



ISSN 2308-9865

№2,  
2018

# МЕХАНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ғылыми журналы



Научный журнал

## МЕХАНИКА И ТЕХНОЛОГИИ



Scientific Journal

## MECHANICS & TECHNOLOGIES





ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

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



## МЕХАНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ISSN 2308-9865

Ғылыми журнал  
1994 жылдың қаңтарынан бастап шығады  
Жылына төрт рет шығады

№ 2 (60)  
Сәуір-маусым  
2018 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 30.06.2018. Форматы 70×180/16. Шартты баспа  
табағы 17,2. Тираж 300 дана. Тапсырыс 321.

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

© М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, 2018

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

№ 2 (60)

Апрель-июнь  
2018 г.

*Главный редактор* И.И. Бекбасаров

*Редакционная коллегия:* Н.А. Абиев, Б. Абзалбекулы, 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. Мукумов, 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 30.06.2018. Формат 70×180/16. Усл. печ. л. 17,2. Тираж  
300 экз. Заявка 321.

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

© Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, 2018

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

**№ 2 (60)**

April-June  
2018

*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 30.06.2018. Form 70×180/16. Cond. print. sh. 17,0. Edition 300 copies. Application 321.

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, 2018

## МАЗМУНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

### МЕХАНИКА И МАШИНОСТРОЕНИЕ

<b>Шеров К.Т., Тусупова С.О.</b> Исследование износа термофрикционных режущих инструментов .....	7
<b>Шеров К.Т., Айнабекова С.С.</b> Анализ состояния контактной зоны «инструмент-заготовка» при термофрикционной обработке с импульсным охлаждением .....	16
<b>Жунисбеков С., Джакияев Д.К., Абильдаев А.А.</b> Применение уравнения Пэриса при напряжениях, близких к пределу текучести .....	24
<b>Егембердиева С.Ш., Көшкімбаева Б.Ж., Мұсабеков Е.С., Наметкулова Р.Ж.</b> Бір еркіндік дәрежесі бар механикалық жүйенің еркін тербелістерін зерттеу .....	29
<b>Қойайдаров Б.А., Сахыбаев Р.Т., Бейсекова М.А.</b> Условия разработки устройства для формирования лабораторного потока ветра .....	33
<b>Абдигалиев М., Алиев С.</b> К выбору основных параметров землеройных рабочих органов с самоизменяемыми параметрами .....	37
<b>Алиев С.</b> Стенд для циклических знакопеременного плавного и ударного нагружений .....	42
<b>Рахметуллина Ж.Т., Жақаш А.Т., Таласбаев А.А.</b> Гравитациялық сақина өрісіндегі сыртқы материалдық нүктенің қозғалысы .....	48
<b>Абиев Н.А., Шевцов А.Н.</b> Устойчивость подземного стеклопластикового нефтепровода при воздействии грунтов с различными физико-механическими свойствами .....	52
<b>Бекмуратов М.М., Карымсаков Н.С., Орынбаев С.А.</b> Композит материалдан жасалған пластинаны иілуге есептеу .....	60
<b>ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ</b>	
<b>Абуова А.Б., Гумарова А.К., Жазыкбаева Г.М., Асангалиева Ж.Р., Чинарова Э.Р.</b> Өсімдік компоненттері қосылған бие және сиыр сүтінен дайындалған йогурттың жаңа технологиясы .....	66
<b>Мынбаева А.Б.</b> Дәндер негізінде дайындалған қазақ ұлттық тағамдарының дәстүрлі және заманауи түрлері .....	72
<b>Шаншарова Д.А., Усембаева Ж.К., Хакимжанов А.А., Алашбаева Л.Ж.</b> Нан-тоқаш өнімдерінің жақсартқышы ретінде скрининг-биотест негізінде микробалдырларды іріктеу .....	77

<b>Иванникова Н.В.</b> Технология пастообразного молочно-белкового продукта .....	85
<b>Горбатовская Н.А., Иванникова Н.В., Атепов Е.И.</b> Особенности использования углеродоокисляющих микроорганизмов для решения экологических проблем .....	91
<b>ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА</b>	
<b>Сагындыков А.А., Жылысбаев К.Ш., Абуталипов Е.А., Асылбеков А.Ш., Тұрғынбек А.Т.</b> Применение осадков сточных вод в производстве стеновой керамики ....	99
<b>ЭНЕРГЕТИКА</b>	
<b>Прилепский Ю.В., Володарец Н.В., Грицук И.В., Погорлецкий Д.С.</b> Повышение надежности работы преобразовательного блока системы рекуперации электрической энергии .....	107
<b>Орынбаев С.Ә., Бекмұратов М.М., Кушумкулов А.С.</b> Үш деңгейлі кернеу түрлендіргіші негізінде қозғалтқыштың тікелей тоғын басқартуға арналған режимдерін зерттеу .....	113
<b>ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ</b>	
<b>Садиева Х.Р., Мусрепбекова Ш.Е., Балтабаева Д.Ғ.</b> Қаратау фосфатты шикізатының құрамынан сирек металлдар мен сирек жер металлдарын анықтау және бөліп алу .....	118
<b>Түлеков М.Т.</b> Жамбыл обылысы аймағындағы тау-кен өндірісі жағдайы және пайдасы	124
<b>ТЕХНОЛОГИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ</b>	
<b>Gulyaev R.A., Lugachev A.E., Borodin P.N.</b> Development of a new seed cotton regenerator .....	133
<b>ЭКОЛОГИЯ</b>	
<b>Құсмухамбетов М.Е., Байтүреев А.М., Усеналиева А.Р.</b> Исследование уровня загрязнения атмосферного воздуха и особенности оценки в промышленных условиях .....	138
<b>ФИЗИКА</b>	
<b>Егембердиева С.Ш., Байжұман К.А.</b> Идеал термодинамикалық циклдер және нақты жылу машиналары туралы .....	144
<b>Дүйсембиев Е.Е., Тәттібеков Қ.С.</b> Гироскоп роторының жоғары жиілікті айналмалы магнит өрісіндегі қозғалысы .....	150
<b>Наметкулова Р.Ж., Егембердиева С.Ш., Кейкиманова М.Т., Қадиримбетова А.К.</b> Механикалық жүйелердің инерция моменттерін аналитикалық есептеу	157

## МАТЕМАТИКА

<b>Жақаш А.Т., Боранбай А.Б., Байбазарова Ф.Ә.</b> Жазық тұйық емес кинематикалық тізбектің тиектерінің кинематикалық параметрлерін анықтау .....	163
---	-----

## ИНФОРМАТИКА

<b>Орманбекова А.А., Дидарұлы Ә., Лес Ә.С.</b> SOFTSWITCN енгізудің алғышарттары .....	170
<b>Орманбекова А.А., Дидарұлы Ә., Лес Ә.С.</b> Цифрлық таратуда тасымалдау ағымдарын жіберу .....	177



## Механика и машиностроение

УДК 621.09.2

К.Т. Шеров<sup>1</sup>, С.О. Тусупова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Докторант

Карагандинский государственный технический университет,

г. Караганда, Казахстан

Электронная почта: <sup>1</sup>shkt1965@mail.ru, <sup>2</sup>suleeva.s@inbox.ru

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА ТЕРМОФРИКЦИОННЫХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

В работе приводятся результаты исследования износа термофрикционных инструментов в процессе обработки. В результате выявлено, что формы износа инструментов имеют разнообразный характер и величину. Установлено, что трещины в начальный период возникают на поверхности по внешнему контуру. В дальнейшем они увеличиваются по боковой поверхности диска в радиальном направлении. Основными причинами появления трещин являются: перекося заготовок, особенно длинных, при подаче на диск трения; волосовины, слоистость и другие дефекты в материале диска; биение диска трения в результате износа подшипников вала, на котором она установлена; осевые перемещения диска трения вследствие отсутствия на валу упорного подшипника. Определены направления научных исследований для повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов. Также уточнены задачи исследования для разработки способов и методов повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов.

**Ключевые слова:** термофрикционная обработка, износостойкость, жесткость, прочность, диск трения, трещина, износ.

**Актуальность исследования.** Одним из актуальных вопросов современного машиностроения является создание прогрессивных конструкций инструментов и передовых технологий для обработки металлов резанием. Доминирующая роль процессов механической обработки в технологическом цикле большинства ответственных деталей обусловлена в основном универсальностью, экономичностью и высокой точностью [1]. Вместе с тем, получившие в настоящее время распространение традиционные методы механической обработки, не всегда удовлетворяют все возрастающим требованиям к производительности и качеству. А также их применение для получения изделий из новых материалов становится малоэффективным и низкопроизводительным с довольно большим расходом дорогостоящего режущего инструмента. Учитывая данные обстоятельства, в настоящее время все более актуальным является разработка, исследование, внедрение и расширение областей применения новых способов обработки, позволяющих проводить процесс резания с заданной точностью и удовлетворительным качеством.

Создание новых способов обработки резанием приводит к необходимости изменения характера приложения механического воздействия

на снимаемый припуск, а также использование других видов воздействия, таких как электрические, химические, тепловые [2-4]. Применение комбинированных методов обработки, основанных на совместном действии механических, химических, тепловых и электрических процессов, позволяет повысить производительность и точность обработки, а также стойкость применяемого режущего инструмента в сравнении с входящими в него методами [5]. Находят все большее применение на машиностроительных предприятиях способы обработки заготовок, основанные на изменении характера механического воздействия на подлежащий срезанию слой материала. К ним относятся сверхскоростное резание, ультразвуковое и вибрационное [6].

К существенному недостатку известных и активно используемых в настоящее время способов лезвийной обработки материалов, можно отнести наличие постоянного контакта трущихся рабочих поверхностей инструмента с обрабатываемым материалом. Данное явление приводит к локализации тепловых и силовых нагрузок в ограниченном объеме режущей части инструмента, что отрицательно влияет на его способность сохранять свои режущие свойства и не позволяет интенсифицировать режимы резания с целью применения современных металлообрабатывающих систем. Таким образом, необходима разработка принципиально новых способов и технологий, свободных от указанного недостатка.

Одним из решений этой задачи является термофрикционное резание, принцип работы которого основан на обработке металлов давлением с нагревом их за счет трения в месте контакта заготовки с движущимся относительно нее с высокой скоростью инструментом. При определенном сочетании материала и геометрии инструмента, а также режимов обработки, заготовка может быть нагрета до пластического состояния, либо до плавления. Температура нагрева и соответствующее состояние обрабатываемой части заготовки определяют технологические возможности использования методов ТФО на практике [7].

Принципиальным отличием способа термофрикционной обработки (ТФО) является нагрев зоны резания силами трения, что способствует, наряду с конструктивными особенностями применяемого инструмента, концентрации тепла в небольшом объеме металла, который затем удаляется с поверхности заготовки. При использовании данного способа обработка ведется металлическими дисками, изготовленными из конструкционной стали и имеющими различные геометрические параметры. В процессе контакта заготовки с быстровращающимся режущим диском ( $V_d = 40-80$  м/с) происходит разогрев металла в контактной зоне до высокопластичного состояния и его деформация, сопровождаемая образованием сливной волнистой стружки [8].

Ввиду того, что в процессе термофрикционной обработки основные явления происходят, в зоне контакта режущего диска и обрабатываемой заготовки, при больших скоростях возникает проблема связанная с износостойкостью, прочностью и жесткостью режущих дисков, которые непосредственно влияют на качество и точность обработки.

На кафедре «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Карагандинского государственного технического университета разработана технология термофрикционной обработки металлических заготовок на малых скоростях [9-12].

Разработанные способы термофрикционной обработки опираются на иной механизм резания, сущность которого заключается в локализации теплового и деформационного полей в заготовке, что позволяет перевести внешнее трение между инструментом и отрезаемым материалом во внутреннее. В этом случае трение происходит между слоями отрезаемого материала. Данная технология позволяет выполнять процесс резания металлических заготовок на станках обычного исполнения, имеющих шпиндельный узел с частотой вращения  $n=2000-3500$  об/мин. При этом обеспечивается качество обработанной поверхности и значительно снижается себестоимость обработки. Основным различием между традиционной и предлагаемой ТФО является существенное снижение необходимого количества оборотов, что в свою очередь приводит к значительному снижению потребляемой электроэнергии. Так, например, применение технологии ТФО с импульсным охлаждением позволяет сократить расходы: на электроэнергию (не более 5-7 кВт),  $n_{штп} = 2000-3000$  об/мин, на инструмент (диски трения изготавливаются из простых сталей).

Однако, несмотря на снижение скоростей резания, существует износ режущих дисков трения, который оказывает отрицательное влияние на качественные показатели термофрикционной обработки. В связи с чем, повышение износостойкости, прочности и жесткости термофрикционных режущих инструментов является актуальной задачей.

**Исследование износа традиционных термофрикционных инструментов.** В работе [13] отмечается, что одной из причин образования трещин на внешнем контуре дисков с незакаленной рабочей частью является сдвиговая деформация, при которой напряжения превышают предел прочности материала диска. В результате больших деформаций сдвига материал диска становится хрупким. В процессе работы диска трения происходит увеличение твердости ее материала от центра к периферии. Дальнейшая деформация приводит к разрывам металла и появлению микротрещин, которые обнаружены на деформированной части дисков. Пластической деформации и образованию трещин на дисках в большой степени способствует и радиальное биение в результате плохой балансировки. При этом максимальная скорость подачи и усилия, действующие на диск, возрастают в несколько раз. Это подтверждается распределением трещин на периферии изношенных дисков и характером износа дисков. Также установлено, что образованию трещин на дисках способствует концентрация напряжений в местах расположения дефектов и наклепа металла в области внешнего контура. Для снижения концентрации напряжений на внешнем контуре необходимо изготовить диски трения из нормализованной стали и не допускать следов рихтовки и трещин на контуре диска.

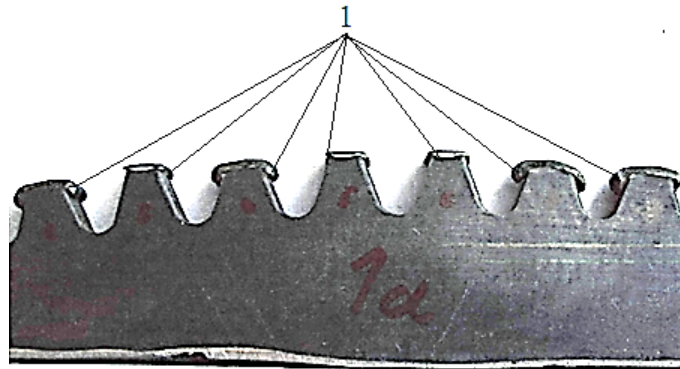
Там же [13] указаны основные причины появления трещин в дисках трения:

- перекося заготовок, особенно длинных, при подаче на диск трения;
- волосовины, слоистость и другие дефекты в материале диска;
- биение диска трения в результате износа подшипников вала, на котором она установлена;
- осевые перемещения диска трения вследствие отсутствия на валу упорного подшипника.

Наиболее опасно появление трещин в радиальном направлении. Работать диском трения, у которой длина трещин превышает 10 мм при

большом их числе или при близком их расположении друг от друга, категорически запрещается из-за опасности выкрашивания режущей кромки [14].

В работе [15] исследован износ фрикционной диски с эвольвентным профилем зубьев и отличающийся повышенной толщиной 8-10 мм, который применяется при горячей резке труб. На рисунке 1 показано фотография сектора классической пилы с характерным износом зубьев.

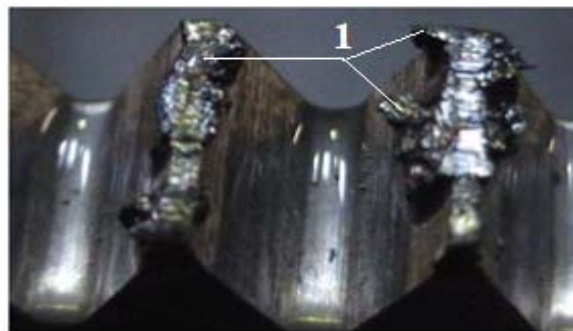


1 – износ

Рис. 1. Фотография сектора классической пилы с характерным износом зубьев

Установлено, что в результате пластической деформации зуба, площадка контакта увеличивается в несколько раз, зубья теряют до 30-40% от первоначальной высоты профиля и пильный диск требует замены.

В работе [16] исследован характер износа фрикционной пилы с трапециевидальной формой зубьев используемой для отрезки трубопроката. На рисунке 2 показана фрикционная пила с трапециевидальной формой зубьев.



1 – нарост

Рис. 2. Фрикционная пила с трапециевидальной формой зубьев

Установлено, что в процессе эксплуатации пил с трапециевидальной формой зубьев наблюдается интенсивное налипание обрабатываемого материала на лезвия инструмента и образование наростов (см. рис. 2).

Чем выше пластичность обрабатываемых материалов и чем ближе они по химическому составу к материалу пилы, тем прочнее сцепление наростов с зубьями пилы. Из фотографии видно, что наиболее интенсивно

изнашиваются вершины зубьев. На рисунке 3 показана рабочая поверхность режущего диска для термофрикционной обработки [17].

В работе [17] выполнена обработка плоскости вращающимся диском, контактирующим с неподвижной деталью. Отмечена, что в результате температура в зоне контакта увеличивается свыше  $1200^{\circ}\text{C}$ , которая приводит к размягчению материала заготовки и снижению прочностных свойств по зависимости  $\sigma = f(t)$  до значений  $40\div 50$  МПа. Материал диска имеет более низкую температуру (ниже  $150^{\circ}\text{C}$ ) благодаря одностороннему охлаждению, цвета побежалости (синего цвета – около  $300^{\circ}\text{C}$ ) наблюдались лишь по краю диска (см. рис.3).



1 – сколы

Рис. 3. Рабочая поверхность термофрикционного диска

При этом происходит потеря устойчивости разогреваемого материала, и диск перемещается на глубину прогретой зоны. Предел текучести за прогретой зоной больше и вновь начинается режим разогрева зоны. В данном периодическом процессе схватывания и налипания в значительной мере не происходит из-за довольно большого различия в прочности контактирующих материалов (пара твердый-мягкий).

В работе [18] отмечается, что при отрезке традиционным способом: режущий инструмент – гладкий диск, величины скорости диска и подачи должны обеспечить температуру, близкую к температуре плавления отрезаемого металла. В противном случае реализация резания затруднительна. В этих условиях отрезаемый металл ведет себя как вязкая среда. Из зоны реза выносятся каплевидные частицы металла. На поверхности реза образуются наплывы. При выходе диска из зоны резания образуются заусенцы очень больших размеров. Поверхность реза подвергается закалке на глубину от  $0,5$  до  $1,5$  мм, закаленным оказывается и заусенец. Стойкость режущего диска в диапазоне  $V=35\div 60$  м/с низкая, так как он не успевает охладиться. В течение нескольких секунд ( $5\div 10$ ) в нем накапливается тепло, которое не успевает за счет конвекции перейти в окружающую среду. В результате происходит тепловая посадка диска. Происходит катастрофический износ диска. Для предупреждения этого скорость диска необходимо увеличить до  $V>75$  м/с. Это приводит к резкому удорожанию оборудования и требует большого расхода энергии для привода диска.

**Исследование износа термофрикционных инструментов на малых скоростях обработки.** Формы износа инструментов для термофрикционной обработки металлических заготовок на малых скоростях имеют разнообразный характер и величину. Вид износа определяется процессами, протекающими на поверхности инструмента и в его глубине.

На рисунке 4 показаны фотографии термофрикционных инструментов.

Различают три стадии износа схватыванием второго рода. Первая стадия соответствует, для сталей, интервалу температур до 600 °С, мало снижающих механические свойства материалов. Внешний вид поверхности: вырывы частиц на детали из менее прочного материала, чередующиеся через примерно одинаковые промежутки. Вторая стадия износа развивается в интервале температур 600-1300 °С. Такая температура заметно снижает механические свойства сталей и металл размягчается. Внешний вид поверхности: на контактной поверхности более прочной детали видны налипание и размазывание металла, а на поверхности менее прочной детали вырывы. Третьей стадии износа соответствуют температуры плавления на поверхности трения появляются оплавленные бороздки [17].



