на основе имеющихся схем собственный вариант модуля для определенных задач.

2. *Открытый код программы.* Кодирование программы может расширяться на платформе C++.

3. *Простая бесплатная и удобная среда программирования.* Оболочка программы проста в применении для начинающих программистов и имеет достаточную гибкость для работы профессионалов. Она наиболее удобна для обучения студентов, которым будет легко разобраться в работе этой платформы.

4. *Программирование, подключение и питание выполняется одним USB-кабелем* либо кабелем имеющим адаптер на микросхеме.

5. *Возможность функционирования на различных видах систем.* Программное обеспечение успешно функционирует на Linux, Macintosh и др. системах, т.к. имеет открытый код. Однако наиболее популярной системой для Arduino стала Windows.

6. *Небольшие размеры платы.* Это позволяет создавать профессиональные платы, не занимающие большого пространства в корпусе конечного изделия.

7. *Большое количество модулей.* На микроконтроллер Arduino возможно найти любой необходимый модуль. Будь то датчик дыма или освещенности, и даже небольшой динамик. Существуют платы расширения для подключения к локальной сети и интернету (Ethernet Shield), для управления мощными моторами (Motor Shield), для получения координат и времени со спутников GPS и многие др.

8. *Приемлемая цена.* По своей сути Arduino это маленький персональный компьютер, который позволяет выйти за рамки виртуального мира в физический и взаимодействовать с ним. Устройства на базе Arduino могут получать информацию об окружающей среде посредством различных датчиков, а также могут управлять различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно, либо взаимодействовать с программным обеспечением компьютера [2].

Робототехника и роботизация активно развиваются в Казахстане. В декабре 2017 года Постановлением Правительства РК утверждена Государственная программа «Цифровой Казахстан» – это важная комплексная программа, которая нацелена на повышение уровня жизни каждого жителя страны за счет использования цифровых технологий. Основными целями Программы стали ускорение темпов развития экономики РК и улучшение качества жизни населения, а также создание условий для перехода экономики на принципиально новую траекторию – цифровую экономику будущего [3].

Таким образом, подготовка квалифицированных специалистов для нужд цифровой экономики не только Павлодарского региона, а также, и для всей отраслевой промышленности Казахстана – одна из приоритетных задач Екибастузского инженерно-технического института имени академика К.Сатпаева. Для будущих учителей информатики, обучающихся по специальности «Информатика», разработана и утверждена рабочая учебная программа по дисциплине «Робототехника». В программу включены вопросы по формированию ИКТ-компетентности педагогов в условиях обновления содержания образования, мобильное SMART-обучение в современной школе, создание и использование цифрового образовательного контента на занятиях информатики и вопросы робототехники в междисциплинарном образовании.

Пока робототехника распространена в основном в области дополнительного образования, и потому слабо методически формализована. Такое образование зачастую не требует строго прописанных учебных программ. Вместе с тем, классические учебные программы в условиях дополнительного образования с использованием роботов становятся неактуальными, поскольку роль учителя меняется. Отсюда следует вывод, что основные усилия должны быть приложены к разработке не столько нового аппаратного или программного обеспечения для занятий робототехникой, сколько к разработке учебных материалов и программ, где была бы грамотно представлена роль преподавателя [4].

Эффективность курса информатики будет существенно ниже, если обучающимся не показать реальную необходимость программирования. Таким образом, результаты эксперимента подтвердили гипотезу о важности формы организации учебного процесса на занятиях по робототехнике. Ощущение стремления к общей цели преподавателя и студента создает благоприятную атмосферу для их взаимодействия и, как следствие, для усвоения новых знаний.

Главным преимуществом курса, построенного на методиках проблемного и деятельностного подхода к обучению, является то, что он заставляет обучаемых задуматься о потенциальных возможностях программирования. Студентам интересно, какие еще способности робота

могут быть реализованы, они постоянно задают вопросы «а можно ли сделать так чтобы...?»

Помимо совершенствования учебной программы кафедра «Автоматизация и информационные системы» ведет студенческий научный кружок «Робототехника: конструирование и программирование на основе Arduino».

Занятия в кружке дают возможность студенту освоить основные приёмы конструирования и программирования управляемых электронных устройств и получить необходимые знания и навыки для дальнейшей самореализации в области инженерии, изобретательства, информационных технологий и программирования.

Кружок предполагает знакомство с основами программирования на языке высокого уровня. Предметом изучения являются принципы и методы разработки, конструирования и программирования управляемых электронных устройств на базе вычислительной платформы (контроллера) Arduino или её клона, а также создание робототехнических устройств в рамках небольших проектов.

Для преподавателей, студентов и любителей платформа Arduino может стать основным элементом для исследования и решения задач в областях мехатроники и робототехники. Учащиеся же, создав программу, могут сразу наблюдать результаты своей работы. Программа превращается в алгоритм управления реальным устройством, только что собранного своими руками. Это мотивирует, возбуждает интерес к данной деятельности.

Студенты, изучающие робототехнику, в первую очередь познают себя, свои возможности, собственные интересы; кроме того, отрабатывают умения работать в команде. Робототехника может рассматриваться как ценность, способная к превращению утилитарных умений в общекультурную компетентность, связанную с проектной способностью участника образования в любой сфере деятельности [5].

Arduino может дать учебному процессу следующие преимущества:

- 1) Закрепление навыков программирования на языке C++ (Wiring);
- 2) Arduino даёт некоторое представление о микроэлектронике. Это, безусловно, необходимые знания для программного инженера, так как они дают представление о «железе», для которого пишется программное обеспечение;
- 3) Позволяет наглядно продемонстрировать работу кода; загрузив программу в плату, можно увидеть его действие на реальных физических объектах (мигание светодиода и др.) [6].

В результате платформа Arduino по техническому оснащению идеально подходит для образовательного процесса по проектированию различных мехатронных систем и роботов, благодаря понятной среде программирования и возможности наблюдения физических процессов в реальном времени.

Подготовка квалифицированных специалистов для нужд цифровой экономики Казахстана – одна из приоритетных задач Министерства образования и науки Казахстана. Помимо совершенствования учебных программ ведомство организует курсы повышения квалификации для педагогов по направлению IT-технологий.

Чтобы освоить новые технологии и повысить ИКТ-компетентность всех категорий педагогических работников, в образовательных программах повышения квалификации предусмотрен технологический модуль в объёме



от 4 до 10 академических часов. В рамках этого модуля педагоги учатся работать с такими ресурсами как «BilimLand», «Күнделік», портал электронного правительства и др.

В рамках принятых поправок к закону «Об образовании» для учителей информатики и физики разработаны и утверждены пять образовательных программ повышения квалификаций. В программы включены вопросы по формированию ИКТ-компетентности педагогов в условиях обновления содержания образования, мобильное SMART-обучение в современной школе, создание и использование цифрового образовательного контента на занятиях информатики, вопросы робототехники в междисциплинарном образовании.