*a* – фрикционный стержень для заварки отверстий в корпусных деталях; *б* – фрикционное сверло с гладкой рабочей поверхностью для получения отверстий в сплошном материале; *в* – диск трения для отрезки, вид спереди; *г* – увеличенный вид трещин и сколов; *д* – специальное фрикционное сверло с прерывистой рабочей поверхностью; 1 – трещина; 2 – сколы.

Рис. 4. Термофрикционные инструменты

Результаты постоянного наблюдения используемых дисков трения показали, что трещины в начальный период возникают на поверхности по внешнему контуру. В дальнейшем они увеличиваются по боковой поверхности диска в радиальном направлении (см. рис.4 з).

Таким образом износостойкость, жесткость и прочность термофрикционных режущих инструментов на сегодняшний день, одна из главных проблем термофрикционного резания.

В работе [14] были определены направления научных исследований для повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов:

- разработка методики выбора материала режущего диска трения исходя из физико-механических свойств и химического состава обрабатываемой заготовки;

- разработка технологии изготовления режущего диска трения, способствующей упрочнению режущей части диска трения;

- повышение прочностных характеристик конструкционных сталей (Ст.50, Ст.65Г и др.) используемых для изготовления дисков трения путем улучшения химического состава;

- повышения износостойкости режущей части термофрикционных инструментов путем наплавки высокопрочными наплавочными материалами.

#### **Выводы:**

1) Результаты исследования износа термофрикционных инструментов при традиционном и разработанном способе обработки показали, что формы износа инструментов имеют разнообразный характер и величину.

2) Выявлены основные причины появления трещин в дисках трения [13]:

- перекося заготовок, особенно длинных, при подаче на диск трения;

- волосовины, слоистость и другие дефекты в материале диска;

- биение диска трения в результате износа подшипников вала, на котором она установлена;

- осевые перемещения диска трения вследствие отсутствия на валу упорного подшипника.

3) Установлено [13], что образованию трещин на дисках также способствует концентрация напряжений в местах расположения дефектов и наклепа металла в области внешнего контура.

4) Исследование и разработка способов и методов повышения износостойкости, жесткости и прочности термофрикционных режущих инструментов является актуальной задачей. Для её осуществления необходимо выполнения следующих задач:

- определение влияния режимов резания на интенсивность износа рабочих поверхностей режущего диска при термофрикционной обработке с импульсным охлаждением;

- исследование физико-механических свойств материалов используемых для термофрикционных режущих инструментов путем математического моделирования процесса изнашивания;

- исследование существующих методов повышения износостойкости, жесткости и прочности режущих инструментов.

- исследование существующих и разработка перспективных методов и способов улучшения физико-механических и химических свойств конструкционных материалов для изготовления термофрикционного режущего инструмента.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подураев, В.Н. Физико-химические методы обработки [Текст] / В.Н. Подураев, В.С. Камалов. – М.: Машиностроение, 1973. – 346 с.
2. Nasad, T.G. Surface quality after high-speed heat treatment / Mechanical engineering technology. - 2004. - №3 (27). - P. 11-13.
3. Насад, Т.Г. Лезвийная обработка сталей с фрикционным подогревом резания [Текст] / Т.Г. Насад, Г.А. Козлов // СТИН. - 2000. - №12. - С. 27-29.
4. Насад, Т.Г. Высокоскоростная обработка труднообрабатываемых материалов с дополнительными потоками энергии в зоне резания [Текст]: монография / Т.Г. Насад, А.А. Игнатьев. – Саратов: Сарат. гос. ун-т, 2002. – 112 с.
5. Ермаков, Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием: Библиотека технолога [Текст] / Ю.М. Ермаков. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.
6. Андрианов, А.И. Прогрессивные методы технологии машиностроения [Текст] / А.И. Андрианов. – М.: Машиностроение, 1985. – 269 с.
7. Нечаев, К.Н. Термофрикционная обработка – перспективное технологическое направление обработки и сборки деталей [Текст] / К.Н. Нечаев // Инструмент и технологии. СПб. Институт машиностроения. – 2005. – №17-18. – С.157-162.
8. Зарубицкий, Е.У. Исследование процесса стружкообразования при обработке металлов диском трения [Текст] / Е.У. Зарубицкий, Н.В. Талантов, Т.П. Костина // Вестник машиностроения. - 1981. - №9. - С.57-58.
9. Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения [Текст] / Шеров К.Т., Муравьев О.П., Уалиев Д.Ш. [и др.] / Инновационный патент №22998 РК на изобретение; 15.10.2010, бюл. №10.
10. Способ термофрикционной режущо-упрочняющей обработки цилиндрических поверхностей и конструкция диска трения [Текст] / Шеров К.Т., Муравьев О.П., Шеров А.К. [и др.] / Инновационный патент №25649 РК на изобретение; 16.04.2012, бюл. №4.
11. Способ термофрикционной отрезки металлических заготовок с охлаждением и конструкция дисковой пилы [Текст] / Шеров К.Т., Маздубай А.В. [и др.] / Патент №31934 РК на изобретение; 30.03.2017, бюл. №6.
12. Способ термофрикционного фрезоточения и фреза трения [Текст] / Шеров К.Т., Мусаев М.М., Коккоз М.М. / Заключение о выдаче патента РК на изобретение. Решение №684 от 28.04.2018.
13. Зарубицкий, Е.У. Особенности процесса износа дисковых пил трения для электрофрикционной разрезки металла [Текст] / Е.У. Зарубицкий, Н.И. Покинтелица, Ю.В. Клименко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, вип. №15, 2004. - С.85-90.
14. Шеров, К.Т. Об износостойкости режущих дисков трения для термофрикционной обработки на малых скоростях [Текст] / К.Т. Шеров, А.В. Маздубай, Н.К. Арапова // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации». Ч.3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2017. – С.256-258.



15. Банников, А.А. Повышение эффективности термофрикционной резки труб за счет применения дисковой пилы с регламентированным профилем [Текст]: диссертация канд. техн. наук. спец.: 05.02.07. / А.А. Банников. – Волгоград, 2010.
16. Михайлов, С.В. Повышение эффективности фрикционной отрезки труб дисковыми пилами с видоизмененным профилем зуба [Текст] / С.В. Михайлов, А.А. Медянцева // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара, 2012. – Том 14, №1(2). – С. 396-398.
17. Покинтелица, Н.И. Особенности температурно-деформационных процессов в зоне контакта инструмента и заготовки при термофрикционной резке металлов [Текст] / Н.И. Покинтелица, В.А. Сидоров // Вісник СевНТУ: зб. наук. пр. Вип. 111/2010. Серія: Машино-обудування та транспорт. – Севастополь, 2010.
18. Шеров, К.Т. Исследование влияния температуры в контакте на качество реза [Текст] / К.Т. Шеров, И.К. Кушназаров, Б.Т. Мардонов // Горный вестник Узбекистана. – 2003. – №1. – С.52-54.

*Материал поступил в редакцию 25.05.18.*

**К.Т. Шеров, С.О. Тусупова**

*Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан*

#### **ТЕРМОФРИКЦИЯЛЫҚ КЕСУШІ ҚҰРАЛДАРДЫҢ ТОЗУЫН ЗЕРТТЕУ**

Жұмыста өңдеу процесі кезінде термофрикциялық құралдардың тозуын зерттеудің нәтижелері келтірілген. Зерттеу нәтижелері құралдардың тозу формасы әртүрлі сипатқа және өлшемге ие болатындығын көрсетті. Алғашқы периодта жарықтар кесуші дисктердің сыртқы контуры бойынша бетінде пайда болатындығы және әрі қарай олар радиалды бағытта дисктің бүйір беті бойынша үлкейетіндігі анықталды. Жарықтардың пайда болуының негізгі себептері: дайындамалардың, атап айтқанда ұзын дайындамалардың, үйкеліс дискісіне кесу үшін беру кезінде ауытқуы; диск материалындағы талшықтар, қатпарлар және басқа ақаулар; диск орнатылған біліктің мойынтіректерінің тозуы нәтижесінде үйкеліс дискісінің соғылуы; біліктегі тірек мойынтіректерінің болмау себептерінен үйкеліс дискісінің осьтік ығысуы. Термофрикциялық кесу құралдарының төзімділігін, қатандығын және беріктігін арттыру үшін ғылыми зерттеу бағыттары анықталды. Сонымен қоса, термофрикциялық кесу құралдарының төзімділігін, қатандығын және беріктігін арттыру әдістері мен тәсілдерін әзірлеу үшін зерттеу міндеттері айқындалды.

**Тірек сөздер:** термофрикциялық өңдеу, тозуға төзімділік, қатандық, беріктік, үйкеліс дискісі, жарық, тозу.

**K.T. Sherov, S.O. Tusupova**

*Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

#### **STUDY OF WEAR OF THERMOFRICTION CUTTING TOOLS**

In the given work results of research of deterioration of thermofriction tools in the course of processing are resulted. As a result, it was revealed that the forms of wear of tools have a varied character and magnitude. It is established that cracks in the initial period appear on the surface along the outer contour. Later they increase along the lateral surface of the disk in the radial direction. The main reasons for the appearance of cracks are: skewing of blanks, especially long ones, when friction is applied to the disc; hair, stratification and other defects in the material of the disc; friction of the friction disk as a result of wear on the bearings of the shaft on which it is mounted; axial movement of the friction disc due to the absence of a thrust bearing on the shaft. Directions of scientific research have been determined to increase the wear resistance, stiffness and strength of thermofriction cutting tools. The research tasks for developing methods and methods for increasing wear resistance, stiffness and strength of thermofriction cutting tools were also refined.

**Keywords:** thermal friction processing, wear resistance, rigidity, strength, friction disc, crack, wear.

УДК 621.9.01

**К.Т. Шеров<sup>1</sup>, С.С. Айнабекова<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Докторант  
Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, Республика Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>shkt1965@mail.ru, <sup>2</sup>asaules@mail.ru*

### **АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ КОНТАКТНОЙ ЗОНЫ «ИНСТРУМЕНТ-ЗАГОТОВКА» ПРИ ТЕРМОФРИКЦИОННОЙ ОБРАБОТКЕ С ИМПУЛЬСНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ**

В работе исследованы тепловые явления в зоне контакта «инструмент-заготовка» в процессе термофрикционного резания. Проанализированы зависимости предложенные другими исследователями для определения температуры в процессе резания. Подробно рассмотрен механизм резания при термофрикционной обработке с импульсным охлаждением. Выявлена проблема при обработке труднообрабатываемых материалов существующими традиционными технологиями, связанная с износостойкостью инструмента, расходом инструментальных материалов, обеспечением требуемой точности обработки, дороговизной инструментальных материалов. В качестве решения проблемы предлагается технология термофрикционного резания.

**Ключевые слова:** термофрикционное резание, температура, импульсное охлаждение, коэффициент теплопроводности, зона охлаждения, зона нагрева.

**Введение и актуальность исследования.** Интенсификация и повышение эффективности машиностроительного производства на базе развития научно-технического прогресса – одна из основных задач, решаемых на современном этапе. Это напрямую связано с повышением требований к надежности и долговечности изделий современного машино- и

приборостроения, что в свою очередь, вызывает применение при их производстве материалов с особыми физико-механическими свойствами. К ним относятся материалы на основе вольфрама, никеля и молибдена, высокопрочные титановые сплавы, сложнелегированные стали, инструментальная металлокерамика и т.п. При высоких эксплуатационных показателях они характеризуются крайне низкой обрабатываемостью, высокими технологическими потерями и энергетическими затратами. Особенно высоки износ режущего инструмента при механической обработке, что усложняет обеспечение точности и качества обработки. Решением данной проблемы может быть применение технологии термофрикционной обработки.

Известно, что традиционная термофрикционная обработка (ТФО) является одной из разновидностей обработки с нагревом их за счет трения в месте контакта заготовки с движущимся с высокой скоростью ( $\approx 8000 \div 10000$  об/мин) инструментом. За счет трения заготовка может быть нагрета до пластического состояния, либо до плавления [1].

При относительном движении режущего диска к заготовке с одновременным приложением давления вдоль их оси, в зоне стыка под действием сил трения интенсивно выделяется теплота, что приводит к повышению температуры поверхности трения. Под действием температуры и приложенного давления поверхности трения деформируются, и материал в зоне трения переходит в пластическое состояние, что делает возможным его удаление со всей обрабатываемой поверхности. Глубина зоны, подвергнутой пластическим деформациям, зависит, в основном, от величины удельного давления, скорости относительного движения, продолжительности процесса трения и физико-механических свойств трущихся тел. Таким образом, при резании металла режущими дисками основную теплообразующую функцию выполняет процесс трения. При изменении режимов резания изменяются условия трения между инструментом, стружкой и заготовкой вследствие изменения скорости скольжения и температуры трущихся поверхностей, что приводит к изменению механических свойств металла срезаемого слоя.

Теплота в зоне трения выделяется неравномерно. По мере ведения процесса резания температура в зоне трения выравнивается за счет теплопроводности [2].

Относительно низкая теплопроводность вышеперечисленных труднообрабатываемых материалов способствует применению термофрикционной обработки, так как при этом повышается локализация температуры в зоне резания, увеличивается степень размягчения и разупрочнения металла срезаемого слоя. Температура в зоне резания может оказывать влияние на процесс резания из-за изменения свойств материала инструмента, обрабатываемого материала и условий взаимодействия инструмента и обрабатываемого материала на контактных площадках.

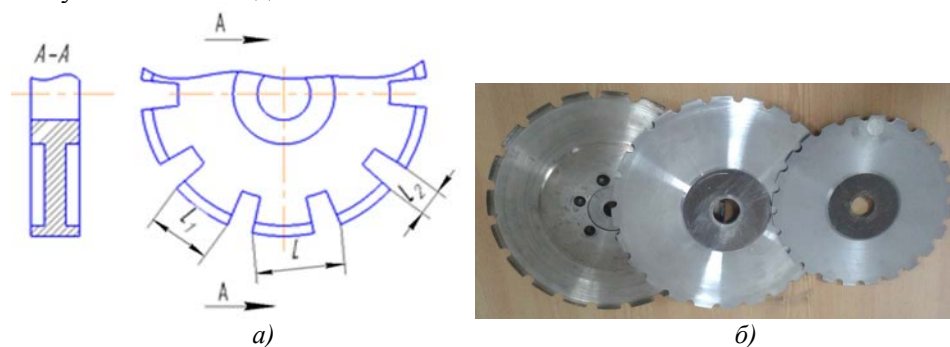
Несмотря на известные преимущества (высокая производительность, низкая себестоимость) данный способ обработки не нашел широкого внедрения в производство, так как имел определенные недостатки такие как образования заусенца больших размеров, повышенные требования к жесткости шпиндельного узла станка, появления большого шума при обработке.

На кафедре «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Карагандинского государственного технического

университета разработаны способы термофрикционной обработки на малых скоростях [3-7].

В работах [8,9] исследован способ термофрикционной отрезки металлических заготовок с импульсным охлаждением и раскрыт механизм резания. Также предложена методика определения значения средней температуры в контакте «инструмент-заготовка» при отрезке стали 45 и установлено количество необходимых циклов нагрев – охлаждения для обеспечения средней температуры [8]. Однако распространения температуры вглубь заготовки и её влияние на физико-механические свойства обрабатываемого материала не исследованы, что является актуальным, а также представляет научный и практический интерес.

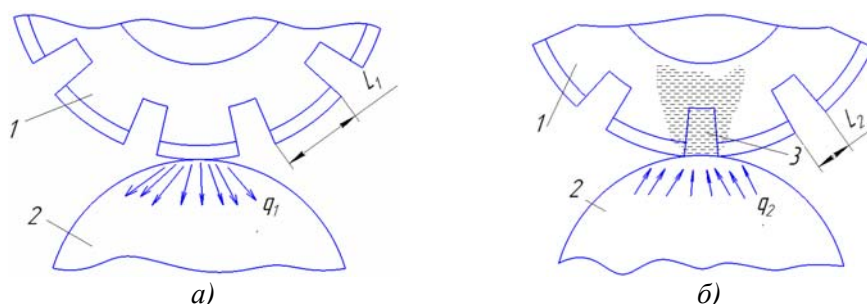
**Анализ и обсуждение механизма резания при ТФО.** Для анализа состояния контактной зоны «инструмент-заготовка» при ТФО с импульсным охлаждением, обсудим осуществления механизма резания, рассмотрим конструкцию и геометрические параметры диска трения, а также рассмотрим зависимости определения температуры, предложенные другими исследователями. На рисунке 1 показан эскиз диска трения и фотографии дисков трения для термофрикционной отрезки металлических заготовок с импульсным охлаждением.



а – эскиз диска трения; б – фотография диска трения;  $L_1$  – зона нагрева;  $L_2$  – зона охлаждения;  $L$  – шаг

Рис. 1. Диск трения для термофрикционной отрезки металлических заготовок с импульсным охлаждением

На рисунке 2 показана схема распространения тепла в зоне резания.



а – процесс резания (трение поверхности заготовки с зоной нагрева  $L_1$  диска); б – процесс охлаждения (подача СОЖ через зону охлаждения  $L_2$ ); 1-диск; 2 – заготовка; 3 – смазочно-охлаждающая жидкость.

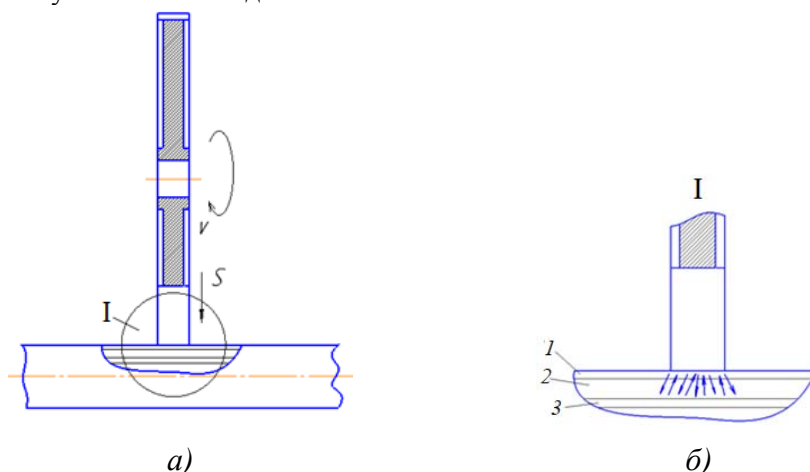
Рис. 2. Схема распространения тепла в зоне резания

Диск имеет вырезы по диаметру диска и обнижения по боковым поверхностям. Геометрия диска состоит из зоны нагрева  $L_1$  и охлаждения  $L_2$ , которые в сумме представляют шаг  $L$  (см. рис.2).

При вращении диска, эти зоны чередуются, и за счет трения возникает и аккумулируется тепло в зоне контакта инструмента и заготовки. Благодаря трению инструмента о заготовку в месте контакта выделяется значительное количество тепла, что приводит к размягчению и расплавлению материала заготовки и вращающийся инструмент выносит расплавленный металл из прорези [4].

В процессе резания при контакте отрезаемой заготовки и зоны нагрева  $L_1$  за счет трения возникает тепло  $q_1$ , и стремительно начинает распространяться вглубь в тело заготовки, далее на поверхность резания подается смазочно-охлаждающая жидкость через зону охлаждения  $L_2$ . При этом происходит резкое охлаждение контактной зоны и остаточное тепло  $q_2$ , резко стремится назад в верхние (контактный) слои. Периодические повторения цикла нагрев-охлаждения способствуют в локализации теплового и деформационного полей в контактной зоне «инструмент-заготовка», что позволяет перевести внешнее трение между инструментом и отрезаемым материалом во внутреннее. В этом случае трение происходит между слоями отрезаемого материала. Более подробно рассмотрим этот процесс.

На рисунке 3 показана схема для пояснения механизма резания при ТФО с импульсным охлаждением.



а) - схема резания; б) - вид I; 1 - контактный слой; 2 - подконтактный слой; 3 – под подконтактный слой

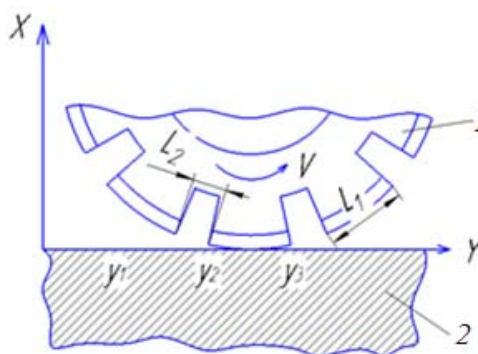
Рис. 3. Схема для пояснения механизма резания при ТФО с импульсным охлаждением

Условно разделим зону резания на 3 слоя (рис.3): 1 – контактный слой, который периодически будет подвергаться циклу нагрев-охлаждение. При этом передает тепло (возникающее при трении инструмента с заготовкой) во 2 подконтактную зону – зону плавления (рис.3). Так как зона контакта (трения) будет подвергаться импульсному охлаждению, то тепло из зоны плавления будет стремиться обратно в зону резания, за счет чего и будет концентрироваться тепло в точке контакта с инструментом. Третий слой (см.рис. 3) находится под подконтактным слоем, который также воспринимает некоторое тепло.

Научный и практический интерес представляет определение ширины и глубины этих слоев, которые, в свою очередь могут зависеть от размеров зон нагрева  $L_1$  и охлаждения  $L_2$ , то есть размера шага  $L$ . Предполагается, что определив оптимальные размеры зон нагрева  $L_1$  и охлаждения  $L_2$ , размер шага  $L$ , выбрав оптимальные режимы резания, также количество циклов вращения и время для достижения температуры плавления, можно варьировать размеры ширины и глубины слоев, что возможно приведет к улучшению качества обработки, а также уменьшению заусенцев и припусков на последующую обработку. Также особенно важное значение имеет данное исследование при обработке заготовок из труднообрабатываемых материалов, для которых способ ТФО в ряде случаев является единственно возможным. Управление процессом термофрикционной отрезки с импульсным охлаждением – это в значительной степени управление тепловыми потоками, контактной температурой, температурными полями в заготовке и инструменте, а также оптимальными размерами инструмента и режимами резания [8,9]. Таким образом, управление температурным полем и глубиной её распространения в зоне резания, позволяет вести процесс обработки с требуемой производительностью и качеством [8].

Рассмотрим зависимости, предложенные в работах [8,10-13], для определения основных факторов оказывающих влияние на распространения температуры в зоне резания и вглубь по телу заготовки.

В работе [8] экспериментально установлено, что величину средней температуры  $T_{cp}$  в контакте «инструмент–заготовка» необходимо поддерживать в диапазоне  $400 \div 600^\circ\text{C}$ . Управление средней температурой  $T_{cp}$  в контакте можно представить схемой приведенной на рисунке 4, где участок  $L_1$  с координатами  $y_3$  и  $y_2$  определяет величину максимальной температуры  $T_{max}$  (при заданной скорости скольжения и определяемых из эксперимента составляющими силы резания).



1 – режущий диск; 2 – отрезаемый материал

Рис. 4. Схема контактирования режущего диска с заготовкой

Для инженерных расчетов ее величину можно определить по формуле [8,13]:

$$T_{max} = \frac{(2\pi \cdot 2H)^{0.5} \cdot 2ga}{\pi \cdot \lambda \cdot V} \quad (1)$$

где  $H$  – относительная полуширина участка  $L_1$ :

$$H = \frac{V \cdot L_1}{2 \cdot a};$$

$a$  – коэффициент температуропроводности отрезаемого материала;  $g$  – плотность теплового потока:

$$g = \frac{P_z \cdot V}{S},$$

здесь  $P_z$  – сила подачи;  $V$  – скорость скольжения;  $S$  – площадь контакта на участке  $L_1$ ;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности.

Значение средней температуры  $T_{cp}$  зависит от уровня  $T_{max}$  и минимальной температуры  $T_{min}$  которая будет соответствовать точке с координатой  $y_1$ .

Глубина проникновения тепла в поверхностный слой обрабатываемой детали [10]:

$$l = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda \cdot \tau}{c \cdot \rho}}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности обрабатываемого материала, Вт/м·К;  $\tau$  – время контакта шлифовального круга с адиабатическим стержнем, равное времени его перерезания шлифовальным кругом, м/с;  $c$  – удельная теплоемкость обрабатываемого материала, Дж/кг·К;  $\rho$  – плотность обрабатываемого материала кг/м<sup>3</sup>.

Глубина проникновения тепла  $H$  [11]:

$$H = 3 \sqrt{\frac{\omega l}{\nu}}, \quad (3)$$

где  $\omega$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;  $l$  – длина зуба ТФ пилы, мм;  $\nu$  – скорость резания, м/с.

Толщина расплавленного слоя [12]:

$$h_{пл} = \frac{q_{пл} \cdot \tau_z}{C \cdot \rho}, \quad (4)$$

где  $C$  – удельная теплота плавления, Дж/кг;  $\rho$  – плотность материала, кг/м<sup>3</sup>;  $q_{пл}$  – тепловой поток, расходуется на расплавление тонкого слоя металла, Дж/м<sup>2</sup>·с.

Уравнение глубины распространения структурных превращений в поверхностном слое детали

$$h = \left( \frac{a \cdot \tau \cdot 10^6}{\pi} \right)^{0,5} \ln \nu, \quad (5)$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;  $\tau$  – время распространения тепла, сек;  $\nu = \frac{\theta_k}{\theta_{отп}}$  – отношение амплитуды колебаний

тепловой волны на обрабатываемой поверхности к ее величине на глубину прижога;  $\theta_k$  – контактная температура, осредненная по ширине пятна контакта между абразивным кругом и заготовкой, С<sup>0</sup>;  $\theta_{отп} \approx 500^{\circ}\text{C}$  –

минимальная температура отпуска, при достижении которой начинается превращение мартенсита основной структуры поверхностного слоя заготовки в троостосорбит.

Проанализировав работы [8,10-12] и приведенные в них формулы, выявлено, что на определение глубины распространения тепла по телу заготовки при термофрикционной обработке с импульсным охлаждением оказывает непосредственное влияние следующие факторы: скорость источника тепла (в нашем случае режущий диск), его геометрические размеры, а также время контакта (т.е. значение зоны  $L_2$ ), коэффициент теплопроводности и температуропроводности обрабатываемого материала, удельная теплоемкость, плотность обрабатываемого материала.

#### **Выводы:**

1) Выполненный анализ существующих традиционных технологий обработки труднообрабатываемых материалов, в том числе технология резки показали, что при изготовлении деталей из труднообрабатываемых материалов существует проблема, связанная с износостойкостью инструмента, расходом инструментальных материалов, обеспечением требуемой точности обработки, дороговизной инструментальных материалов и т.п. Решением данной проблемы может быть применение технологии термофрикционной обработки.

2) Тепловые явления в процессе резания металлов играют исключительно важную роль, ибо именно они определяют температуру в зоне резания, оказывающую существенное влияние на качественные показатели поверхностного слоя, интенсивность затупления инструмента и его стойкость. Таким образом, исследования, направленные на определение температуры в зоне резания и распределения теплового потока вглубь по теле заготовки при ТФО с импульсным охлаждением, представляют научный и практический интерес.

3) В результате анализа зависимостей (1,2,3,4) определения температуры, предложенных другими исследователями, было выявлено, что на определение глубины распространения тепла в контактной зоне «инструмент-заготовка», кроме режимов резания, оказывают влияние: скорость источника тепла (в нашем случае режущий диск), его геометрические размеры, а также время контакта (т.е. значение зоны  $L_2$ ), коэффициент теплопроводности и температуропроводности обрабатываемого материала, удельная теплоемкость, плотность обрабатываемого материала.

4) Рассмотренная гипотеза механизма резания (см. рис.2 и 3) показывает, что площадь распространения тепла  $q_l$  определяет толщину расплавленного слоя 2. Для определения размеров расплавленного, нагретого и закаленного слоя, а также управления ими требует дополнительных исследований аналитического и экспериментального характера.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Нечаев, К.Н. Термофрикционная обработка – перспективное технологическое направление обработки и сборки деталей [Текст] / К.Н. Нечаев // Инструмент и технологии. СПб. институт машиностроения. – 2005. – № 17-18. – С.157-162.
2. Балакин, В.А. Трение и износ при высоких скоростях скольжения [Текст] / В.А. Балакин. – М.:Машиностроение, 1998. – 136 с.



3. Способ резки металлических заготовок [Текст] / Шеров К.Т. [и др.] // Патент №2738 UZ. Специальный вестник. – 1995. – №3. – С.33-34.
4. Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения [Текст] / Шеров К.Т. [и др.] // Инновационный патент №22998 РК на изобретение; 15.10.2010, бюл. №10.
5. Способ термофрикционной режуще-упрочняющей обработки цилиндрических поверхностей и конструкция диска трения [Текст] / Шеров К.Т. [и др.] // Патент №25649 РК на изобретение; 16.04.2012, бюл. №4.
6. Способ термофрикционной отрезки металлических заготовок с охлаждением и конструкция дисковой пилы [Текст] / Шеров К.Т. [и др.] // Патент №31934 РК на изобретение; 30.03.2017; Бюл. №6.
7. Способ термофрикционного фрезоточения и фреза трения [Текст] / Шеров К.Т., Мусаев М.М., Коккоз М.М. // Заключение о выдаче патента РК на изобретение. Решение №684 от 28.04.2018.
8. Шеров, К.Т. Управление качеством при термофрикционной отрезке с высокочастотным охлаждением [Текст]: Автореф. дисс. на соискание канд. техн. наук / Шеров К.Т. – Ташкент: Изд-во ТашГТУ, 1999. – 16 с.
9. Маздубай, А.В. Металл дайындамаларды кесудің ресурсүнемшіл тәсілін зерттеу және жарату [Мәтін]: Диссертация на соискание доктора PhD / А.В. Маздубай. – Караганда, 2017. – 182 с.
10. Кленов, О.С. Упрощенные подходы к аналитическому определению температуры резания при механической обработке [Текст] / О.С. Кленов // Технології в машинобудуванні вісник НТУ «ХПІ». Серія «Технології в машинобудуванні», 2017. – №26(1248). – С. 51-55.
11. Васин, С.А. Резания материалов. Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании [Текст] / С.А. Васин, А.С. Верещака, В.С. Кушнер. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 448 с.
12. Банников, А.А. Повышение эффективности термофрикционной резки труб за счет применения дисковой пилы с регламентированным профилем [Текст]: Дисс...канд. техн. наук. – Волгоград, 2010. – 175 с.
13. Шеров, К.Т. Управление качеством отрезаемой поверхности при отрезке с высокочастотным охлаждением [Текст] / К.Т. Шеров, И.К. Кушназаров // Научный журнал «Истеъдод». - 1999. - №3(13). - С.20-22.

*Материал поступил в редакцию 28.05.18.*

**К.Т. Шеров, С.С. Айнабекова**

*Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., Қазақстан*

### **ИМПУЛЬСТІ САЛҚЫНДАТУҒА ИЕ ТЕРМОФРИКЦИЯЛЫҚ КЕСУ КЕЗІНДЕ «КЕСУШІ ҚҰРАЛ-ДАЙЫНДАМА» ТҮЙІСУ АЙМАҒЫНЫҢ КҮЙІН ТАЛДАУ**

Мақалада термофрикциялық кесу процесінде «кесуші құрал-дайындама» түйісу аймағындағы жылулық құбылыстары зерттелген. Ғалымдардың кесу процесінде температураны анықтау үшін ұсынған формулаларына талдау жасалған. Импульсті салқындатуға ие термофрикциялық өңдеу кезіндегі кесу механизмі мүкият қарастырылған. Қиын өңделетін материалдарды өңдеудің қолданыста бар болған технологияларына талдау жасалып, оларды өңдеу кезінде кесуші құралдың

тозуға төзімділігіне, талап етілген дәлдікті қамтамасыз етумен, құралдық материалдардың шығынына және қымбаттылығына байланысты болған мәселелер бар екендігі анықталған. Бұл мәселенің шешімі ретінде термофрикциялық кесу технологиясы ұсынылған.

**Тірек сөздер:** термофрикциялық кесу, температура, импульсті салқындату, жылуөткізгіштік коэффициенті, суыту аймағы, қыздыру аймағы.

**K.T. Sherov, S.S. Ainabekova**

*Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

### ANALYSIS OF THE STATE OF THE CONTACT ZONE "TOOL- PREPARATION" WITH THERMOFRICTION TREATMENT WITH PULSED COOLING

In this paper, an analysis is made of existing traditional technologies for processing hard-to-work materials and found that when processing hard-to-work materials, there is a problem associated with wear resistance of the tool, the consumption of tool materials, ensuring the required precision of processing. As a solution to this problem, the technology of thermal friction cutting is presented. Thermal phenomena in the contact zone "tool-workpiece" in the process of thermal friction cutting was investigated. The dependencies proposed by other researchers for determining the temperature during the cutting process are analyzed. The mechanism of cutting under thermal friction treatment with pulsed cooling is considered in detail.

**Keywords:** thermal friction cutting, temperature, pulse cooling, thermal conductivity coefficient, cooling zone, heating zone.

УДК 539.388.1

**С. Жунибеков<sup>1</sup>, Д.К. Джакияев<sup>2</sup>, А.А. Абильдаев<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>3</sup>Магистр, преподаватель  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан*

### ПРИМЕНЕНИЕ УРАВНЕНИЯ ПЭРИСА ПРИ НАПРЯЖЕНИЯХ, БЛИЗКИХ К ПРЕДЕЛУ ТЕКУЧЕСТИ

В работе рассмотрено и исследовано применение уравнения роста усталостных трещин при напряжениях, близких к пределу текучести.

**Ключевые слова:** долговечность, живучесть, трещина, рост трещины, напряжение, коэффициент интенсивности напряжений, асимметрия циклического нагружения.

Как отмечено в работе [1], в условиях эксплуатации сельскохозяйственных машин наблюдаются преждевременные поломки их рабочих и несущих элементов. По данным натурных исследований эти поломки связаны с образованием и ростом усталостных трещин. Поэтому для оценки долговечности элементов следует принять тот или иной вариант расчета на усталость.

Рассмотрим оценку живучести конструкции, имеющей начальные дефекты типа трещин. На основе линейной механики разрушения предложено достаточно большое количество кинетических уравнений докритического роста трещин под действием переменных нагрузок [2-4]. Наиболее популярным является уравнение Пэриса, согласно которому скорость развития трещины  $dl/dN$  зависит от размаха коэффициента интенсивности напряжений

$$dl/dN = A \Delta K^m, \quad (1)$$

где:  $l$  – длина трещины,  $N$  – число циклов,  $A$  и  $m$  – постоянные материала.

Размах коэффициента интенсивности напряжений подсчитывают по формуле [3]

$$\Delta K = \sigma_{\max} (1-R) \sqrt{\pi l} f \quad (2)$$

где:  $\sigma_{\max}$  – максимальное за период цикла напряжение,  $R$  – коэффициент асимметрии цикла,  $f$  – функция, учитывающая геометрический фактор и характер напряженного состояния конструкционного элемента. Интегрируя уравнение Пэриса при заданном предельном значении  $K_{кр}$  или  $l=l_{кр}$  – получают выражение для разрушающего числа циклов.

Для построения зависимости типа Пэриса обычно испытывают плоские образцы в лабораторных условиях. В центре пластины просверливают отверстие круглой или эллиптической формы. Затем путем предварительного циклического нагружения образца создают начальную усталостную микротрещину. Испытания образца ведутся на уровнях напряжений, значительно меньших предела текучести материала [5].

Для выяснения достоверности выражения (1) были проведены усталостные испытания плоских образцов шириной 60 мм, толщиной 4 мм из стали 45 с круглым ( $d=12$  мм), или эллиптическим ( $D=12$  мм,  $d=8$  мм,  $r=2,5$  мм) отверстиями в центре. Механические свойства стали были следующими:  $\sigma_B = 620$  МПа,  $\sigma_T = 330$  МПа,  $\sigma_{-1} = 210$  МПа. Исследования проводились на гидравлической машине типа ЦДМ-10 ПУ для усталостных испытаний на растяжение – сжатие с частотой 1000 Гц при трех уровнях напряжений со следующими коэффициентами асимметрии цикла:

1)  $\sigma_{\max} = 0,3\sigma_T$ ,  $R = -1$ ,  $R = -0,3$ ;

2)  $\sigma_{\max} = 0,4\sigma_T$ ,  $R = -1$ ,  $R = -0,3$ ;

3)  $\sigma_{\max} = 0,5\sigma_T$ ,  $R = -1$ ,  $R = -0,3$ .

При каждом уровне напряжений испытано по четыре образца. Число измеряемых точек для построения зависимости (длина трещины – количество циклов)  $l - N$  достигало 40.

Одна из кривых, полученных экспериментальным путем при  $\sigma_{\max} = 132$  МПа,  $R = -0,3$ , показана на рисунке 1.

В нашем случае, как и во многих других известных работах [6,7], зависимость Пэриса имеет место, причем  $m$  оказалось близко к пяти.

В реальных условиях эксплуатации сельскохозяйственных машин нередко встречаются случаи, когда величина максимального за период цикла напряжения достигает значения предела текучести. Такой случай встречается, например, при проверке прочности продольных сварных швов, в которых имеются высокие начальные напряжения. Поэтому представляет интерес проверка степени достоверности формулы Пэриса при указанном условии.

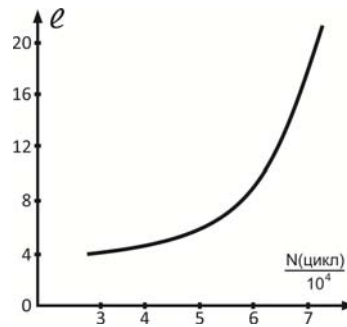


Рис. 1. Рост усталостных трещин в образцах при  $\sigma_{\max} = 132$  МПа,  $R = -0,3$

Для этой цели были испытаны те же плоские образцы в той же машине типа ЦДМ-10 Пу при  $\sigma_{\max} = \sigma_r$  и коэффициентах асимметрии цикла  $R=0,6; 0,3; 0; -0,3; -1$ . Причем в течении всего периода испытания обеспечивалось постоянство в плоскости распространения трещины путем уменьшения нагрузки пропорционально длине растущей трещины. Длина усталостной трещины контролировалась оптическим микроскопом с ценой деления 0,05 мм.

На рисунках 2-а, б, в, г, д представлены соответствующие экспериментальные данные в координатах  $l - N$  (длина трещины – количество циклов). Из рисунков видно, что при  $\sigma_{\max} = \sigma_r$ , кривые состоят их трех характерных участков. На начальном участке наблюдается медленное повышение скорости роста трещин, на границе среднего и начального участков скорость роста трещины начинает стабилизироваться и на среднем участке становится постоянной. На последнем участке происходит резкое повышение скорости роста трещины.

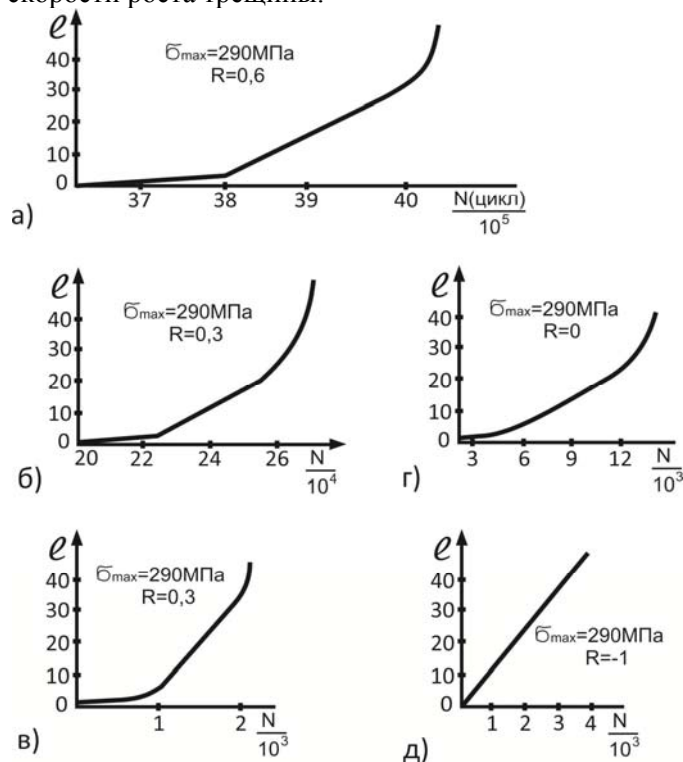


Рис. 2. Рост усталостных трещин в исследуемых образцах при  $\sigma_{\max} = 290$  МПа и разных  $R$

По литературным данным [6,7] размах коэффициента интенсивности напряжений определяется по формуле (2).