Образовательные программы вузов разрабатываются ими самостоятельно в рамках действующих стандартов. Вместе с тем к разработке образовательных программ привлекаются зарубежные вузы-партнеры и работодатели. В 2015-2016 годах 11 базовых вузов-участников ГПИИР разработали 48 инновационных образовательных программ. С начала 2017-2018 учебного года все вузы обновили образовательные программы с учетом утвержденных 10 профессиональных стандартов в сфере ИТ.

Обучение учителей - необходимая и обязательная составляющая внедрения наших решений в систему образования. Постоянное присутствие учителя, который в роли куратора направляет ученика к прогрессу, необходимо для достижения максимального эффекта от образовательных решений LEGO Education. Это важно еще и для того, чтобы наставники учили детей генерировать и реализовывать свои идеи, а не просто использовать различные гаджеты только для развлечений.

В настоящее время возникает методическая проблема, которая вскрывается при изучении программирования для роботов. Дело в том, что стандартная методика изучения программирования не позволяет учащимся программировать поведение робота для решения задач, связанных с перемещением по сложному лабиринту, движением по линии, перемещением предметов и т.п. Это связано с тем, что стандартная методика изучения программирования ориентирована на структурное программирование, а программирование для роботов требует знаний параллельного программирования.

Таким образом, при изучении робототехники необходимо сочетание элементов структурного и параллельного программирования.

LEGO Education позволяет создать для современных учеников уникальное образовательное пространство, способствующее активному, творческому обучению, основанному на цифровых технологиях. Педагогу, работающему с образовательными решениями LEGO Education, гораздо проще продемонстрировать принцип работы того или иного механизма или объяснить сложное физическое явление, поскольку во всех образовательных решениях заложен принцип наглядности, а темы уроков тесно связаны с реальной жизнью.

Очевидно, средства в высокотехнологичное оборудование вкладываются совсем не напрасно. Вовлечение школьников в занятия робототехникой – это возможность вырастить инженерные кадры нового поколения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соммер, У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino [Текст] / У.Соммер. 2-е издание. - СПб.: БХВ-Петербург, 2018. - 256 с.

2. Момот, М. Мобильные роботы на базе Arduino [Текст] / М. Момот. 2-е издание. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. - 336 с.
3. Государственная программа «Цифровой Казахстан» [Текст] / №827 от 12.12.2017.
4. Андреев, Д.В. Повышение мотивации к изучению программирования в рамках курса робототехники [Текст] / Д.В. Андреев, Е.В. Метелкин // Педагогическая информатика. - 2015. - №1. - С.40-49.
5. Дахин, А.Н. Педагогика робототехники как возникающая инновация школьной технологии [Текст] / А.Н. Дахин // Народное образование. - 2015. - №4. - С.157-161.
6. Развитие технологического образования школьников средствами робототехники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wiki.tgl.net.ru>.

*Материал поступил в редакцию 01.11.19.*

**Б.Ж. Унайбаев, В.Г. Пак, Е.С. Зозуля**

*Академик Қ. Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты,  
Екібастұз қ., Қазақстан*

#### **ARDUINO МИКРОПРЕССОРЛЫҚ ПЛАТФОРМАСЫНЫҢ ҚЫСҚАША МАЗМҰНЫ ЖӘНЕ ОНЫ ОҚУ ҮРДІСІНДЕ ҚОЛДАНУ КЕЛЕШЕГІ**

Орта және жоғары білім беру мектептерінің оқу үрдісінде заманауи робототехникалық бағыттағы оқу курстарын енгізу өзектілігі мен маңыздылығы қарастырылған. Мұны жүзеге асыруда Arduino есептеу платформасын пайдалану артықшылықтары сипатталған.

**Тірек сөздер:** Arduino есептеу платформасы, робототехника, LEGO Education жүйесі.

**B.J. Unaybaev, V.G. Pak, E.S. Zozulya**

*Ekibastuz technical institute of the name of academician K.Satpaev, Ekibastuz, Kazakhstan*

#### **BRIEF REVIEW AND PROSPECTS FOR APPLICATION OF THE ARDUINO MICROPROCESSOR PLATFORM IN THE EDUCATIONAL PROCESS**

The article discusses the prospects of introducing robotics into the educational programs of the Republic of Kazakhstan, as well as the capabilities of the Arduino hardware computing platform and its use in teaching robotics.

**Keywords:** Arduino computing platform, robotics, LEGO Education.

## Физика

УДК 533.9.01

М.Т. Кейкиманова<sup>1</sup>, М.М. Козыбай<sup>2</sup><sup>1</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>2</sup>Студент

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

## ДИНАМИКА ДВУМЕРНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА

Алгоритм, предложенный в Phys. Rev. Lett. 119, 045001 (2017), позволяющий определять динамические характеристики неидеальной однокомпонентной плазмы без использования данных численного моделирования или прямых экспериментов, обобщается на частично вырожденный двумерный электронный газ. Подход основан на классической теории моментов и других точных отношениях, которым должна удовлетворять диэлектрическая функция системы.

**Ключевые слова:** электронный газ, квазидвумерная плазма, молекулярная динамика, квантовая моделирования.

**Введение.** Наблюдаемый в последнее время растущий интерес к исследованию квазидвумерных (ДМ) электронных систем частично связан с развитием нанoeлектроники (см. например [1]). Хорошо известными примерами двумерных электронных систем являются электроны, захваченные на поверхности жидкого гелия, или электроны, удерживаемые вблизи перехода между полупроводником и изоляторами [в структуре полевого транзистора на основе оксида металла и полупроводника (MOSFET)] или между слоями различных полупроводников (в гетеропереходах) [2, 3], см. также [4]. Квазидвумерность в этих системах означает, что электроны удерживаются вблизи границы раздела электростатическим полем и имеют квантованные уровни энергии  $E_i$  ( $i = 0; 1; \dots$ ) для движения вдоль направления  $z$ , поперечного к границе раздела.