Согласно экспериментальным данным (рис. 2) на средних участках кривых роста трещин скорость развития трещины остается постоянной

$$dl/dN = \text{const.}$$

Это условие не может удовлетворить уравнению Пэриса, так как с ростом количества циклов растет длина трещины, а вместе с ней и  $\Delta K$ , так как правая часть выражения (1) не может быть постоянной, а с другой стороны, из наших данных (рис. 3) следует, что при  $\sigma_{\max} = \sigma_{\tau}$  скорость роста трещин является функцией только коэффициента симметрии цикла  $R$ , причем в силу линейности представленной зависимости имеем

$$dl/dN = A \Delta e^{-BR}, \quad \lg(dl/dN) = \lg A - 2,303BR,$$

где  $A, B$  – постоянные.

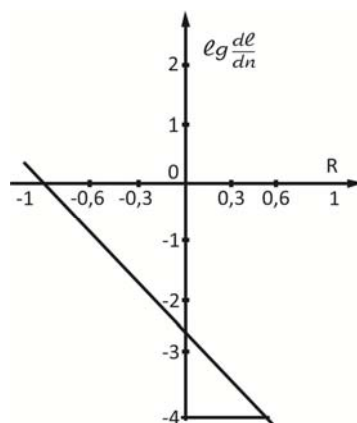


Рис. 3. Изменение скорости роста усталостных трещин зависимости от коэффициента асимметрии цикла

В случае, когда коэффициент асимметрии цикла является переменным (ступенчатое нагружение), для определения длины трещины имеем следующую формулу

$$l = l_0 + \sum_{i=1}^n f(R_i) N_i$$

где:  $l_0$  – начальная длина трещины (рис. 1);  $R_i$  – коэффициент асимметрии  $i$ -го блока;  $N_i$  – фактическое число циклов в  $i$ -ом блоке.

Таким образом, при  $\sigma_{\max} = \sigma_{\tau}$  для малоуглеродистой стали с отчетливо выраженной площадкой текучести может быть установлена зависимость скорости роста трещины от коэффициента асимметрии цикла. Минимальная напряжения цикла может быть при этом сколь угодно малым. Эта зависимость и должна служить для оценки живучести материала продольных швов стержневых элементов сельскохозяйственных машин.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов, П.А. Длительное разрушение и прочность элементов сельскохозяйственных, строительных и мелиоративных машин [Текст] / П.А. Павлов, С. Жунибеков. –Ташкент: ТИИИМСХ, 1984. – 110 с.
2. Moclinton, F.A. On the plasticity of the growth of fatigue cracks In.: Fracture of solids / Ed. by D.C.Drucker, I.I.Gillman. Intersei. ASME, 1963. – P.65-102.
3. Liu, H.W. Fatigue crack propogation and applicd strees Rangen energy approach. Y.Basic End. Trans. ASME Ser.D. -1963. – P.116.
4. Weibullw. The effect of size and stress history of fatigue crack initiation and propagation Proc. crack propagation Symp. 2. –Granfield, England. - 1961. –P. 271-286.
5. Джакияев, Д.К. Экспериментально-теоретическая оценка многоциклового усталости стальных конструкционных элементов при многокомпонентном циклическом нагружении [Текст] / Д.К. Джакияев // Механика и моделирование процессов технологии. – 2007. – №2. – С.264-270.
6. Павлуничев, А. Определение скорости роста усталостных трещин [Текст] / А. Павлуничев // Проблемы прочности. - 1986. - №3. - С.33-36.
7. Павлов, П.А. Использование кинетических уравнений типа Пэриса и Формена для описания процессов коррозионно-усталостных повреждений и оценка коррозионно-усталостной прочности стальных деталей [Текст] / П.А.Павлов, Б.А. Кадырбеков // Изв. АН Каз. ССР. Сер. физ. –мат. – 1979. – №2. – С.52-60.

Материал поступил в редакцию 18.05.18.

**С. Жунибеков, Д.К. Джакияев, А.А. Абилдаев**

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

### **КЕРНЕУ АҚҚЫШТЫҚ ШЕГІНЕ ЖАҚЫН ЖАТҚАН КЕЗІНДЕ ПЭРИС ТЕҢДЕУІН ҚОЛДАНУ**

Жұмыста кернеу аққыштық шегіне жақын жатқан кезінде жарықтың өсуінің теңдеуі қарастырылған және зерттелген.

**Тірек сөздер:** төзімділік, қалпын сақтау, жарық, жарықтың өсуі, кернеу, кернеу қарқындылығының коэффициенті, циклдік жүктеменің асимметриясы.

**S. Zhunisbekov, D.K. Jakiyayev, A.A. Abildayev**

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

### **THE APPLICATION OF PARIS EQUATION WHEN THE STRESS CLOSE TO THE YIELD STRENGTH**

The application of the equation of fatigue crack growth at stresses close to the yield strength is considered and investigated in this paper.

**Keywords:** durability, survivability, crack, crack growth, stress, stress intensity factor, cyclic loading cycle asymmetry.

ӘОЖ 531.1

С.Ш. Егембердиева<sup>1</sup>, Б.Ж. Көшкімбаева<sup>1</sup>,  
Е.С. Мұсабеков<sup>1</sup>, Р.Ж. Наметкулова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Физ.-мат. ғыл. канд., доцент, <sup>2</sup>Аға оқытушы

<sup>1</sup>Тараз мемлекеттік педагогикалық университеті, Тараз қ., Қазақстан

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

## БІР ЕРКІНДІК ДӘРЕЖЕСІ БАР МЕХАНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ ЕРКІН ТЕРБЕЛІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Жұмыста бір еркіндік дәрежесі бар механикалық жүйенің еркін тербелісінің өшуінің логарифмдік декрементінің жүйенің қатаңдығына ауаның кедергісіне және маятниктің ауытқу бұрышына тәуелділігі зерттеліп, тербелістің өшуіне жүйенің қатаңдығы мен кері қайтарушы күштің шешуші рөл атқаратындығы анықталды.

**Тірек сөздер:** еркін тербеліс, өшудің логарифмдік декременті, серіппенің қатаңдығы, ауытқу бұрышы.

Тербеліс өзінің көп түрлігімен қазіргі техникада үлкен роль атқарады. Тербеліс кездеспейтін техниканың саласын көрсету қиын, сонымен қатар табиғат құбылыстарын біз кеңінен және тереңірек зерттеген сайын жаңа тербелмелі процестер пайда болуда.

Қазіргі заманғы техниканың көптеген салалары тербелмелі құбылыстарға негізделгенін ескерсек, тербелмелі процесстердің маңыздылығын зерттеудің қажеттігі өздігінен туындайды.

Бір еркіндік дәрежесі бар механикалық жүйенің тербеліс теңдеулеріне талдау жасау, тербелістің сөну дәрежесінің жүйенің қатаңдығы мен демпферлік қасиеттеріне тәуелді екендігін көрсетті. Жүйенің қатаңдығын есепке алу үшін маятниктің стерженіне қосымша бекітілген серпімді серіппелер алынады. Серіппенің қатаңдығы алдын ала статикалық әдіспен өлшенді. Қарастырылатын жүйенің демпферлік қасиеттеріне мына төмендегідей кедергілердің түрлері әсер етеді: ауаның аэродинамикалық кедергісі, маятник стерженінің бекітілу түйіндеріндегі құрғақ үйкеліс [1].

Эксперимент барысында жүйе тербелісінің динамикалық сипаттамалары: тербелістің периоды (жиілігі), тербелістің амплитудасы және өшудің логарифмдік декременті (параметрлері) анықталады.

Зерттеудің бірінші этапында қосымша факторларсыз маятник тербелісінің өшуінің логарифмдік декременті мен жиілігі анықталады. Екінші этапта маятникке, оның тербеліс жазықтығына перпендикуляр жазық пластина бекітіледі. Бұл тербелістің сөнуіне ауаның кедергісінің әсерін зерттеуге мүмкіндік береді.

Үшінші этапта тербелістің сөнуі қосымша енгізілген серпімді элементті ескере отырып зерттеледі. Эксперимент екі серпімді серіппенің маятник стерженіне әр түрлі деңгейде бекітілуінде жүргізілді.

Жүйе тербелісінің сөнуіне жоғарыда аталған факторлардың әсерін зерттеу үшін эксперименттің әрбір сериясында тек бір ғана фактор түрлендіріледі: серіппенің маятник стерженіне бекітілу деңгейі, ал екінші фактордың мәні анықталған тұрақты деңгейде ұсталады.

Сынақтар жүргізген кезде жүйенің динамикалық сипаттамаларына әсер ететін біршама факторлар тұрақты болады. Мысалы, маятниктің ұзындығы,

маятник жүгінің салмағы. Маятник жүгінің массасы 145 г тең деп алынады. Маятниктің ұзындығы – стерженнің бекітілу нүктесінен жүкке дейінгі арақашықтық – 39,5 см.

Зерттеу барысында кедергі бар және жоқ кездегі маятник тербелісі қарастырылады. Маятник тербелісінің өшуі маятник массасының ауытқу бұрышының әсері ескеріле отырып зерттелді.

Бұл үшін тербелістердің саны  $N$ , өлшеулер ұзақтығы  $t$  және маятниктің ауытқу бұрышы  $\alpha$  өлшенеді.

$N$  цикл үшін тербелістің өшуінің логарифмдік декременті мына формуламен анықталды:

$$\delta = 1/N \cdot \ln(A_0/A) \quad \delta = \frac{1}{N} \ln \frac{A_0}{A}$$

мұнда  $A=L\sin\varphi$ ,  $A=L\sin\varphi$ ,  $L$  - маятниктің ұзындығы, яғни стерженнің бекітілу нүктесінен жүкке дейінгі арақашықтық ( $L=\text{const}=39,9$  см);  $\varphi_0, \varphi_t$  – маятник стерженінің өлшеудің басындағы және соңындағы ауытқу бұрыштары [2].

Бірінші кезеңде өлшеулер қосымша кедергісіз өткізілді. Еркін тербелістер маятникті белгілі бір бұрышқа ауытқыту арқылы қоздырылды. Бұл жерде ауытқу бұрышы  $19^\circ$ -тан  $1^\circ$ -қа дейін жайлап түрлендірілді. Өлшеулердің және есептеулердің нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1

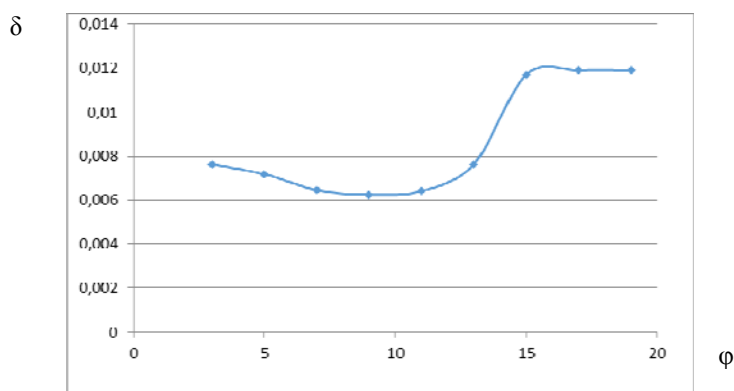
m=290 г

№	$\varphi_0$	$\varphi_t$	N	t, сек	t, сек	$A_0$ , мм	$A_t$ , мм	$\delta$
1	$19^\circ$	$17^\circ$	9	11,038	1,2264	128,61	115,5	0,0118
2	$17^\circ$	$15^\circ$	11	13,476	1,2250	115,50	102,23	0,0111
3	$15^\circ$	$13^\circ$	12	14,686	1,2238	102,23	88,875	0,0117
4	$13^\circ$	$11^\circ$	22	26,889	1,2222	88,875	75,75	0,00765
5	$11^\circ$	$9^\circ$	31	37,851	1,221	75,75	61,79	0,00641
6	$9^\circ$	$7^\circ$	40	48,782	1,2195	61,78	48,14	0,00624
7	$7^\circ$	$5^\circ$	52	63,407	1,2193	48,15	34,44	0,00645
8	$5^\circ$	$3^\circ$	31	38,969	1,2570	34,42	18,61	0,00718
9	$3^\circ$	$1^\circ$	53	65,625	1,2382	20,935	13,789	0,00765

Екінші этапта маятниктің стерженіне оның тербеліс жазықтығына перпендикуляр ауданы  $S$  пластина бекітілді. Өлшеулер серіппенің әртүрлі бекітілу деңгейлерінде жүргізілді. Маятник жүгінің массасы 290 г. Алынған мәліметтер бойынша тербелістің өшуінің логарифмдік декрементінің маятниктің ауытқу бұрышына тәуелділігінің графигі тұрғызылды.

1-суретте маятник жүгі массасының өзгерісін есепке ала отырып тұрғызылған  $\delta=f(\varphi)$  тәуелділігінің графигі келтірілген. Графиктен жүктің массасы 2 есе өзгергенде тербелістің өшу декременті елеусіз шамаға (6-10%) өзгертіндігі көрінеді. Бұдан мынадай қорытынды жасауға болады: қарастырылған аралықта массаның өзгерісі тербелістің периоды мен өшу декрементіне әсер етпейді; маятниктің ауытқу бұрышын  $0^\circ$ -тан  $10^\circ$ -қа дейін арттырғанда тербелістің декременті кемиді. Бұл маятник стерженінің бекітілу түйініндегі домалау үйкеліс күшінің кемуімен байланысты болса керек.  $\varphi$  бұрышының одан ары артуы тербелістің өшу декрементінің артуына әкеп соқты. Бұл кері қайтарушы күш  $mg\sin\varphi$  ауытқу бұрышына  $\varphi$  пропорционал артатындығымен түсіндіріледі [3].





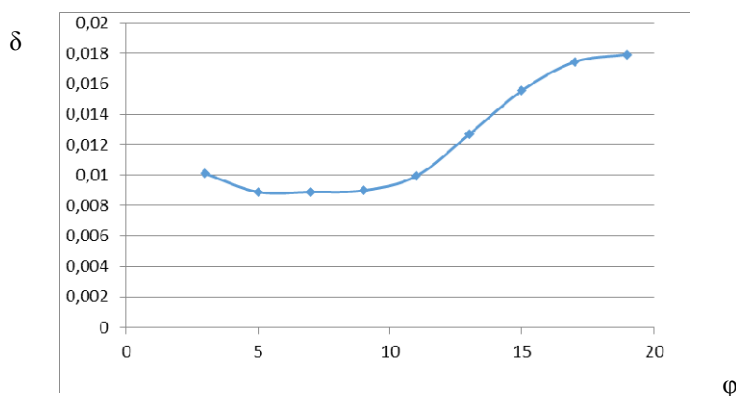
Сурет 1. Тербелістің өшуінің логарифмдік декрементінің маятниктің ауытқу бұрышына тәуелділігі

2-суретте ауаның кедергісін есепке алатын және алмайтын жағдайлардағы  $\delta=f(\varphi)$  тәуелділігінің графигі келтірілген. Маятник стерженіне  $S=94 \text{ см}^2$  пластинаны бекіткенде ауаның кедергісі өшу декрементінің 1,30-1,50 есе артуына әкеп соқты.  $\varphi$  бұрышының 1-7° аралығында артуы домалау үйкеліс күшінің кемуіне, өшу декрементінің төмендеуіне әкеп соқты.  $\varphi$  бұрышының одан әрі 7°-тан 11°-қа артуы өшу декрементінің 2,1 есе артуына әкеп соқты. Бұл тербелістің сөнуіне кері қайтарушы күштің  $mg\sin\varphi$  әсері болатындығымен байланысты.

Кесте 2

$m=290 \text{ г}, S=94 \text{ см}^2$

№	$\varphi_0$	$\varphi_t$	N	$t$ , сек	$t$ , сек	$A_0$ , мм	$A_t$ , мм	$\delta$
1	19°	17°	6	8,854	1,4756	128,61	115,5	0,01793
2	17°	15°	7	9,8	1,4	115,50	102,23	0,01744
3	15°	13°	9	11,010	1,2233	102,23	88,875	0,01556
4	13°	11°	13	17,19	1,3223	88,875	75,366	0,01268
5	11°	9°	20	23,197	1,1598	75,366	61,778	0,00994
6	9°	7°	25	30,497	1,2198	61,778	48,15	0,00997
7	7°	5°	37	45,102	1,2189	48,15	34,44	0,00905
8	5°	4°	25	36,541	1,4616	34,44	27,57	0,0089
9	3°	2°	40	48,668	1,2167	20,935	13,789	0,0101
10	2°	1°	75	95,85	1,278	13,786	6,913	0,0092



Сурет 2. Тербелістің өшуінің логарифмдік декрементінің маятниктің ауытқу бұрышына тәуелділігі

Ауаның кедергісін есепке алатын және алмайтын жағдайлардағы  $\delta=f(\varphi)$  тәуелділігінің графигінен маятник  $S=94 \text{ м}^2$  стерженіне пластинаны бекіткенде ауаның кедергісі тербелістің өшу декрементінің 1,30-1,50 есе артуына әкеп соқты.  $\varphi$  бұрышының  $1^0-7^0$  аралығындағы артуы домалау үйкеліс күшінің кемуінен декременттің төмендеуіне әкеп соқты.

$\varphi$  бұрышының одан әрі  $7^0$ -тан  $11^0$ -қа артуы өшу декрементінің 2,1 есе артуына әкеп соқты. Бұл тербелістің сөнуіне кері қайтарушы күшінің  $mg\sin\varphi$  әсері болатындығымен байланысты.

Жүйенің қатандығының түрліше мәндеріндегі  $\delta=f(\varphi)$  тәуелділігінің графигі қарастырылған жүйенің қатандығы екі серіппенің бекітілу биіктігін әр түрлі етіп алу арқылы түрлендіріледі. Маятниктің бекітілу нүктесінен серіппенің бекітілу  $h$  деңгейіне дейінгі қашықтық 100, 200 және 300 мм болды.

$h$  мәнінің арттырылуы арқылы жүйенің қатандығы арттырылды. Графиктен жүйенің қатандығының артуы маятниктің сөну қасиеттерінің артуымен қатар жүретіндігі көрінеді.  $h=100, 200$  мм болғанда тербелістің өшу декременті алғашында төмендейді, ал одан соң ауытқу бұрышының артуымен ол өседі.  $h$ -ты 300 мм дейін арттыру арқылы жүйенің қатандығын арттыру кезінде  $\delta=f(\varphi)$  графигі сынықсыз алынады, яғни бұдан тербелістің өшуіне жүйенің қатандығы және кері қайтарушы күш  $mg\sin\varphi$  шешуші роль атқарады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Обморшев, А.Н. Введение в теорию колебаний [Текст] / А.Н. Обморшев. – М.: Наука, 1965. – 270 с.
2. Пейн, Г. Физика колебаний и волны [Текст] / Г. Пейн. – М.: Высшая школа, 1983. – 52 с.
3. Горяченко, В.Д. Элементы теории колебаний.[Текст] / В.Д. Горяченко. – Красноярск: Издательство Красноярского университета, 2005. – 69 с.

Материал редакцияға 30.03.18 түсті.