Расстояние между уровнями энергии в инверсионных слоях составляет около 100К, тогда как, например, на поверхности жидкого гелия оно составляет около 10К. Если температура  $T$  и энергия Ферми  $E_F = \pi n \hbar^2 / m^*$  ( $n$  и  $m^*$  - поверхностная плотность электронов и их эффективная масса) намного меньше чем расстояние между уровнями энергии  $E_0$  и  $E_1$ , то электроны образуют квазидвумерный электронный газ (ДМЭГ) с фиксированной энергией  $E_0$  и волновой функцией  $\psi(z)$ , отвечающей движению вдоль направления  $z$ . Хотя движение электрона в перпендикулярном направлении ограничено, потенциал электростатического взаимодействия определяется решением трехмерного уравнения Пуассона, усредненного с волновой функцией  $\psi(z)$ . Более подробное обсуждение этой проблемы дано в [5]. Другими словами, мы можем аппроксимировать взаимодействие внутри двумерной электронной системы потенциалом Кулона  $\phi(r) = \epsilon / r$ , где  $\epsilon$  - перенормированный заряд электрона. Таким образом, параметры связи и вырождения однокомпонентной двумерной плазмы можно определить как

$$\Gamma = \beta \bar{e}^2 / a, \quad D = \beta E_F = \Gamma / r_s. \quad (1)$$

Здесь  $\beta = (k_B T)^{-1}$  это обратная температура системы в энергетических единицах,  $a = (\pi n)^{-1/2}$  это двумерный радиус Вигнера-Зейтца, а  $r_s = a / a_B^* = a m^* e^{-2} / \hbar^2$  – параметр Бракнера. Кроме того, можно ввести двумерное дебаевское волновое число  $k_D = 2\pi \beta e^2 n = 2\Gamma / a$ . Ниже будет также использоваться безразмерное волновое число  $q = ka$  так, что, например,  $q_D = k_D a = 2\Gamma$ .

Исследование коллективных возбуждений двумерной жидкой плазмы началось более 40 лет назад, когда Платцман и Цоар, в рамках приближения хаотических фаз (ПХФ), установили качественные особенности двумерных плазмонов [6]. Было обнаружено, что коллективная мода квазидвумерной кулоновской системы мягкая с характерным корневым законом дисперсии:

$$\omega_p(q) = \sqrt{\frac{2\pi n \bar{e}^2 k}{m^*}} = \sqrt{\frac{2\bar{e}^2 q}{m^* a^3}}. \quad (2)$$

В ПХФ, однако, не учитываются корреляционные эффекты, играющие определяющую роль в неидеальной плазме. Теоретические попытки описать двумерные коллективные возбуждения для  $\Gamma > 1$  начались с обобщением ПХФ в режим неидеальности [6] и, в дальнейшем, с применением приближения квазилокализованного заряда (ПКЛЗ) [7]. Расчеты, основанные на последнем формализме, привели к следующему выражению для двумерной диэлектрической проницаемости:

$$\varepsilon(q, \omega) = 1 - \frac{\omega_p^2(q)}{\omega^2 - \omega_p^2(q) D(q)}, \quad (3)$$

где

$$D(q) = \frac{1}{N} \sum_{\vec{p} \neq 0, \vec{q}} \frac{(\vec{q} \cdot \vec{p})^2}{q^3 p} [S(|\vec{q} - \vec{p}|) - S(p)], \quad (4)$$

$N$  это полное число электронов в системе, а это статический структурный фактор (ССФ). Выражение (3) удовлетворяет четвертому правилу сумм при больших значениях  $\Gamma$ , таких что  $3q/2\Gamma < D(q)$ . Оно также удовлетворяет f- правилу сумм, но не удовлетворяет нулевому правилу сумм.

С целью аналитического описания динамических свойств неидеальных двумерных кулоновских систем, предлагается альтернативный математический подход, способный автоматически учитывать все сходящиеся правила сумм. Специфика физических систем включена в правила сумм, рассчитанные независимо и точно с использованием стандартных методов квантовой статистики в рамках теории линейной реакции Кубо [8,9]. Основополагающие работы этого подхода были опубликованы около 35 лет назад [9, 10]. Дальнейшее развитие было предложено в работах [11-14] и книге [15]. Все они были основаны на классических монографиях [16-18].

Моментный подход изначально основан на неканонических решениях Неванлинны [19] (усеченной) проблемы моментов Гамбургера, заключающейся в восстановлении неотрицательной неубывающей плотности распределения по конечному числу её степенных моментов. Если мы применяем этот подход для изучения диэлектрической функции плазмы или динамического структурного фактора, то моменты фактически являются

правилами сумм [15], которые должны выполняться независимо от разложений по малым параметрам. В этом смысле моментный подход является непертурбативным, и если он дополняется физически мотивированными соображениями, упрощениями или асимптотическими соображениями, то он даст возможность адекватно разрешить вышеуказанную задачу. По своей природе моментный подход, безусловно, является чисто математическим, в этом смысле он не является модельным. Стоит отметить также, что моментный подход эквивалентен методу непрерывных дробей М.Х. Ли и др. [20].

Новое развитие метод моментов получил недавно в [21], где он был продуктивно применен для определения различных динамических свойств однокомпонентных классических неидеальных систем с потенциалами взаимодействия Кулона и Юкавы по их статическим характеристикам без какой-либо адаптации к динамическим данные моделирования. Обоснованность подхода была подтверждена сравнением с имеющимися результатами численного анализа.

Обобщение новой версии моментного подхода на более сложные, например, частично вырожденные и многокомпонентные кулоновские системы было предложено на международной конференции «Неидеальные кулоновские системы» [22], см. также [23], и на международной конференции по физике неидеальной плазмы [24].

Цель настоящей статьи имеет три составляющие: (i) описать обобщение модифицированного моментного подхода [21] на двумерные системы, (ii) установить связь между правилами сумм и свести определение динамических свойствах к знанию статических характеристик, (iii) исправить некоторые ошибки в [5] и изучить взаимоотношение настоящего подхода с альтернативными теоретическими моделям.

Предполагается, что рассматриваемые нами системы находятся в тепловом равновесии и не намагничены. Обобщения на более сложные двумерные системы могут быть осуществлены непосредственно или в рамках матричного метода моментов [15, 25].

**1. Функция потерь и динамический структурный фактор.** Краеугольным камнем моментного подхода является (обратная) диэлектрическая функция плазмы (ОДФ),  $\varepsilon^{-1}(q, z = \omega + i\delta)$  ( $\delta \geq 0$ ), являющаяся истинной функцией отклика для любого  $q$  [26], или (неотрицательная и чётная) функция потерь

$$L(q, x = \omega^2) = -\text{Im} \varepsilon^{-1}(q, \omega) / \omega.$$

Динамический структурный фактор (ДСФ) является центральной величиной коллективных и динамических явлений, он определяется функцией потерь через флуктуационно-диссипативную теорему (ФДТ) [3]

$$S(q, \omega) = \frac{qn}{\Gamma} B(\beta \hbar \omega) L(q, \omega), \quad (5)$$

где

$$B(x) = x(1 - \exp(-x))^{-1} \underset{x \rightarrow 0}{\approx} 1 \quad (6)$$

Это бозе-фактор. Ниже будет показано, как на строгой математической основе, дополненной простыми физическими соображениями, знание этих

динамических характеристик может быть сведено к знанию статических, а именно статического структурного фактора.