**С.Ш. Егембердиева<sup>1</sup>, Б.Ж. Кушкимбаева<sup>1</sup>,  
Е.С. Мусабеков, Р.Ж. Наметкулова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Таразский государственный педагогический университет, г. Тараз, Казахстан,

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

В работе исследованы зависимости логарифмического декремента затухания свободных колебаний механической системы с одной степенью свободы от жесткости системы, угла отклонения маятника и сопротивления воздуха. В результате определен при затухании колебании решающий роль имеет жесткость системы и возвращающая сила.

**Ключевые слова:** свободное колебание, логарифмический декремент затухания, жесткость пружины, угол отклонение.

**S. Yegemberdieva<sup>1</sup>, B. Kushkimbaeva<sup>1</sup>, Y. Mussabekov<sup>1</sup>, R. Nametkulova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Taraz State Pedagogical University, Taraz, Kazakhstan

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

**INVESTIGATION OF FREE VIBRATIONS OF A MECHANICAL SYSTEM WITH ONE DEGREE OF FREEDOM**

In this paper, we investigated the dependence of the logarithmic decrement of damping of free oscillations of a mechanical system with one degree of freedom on the rigidity of the system, the angle of deviation of the pendulum, and air resistance. As a result, the rigidity of the system and the restoring force are determined when the oscillation decays.

**Keywords:** free oscillation, logarithmic damping decrement, spring stiffness, deflection angle.

УДК 6321.311.24

**Б.А. Қойайдаров<sup>1</sup>, Р.Т. Сахыбаев<sup>2</sup>, М.А. Бейсекова<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>2</sup>Магистр, ст. преподаватель, <sup>3</sup>Магистр, преподаватель  
Таразский государственный университет им М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

**УСЛОВИЯ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВА  
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПОТОКА ВЕТРА**

Предложен способ формирования лабораторного потока ветра для испытания новых ветродвигателей.

**Ключевые слова:** ветер, ветроустановка, диффузор, труба-стабилизатор, поток ветра.

Энергетический потенциал ветра на территории Казахстана оценивается в 920 млрд. кВт/ч, т.е. в десять раз больше всей потребляемой нашей страной электроэнергии. Поэтому, развитые ветроэнергетические технологии могут обеспечить потребность в электроэнергии всей страны. Для этого необходимо развивать ветроэнергетическую технику и технологию, создавать и применять новые виды высокоэффективных установок [1].

Современные ветроэнергетические установки в зависимости от способа взаимодействия с потоком ветра делятся на два типа: установки подъемной силы и установки сил сопротивления [2].

В настоящее время широкое распространение получили установки подъемной силы. К ним относятся крыльчатые ветроэнергетические установки. Их основными недостатками являются сложность конструкции и высокая стоимость. Поэтому их используют для постройки мощных ветроэлектрических станций.

К установкам сил сопротивления относятся лопастные ветроэнергетические установки. Основные их недостатки – большие габариты и низкий коэффициент использования энергии ветра, потому что ветровая нагрузка действует не одновременно на все лопасти, а поочередно. Вследствие этого, ветродвигатель получает необходимую мощность только поверхностью одной лопасти, что увеличивает его габариты. Преимуществом

установок сил сопротивления являются простота конструкции и невысокая стоимость.

Природному ветру присущ один недостаток – его переменность, то ветер есть, то его нет. Поэтому, ветровые электростанции с большой мощностью устанавливаются в регионах с постоянными ветрами [3].

В регионах с непостоянными ветрами предлагаются использовать автономные мини ветроэнергетические установки. При этом, частные дома, индивидуальные и крестьянские хозяйства в ветряные дни электроэнергию получают от подобных установок, а в безветренные дни – традиционную электроэнергию. Таким образом, можно уменьшить финансовые затраты хозяйств на электроэнергию. Автономные мини ветроэнергетические установки, основанные на преимуществах ветроэнергетических установок сопротивления, по цене более доступны.

Известно, что во всех регионах Казахстана постоянно дует ветер со скоростью 3-5 м/с [3]. Поэтому, создание автономных мини ветроэнергетических установок, работающих от обычного ветра и с доступной стоимостью позволяет переходить на массовое использование энергии ветра в Казахстане. Автономные мини ветроэнергетические установки должны быть доступными для частных домов, индивидуальных и крестьянских хозяйств, т.е. должны быть простыми в конструкции и эксплуатации, иметь низкую стоимость.

На кафедре «Механика и машиностроение» Таразского государственного университета им. М.Х.Дулати проводятся научные работы по созданию автономных мини ветроэнергетических установок на базе многолопастных ветродвигателей в следующих направлениях:

- уменьшения габаритных размеров ветроколеса;
- создания возможности работы лопастных ветродвигателей от природного ветра;
- упрощения конструкции механизма отбора мощности от лопастного ветроколеса.

Предлагается оснастить ветроколесо лопастями, пропускающие ветровой поток через себя (сквозные лопасти) и работающие силами сопротивления ветра [4,5]. Тогда поверхность лопасти, не пропускающая ветер через себя, разделится на несколько лопастей, вследствие чего уменьшаются габариты установки и получаемая энергия от одной лопасти вырабатывается несколькими лопастями. При этом, ветровая нагрузка будет действовать одновременно на несколько лопастей ветроколеса. Кроме этого, предложено ветроколесо с лопастями, сцепляемые потоком ветра, а также разработаны ветротурбины на основе энергетических турбин.

Для испытания и исследования новых ветродвигателей на кафедре «Механика и машиностроение» разработано и изготовлено ветроустановка для получения искусственного ветра с различной скоростью.

При исследовании ветродвигателей необходимо, чтобы поток ветра круглого или квадратного поперечного сечения имел разную площадь и скорость. Площадь поперечного сечения потока ветра должна быть больше, чем площадь поперечного сечения приемного патрубка ветродвигателя. Поэтому, ветроустановку надо оснастить устройством для формирования лабораторного потока ветра. Клапан ветроустановки выпускает ветер двумя струями. В связи с этим, устройство для формирования лабораторного потока ветра должен решать следующие задачи:

- 1) преобразовывать струю ветра в равномерный поток;

2) выпускать равномерный поток ветра с заданным поперечным сечением и скоростью.

Участок проточного канала, где поток от меньшего сечения плавно переходит к большему сечению называется диффузором. В круглых каналах диффузор имеет вид усеченного конуса, а в квадратных каналах – усеченной пирамиды. Поэтому, для формирования лабораторного потока ветра можно использовать диффузор.

Струю ветра ветроустановки можно преобразовать в равномерный поток ветра при помощи цилиндрической трубы. Тогда струю ветра от ветроустановки принимает труба-стабилизатор и преобразует на равномерный поток ветра.

Диффузор принимает равномерный поток ветра от трубы-стабилизатора, постепенно расширяя и замедляя его скорость. При этом поток ветра, в процессе течения в канале диффузора, постепенно занимает его внутреннее пространство и переходит к форме поперечного сечения диффузора, так формируется поток ветра заданного сечения, который выходит из диффузора с определенной скоростью.

Таким образом, выбранное устройство для формирования лабораторного потока ветра состоит из двух частей:

- цилиндрической трубы-стабилизатора определенной длины, которая устанавливается на выходе ветроустановки;
- диффузора круглого или квадратного сечения, который монтируется на выход трубы-стабилизатора.

Структурная схема выбранного устройства для формирования лабораторного потока ветра представлена на рисунке 1.

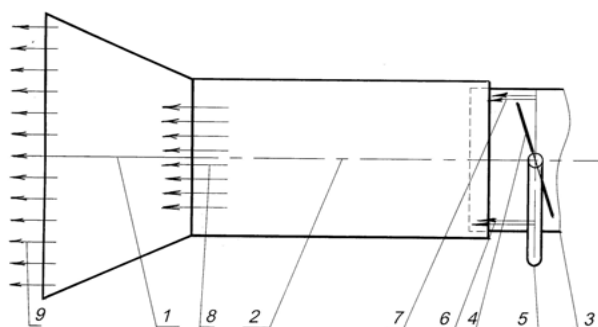


Рис. 1. Устройство для формирования лабораторного потока ветра

Устройство состоит из диффузора 1 и трубы-стабилизатора 2. Диффузор 1 закрепляется болтами на выход трубы-стабилизатора 2. Таким образом собранное устройство закрепляется болтами на выход трубы 3 ветроустановки. Клапан 4 трубы 3 при повороте ручки 5 выпускает ветер двумя струями 6, 7 в трубу-стабилизатор 2. Труба-стабилизатор 2 преобразует струю ветра 6, 7 в равномерный поток ветра 8, который переходит в диффузор 1. Из диффузора 1 выходит сформированный лабораторный поток ветра 9.

Объемный расход воздуха на формирование лабораторного потока ветра

$$Q = S_{c_1} \cdot V_p, \quad (1)$$

где:  $S_{c_1}$  – площадь большой горловины диффузора,  $m^2$ ;  $V_p$  – расчетная

скорость потока ветра, м/с.

Площадь большой горловины диффузора:

1) диффузор в виде усеченного конуса

$$S_{c_1} = 0,785 \cdot D_1^2, \quad (2)$$

где  $D_1$  – диаметр большой горловины;

2) диффузор в виде усеченной квадратной пирамиды

$$S_{c_1} = a^2, \quad (3)$$

где  $a$  – длина стороны большой горловины.

Ветроустановка должна обеспечить расход воздуха

$$Q_e = \kappa \cdot Q, \quad (4)$$

где  $Q_e$  – производительность ветроустановки, м<sup>3</sup>/с;  $\kappa = 1,1 \div 1,2$  - коэффициент потери.

При исследовании скорость лабораторного потока ветра варьируется от  $V_{Pmin}$  до  $V_{Pmax}$ . Поэтому, производительность ветроустановки должна перекрывать максимальный расход воздуха

$$Q_{max} = \frac{Q_e}{\kappa}, \quad (5)$$

где  $Q_{max}$  – максимальный расход при формировании лабораторного потока ветра.

Максимальная скорость лабораторного потока ветра, которую может выработать ветроустановка

$$V_{Pmax} = \frac{Q_{max}}{S_{c_1}}. \quad (6)$$

Предложенное устройство для формирования лабораторного потока ветра можно будет компоновать после решения следующих задач:

1) Определения длины трубы-стабилизатора, необходимого для преобразования струй ветра ветроустановки в равномерный поток. При этом экспериментально определяется зависимость длины трубы-стабилизатора от объемного расхода ветра, подаваемого ветроустановкой;

2) Определения длины диффузора при различных углах раскрытия, необходимую для формирования лабораторного потока ветра.

В диффузоре возможен отрыв потока от его стенки при недостаточной длине. В таком случае, лабораторный поток ветра формируется не полностью. Для исключения такого явления необходимо экспериментально изучить зависимость длины диффузора от угла раскрытия при различных объемных расходах подаваемого ветра. Исследуются диффузоры в виде усеченного конуса и усеченной пирамиды. Решение этих задач позволяет правильно подобрать параметры устройства для формирования лабораторного потока ветра.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сұңғат, Ә. Жаңғырмалы энергия дәуірі [Мәтін] / Ә. Сұңғат // Егемен Қазақстан. – №138. – 21.07.2017.

2. Фолькер, К. Системы возобновляемых источников энергии [Текст] / К. Фолькер / Перевод с немецкого. – Астана: Фолиант, 2013. – 432 с.
3. Тлеуов, А.Х. Нетрадиционные источники энергии [Текст] / А.Х. Тлеуов. – Астана: Фолиант, 2009. – 248 с.
4. Қойайдаров, Б.А. Желді өзінен өткізетін қалақтармен жабдықталған жел дөңгелекті есептеу [Мәтін] / Б.А. Қойайдаров // Механика және технологиялар. – 2017. – №3. – Б.12-19.
5. Қойайдаров, Б.А. Желэнергетикалық қондырғы [Мәтін] / Б.А. Қойайдаров, А.А. Қойайдаров / Пайдалы модельге патент KZ №2417.

*Материал редакцияға 18.05.18 түсті.*

**Б.А. Қойайдаров, Р.Т. Сақыбаев, М.А. Бейсекова**

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

#### **ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖЕЛ ЛЕГІН ҚҰРУҒА АРНАЛҒАН ҚҰРЫЛҒЫ ЖАСАУ ШАРТТАРЫ**

Жаңа желқозғалтқыштарды сынауға лабораториялық жел легін құру әдісі ұсынылған.

**Тірек сөздер:** жел, желқондырғы, диффузор, құбыр-тұрақтандырғыш, жел легі.

**B.A. Koyaydarov, R.T. Sakhybayev, M.A. Beysekova**

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

#### **DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR THE FORMATION OF LABORATORY WIND FLOW**

A method of forming a laboratory wind flow for testing new wind turbines is proposed.

**Keywords:** wind turbine, diffuser, pipe-stabilizer, wind flow.

УДК 621.878.21 /879.34

**М. Абдигалиев<sup>1</sup>, С. Алиев<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Ст. преподаватель, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, доцент*

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

#### **К ВЫБОРУ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ С САМОИЗМЕНЯЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ**

Рассмотрены вопросы, касающиеся выбора параметров рабочих органов землеройных машин с новыми принципами – самоизменения к условиям разрабатываемой среды.

**Ключевые слова:** угловые параметры, резание, копание, нож, отвал, ковш, землеройная машина, систематизация.

В качестве основных машин для разработки грунта применяются рыхлители, бульдозеры, автогрейдеры, скреперы, погрузчики и экскаваторы, рабочими органами (РО) которых являются ножи, отвалы и ковши. Ранее нами разработано теоретическое и конструктивное обоснование принципов создания адаптивных РО землеройных машин (ЗРМ). Разработка грунта такими РО осуществляется с самоизменением их формы в зависимости от условий разрабатываемой среды и технологических характеристик их взаимодействия. Вопросы, касающиеся выбора параметров РО с новыми свойствами вышеназванных машин, до сего времени не рассматривались и, таким образом, остались открытыми. Настоящая работа посвящена решению этой проблемы и является продолжением проблемы создания самоприспосабливающихся рабочих органов землеройных машин.

**1. Принципы выбора основных параметров отвальных землеройных рабочих органов с самоизменяемым углом резания.** Высота и ширина отвала принимаются по тем же формулам, которые рекомендуются для традиционных ЗР РО [1].

Начальный угол резания отвала  $\gamma_n$  зависит от назначения землеройных РО и могут приниматься в пределах от  $35^\circ$  до  $55^\circ$ , конечный же  $\gamma_k$  - от  $60^\circ$  до  $80^\circ$ . Предел изменения угла резания  $\gamma_x$ , т.е. разность конечного и начального углов резания  $\gamma_k - \gamma_n = \gamma_x$  могут колебаться от  $15^\circ$  до  $35^\circ$ . Меньшие значения рекомендуются для бульдозеров, разрабатывающие грунты с меньшим колебанием характеристик в пределах основного применения машин, например, в равнинной местности. Для таких РО легко подбирать другие геометрические параметры и упругие составляющие конструкции. Большие значения пределов изменения угла резания рекомендуются для грунтов с большим разбросом характеристик, например, в горных и предгорных зонах страны.

Правильно определить место крепления шарнира соединения отвала с толкающей рамой имеет большое значение. Если это место расположено слишком высоко, то получится большой ход пружины по сравнению с низким расположением этого шарнира, но увеличивается объем призмы волочения при одинаковой высоте отвала. На чертеже (рис. 1) точкой  $O$  показан шарнир соединения с высотой  $CO$  сверху отвала по вертикали.

Место крепления пружин, расположенной между тыльной стороной отвала и толкающей рамой, должно находиться на том месте отвала традиционной конструкции, где он соединяется с толкающими брусками шарнирно. Оно соответствует точке взаимодействия равнодействующей реакции грунта копания с отвалом – это точка  $B$  на рис. 1. Кожух пружины шарнирно соединен с рамой точкой  $D$ . Для правильной работы пружины расстояния  $OD$  и  $OB$  должны быть равными и составлять радиус качания упругого элемента. При наличии гидроцилиндра для регулирования угла резания место его расположения должно совпадать с местом крепления пружины: шток соединяется с отвалом шарнирно (точка  $B$ ), а сам цилиндр соединяется с рамой шарниром  $D$ . Конструктивно точка  $D$  располагается шарниром на кронштейне, приваренного к балке, соединяющей толкающие бруска между собой в поперечном направлении. Две ломаные бруска с поперечной балкой составляют толкающую раму рабочего оборудования. Кожух пружины должен располагаться так, чтобы быть свободным от касания с базовой машиной при подъеме и опускания отвала.



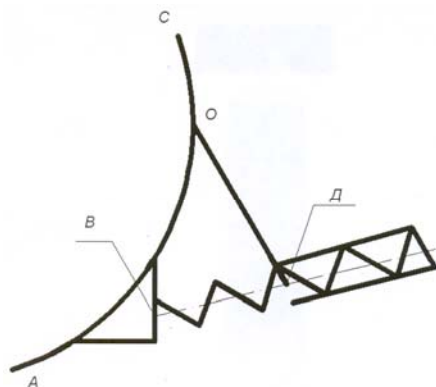


Рис. 1. Схема соединений РО

**2. Принципы выбора основных параметров ковшовых землеройных рабочих органов с самоприспосабливающейся режущей кромкой.** Радиус  $R$  и ширина  $B$  ковша определяются в соответствии с отраслевым стандартом ОСТ 22 - 915 - 76 «Ковши обратной лопаты гидравлических экскаваторов. Типы, основные параметры и размеры» [2]. Общая ширина ковша через ширину зуба и расстояние между зубьями определяется по выражению:  $B = n \cdot b_z + (n - 1)b_p$ , где  $b_z$  - ширина зуба;  $b_p$  - расстояние между зубьями;  $n$  - количество зубьев. Отношение расстояния между зубьями к ширине рекомендуется  $b_p/b_z = 2 \div 3$ . Из этих уравнений определяются  $b_z$  и  $b_p$ . При расположении режущей кромки между неподвижными зубьями под углом  $45^\circ$  к направлению движения ход подвижных элементов будет равен расстоянию между зубьями. Необходимо подчеркнуть, что при постоянной ширине ковша большое количество зубьев уменьшает расстояния между зубьями, следовательно, и ход подвижных элементов.

Угол резания режущей кромки у предложенного ковша принимается на  $10^\circ$  (среднее значение) меньше, чем это рекомендуется для традиционных ковшей по ОСТ 22 - 915 - 76, т.к. передняя стенка нового ковша имеет кривизну, а традиционный ковш имеет прямую переднюю стенку.

Значение радиуса качания режущей кромки периметра определяется по выражению

$$R_n = (1,4 \div 1,7) \sqrt[3]{q},$$

где  $q$  - емкость ковша,  $\text{м}^3$ .

Координаты  $a_{ц}$  и  $b_{ц}$  центра качания А (рис. 2) относительно центра  $O$  определяют геометрически:  $a_{ц} = R_n - R \cdot \cos \alpha_k$ ;  $b_{ц} = R \cdot \sin \alpha_k$ .

Геометрическая емкость ковша определяется  $q = F \cdot B$ , где  $F$  - площадь боковых стенок ковша (внутренняя),  $\text{м}^2$ .

Площадь  $F$  определяется как сумма площадей секторов  $ABC$ ,  $CDE$ , треугольника  $DEH$  с вычитанием площадей треугольников  $ABK$  и  $KMH$ , т.е.

$$F = F_{ABC} + F_{CDE} + F_{DEH} - F_{ABK} - F_{KMH} = \frac{\pi \cdot AB^2 \cdot \delta}{360} + \frac{\pi \cdot CD^2 \cdot \delta}{360} +$$

$$+ \frac{DE \cdot EH}{2} - \frac{AB \cdot KI}{2} - \frac{MH \cdot KP}{2}$$

При определении места крепления пружины надо иметь в виду, что меньший радиус обуславливает большое усилие пружины. Это в свою очередь затрудняет подбор пружины для восстановления периметра в исходное положение.

При назначении значения угла  $\gamma$  поступают таким образом. Чем больше значение угла  $\gamma$ , тем меньше значение угла  $\delta$  при одинаковой площади боковой стенки  $F$ . Сначала назначают значение этого угла  $\gamma = 45^\circ$ , затем графически определяют значение угла  $\delta$ . При неудовлетворительном значении  $\gamma$  расчет повторяют, придав другое значение.