Конструктивными блоками подхода являются правила сумм или частотные моменты функции потерь,

$$C_\nu(q) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \omega^\nu L(q, \omega) d\omega, \quad \nu = 0, 2, 4. \quad (7)$$

Существенно, что моменты нечетного порядка обращаются в нуль из-за симметрии функции потерь. В противоположность ситуации с многокомпонентной плазмой [27], в однокомпонентной плазме (ОКП) моменты высшего порядка сходятся, но они связаны слабо изученными и пренебрегаемыми здесь непарными корреляциями. В классических системах, в соответствие с (6), моменты функции потерь (7) пропорциональны моментам ДСФ, см. [21].

Моменты  $C_0(q)$ ,  $C_2(q)$ ,  $C_4(q)$  и характеристические частоты

$$\omega_1(q) = \sqrt{C_2(q)/C_0(q)}, \quad \omega_2(q) = \sqrt{C_4(q)/C_2(q)} \quad (8)$$

Известны независимо, они определяются составом, вырождением и термодинамикой системы. Действительно, нулевое правило сумм вытекает из соотношений Крамерса-Кронига:

$$\varepsilon^{-1}(q, z) = 1 + \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\omega L(q, \omega) d\omega}{\pi(z - \omega)} \Leftrightarrow C_0(q) = 1 - \varepsilon^{-1}(q, 0). \quad (9)$$

Этот результат не зависит от природы системы. Второй момент – это правило сумм [28, 5]:

$$C_2(q) = -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \omega \operatorname{Im} \varepsilon^{-1}(q, \omega) d\omega = \omega_p^2(q) = \frac{2e^2 q}{m^* a^3}, \quad (10)$$

где  $\omega_p(q)$  это плазменная частота системы (2).

Четвёртый степенной момент функции потерь

$$C_4(q) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \omega^4 L(q, \omega) d\omega \quad (11)$$

был найден в [5], но, к сожалению, при этом роль магнитного взаимодействия была преувеличена. Здесь приводится правильная форма момента (11). Таким образом, в двумерном электронном газе с Фурье-образом потенциала парного взаимодействия  $\phi(q) = 2\pi e a / q$ , вторая характеристическая частота содержит три вклада:

$$\omega_2^2(q) = \omega_p^2(q) [1 + K(q) + D(q)] \quad (12)$$

Кинетический вклад

$$K(q) = \frac{3q}{2\Gamma} \beta \langle E_{kin} \rangle + \frac{q^3}{8r_s}, \quad (13)$$

где

$$\langle E_{kin} \rangle = \frac{1}{N} \sum_{\vec{p}} \frac{\hbar^2 p^2}{2m} a_{\vec{p}}^+ a_{\vec{p}} \quad (14)$$

Это средняя кинетическая энергия на электрон,  $a_{\vec{p}}^+$  и  $a_{\vec{p}}^-$  – операторы уничтожения и рождения, причём с опущенными спиновыми индексами, а

корреляционный вклад совпадает с так называемой "D-matrix" (4) приближения квази-локализованного заряда. Средняя кинетическая энергия в (14) может быть записана как

$$\langle E_{kin} \rangle = \frac{2\bar{e}^2}{a_b^* \Gamma^2} F_1(\eta) \quad (15)$$

С безразмерным химическим потенциалом определяемым условием нормировки для функции распределения:

$$F_0(\eta) = D/2 = \Gamma/2r_s.$$

Здесь

$$F_\mu(\eta) = \int_0^\infty \frac{x^\mu}{\exp(x-\eta)+1} dx$$

обозначает интеграл Ферми порядка  $\mu$ . В классическом приближении, когда  $D \ll 1$ ,

$$F_0(\eta) = F_1(\eta) = \exp(\eta) = D/2 = \Gamma/2r_s \ll 1.$$

так, что тогда

$$K_{classical}(q) = \frac{3q}{2\Gamma}.$$

Аналогично,

$$D(q) = \int_0^\infty p F(p, q) (S(p) - 1) dp, \quad (16)$$

$$F(p, q) = \int_0^{2\pi} \left( \frac{(p \cos \theta + q)^2}{\sqrt{p^2 + q^2 + 2pq \cos \theta}} - p \cos^2 \theta \right) \frac{d\theta}{q}. \quad (17)$$

Важно, что угловой множитель  $F(p, q)$  стремится к конечному значению, когда  $q \rightarrow 0$ :

$$F(p, q \rightarrow 0) \cong \frac{5\pi}{8} \frac{q}{p}.$$

Причем, в гидродинамическом предельном случае

$$\omega_2^2(q \rightarrow 0) \cong \omega_p^2(q), \quad (18)$$

а на коротких расстояниях, поскольку  $F(p, q \rightarrow \infty) \cong 1$ , восстанавливается одночастичное поведение:

$$\omega_2^2(q \rightarrow 0) \cong \omega_p^2(q) \frac{q^3}{8r_s} = \frac{\hbar^2 q^4}{(2m^*)^2 a^4}. \quad (19)$$

Наконец, следует отметить, что предельное значение (18) вытекает из особенности при  $\vec{p} = \vec{q}$  в исходном выражении для вклада взаимодействия в четвертый момент.

Частоты  $\omega_1(q)$  и  $\omega_2(q)$  являются строительными блоками моментного подхода. Кроме того, в разделе 4 будет показано, что в силу простых физических соображений характерная частота  $\omega_1(q)$  определяется четвертым моментом. Таким образом, статическая диэлектрическая функция будет определена как важный побочный продукт.

Включение нулевого момента позволяет не только изучать дисперсию коллективных мод системы, но и оценивать их скорость затухания. Он не был

учтен в модели ПКЛЗ [7], и характерная частота  $\omega_I(q)$  не использовалась в том подходе. Диссипация энергии также не изучалась в ПКЛЗ.

**2. Проблема моментов.** Чтобы найти динамические характеристики кулоновских систем и связать их с остатическими, мы используем решения усеченной проблемы моментов Гамбургера, соответствующей пяти сходящимся частотным моментам  $\{C_0(q), 0, C_2(q), 0, C_4(q)\}$ , более подробно см. [16,29,15]. В силу неравенства Коши-Буняковского-Шварца эта последовательность моментов является положительно определенной, см. [9] и [14]. Следовательно, проблема моментов разрешима, то есть мы можем восстановить функцию потерь и описать свойства коллективных мод, существующих в системе: несмещенной (диффузионной) и сдвинутых (плазменных),

$$\omega_{us}(q) = -ia(q); \quad \omega_{\pm sh}(q) = \pm W(q) - ib(q) \quad (20)$$

и другие динамические характеристики.