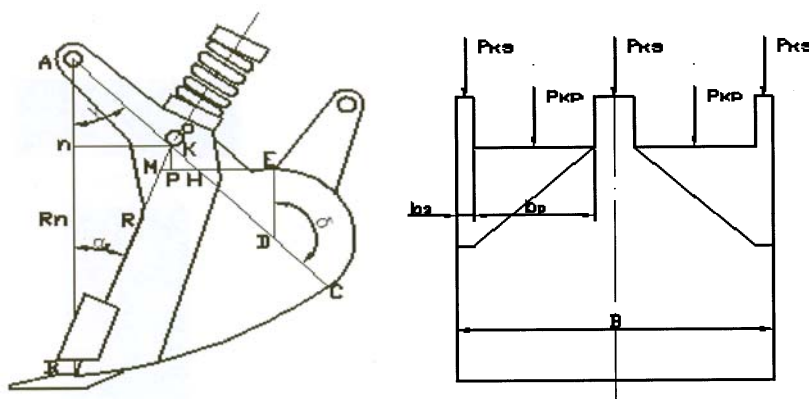


Рис. 2. Схема расположения РО

**3. Принципы выбора упругих элементов землеройных рабочих органов с самоизменяемой формой.** Принцип работы пружин и для ковша и для отвала одинаков, поэтому методику выбора приводим для одного из них.

При модернизации экскаватора с навеской нового ковша силы, действующие на него, зависят от максимально развиваемого усилия базовой машины, значение которого берется из технической характеристики (например, для экскаваторов ЭС – 2621А, ЭО – 3322Б, ЭО – 4121А, ЭО – 5122А и ЭО – 6122 оно соответственно равно 26, 90, 126, 185 и 245 кН).

Усилия, при котором демпферы режущей кромки находятся в сжатом состоянии, должно хватить для преодоления твердого слоя или иного препятствия. Распределяют усилие копания по группам трудности разработки грунта. Считается, что наибольшее усилие из характеристики экскаватора соответствует 4 группе трудности разработки. Тогда для остальных групп оно распределяется таким образом (таблица).

Таблица

Распределение усилий

Параметры	Группа трудности разработки грунта			
	1	2	3	4
Усилие	$P_{\max} \cdot K_1 / K_4$	$P_{\max} \cdot K_2 / K_4$	$P_{\max} \cdot K_3 / K_4$	$P_{\max}$
Обозначение	$P_{(1)}$	$P_{(2)}$	$P_{(3)}$	$P_{(4)}$

Определяются усилия, приходящиеся на зубья и части режущей кромки, для чего рассматривается общее усилие ковша  $P = n \cdot P_{КЗ} + (n-1)P_{КР}$ . Удельное сопротивление грунта копанию, приходящееся на единицу длины,  $p = P/B$ , а усилия на зуб -  $P_{КЗ} = p \cdot \epsilon_3$  и режущую кромку  $P_{КР} = p \cdot \epsilon_p$ . Удельные линейные сопротивления  $p_i$  определяются для каждой группы грунта  $p_i = P_i/B$  и по ним находятся  $P_{крі}$  и  $P_{кзі}$ .

Упругий элемент, связанный с подвижными элементами режущей кромки, не должен реагировать на мягкие грунты, например, I группы, и полностью должен быть сжатым при взаимодействии с грунтами 3 группы.

Это означает, что:

- начальное усилие сжатия пружины -  $P_{нач} = 2 \cdot P_{кр1} + 2P_{кз1}$ ;

- конечное усилие сжатия пружины -  $P_{кон} = 2 \cdot P_{кз3}$ .

Эти величины усилий являются основами для предварительного расчета упругих элементов. Они должны иметь устройство для регулирования величины предварительной деформации, т.е. должны регулироваться  $P_{нач}$  и  $P_{кон}$ , на которые рассчитывается величина отхода подвижных элементов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорожные машины. Часть I. Машины для земляных работ [Текст]. – М.: Машиностроение, 1972. – 504 с.
2. ОСТ 22 -915 - 76. Ковши обратной лопаты гидравлических экскаваторов. Типы, основные параметры и размеры [Текст]. – М.: ЦНИИТЭстромаш, 1976. – 6 с.

Материал поступил в редакцию 30.03.18.

**М. Абдигалиев, С. Алиев**

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

#### ӨЗДІГІНЕН ӨЗГЕРЕТІН ПАРАМЕТРЛЕРІ БАР ЖЕРҚАЗҒЫШ ЖҰМЫС ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ НЕГІЗГІ КӨРСЕТКІШТЕРІН ТАҢДАУ ТУРАЛЫ

Жаңа принципті – жерқазғыш машиналарының өңделетін орта жағдайына өздігінен өзгеретін жұмыс құралдарының параметрлерін таңдауға байланысты мәселелер қарастырылған.

**Тірек сөздер:** бұрыштық параметрлер, кесу, қазу, пышақ, қайырма, ожау, жерқазғыш машинасы, жүйелеу.

**M. Abdigaliyev, S. Aliyev**

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

#### THE SELECTION OF BASIC PARAMETERS OF DIGITAL WORKING BODIES WITH SELF-CHANGED PARAMETERS

The questions concerning the choice of the parameters of the working bodies of land-mining machines with new principles - self-change to the conditions of the developed mine environment are considered.

**Keywords:** angular parameters, cutting, digging, knife, blade, bucket, earth-moving machine, systematization.

УДК 621.83.001.4

**С. Алиев**

*Канд. техн. наук, доцент*

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

### **СТЕНД ДЛЯ ЦИКЛИЧЕСКИХ ЗНАКОПЕРЕМЕННОГО ПЛАВНОГО И УДАРНОГО НАГРУЖЕНИЙ**

В работе представлено обоснование режимов знакопеременного нагружения зубьев зубчатых колес при испытаниях.

**Ключевые слова:** вал, рычаг, ударник, пружина, кулака, упор. толкатель, шатун, шкив-маховик, детали машин.

Одной из важнейших задач совершенствования строительных и мелиоративных машин является снижение их металлоемкости и массы. Перспективным путем решения является уточнение прочностных расчетов и выбор высокопрочных материалов и эффективных видов термообработки на базе результатов прочностных испытаний.

Среди последних особое место занимают испытания зубьев зубчатых колес. Обусловлено это как распространенностью зубчатых передач, так и тем, что их масса составляет до 40% массы машин, и до 50% их стоимости. Поэтому реальные рекомендации по повышению несущей способности и надежности передач и снижению их массы позволяют получить значительный технико-экономический эффект.

Уяснение этого обстоятельства привело к значительному расширению исследований прочности зубчатых передач и созданию многочисленных конструкций испытательных стендов. Следует отметить, однако, что универсальных стендов, обеспечивающих проведение испытаний при различных видах нагружения или сочетаниях нагрузок до настоящего времени не создано. Отдельные стенды, изготовленные, как правило, в единичном экземпляре и имеющиеся в ряде НИИ и вузов машиностроительного профиля, рассчитаны на испытание образцов различных размеров, имеют различные принципы и системы измерения нагрузки и соответственно, различную точность испытаний, и предназначены, как правило, для реализации одного режима нагружения. Среди них наиболее распространены пульсаторы, обеспечивающие режим циклического от нулевого плавного знакопостоянного нагружения. В ТарГУ им. М.Х. Дулати созданы стенды циклического ударного нагружения и однократного ударного и статического нагружения. Вместе с тем, стендов для прочностных испытаний зубьев при знакопеременном плавном и ударном

нагружении не имеется. Однако, такой режим нагружения весьма распространен.

Поэтому целью настоящей работы явилось обоснование режимов знакопеременного нагружения при прочностных испытаниях зубьев зубчатых колес и создание предпосылок для реализации таких испытаний, а её задачей – разработка схемы испытательного стенда, обеспечивающего стабильность и точность их результатов.

Так как получение общих, пригодных для распространения на большую гамму зубчатых передач результатов связано с испытаниями образцов, стенд предназначается для выполнения испытаний на образцах, конструкция которых разработана в ТарГУ им М.Х.Дулати. Настоящая работа является одним из звеньев выполняемых в университете исследований по обоснованию и разработке методов и технических средств для испытаний деталей строительных и мелиоративных машин на прочность, проводимых кафедрой «Машины и оборудования».

**1. Обоснование направления работ.** Одной из важнейших причин поломок зубчатых передач в процессе эксплуатации являются колебания масс механизмов и корпусов строительных и мелиоративных машин. Колебания эти имеют место при передвижении по бездорожью или по грунтовым дорогам, при пусках и торможениях агрегатов, при резких увеличениях нагрузок и разгрузках рабочих органов и отдельных механизмов, и приводят к нагружению зубьев передач дополнительной нагрузкой, зачастую имеющей знакопеременный характер (с чередованием нагрузок взаимно противоположного направления).

Кроме того, работа многих зубчатых передач характеризуется частыми реверсами (вращение в противоположном основному рабочему движению направлении), при котором также имеет место изменение направления нагрузки, имеются также виды передач, в процессе работы которых зубья отдельных зубчатых колес регулярно подвергаются действию знакопеременных нагрузок при нормальном режиме работы. К числу таких зубчатых колес относятся сателлиты планетарных передач и паразитные шестерни зубчатых передач с развернутой схемой.

Как показали исследования, проведенные ранее в Джамбулском гидромелиоративно-строительном институте Уркумбаевым Б.Ф., при знакопеременном нагружении прочность зубьев передач значительно ниже прочности при знакопостоянных циклических нагрузках. При этом величина предельных нагрузок снижается на 16-43%, а ресурс зубьев уменьшается в 1,5-2 раза. Основной причиной такого снижения нагрузочной способности зубьев является знакопеременность микропластической деформации, исключая возможность наклепа и приводящая к ускорению образования и развития трещин в зубьях.

Так как чувствительность к знакопеременности нагрузки зубьев, изготовленных из сталей различных марок и при различной термообработке, отличается весьма значительно, возможность достаточно точного учета при расчете передач влияния знакопеременности нагружения отсутствует. Вместе с тем, систематических исследований этого вопроса с охватом достаточно широкого диапазона марок сталей, видов термообработки и режимов нагружения не имеется.

Более того, все результаты исследований прочности зубьев при знакопеременном нагружении получены испытаниями при плавном синусоидальном законе изменения нагрузки и низкой частоте и длительном

периоде (0,01-0,04 сек) её действия. Они не позволяют оценить влияния на прочность и ресурс зубчатых колес нагрузок высокой частоты и ударных, характерных для колебаний в передачах механизмов строительных и мелиоративных машин с неизбежными по условиям монтажу зазорами, а также быстроходных планетарных передач и передач по развернутой схеме с паразитными шестернями и реверсом движения.

В связи с этим, проведение исследований нагрузочной способности и ресурса зубьев при знакопеременном ударном нагружении представляет актуальную задачу.

Как показал анализ технической литературы, патентной и прочей информации, стендов для проведения испытаний зубчатых колес на прочность зубьев при циклическом знакопеременном ударном нагружении не имеется. Известный стенд [2], созданный и получивший применение в исследованиях прочности зубчатых колес в Джамбулском гидромелиоративно-строительном институте, предназначен для испытаний только при плавном знакопеременном нагружении. Другие реализующие знакопеременное нагружение стенды в виде планетарного редуктора, работающего с тормозной муфтой либо по схеме замкнутого контура [3] не позволяют варьировать число зубьев испытываемого колеса и изменение режима нагружения. Однако создание стенда, реализующего только знакопеременное ударное нагружение, недостаточно, так как нет возможности достаточно точного сопоставления полученных данных с результатами испытаний при плавном знакопеременном нагружении или при ударном знакопеременном нагружении, реализуемых на других стендах [3,4]. Существенные погрешности будут внесены в результате различия методов измерения действующих нагрузок и напряжений и измерительных устройств. Точно так же, сложно обеспечить точность анализа результатов измерения действующих нагрузок и напряжений при однократном нагружении для определения остаточной нагрузочной способности зубьев после заданных объемов циклического нагружения, так как измерение циклических и однократных производится с помощью различных схем. Отсутствует также возможность реализации испытаний и достаточно адекватного измерения нагрузок и напряжений при комбинированном нагружении, отличающемся чередованием и взаимным наложением в различных соотношениях циклических знакопеременных и знакопостоянных ударной и плавной нагрузок.

В связи с этим была поставлена задача создания стенда, реализующего испытания зубчатых колес на прочность зубьев при циклических знакопеременных и знакопостоянных ударном, плавном, однократных ударном и статическом нагружениях, а также измерение действующих нагрузок и напряжений с помощью одного измерительного устройства.

**2. Схема и описание работы стенда.** В стенде, кинематическая схема которая представлена на рисунке 1, испытываемое зубчатое колесо закрепляется на шлицевом конце двухопорного динамометрического вала 3, на другом шлицевом конце которого закреплен нагружающий рычаг 4. Нагрузка на испытываемом зубе создается реакцией упора 2, в клиновидной прорези которого расположена вершина зуба, при приложении от рычага 4 знакопеременного или знакопостоянного крутящего момента. Величина момента измеряется с помощью предварительно протарированных тензометрических датчиков, наклеенных на вал 3.

Знакопеременный циклический момент ударного характера на валу 3 создается поочередным приложением к рычагу 4 ударной нагрузки от ударников 10, перемещающихся в направляющих и снабженных пружинами 11. Перемещение ударников осуществляется с помощью привода, состоящего из кулака 8 с внутренним профилем, вращаемого электродвигателем через клиноременную передачу, и двух толкателей в виде качающихся рычагов 9 с двумя роликами на каждом. Ролик с продольной осью вращения взаимодействует с кулаком, ролик с поперечной осью вращения опирается на плоскость в прорезы ударника и взводит ударник. Холостой ход взведения ударника производится при обегании роликом с продольной осью вращения приближающейся к центру части профиля выступа кулака 8. Рабочий ход ударника 10 осуществляется под действием силы сжатия пружины 11 при обегании роликом удаляющейся от центра части профиля и завершается ударом по рычагу 4. Так как впадина профиля кулака 8 несколько глубже, чем необходимо для рабочего хода, кулак и ролик после удара на некоторое время размыкаются. Поочередность нанесения ударов двумя ударниками осуществляется благодаря нечетному числу выступов кулака 8.

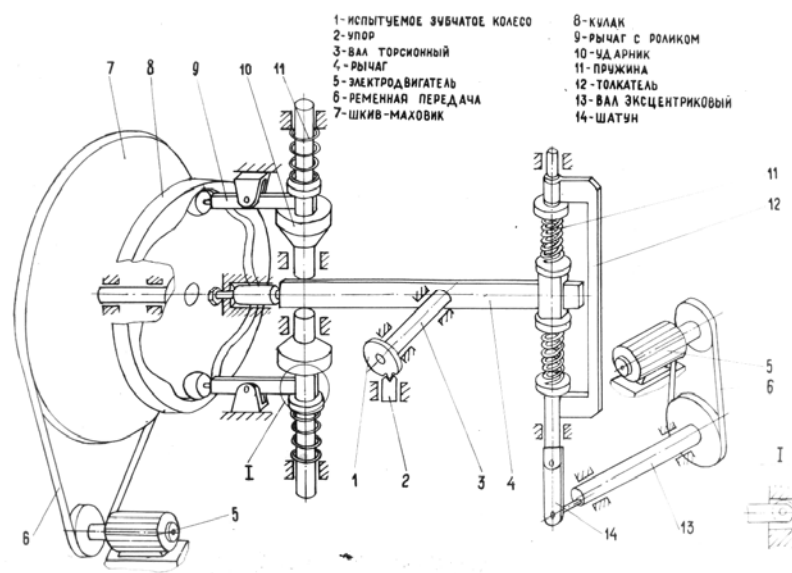


Рис. 1. Кинематическая схема стенда

Циклическое знакопеременное плавное нагружение осуществляется поочередным сжатием двух пружин 11 с помощью толкателя 12. Возвратно-поступательное движение толкателя осуществляется с помощью кривошипно-шатунного механизма, состоящего из шатуна 14 и кривошипного вала 13, вращением электродвигателя через ременную передачу.

Устройство однократного нагружения (на схеме не показано) состоит из направляющей вертикальной трубы, падающего в трубе груза и распорной винторычажной системы. Однократная ударная нагрузка на рычаге 4 создается ударом по рычагу падающего груза. Однократная статическая нагрузка создается тем же падающим грузом, расположенным в трубе как в направляющей и прижимаемым к рычагу винторычажным распорным устройством, неподвижный конец которого зафиксирован в трубе.

Стенд позволяет провести испытания при циклических знакопеременных и знакопостоянных ударных и плавных нагрузениях как в отдельности, так и при одновременном наложении различного характера в различных сочетаниях (всего не менее 14 режимов).

При этом циклическое знакопостоянное нагружение осуществляются после демонтажа одного ударника 10 и пружины 11, соответственно, в устройствах циклического ударного и плавного нагружения.

Стенд обеспечивает точность анализа результатов испытаний, так как все измерения действующих нагрузок и напряжений производятся с помощью одного динамометрического вала.

Для реализации испытаний только при циклическом плавном или ударном нагружении предусмотрен комплекс сменных одноплечевых рычагов 4. Предусмотрена возможность проведения на стенде испытания зубчатых колес при циклическом ударной как стационарной, так и нестационарной нагрузках. Для реализации нестационарного нагружения предусмотрено применение составных кулаков ее сменными профильными выступами.

Изменения величины нагрузки на стенде проводятся изменением плеча приложения нагрузок на рычаге 4, заменой сменных кулаков  $\delta$  и ведущих шкивов электродвигателя в приводе ударного нагружения. Техническая характеристика стенда приведена в таблице.

Таблица

Техническая характеристика стенда

1. Параметры испытуемых зубчатых колес:	
- модуль, мм	3
- число зубьев	20 – 60
2. Параметры циклического плавного нагружения:	
- максимальная нагрузка на рычаг, Н	4000
- при радиусе кривошипа, мм	6, 8, 10, 12
- плечо приложения нагрузки, мм	160-320
- частоте циклов I/мин	420-900
3. Параметры циклического ударного нагружения:	
- энергия удара, Н.м	5-80
- частота цикла, I/мин	15-1300
- плечо приложения ударной нагрузки на рычаге, мм	135-260
4. Энергия однократного удара, Н.м	75-120
5. Мощность электродвигателей (суммарная), кВт	8
6. Габариты, мм	
- длина	2255
- ширина	1430
- высота (максимальная, с установленным устройством однократного нагружения)	4100
7. Масса, кг	3200

**Выводы.** Выполнен анализ нагружения, необходимых для реализации прочностных испытаний зубьев передач строительных и мелиоративных машин и обоснована необходимость проведения испытаний при знакопеременном нагружении. Обоснована необходимость разработки нестандартного стенда для циклических знакопеременного плавного и



ударного, а также однократных ударного и статического нагружений. Приведены кинематическая схема и техническая характеристика стенда.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уркумбаев, Б.Ф. Влияние асимметрии цикла нагружения на сопротивление усталости зубьев зубчатых колес [Текст] / Б.Ф. Уркумбаев // Вопросы прочности зубчатых передач сельскохозяйственных, строительных и мелиоративных машин: Труды ТИИИМСХ, вып.118. – 1981. – С. 43-48.
2. Авторское свидетельство №868405. Устройство для испытания зубчатых колес при динамических нагрузках / Уркумбаев М.Ф., Уркумбаев Б.Ф. // Бюллетень «Открытия, изобретения, пром. образцы, товарные знаки», №12, 1980.
3. Гадолин, В.А. Машины и стенды для испытания деталей [Текст] / В.А. Гадолин, Н.А. Дроздов, В.Н. Иванов, Д.Н. Решетов, С.А. Шувадов, Р.М. Чатынян, Е.А. Язева; Под.ред. Д.Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1979. – 343 с.
4. Гольд, Б.В. Прочность и долговечность автомобиля [Текст] / Под. ред. Б.В. Гольда. – М.: Машиностроение, 1974 – 328 с.
5. Серенсен, С.В. Несущая способность и расчеты деталей машин на прочность [Текст]: справочное пособие / С.В. Серенсен, В.П. Когаев, Р.М. Шнейдерович; Под.ред. С.В. Серенсена. – М.: Машиностроение, 1975 – 488 с.
6. Школьник, Л.М. Методика усталостных испытаний [Текст]: справочник / Л.М. Школьник. – М.: Металлургия, 1978 – 304 с.
7. Блюменауэр, Х. Испытание материалов [Текст]: справочник / Х. Блюменауэр [и др.]; Пер. с нем. – М.: Машиностроение, 1979.