### 2.1 Неканонические решения и дисперсионное уравнение.

Характеристики мод могут быть найдены из дисперсионного уравнения или как полюса ОДФ. Последняя может быть извлечена из функции потерь, определенной в нашей схеме с помощью линейно-дробного преобразования Р. Неванлинны [16], см. также уравнение (59) в [14]:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{L(q, \omega) d\omega}{\pi C_0(q)(\omega - z)} = \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2 - z(z + Q)}{z(z^2 - \omega_2^2) + Q(z^2 - \omega_1^2)}, \quad \text{Im } z = \delta > 0, \quad (21)$$

устанавливающего взаимно-однозначное соответствие (биекцию) между функциями параметра Неванлинны  $Q(z; q)$  и не каноническими решениями проблемы моментов для функции потерь.

Правая часть формулы Неванлинны может быть представлена в виде усеченной непрерывной дроби, эквивалентной (21) (см. [30], уравнение (35)):

$$\int_{-\infty}^{\infty} \frac{L(q, \omega) d\omega}{\pi(\omega - z)} = C_0 \left( z - \omega_1^2 \left( z - \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{z + Q} \right)^{-1} \right)^{-1}.$$

Любая ФПН, как и любая функция отклика (функция класса Неванлинны), должна быть аналитической и иметь неотрицательную мнимую часть в верхней полуплоскости  $\delta > 0$ , будучи по крайней мере непрерывной на её замыкании  $\delta = 0$ . Кроме того, ФПН должна (равномерно в пределах любого угла  $\vartheta \leq \arg(z) \leq \pi - \vartheta$ ,  $0 < \vartheta < \pi$ ) удовлетворять следующему предельному условию:

$$\lim_{z \rightarrow \infty} \frac{Q(z; q)}{z} = 0 \quad (22)$$

Дополнительное свойство (22) гарантирует выполнение моментных условий. Действительно, рассмотрим асимптотическое разложение левой части (21) для  $z \rightarrow \infty$ ,

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{L(q, \omega) d\omega}{\pi C_0(q)(\omega - z)} &= -\frac{1}{\pi C_0(q)z} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{L(q, \omega) d\omega}{1 - \frac{\omega}{z}} \underset{z \rightarrow \infty}{\cong} \\ &= -\frac{1}{z} - \frac{\omega_1^2}{z^3} - \frac{\omega_1^2 \omega_2^2}{z^5} + \dots, \quad \text{Im } z = \delta > 0, \end{aligned} \quad (23)$$

и заметим, что даже когда моменты высшего порядка расходятся, приведенное выше асимптотическое разложение все еще представляет асимптотическое поведение функции потерь.



С другой стороны, асимптотическое разложение правой части (21) равно

$$\begin{aligned} & \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2 - z(z + Q)}{z(z^2 - \omega_2^2) + Q(z^2 - \omega_1^2)} \underset{z \rightarrow \infty}{\cong} \\ & = -\frac{1}{z} - \frac{\omega_1^2}{z^3} - \frac{\omega_1^2 \omega_2^2}{z^5} \left[ 1 - \frac{Q}{z} \left( 1 - \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} \right) \right] - \dots, \end{aligned} \quad (24)$$

что совпадает с (23) в силу дополнительного асимптотического свойства (22). Таким образом

$$\begin{aligned} \frac{L(q, \omega)}{\pi C_0(q)} &= \operatorname{Im} \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2 - \omega(\omega + Q)}{\omega(\omega^2 - \omega_2^2) + Q(\omega^2 - \omega_1^2)} \underset{z \rightarrow \infty}{\cong} \\ &= \frac{\omega_1^2(\omega_2^2 - \omega_1^2) \operatorname{Im} Q}{|\omega(\omega^2 - \omega_2^2) + Q(\omega^2 - \omega_1^2)|^2}, \quad \omega = \operatorname{Re}(z + i0^+). \end{aligned} \quad (25)$$

ОДФ  $\varepsilon^{-1}(k, z)$  может быть легко извлечена из функции потерь, найденной по пяти моментам, определяемой формулой Неванлинны (21), посредством формулы Сохоцкого-Племеля-Дирака

$$\frac{1}{\omega' - \omega - i0^+} = \frac{P}{\omega' - \omega} + \pi i \delta(\omega' - \omega), \quad (26)$$

( $P$  означает главное значение по Коши):

$$\varepsilon^{-1}(q, z) = 1 + \frac{\omega_p^2(q)(z + Q(z; q))}{z(z^2 - \omega_2^2(q)) + Q(z; q)(z^2 - \omega_1^2(q))}, \quad \operatorname{Im} z > 0 \quad (27)$$

Чтобы воспользоваться этой диэлектрической функцией и решить дисперсионное уравнение

$$z(z^2 - \omega_2^2(q)) + Q(z, q)(z^2 - \omega_1^2(q)) = 0, \quad (28)$$

необходимо иметь модель ФПН  $Q(z; q)$ . Проще всего смоделировать ФПН в виде её статического значения, как это было сделано в [30] и ряде других публикаций [29]:

$$Q(z; q) = Q(0; q) = ih(q), \quad h(q) > 0 \quad (29)$$

Это приближение преобразует (25) в

$$\left. \frac{L(q, \omega)}{\pi C_0(q)} \right|_{Q=ih} = \frac{\omega_1^2(\omega_2^2 - \omega_1^2)h}{\omega^2(\omega^2 - \omega_2^2)^2 + h^2(\omega^2 - \omega_1^2)^2}. \quad (30)$$

Таким образом теорема Неванлинны сводит поиск функции потерь и ДСФ к изучению ФПН или только статической параметрической функции  $h(q)$ . Дальнейшее приведение динамических характеристик к статическим представлено в следующем разделе.

Форма ПКЛЗ (3) очевидно следует из соответствующей диэлектрической функции

$$\varepsilon(q, z) = 1 - \frac{\omega_p^2(q)(z + Q(z, q))}{z(z^2 - \omega_2^2(q) + \omega_p^2(q)) + Q(z; q)(z^2 - \omega_1^2(q) + \omega_p^2(q))}, \quad \operatorname{Im} z > 0,$$

если положить  $Q(z; q) = K(q) = 0$ . Понятно, что в ПКЛЗ учитывается, причем в ограниченной форме, пренебрегая вкладом кинетической энергии, только второе и четвертое правила сумм, но не нулевой степенной момент. Детали результатов ПКЛЗ, включая дисперсионный зазор в двойном слое

электронов, могут быть воспроизведены и улучшены в рамках моментного подхода (будет опубликовано). Но нет возможности свести дисперсию ПКЛЗ к классической власовской асимптотике, содержащейся в кинетическом вкладе  $K(q)$  четвертого момента. Частичный учет четвертого правила сумм вместе с f-правилом сумм позволил добиться в рамках ПКЛЗ новых интересных универсальных результатов по дисперсии коллективных мод, которые встроены в формализм моментов. Кроме того, наш подход с помощью ФПН учитывает процессы диссипации энергии и позволяет определить декремент коллективной моды.

Альтернативным подходом при изучении динамических характеристик систем является расширенное приближение случайных фаз. Существует ряд различных моделей поправок на локальное поле (ПЛП) [4], см. также [14]. В ОКП динамическая ПЛП эквивалентна ФПН метода моментов, а приближение (29) соответствует замене динамической ПЛП на статическую. Но в многокомпонентных системах ФПН заменяет все парциальные ПЛП, которые довольно трудно смоделировать [31].

**2.2 Сведение параметра Неванлинны.** Низкочастотное поведение функции потерь аналогично (из-за (6)) поведению ДСФ. Тогда преобразование Фурье функции потерь,  $\Lambda(q, t)$ , в силу теорем Таубера или Абеля, является ограниченной функцией, (экспоненциально) убывающей при больших временах. Принимая во внимание физические временные масштабы задачи, можно сделать вывод, что для  $t$ , больших, чем наибольшее время релаксации коллективных мод системы,  $\Lambda(q, t)$  имеет конечный (нулевой) предел при  $t \rightarrow \infty$ . Тогда, в соответствии с принципом ослабления корреляций Боголюбова,  $L(q, \omega)$  подобно DSF, также имеет конечное предельное значение нулевой частоты, поэтому для очень низких частот значения функции потерь должны быть слабо зависимы. Кроме того, поскольку функция потерь является нечетной функцией частоты, все ее частотные производные нечетного порядка заходятся при  $\omega = 0$ . Поэтому вторая производная по  $\omega$  (или первая по  $\omega^2$ ) должна быть пренебрежимо мала в пределе очень низких частот:

$$\left. \frac{d^2 L(q, \omega)}{d\omega^2} \right|_{\omega=0} = \left. \frac{dL(q, x)}{dx} \right|_{x=\omega^2=0} = 0. \quad (31)$$

Важно, что (31) позволяет в конечном итоге выразить все динамические характеристики в рамках настоящего подхода в терминах только одной характеристической частоты

$$\omega_2(q) = \sqrt{C_4(q)/C_2(q)} \quad (32)$$

определяемой статическим структурным фактором. Действительно, в силу своей симметрии функция потерь зависит только от квадрата частоты и, согласно (31), имеет экстремум при  $x = \omega^2 = 0$ . Тогда простые вычисления приводят к конкретному значению параметра Неванлинны

$$h(q) = h_0(q) = \frac{\omega_2^2(q)}{\sqrt{2}\omega_1(q)}. \quad (33)$$

Кроме того, нетрудно увидеть, что в невырожденных или слегка вырожденных системах положение «сдвинутого» максимума ДСФ равно

$$W_{classical}(q) = \pm \frac{\omega_2(q)}{\sqrt{3}\omega_1(q)} \sqrt{4\omega_1^2(q) - \omega_2^2(q)}, \quad (34)$$

и что когда  $\theta(q) = 2\omega_1(q) - \omega_2(q)$  отрицателен, эта мода сильно затухает и в спектре остаётся только широкий "несмещённый" максимум. Роль параметра  $\theta(q)$  обсуждалась в [21].

Комплексные нули дисперсионного уравнения (28) с (29) и (33) теперь могут быть вычислены непосредственно как точные решения (28) (см. [21] и [30]):

$$\begin{aligned} w_{us}(q) &= -ia(q) = -w^2 X - wY - ih_0/3; \\ w_{-sh}(q) &= -W(q) - ib(q) = -X - Y - ih_0/3, \\ w_{sh}(q) &= W(q) - ib(q) = -wX - w^2 Y - ih_0/3. \end{aligned} \quad (35)$$

Они предоставляют прямую информацию о (несмещённой) диффузионной и смещённых (плазменных) модах системы. Здесь  $w = \exp(2\pi i/3)a$

$$\begin{aligned} X &= \sqrt[3]{h_0 V^2 / 2i - Z^3}, \quad Y = \sqrt[3]{h_0 V^2 / 2i - Z^3}, \\ Z^3 &= \sqrt{-\left(\omega_2^2 / 3 - h_0^2 / 9\right)^3 - \left(h_0 V^2 / 2\right)^2}, \\ V^2 &= -\omega_2^2 / 3 + \omega_1^2 + 2h_0^2 / 27. \end{aligned} \quad (36)$$

Важный результат (33) посредством ФДТ приводит к следующей простой форме для ДСФ:

$$S(q, \omega) = \frac{\sqrt{2}q}{a^2 \Gamma} \frac{\omega_1 \omega_2^2 \omega_p^2 (\omega_2^2 - \omega_1^2) B(\beta \hbar \omega)}{2\omega_1^2 \omega^2 (\omega^2 - \omega_2^2)^2 + \omega_2^4 (\omega^2 - \omega_1^2)^2}. \quad (37)$$

Таким образом, описана структура ДСФ с тремя максимумами (37), рассмотренная ранее в рамках формализма функции памяти [32]. Это достигнуто без использования какого-либо подгоночного параметра, см. также [33]. Кроме того, эти результаты были основаны на квантовой версии классического приближения СТЛС [34], применимость которой в двумерных системах сомнительна [35]. Как уже упоминалось, в дальнейшем характеристическая частота  $\omega_1(q)$  будет выражена через четвертый момент посредством частоты  $\omega_2(q)$ , полностью определяемой статическим структурным фактором системы и термодинамическими параметрами. Было бы интересно сравнить (37) с реальными экспериментальными или с данными численного моделирования *abinitio* данными, подобными недавним трехмерным квантовым результатам Монте-Карло, найденным М. Бонитцем и его коллегами [36].