*Материал поступил в редакцию 11.06.18.*

**С. Алиев**

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

#### ҚАЙТАЛАМА АУЫСПАЛЫ ТЕГІС ЖӘНЕ СОҚҚЫЛЫ ЖҮКТЕМЕЛЕР СТЕНДІ

Жұмыста сынақтар кезінде тісті доңғалақтар тістерінің жүктелуінің айнаымалы шама ерекшелері негізделген.

**Тірек сөздер:** білік, рычаг, серіппе, кулак, тірек, толкатель, шатун, шкив-маховик, машина бөлшектер.

**S. Aliyev**

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

#### STAND FOR CYCLIC FUNCTIONAL AND SINGLE-VARIABLE AND SHOCK LOADS

The paper presents the rationale for alternating loading modes of the teeth of gear wheels during testing.

**Keywords:** shaft, lever, drummer, spring, fist, stop. tol-tatel, connecting rod, pulley flywheel, machine parts.

ӨОЖ 621.01-231.31

Ж.Т. Рахметуллина<sup>1</sup>, А.Т. Жақаш<sup>2</sup>, А.А. Таласбаев<sup>3</sup><sup>1</sup>Физ.-мат. ғыл. канд. доцент, <sup>2</sup>Техн. ғыл. канд. доцент, <sup>3</sup>Магистрант  
<sup>1,3</sup>Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық  
университеті, Өскемен қ., Қазақстан<sup>2</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан**ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ САҚИНА ӨРІСІНДЕГІ СЫРТҚЫ  
МАТЕРИАЛДЫҚ НҮКТЕНІҢ ҚОЗҒАЛЫСЫ**

Гравитациялық жазық сақина өрісінде сыртқы материалдық нүктелердің есебін шешуде аз параметр әдісін қолдану арқылы кіші параметрді таңдаудың жаңа әдістері жетілдірілген және аналитикалық шешімдері қарастырылған. Бастапқы шарттардың көмегімен материалдық нүкте қозғалысының сипаттамалары алынған. Материалдық нүктенің қозғалыс траекториясын алу үшін Delphi тілінде бағдарламала құрылған.

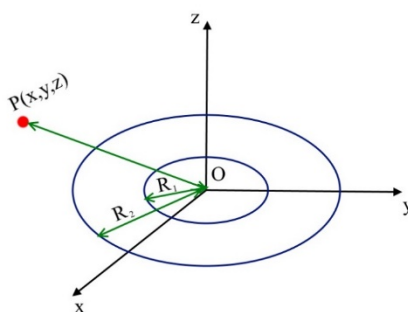
**Тірек сөздер:** материалдық нүкте, гравитация, кіші параметр әдісі, сақина өрісі, аналитикалық әдістер.

Көптеген екі өлшемді денелердің тартылысы мен олардың потенциалы аз зерттелген. Біз алдымен Г.Н. Дубошин [2] еңбегінде алынған сақина потенциалын қолданып, оны сақина өрісінде материалдық нүкте қозғалысын алу үшін пайдаланамыз. Ол үшін Оху жазықтығында біртекті (тығыздығы  $\sigma$ ) екі өлшемді сақинаны қарастыратын боламыз. Мұндай дененің потенциалы кеңістікте  $x_1, x_2, x_3$  нүктелері арқылы екі еселі интеграл арқылы беріледі

$$\varphi(x_1, x_2, x_3) = G\sigma \iint \frac{dx_1 dx_2}{\Delta}$$

$\Delta$  - екі  $x_1, x_2$  нүкте арасындағы арақашықтық.

Тығыздығы  $\sigma = const$ , радиустары  $R_1$  және  $R_2$  ( $R_1 < R_2$ ) болатын біртекті жазық дөңгелек сақинаның гравитациялық өрісіндегі материалдық нүктенің қозғалысын қарастырайық (1-сурет).



Сурет 1. Гравитациялық өрістегі сақина

Сыртқы материалдық нүктенің  $r > R_2$  болған жағдайында күштік функцияның жіктелуі

$$U(r, \theta) = 2\pi G \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{(2n-1)!!}{2n} \frac{P_{2n}(\cos \theta)}{r^{2n+1}} \int_{R_1}^{R_2} \delta(\rho') \rho'^{2n+1} d\rho'$$

формуласымен беріледі.

Қазіргі уақытта потенциалды қатарға жіктеудің өте көп таралған түрі сфералық функция бойынша жіктеу. Сфералық функцияны есептеу үшін сфералық функцияның аналитикалық түріне кіретін Лежандр функциясы мен көпмүшелігін пайдалану қажет.

$n$ -ші ретті  $P_n(z)$  Лежандр көпмүшелігі келесі формула бойынша анықталады

$$P_{2n}(0) = (-1)^n \frac{(2n)!}{2^{2n} (n!)^2}$$

Алғашқы  $P_n(z)$  үшін

$$P_{2n-1}(0) = 0$$

$$P_0 = 1; P_2 = -\frac{1}{2}; P_4 = \frac{3}{8}$$

$$P_0(\cos \theta) = 1; P_2(\cos \theta) = -\frac{1}{2}(3 \cos^2 \theta - 1); \quad 3$$

$$P_4(\cos \theta) = \frac{3}{8}(35 - \cos^4 \theta - 30 \cos^2 \theta + 3);$$

аламыз.

Енді Бине теңдеуінен жазық біртекті сақина өрісіндегі материалдық нүкте қозғалысының дифференциалдық теңдеуін алуға болады. Ол үшін бірінші өрнекке  $U$ -ға біраз түрлендірулер жасау қажет [1]:

$$\frac{d^2 u}{d\varphi^2} + u = \frac{Gm_c}{m_k c^2} f(u)$$

мұндағы

$$\begin{aligned} f(u) = & -1 + \frac{3}{16} u^2 (R_1^2 + R_2^2) - \frac{45}{512} u^4 (R_1^4 + R_1^2 R_2^2 + R_2^4) + \\ & + \left( \frac{9}{16} u^2 (R_1^2 + R_2^2) \right) - \frac{25}{128} u^4 (R_1^4 + R_1^2 R_2^2 + R_2^4) \cos 2\theta - \\ & - \frac{175}{512} u^4 (R_1^4 + R_1^2 R_2^2 + R_2^4) \cos 4\theta \end{aligned}$$

Алынған сызықты емес дифференциалдық теңдеудің шешімі материалдық теңдеудің қозғалысын береді.

Енді осы дифференциалдық теңдеуді шешу үшін кіші параметр әдісін пайдаланайық. Оны келесі түрде іздейтін боламыз

$$u = u_0 + \varepsilon u_1 + \varepsilon^2 u_2 + \dots + \varepsilon^n u_n + \dots$$

$\varepsilon$  -кіші параметрі ретінде келесі шаманы аламыз

$$\varepsilon = \frac{Gm_k}{c^2} \approx 0,0000457$$

[3] әдебиетте алынған нәтижелерді жетілдіретін боламыз. Теңдеуді Maple бағдарламасын қолданып шешейік.

> restart;

$$de := diff(u1(phi), phi) + u1(phi) = -1 + \frac{3}{16} \cdot u0 \cdot R1;$$

$$cond := u1(0) = a \cdot \cos(\theta), D(u1)(0) = -a \cdot \omega \cdot \sin(\theta);$$

$$\frac{d^2}{d\phi^2} u1(\phi) + u1(\phi) = -1 + \frac{3}{16} u0 R1$$

$$u1(0) = a \cos(\theta), D(u1)(0) = -a \omega \sin(\theta)$$

$$de1 := (subs(u0 = a \cdot \cos(\omega \cdot \phi + \theta), de));$$

$$\frac{d^2}{d\phi^2} u1(\phi) + u1(\phi) = -1 + \frac{3}{16} a \cos(\phi \omega + \theta) R1$$

$$de2 := rhs(dsolve(\{de1, cond\}, u1(phi))):$$

$$de3 := (subs(R1 = (r1 + r2), de2)):$$

$$de4 := (subs(R2 = (r1^4 + r1^2 \cdot r2^2 + r2^4), de3)):$$

$$de5 := 0.0004 \cdot de4:$$

$$de6 := a \cdot \cos(\omega \cdot \phi + \theta) + de5;$$

$$a \cos(\phi \omega + \theta) - \frac{0.00002500000000 \sin(\phi) a \omega \sin(\theta) (16 \omega^2 + 3 r1 + 3 r2 - 16)}{\omega^2 - 1} \\ + \frac{1}{\omega^2 - 1} (0.00002500000000 \cos(\phi) (16 \cos(\theta) a \omega^2 + 3 a \cos(\theta) (r1 + r2) \\ - 16 a \cos(\theta) + 16 \omega^2 - 16)) + \frac{0.0004 (-3 a \cos(\phi \omega + \theta) (r1 + r2) - 16 \omega^2 + 16)}{16 \omega^2 - 16}$$

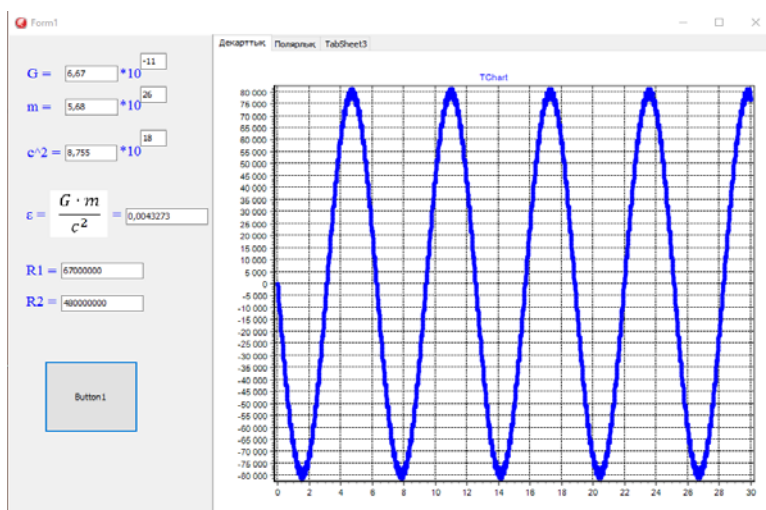
$$a := 9 : \omega := 25 : \theta := 7 : r1 := 45000 : r2 := 65000000 :$$

de5;

plot(de5, phi, coords = polar);

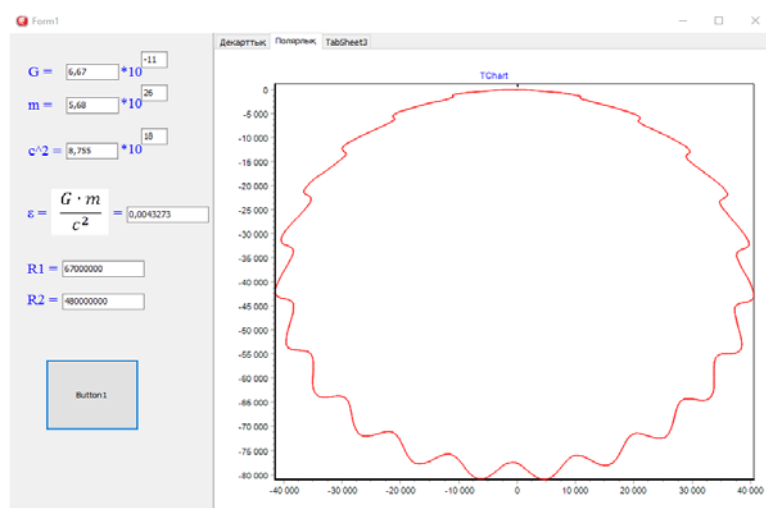
$$-1759.119447 \sin(\phi) \sin(7) + 4.006410256 10^{-8} \cos(\phi) (1756304856 \cos(7) + 9984) \\ - 70.36117788 \cos(25 \phi + 7) - 0.0004$$

Соңғы теңдеу дифференциалдық теңдеудің шешімін береді. Осы шешімді пайдаланып Delphi бағдарламасында графиктер аламыз. Декарттық координаттағы графикті төмендегі суреттен көруге болады (2-сурет).



Сурет 2. Алынған шешімнің декарттық координатадағы графигі

Полярлық координаталар жүйесіндегі график арқылы біз сыртқы материалдық нүктенің қозғалысын көруімізге болады



Сурет 3. Материалдық нүктенің қозғалыс траекториясы

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Таласбаев, А.А. Жазық біртекті сақина өрісіндегі материалдық нүкте қозғалыс теңдеуі туралы [Мәтін] / А.А. Таласбаев, Ж.Т. Рахметуллина. – Өскемен: ШҚМТУ, 2017.
2. Дубошин, Г.Н. Небесная механика. Основные задачи и методы. [Текст] / Г.Н. Дубошин. – М.: Физматгиз, 1963.
3. Таласбаев, А.А. Жазық біртекті сақина өрісіндегі материалдық нүкте қозғалысының шешімі мен оның графигі [Мәтін] / А.А. Таласбаев, Ж.Т. Рахметуллина. – Өскемен: ШҚМТУ, 2018.
4. Шевцов, А.Н. Математическое моделирование в прикладных задачах [Текст] / А.Н. Шевцов. – Тараз, 2012. – 230 с.

Материал редакцияға 02.04.18 түсті.

Ж.Т. Рахметуллина<sup>1</sup>, А.Т. Жакаш<sup>2</sup>, А.А. Таласбаев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Восточно-Казахстанский государственный технический университет им.  
Д.Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан

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

### ДВИЖЕНИЯ ВНЕШНЕЙ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ В ПОЛЕ ГРАВИТИРУЮЩЕГО КОЛЬЦА

В области гравитационных плоских колец разработаны новые методы отбора малых параметров и разработаны аналитические решения с использованием метода малых параметров для внешней материальной точки. Получены характеристики движения материальной точки с помощью начальных условий. На языке Delphi создана программа для получения траектории движения материальной точки.

**Ключевые слова:** материальная точка, гравитация, метод малых параметров, поле кольца, аналитические методы.

Zh.T. Rakhmetullina<sup>1</sup>, A.T. Zhakash<sup>2</sup>, A.A. Talasbayev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>D. Serikbayev East Kazakhstan State Technical University

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

### MOVEMENTS OF THE EXTERNAL MATERIAL POINT IN THE FIELD OF THE GRAVITATIONAL RING

In the field of gravitational flat rings, new methods for selecting small parameters have been developed and analytical solutions have been developed using the method of smaller parameters for solving external end points. Characteristics of motion of a material point using initial conditions. The Delphi language program is created to obtain the trajectory of the motion of a material point.

**Keywords:** material point, gravity, small parameter method, ring field, analytical methods.

УДК 539.3

Н.А. Абиев<sup>1</sup>, А.Н. Шевцов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Канд. физ.-мат. наук, доцент, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, и.о.доцента  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

### УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДЗЕМНОГО СТЕКЛОПЛАСТИКОВОГО НЕФТЕПРОВОДА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ГРУНТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

В работе представлены результаты анализа неоднородного по окружности критического давления при внутреннем давлении в 20 атм. при глубине прокладки в 1,5 м, а также при увеличении глубины, и рассчитана устойчивость стеклопластикового трубопровода диаметром 1,4 м.

**Ключевые слова:** трубопровод, устойчивость, нефть, стеклопластик.

Ведущим мировым поставщиком стеклопластиковых труб является группа компаний Amiantit, в Казахстане ее представителем является ТОО "Амитех Астана" [1]. Трубы изготавливаются методом непрерывной спиральной намотки, не подвержены коррозии и обладают устойчивостью к кислотной среде, имеют легкий вес и производятся в широком ассортименте. Трубы производятся с номинальными диаметрами в диапазоне от 300 до 3000 мм, длиной 6, 12, 18 м, и с минимальной удельной начальной жесткостью  $(EI/D^3)$  5000 Н/м<sup>2</sup>, 10000 Н/м<sup>2</sup> и рабочим давлением 6, 10, 16, 20, 25, 32 атм. Хотя производителем максимальная глубина заложения подземных труб заявлена до 24 м, определенный интерес все же представляет исследование потери устойчивости таких труб в поперечном направлении при большом диаметре и высоком давлении в зависимости от материала грунта засыпки. В работах [1-3] произведены расчеты подземных трубопроводов из стеклопластиков по определению напряженно-деформированного состояния под воздействием эксплуатационных факторов. Однако вопросам устойчивости труб по сечению из стеклопластиков уделено не достаточное внимание.

Под влиянием внешнего давления грунта и внутреннего давления нефти возникают сжимающие силы, которые воздействуют на стенку трубы. При достижении критических значений нагрузки, они могут вызвать повреждения в виде бокового выпучивания трубы (рис. 1).

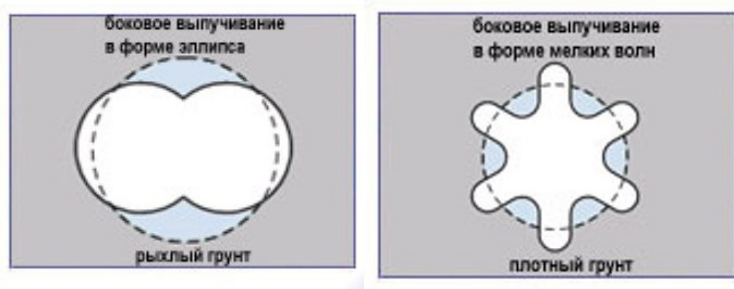


Рис. 1. Выпучивание трубопровода

На процесс появления бокового выпучивания трубы, существенное влияние оказывают физико-механические свойства грунта, материал трубы, геометрические параметры и режимы работы трубопровода. В данной работе рассматривается устойчивость подземного стеклопластикового трубопровода при воздействии грунтов с различными физико-механическими свойствами.

*Постановка задачи.* В качестве перекачиваемого сырья примем нефть, при номинальном давлении PN 20 (bar), диаметре трубопровода 1400 мм, толщине стенки 17,8 мм [4], глубине заложения 1,5 м. Грунт обратной засыпки (рис. 2) будет создавать неравномерное давление на внешнюю поверхность трубопровода:

$$q_z = \gamma H ,$$

где:  $q_z$  – вертикальное давление грунта (кН/м<sup>2</sup>);  $\gamma$  – удельная масса грунта засыпки (кН/м<sup>3</sup>).

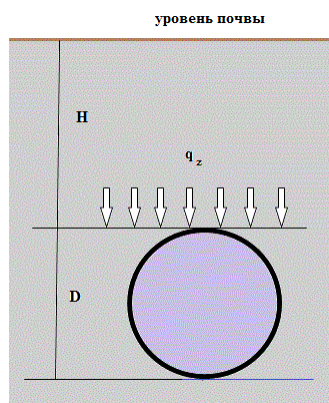


Рис. 2. Давление грунта

Таблица 1

Значения плотности и удельной массы для разных категорий грунта [5]

Наименование грунта	Категория грунта	Плотность грунта, т/м <sup>3</sup>	Удельная масса грунта, кН/м <sup>3</sup>
Песок рыхлый, сухой	I	1,2...1,6	11,76...15,68
Песок влажный, супесь, суглинок разрыхленный	I	1,4...1,7	13,72...16,66
Суглинок, средний и мелкий гравий, легкая глина	II	1,5...1,8	14,7...17,64
Глина, плотный суглинок	III	1,6...1,9	15,68...18,62
Тяжелая глина, сланцы, суглинок с щебнем, гравием	IV	1,9...2,0	18,62...19,6

Таблица 2

Разновидности грунтов по ГОСТ 25100-95 [6]

	Вид грунта	Плотность, т/м <sup>3</sup>	Удельная масса грунта, кН/м <sup>3</sup>
1	Ил супесчаный	1,75	17.15
2	Ил суглинистый	1,70	16.66
3	Ил глинистый	1,55	15.19
4	Глина-суглинок	1,55 - 2,05	15.19-20.09
5	Легкий суглинок	1,80	17.64
6	Супесь песчаная - песок пылеватый	1,95	19.11
7	Песок пылеватый – мелкий	2,00	19.6
8	Песок мелкий – средний	2,05	20.09
9	Песок плотный, слабоцементированный	2,15	21.07
10	Связный грунт слаболитифицированный	2,15	21.07



Плотность нефти согласно [7] при расчетах будем принимать равным  $825 \text{ кг/м}^3$ .