**3. Канонические решения.** Положительные по определению параметры распада  $a(q)$  и  $b(q)$  в (35) являются декрементами соответствующих коллективных мод. Если эти моды распространяются, то есть, если декременты относительно малы, то помимо вышеупомянутого неканонического, можно построить специфическое каноническое решение

проблемы Гамбургера. В нашем случае это пятиточечное решение, локализованное в точках  $\omega_0 = 0, \pm\omega_1(q)$  и  $\pm\omega_2(q)$ . Тогда моментные условия (7) приводят к следующему частному каноническому решению проблемы моментов с нулевым весом вклада  $\omega_1$ :

$$\frac{L^{can}(q, \omega)}{\pi C_0(q)} = \left[ 1 - \frac{\omega_1^2(q)}{\omega_2^2(q)} \right] \delta(\omega) + \frac{\omega_1^2(q)}{\omega_2^2(q)} \delta[\omega^2 - \omega_2^2(q)] \quad (38)$$

Похожее на фейнмановское решение (38), описывает незатухающие коллективные моды в системе: диффузионную при  $\omega = 0$  и мягкую при

$$W(q) = \pm\omega_2(q). \quad (39)$$

Действительно, характеристическая частота  $\omega_2(q)$  оказывается разумным приближением для  $W(q)$ , когда эта мода слабо затухает. Этот результат широко использовался в рамках подхода ПКЛЗ. Вернемся теперь к преобразованию Фурье функции потерь,

$$\Lambda(q, t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} L(q; \omega) \exp(i\omega t) d\omega. \quad (40)$$

Каноническое решение (38) немедленно приводит к

$$\begin{aligned} \Lambda^{can}(q, t) &= \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} L^{can}(q, \omega) \exp(i\omega t) d\omega = \\ &= C_0(q) \left[ \left( 1 - \frac{\omega_1^2(q)}{\omega_2^2(q)} \right) + \frac{\omega_1^2(q)}{\omega_2^2(q)} \cos(\omega_2(q)t) \right]. \end{aligned}$$

Естественно, коротковременное разложение этой функции,

$$\frac{\Lambda^{can}(q, t \rightarrow 0)}{C_0(q)} \cong 1 - \frac{\omega_1^2(q)}{2} t^2 + \frac{\omega_1^2(q)\omega_2^2(q)}{24} t^4 + O(t^6),$$

совпадает с разложением, следующим из определения моментов  $\{C_0(q), 0, C_2(q), 0, C_4(q)\}$  в (40):

$$\frac{\Lambda(q, t \rightarrow 0)}{C_0(q)} \cong 1 - \frac{\omega_1^2(q)}{2} t^2 + \frac{\omega_1^2(q)\omega_2^2(q)}{24} t^4 + O(t^6), \quad (41)$$

Оба разложения определяются исключительно частотами  $\{\omega_1^2(q), \omega_2^2(q)\}$  и не зависят от ФПН. Кроме того, в силу ФДТ (5), в пяти моментном каноническом приближении,

$$\frac{S(q, \omega)}{C_0(q)B(\beta\hbar\omega)} = \frac{\pi nq}{\Gamma} \left[ \left( 1 - \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} \right) \delta(\omega) + \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} \delta(\omega^2 - \omega_2^2) \right].$$

Отсюда, интегрируя, получаем, что

$$\frac{S(q)}{C_0(q)} = \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} S(k, \omega) d\omega =$$

$$= \frac{\pi q}{\Gamma} \int_{-\infty}^{\infty} B(\beta \hbar \omega) \left[ \left( 1 - \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} \right) \delta(\omega) + \frac{\omega_1^2}{2\omega_2^2} (\delta(\omega - \omega_2) + \delta)(\omega + \omega_2) \right] d\omega$$

откуда, в силу определения нулевого момента,

$$\omega_1^2(q) = \frac{\omega_2^2(q)}{\left( 1 + \frac{\Gamma}{\pi q} \frac{\omega_2^2(q)}{\omega_p^2(q)} S(q) - \frac{\beta \hbar \omega_2(q)}{2} \coth\left(\frac{\beta \hbar \omega_2(q)}{2}\right) \right)}. \quad (42)$$

В классическом приближении,

$$\omega_1^2(q) \Big|_{\text{classical}} = \frac{\pi q}{\Gamma} \frac{\omega_p^2(q)}{S(q)}.$$

Последний результат также прямо следует из классического варианта ФДТ,

$$S(q, \omega) = \frac{q\pi n}{\pi g} L(q, \omega).$$

Кроме того, вследствие (9) и (8), из (42) можно получить выражение для статической диэлектрической функции:

$$\varepsilon(q) = \frac{1}{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega_2^2} - \frac{\Gamma}{\pi q} S(q) + \frac{\beta \hbar \omega_p^2}{2\omega_2} \coth \frac{\beta \hbar \omega_2}{2}}. \quad (43)$$

Нетрудно видеть, что классическая предельная форма последнего выражения согласуется с дебаевской формой ССФ,

$$S_D(q) \underset{\hbar \rightarrow 0}{\cong} \frac{2\pi q}{q_D + q} = \frac{2\pi q}{2\Gamma + q}.$$

Детальное сравнительное исследование (43), особенно при очень низкой температуре, будет проведено в другой работе. Кроме того, влияние процессов рассеяния энергии на связь между двумя характеристическими частотами, то есть между нулевым и четвертым правилами сумм, также должно быть изучено. В трехмерном случае оно оказалось небольшим [24].

**Заключение.** В рамках непертурбативного безмодельного моментного подхода и без привлечения данных моделирования или подгоночных параметров получены динамические характеристики двухкомпонентного электронного газа так, что обратная диэлектрическая функция автоматически удовлетворяет первым трем исчезающим правилам сумм. Динамический структурный коэффициент, дисперсия и затухание коллективной моды, и даже динамическая поправка на локальное поле определяются с использованием исключительно статического структурного фактора. Последний может быть рассчитан в рамках различных теоретических подходов, методов молекулярной динамики и квантового моделирования Монте-Карло.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dauelsberg, M., Thrush, E.J., Schineller, B., Technology of MOVPE Production Tools, Optoelectronic Devices / III Nitrides., Ch. 4, Elsevier Science, 2005.
2. Ando, T., Fowler, A. Stern, B., F., Rev. Mod. Phys. 54, 467 (1982).
3. Monarkha, Yu., Kano, K., Two-Dimensional Coulomb Liquids and Solids, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 2004.
4. Ichimaru, S., Statistical Plasma Physics. Condensed Plasmas, Addison-Wesley, New York, 1994, volume 2.
5. Ткаченко, И.М. Коллективные возбуждения в квазидвумерной плазме [Текст] / И.М. Ткаченко, М.Т. Кейкиманова, Д.С. Узбекова [и др.] // Научный журнал «Механика и технология». – 2018. - №3.
6. Platzmann, P. M. and Tzoar, N., Phys. Rev. B 13, 3197 (1976).
7. Kalman, G. and Golden, K. I., Phys. Rev. A 41, 5516 (1990); K. I. Golden, G. Kalman, Ph. Wyns, Phys. Rev. A 41, 6940 (1990); K. I. Golden and D.Lu, Phys. Rev. A 28, 980 (1983); G. Kalman, R. Genga, Phys. Rev. A 33,604 (1986).
8. Kugler, A.A., J. Stat. Phys. 8 / 107 (1973); (b) K.N. Pathak, P. Vashishta, Phys. Rev. B 7, 3649 (1973).
9. Адамян, В.М. ТВТ 21 [Текст] / В.М. Адамян, И.М. Ткаченко // 417, 1983.
10. Адамян, В.М., Майер, Т., Ткаченко, И.М., Физика плазмы 11 [Текст] / 826 (1985); Т. Meyer, I.M. Tkachenko, Contrib. Plasma Phys. 25, 437 (1985).
11. Ortner, J., Rylyuk, V.M., and Tkachenko, Phys. Rev / E. 50, 4937 (1994); I.M. Tkachenko, J. Ortner, and V.M. Rylyuk, Phys. Rev. E 57, 4846 (1998).
12. Varentsov, D., Tkachenko, I.M., and Hoffmann, D.H.H., Phys. Rev / E 71,066501 (2005).
13. Ballester, D., Tkachenko, I. M., Phys. Rev / Lett., 101, 075002 (2008); J.Phys. A: Math. Theor., 42, 214035 (2009).
14. Arkhipov, Yu. V., Ashikbayeva, A. B., Askaruly, A. et al., Phys. Rev / E 90,053102 (2014), ibid, 91, 019903 (2015).
15. Tkachenko, I.M., Arkhipov, Y.V. and Askaruly, A. The Method of Moments and its Applications in Plasma Physics / (Lambert, 2012).
16. Крейн, М.Г. Проблема моментов Маркова и экстремальные задачи [Текст] / М.Г. Крейн, А.А. Нудельман. - М.: Наука, 1973.
17. Ахиезер, Н.И. Классическая проблема моментов и некоторые вопросы анализа, связанные с нею [Текст] / Н.И. Ахиезер. - М.: Физматлит, 1961.
18. Shohat, J.A., Tamarkin, J.D., The Problem of Moments / New York, 1943, Amer. Math. Soc., Providence, R.I.
19. Nevanlinna, R. Asymptotische Entwicklungen beschränkter Funktionen und das Stieltjes'sche Momentenproblem / Helsinki, 1922, 1.
20. Hong, J. and Lee, M.H., Phys. Rev. / Lett. 55, 2375 (1985); J. Hong and C.Kim, Phys. Rev. A. 43, 1965 (1991).
21. Arkhipov, Yu. V., Askaruly, Conde, A., L. et al., Phys. Rev. / Lett., 119,045001 (2017).
22. Arkhipov, Yu.V., Asikbayeva, A.B., Askaruly, A. et al., in Book of Abstracts / SCCS 17, July-August, 2017, Kiel, Germany, p. 81.
23. Arkhipov, Yu.V., Askaruly, A., Davletov, A.E. et al., in Book of Abstracts / SCCS 17, July-August 2017, Kiel, Germany, p. 143; Yu.V. Arkhipov, A.B. Ashikbayeva, A. Askaruly et al., Contr. Plasma Phys. / 58, 967 (2018).

24. Arkhipov, Yu.V., Askaruly, A., Davletov, A.E. et al., Book of Abstracts / PNP16, September 2018, Saint-Malo, France, p. 64.
25. Adamyan, V.M., Tkachenko, I.M., Solution of the truncated matrix Hamburger moment problem according to M.G. Krein, Operator Theory: Advances and Applications, 118, 33 (2000) (Proceedings of the Mark Krein International Conference on Operator Theory and Applications / Vol.II, Operator Theory and Related Topics), Birkhäuser, Basel, 2000.
26. Dolgov, O.V., Kirzhnits, D.A., Maksimov, E.G., Rev. Mod. Phys. / 53, 81 (1981); Е.Г. Максимов, О.В. Долгов, УФН, 177, 983 (2007).
27. Перель, В.И. ЖЭТФ 41 [Текст] / В.И. Перель, Г.М. Элиашберг. - 1961.
28. Nozieres, Ph., Pines, D., Theory of Quantum Liquids / Avalon Publishing, 1999.
29. Кейкиманова, М.Т. Журнал экспериментальной и теоретической физики (ЖЭТФ) [Текст] / М.Т. Кейкиманова, Г.И. Муратова, Р.Ж. Наметкулова, М.Н. Сарыбеков, И.М. Ткаченко. - 2019. - Т.155, №6. - С.1098-1106.
30. Arkhipov, Yu. V., Askaruly, A., Ballester, D. et al., Phys. Rev. / E 81, 026402 (2010).
31. Adamyan, S.V., Tkachenko, I.M., Munoz-Cobo Gonzalez, J.L. et al., Phys.Rev. / E. 48, 2067 (1993); Yu.V. Arkhipov, A.E. Davletov, Phys.Lett.A, 247,339 (1998).
32. Moudgil, R.K., Ahluwalia, P.K., Tankeshwar, K., Phys. Rev. / B 54, 8809 (1996).
33. Singh, G., Kumar, K., Garg, V. et al., AIP Conference Proceedings / 1665,080025 (2015); N. Bhukal, V. Garg, R.K. Moudgil, Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures. 106, 133 (2019).
34. Singwi, K.S., Tosi, M.P., Land, R.H. et al., Phys. Rev. / 176, 589 (1968).
35. Kalman, G., Golden, K.I., Phys. Rev. B 57, 8834 (1998).
36. Dornheim, T., Groth, S., Malone, F.D. et al., Phys. Plasmas 24, 056303 (2017); T. Dornheim, S. Groth, M. Bonitz, Contrib. Plasma Phys. / 57, 468(2017); T. Dornheim, S. Groth, J. Vorberger et al., ArXiv:1810.12776v1.

*Материал поступил в редакцию 13.11.2019.*

**М.Т. Кейкиманова, М.М. Қозыбай**

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан*

### **ЕКІ ӨЛШЕМДІ ЭЛЕКТРОНДЫ ГАЗ ДИНАМИКАСЫ**

Физикада ұсынылған алгоритмі сандық модельдеу немесе тікелей эксперименттер деректерін пайдаланбай, идеалды емес бір компонентті плазманың динамикалық сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік беретін жартылай өндірілген екі өлшемді электрондық газға арналған. Тәсіл моменттердің классикалық теориясына және жүйенің диэлектрлік қызметін қанағаттандыратын басқа да дәл қатынастарға негізделген.

**Тірек сөздер:** электронды газ, квазиөкілшемді плазма, молекулалық динамика, кванттық модельдеу.

**М.Т. Keikimanova, M.M. Kozybai**

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

**DYNAMICS OF TWO-DIMENSIONAL ELECTRON GAS**

The algorithm proposed in Phys. Rev. Lett. 119, 045001 (2017), which allows one to determine the dynamic characteristics of a non-ideal one-component plasma without using numerical simulation data or direct experiments, is generalized to a partially degenerate two-dimensional electron gas. The approach is based on the classical theory of moments and other exact relations that the dielectric function of the system must satisfy.

**Keywords:** electron gas, quasi-two-dimensional plasma, molecular dynamics, quantum physics.