В качестве основных определяющих соотношений принята система дифференциальных уравнений устойчивости ортотропной трубы в виде [8]

$$\begin{cases} L_2 w = \frac{h}{R} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + L(\Phi_0, w); \\ L_1 \Phi = -\frac{E_2}{R} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \end{cases} \quad (1)$$

где

$$L_1 \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right) = \frac{\partial^4}{\partial x^4} + \left( \frac{E_2}{G} - 2\nu_{21} \right) \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{E_2}{E_1} \frac{\partial^4}{\partial y^4};$$

$$L_2 \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right) = D_1 \frac{\partial^4}{\partial x^4} + 2D \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + D_2 \frac{\partial^4}{\partial y^4};$$

$$L(\Phi_0, w) = \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial x^2} \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial y^2} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - 2 \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial x \partial y} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y};$$

где:  $\Phi_0$  - функция докритических усилий;  $E_1, E_2, G$  - характеристики материала трубы;  $R, h$  - радиус и толщина оболочки соответственно;  $D_1, D_2, D$  - коэффициенты согласно [8].

$$\frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial y^2} = N_x, \quad \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial x^2} = N_y, \quad \frac{\partial^2 \Phi_0}{\partial x \partial y} = -N_{xy}.$$

Исключая из (1) функцию  $\Phi$ , приходим к следующему уравнению [9]

$$L_1 L_2 w = -\frac{h E_2}{R^2} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + L_1 L(\Phi_0, w)$$

Нагрузку определим при разложении  $f(\varphi)$  в ряд:

$$q = q_0 \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cos \frac{ky}{R}.$$

Далее считая докритическое состояние оболочки безмоментным, имеем следующие выражения для докритических усилий

$$N_y^0 = -qR = -q_0 R \sum_{k=0}^{\infty} a_k \cos \frac{ky}{R},$$

$$N_{xy}^0 = -\frac{1}{R} \int_0^x \frac{\partial N_y^0}{\partial \varphi} dx = \int_0^x \frac{\partial q}{\partial \varphi} dx = -\frac{q_0}{R} x \sum_{k=1}^{\infty} k a_k \sin \frac{ky}{R},$$

$$N_x^0 = -\frac{1}{R} \int_0^x \frac{\partial N_{xy}^0}{\partial \varphi} dx = \frac{q_0 x^2}{2R^3} \sum_{k=1}^{\infty} k^2 a_k \cos \frac{ky}{R}.$$

Систему (1) будем решать методом Бубнова-Галеркина. Выражение для прогиба примем в виде двойного ряда

$$w = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} w_{mn} \sin \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{ny}{R}.$$

Подставляя  $w$  в (1) найдем функцию усилий

$$\Phi = \frac{E_2}{R} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} w_{mn} \frac{m^2 \pi^2}{l^2 L_1\left(\frac{m\pi}{l}, \frac{n}{R}\right)} \sin \frac{m\pi x}{l} \sin \frac{ny}{R}.$$

Применяя процедуру метода Бубнова-Галеркина получим систему

$$\sum_{n=1}^{\infty} (g_n - q_{kp} s_n + p_0) w_n + (q_{kp} s_n^{n+1} + p^*) w_{n+1} + (q_{kp} s_n^{n+2} + p^*) w_{n+2} + \\ + (q_{kp} s_n^{n-1} + p^*) w_{n-1} + (q_{kp} s_n^{n-2} + p^*) w_{n-2} = 0$$

полученная система будет иметь решение, только в том случае, если ее определитель равен нулю

$$\begin{vmatrix} g_0 - q_{kp} s_0 + p_0 & q_{kp} s_0^{n+1} + p^* & q_{kp} s_0^{n+2} & 0 & \dots \\ q_{kp} s_1^{n-1} + p^* & g_1 - q_{kp} s_1 + p_0 & q_{kp} s_1^{n+1} + p^* & q_{kp} s_1^{n+2} & \dots \\ q_{kp} s_2^{n-2} & q_{kp} s_2^{n-1} + p^* & g_2 - q_{kp} s_2 + p_0 & q_{kp} s_2^{n+1} + p^* & \dots \\ 0 & q_{kp} s_3^{n-2} & q_{kp} s_3^{n-1} + p^* & g_3 - q_{kp} s_3 + p_0 & \dots \\ 0 & 0 & q_{kp} s_4^{n-2} & q_{kp} s_4^{n-1} + p^* & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{vmatrix} = 0$$

где

$$g_n = L_2\left(\frac{\pi}{l}, \frac{n}{R}\right) + \frac{E_2 h}{R^2 L_1\left(\frac{\pi}{l}, \frac{n}{R}\right)} \left(\frac{\pi}{l}\right)^4, \quad s_n = \frac{n^2 a_0}{R},$$

$$s_n^{n+k} = a_k \left( \frac{\pi^2 k^2}{4R^3} - \frac{(n+k)^2}{2R} + \frac{\pi k(n+k)}{R^2} \right),$$

$$s_n^{n-k} = a_k \left( \frac{\pi^2 k^2}{4R^3} - \frac{(n-k)^2}{2R} - \frac{\pi k(n-k)}{R^2} \right), \quad p_0 = \frac{Q+W}{2},$$

$$p^* = -\frac{l^2(Q-W)}{4R^2} + \frac{Q-W}{2} + \frac{l(Q-W)}{2R}.$$

Ограничив расчеты системами уравнений пятого порядка, будем искать критическое значение нагрузки  $q_{kp}$  для труб с жесткостью  $SN=5000 \text{ Н/м}^2$  и  $SN=10000 \text{ Н/м}^2$  производимых заводами в г. Астане и Актау. Трубы производятся длиной по 6, 12 и 18 м, и соединяются муфтами. Трубопровод можно рассматривать как набор из отдельных труб и сделать расчет для отдельного участка (трубы). В расчетах плотность грунта обратной засыпки принималась в пределах от  $500 \text{ кг/м}^3$  до  $2500 \text{ кг/м}^3$ , шаг изменения плотности равен  $20 \text{ кг/м}^3$ . Некоторые данные приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

Критическая нагрузка для труб диаметром  $D=1400 \text{ мм}$ , жесткостью  $SN=5000 \text{ Н/м}^2$ , находящихся под давлением в 20 атм

Плотность грунта, $\text{т/м}^3 \rho$	Кр нагр., кПа $L=6 \text{ м}$	Кр нагр., кПа $L=12 \text{ м}$	Кр нагр., кПа $L=18 \text{ м}$
0.52	740.7	695.4	693.9
0.54	712.9	669	667.5
0.56	688	645.6	644.1
0.58	664.6	623.6	622.2
0.6	641.2	603.1	601.7

0.7	550.4	516.7	515.3
.....	.....	.....	.....
1.7	226.9	213.7	212.2
1.72	223.9	210.8	210.8
1.74	222.5	207.8	207.8
1.76	219.6	206.4	204.9
1.78	216.6	203.4	203.4
1.8	213.7	202	200.5
1.9	203.4	190.3	190.3
2	193.2	181.5	181.5
.....	.....	.....	.....

Таблица 4

Критическая нагрузка для труб диаметром  $D=1400$  мм,  
жесткостью  $SN=10000$  Н/м<sup>2</sup>, находящихся под давлением в 20 атм.

Плотность грунта, т/м <sup>3</sup> $\rho$	Кр нагр., кПа L=6 м	Кр нагр., кПа L=12 м	Кр нагр., кПа L=18 м
0.52	1023.3	912	907.6
0.54	985.2	878.4	874
0.56	950.1	846.1	841.8
0.58	916.4	816.9	813.9
0.6	887.1	790.5	786.1
0.7	759.8	677.8	673.4
.....	.....	.....	.....
1.7	313.2	279.6	278.1
1.8	295.7	263.5	262
1.9	281	250.3	248.8
2	266.4	237.1	235.7
2.1	253.2	226.9	225.4
.....	.....	.....	.....

Результаты расчетов представлены на рисунках 3 и 4, как зависимость критической нагрузки от плотности грунта, для различных значений  $L$  и  $\rho$ . Чем тяжелее грунт – тем при меньшей нагрузке труба будет терять устойчивость. При плотности грунта  $1700$  кг/м<sup>3</sup>, прокладке трубы на глубине  $1,5$  м и внутреннем давлении  $2$  МПа критическая нагрузка будет равна  $213,7$  кПа (для расчетной длины  $12$  м) и  $279,6$  кПа, соответственно для труб с жесткостью  $5$  кН/м<sup>2</sup> и  $10$  кН/м<sup>2</sup>. Увеличение длины труб от  $10$  м и выше мало влияет на устойчивость трубы в поперечном направлении, в продольном же направлении труба изгибается по одной полуволне.

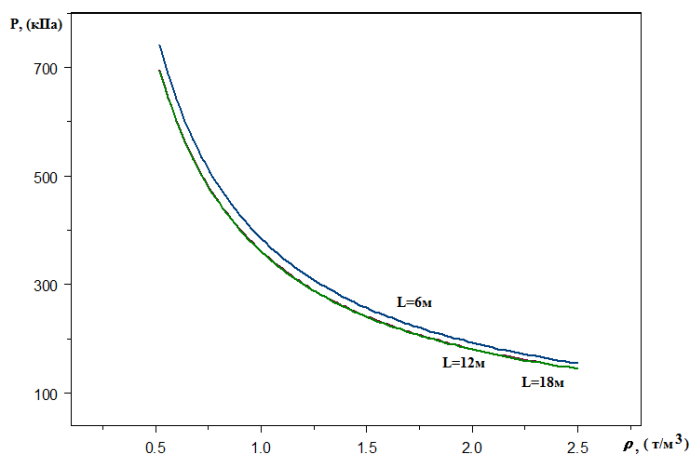


Рис. 3. График распределения критической нагрузки в зависимости от плотности грунта засыпки, для труб длиной 6, 12 и 18 м, D=1,4 м, SN=5 кН/м<sup>2</sup>

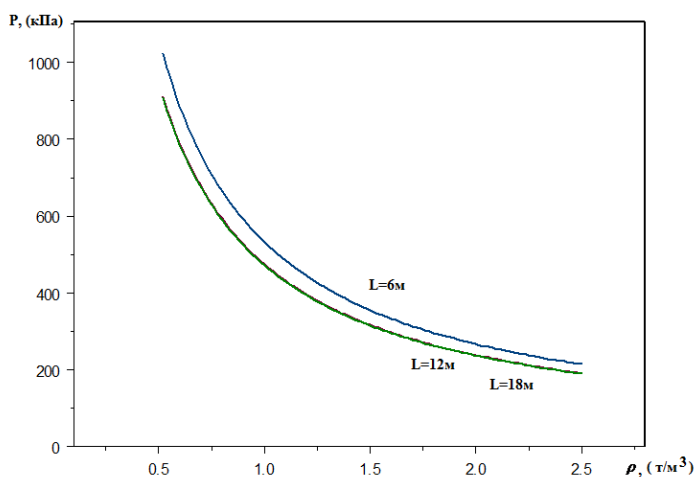


Рис. 4. График распределения критической нагрузки в зависимости от плотности грунта засыпки, для труб длиной 6, 12 и 18 м, D=1,4 м, SN=10 кН/м<sup>2</sup>

**Заключение.** Из проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Амплитуда неоднородного по окружности критического давления при внутреннем давлении в 20 атм. уже при глубине прокладки в 1,5 м находится в пределах 1-3 атм., и при увеличении глубины устойчивость стеклопластиковой трубы диаметром 1,4 м представляется весьма сомнительной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрущенко, О.В. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния подземного нефтепровода при воздействии жидких сред и температуры [Текст] / О.В. Андрущенко, Т.М. Джунисбеков. – Алматы: Ғылым, 2007. – 192 с.
2. Нарусберг, В.Л. Устойчивость и оптимизация оболочек из композитов [Текст] / В.Л. Нарусберг, Г.А. Тетерс. – Рига: Зинатне, 1988. – 299 с.

3. Белозеров, Л.Г. Композитные оболочки при силовых и тепловых воздействиях [Текст] / Л.Г. Белозеров, В.А. Киреев. – М.: Изд-во физико-математической литературы, 2003. – 388 с.
4. Трубопроводные системы Flowtite производства ТОО "Амитех Астана" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.amitech.kz/>.
5. Справочник строителя. Машины для земляных работ. Взаимодействие рабочих органов машин с грунтом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.baurum.ru/\\_library/?cat=\\_library&id=1191](http://www.baurum.ru/_library/?cat=_library&id=1191).
6. СП 11-114-2004. «Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений» [Текст] / Госстрой России. – М.: Производственный и научно-исследовательский институт по инженерным изысканиям в строительстве (ФГУП «ПНИИИС») Госстроя России, 2004.
7. ГОСТ 8.610-2004. Плотность нефти (Таблицы перерасчета). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.nge.ru/g\\_8\\_610-2004.htm](http://www.nge.ru/g_8_610-2004.htm).
8. Шевцов, А.Н. Расчет на устойчивость подземного трубопровода при неоднородном внутреннем давлении [Текст] / А.Н. Шевцов // Материалы междунар. науч.-практ. конференции «Экономическое, социальное и культурное развитие Зап. Казахстана: история и современность», Уральск, 2008.
9. Джунисбеков, Т.М. Расчет на устойчивость цилиндрической трубы из ортотропного материала при переменной внешней нагрузке [Текст] / Т.М. Джунисбеков, О.В. Андриющенко, А.Н. Шевцов // Механика и моделирование процессов и технологии. – 2007. – №2. – С.248-252.

*Материал поступил в редакцию 05.04.18.*

**Н.А. Абиев, А.Н. Шевцов**

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

### **ФИЗИКАЛЫҚ-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ ӘРТҮРЛІ ТОПЫРАҚТАРДЫҢ ӘСЕРІ КЕЗІНДЕ ЖЕРАСТЫ ШЫНЫПЛАСТИК МҰНАЙ ҚҰБЫРЖОЛЫНЫҢ БЕРІКТІГІ**

Жұмыста ішкі қысымы 20 атм. кезіндегі орнату тереңдігі 1,5 м болатын шеңбері бойынша біртекті емес шекті қысымның талдауы келтірілген, сондай-ақ диаметрі 1,4 м шыныпластик құбыржолының беріктігі есептелген.

**Тірек сөздер:** құбыржол, беріктік, мұнай, шыныпластик.

**N.A. Abiev, A.N. Shevtsov**

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

### **RESISTANCE UNDERGROUND GRP PIPELINE WHEN EXPOSED TO SOILS WITH DIFFERENT PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES**

In this work the analysis of uneven around the circumference of the critical pressure at an internal pressure of 20 ATM. when the depth of the strip is 1.5 m, and also with increasing depth, and the calculated resistance of GRP pipeline with a diameter of 1.4 m.

**Keywords:** pipeline, sustainability, oil, fiberglass.

ӘОЖ 539.3

М.М. Бекмуратов<sup>1</sup>, Н.С. Карымсаков<sup>2</sup>, С.А. Орынбаев<sup>3</sup><sup>1</sup>Техн. ғылымд. канд., доцент, <sup>2</sup>Техн. ғылымд. канд., аға оқытушы, <sup>3</sup>PhD дәрісі  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., ҚазақстанКОМПОЗИТ МАТЕРИАЛДАН ЖАСАЛҒАН  
ПЛАСТИНАНЫ ИЛҮГЕ ЕСЕПТЕУ

Композит материалдан жасалған тор көзді пластинаны иілу кезіндегі өлшемдерінің φ бұрыш тәуелділігі қарастырылған.

**Тірек сөздер:** композитті материал, динамикалық жүктеме, теория.

Төрт бұрышты симметриялық тор көз құрайтын композит материал білеулерден және асты-үстінен симметриялық құрылымнан тұратын жабындылы пластинаны қарастырамыз. Пластина орта сызығына тік күшпен жүктелген.

Бұндай жүктеме кезіндегі пластинаның деформациялық жағдайы келесі теңдеулер жүйесімен [1] өрнектеуге болады:

$$\begin{aligned}
& b_{31} \left( \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial \Psi_x}{\partial x} \right) + b_{13} \left( \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \frac{\partial \Psi_y}{\partial y} \right) + q = 0; \\
& -b_{31} \left( \frac{\partial \omega}{\partial x} + \Psi_x \right) + D_{11} \frac{\partial^2 \Psi_x}{\partial x^2} + K_{22} \frac{\partial^2 \Psi_x}{\partial y^2} + (D_{12} + K_{12}) \frac{\partial^2 \Psi_x}{\partial x \partial y} = 0; \\
& -b_{31} \left( \frac{\partial \omega}{\partial y} + \Psi_y \right) + (D_{12} + K_{12}) \frac{\partial^2 \Psi_x}{\partial x \partial y} + K_{11} \frac{\partial^2 \Psi_y}{\partial x^2} + D_{22} \frac{\partial^2 \Psi_x}{\partial y^2} = 0
\end{aligned} \quad (1)$$

Пластинканың қимасындағы бойлық және ендік күштер мен моменттерді серпінділік теориялық теңдеуі арқылы өрнектейміз:

$$\begin{aligned}
M_x &= D_{11} X_x + D_{12} X_y; Q_x = b_{31} \theta_x \theta_x = b_{13} \theta_y \\
M_y &= D_{12} X_x + D_{22} X_y; \\
H_{xy} &= K_{11} X_{xy} + K_{12} X_{yx}; \\
H_{yx} &= K_{12} X_{xy} + K_{22} X_{yx};
\end{aligned} \quad (2)$$

мұндағы  $D_{ij}$  және  $K_{jo}$  иілу қатаңдықтар мәндері төмендегідей:

$$\begin{aligned}
D_{11} &= C_{11} + d_{12} + \frac{(h+t)^2}{2} B_{11}; \\
D_{12} &= C_{12} + d_{12} + \frac{(h+t)^2}{2} B_{12}; \\
D_{22} &= C_{22} + d_{12} + \frac{(h+t)^2}{2} B_{22}
\end{aligned} \quad (3)$$

$$K_{11} = C_{12} + d_{11} + \frac{(h+t)^2}{2} B_{33};$$

$$K_{12} = C_{12} - d_{12} + \frac{(h+t)^2}{2} B_{33};$$

$$K_{22} = C_{12} + d_{12} + \frac{(h+t)^2}{2} B_{33};$$

деформацияның жиынтығы (қоржынды)  $X_x$ ,  $X_y$ ,  $X_{xy}$ ,  $X_{yx}$ ,  $\Theta_x$  және  $\Theta_y$  пластинаның иілу жағдайындағы байланыстар төменгі теңдеумен анықталады:

$$\begin{aligned} X_x &= \frac{\partial \Psi}{\partial x}; X_y = \frac{\partial \Psi}{\partial y}; X_{xy} = \frac{\partial \Psi}{\partial x} \\ X_{yx} &= \frac{\partial \Psi}{\partial y}; \theta_x = \frac{\partial \Psi}{\partial x} + \Psi_x; \theta_y = \frac{\partial \Psi}{\partial y} + \Psi_y \end{aligned} \quad (4)$$

Пластинаның иілу жағдайындағы қатандықтарын [1] теңдеулер жүйесінен, иілудің дифференциалдық теңдеуі төменгі түрде алынады

$$Z_1(\omega) = Z_2(q) \quad (5)$$

мұндағы

$$\begin{aligned} Z_1(\omega) &= D_1 \frac{\partial^6}{\partial y^2 \partial x^4} K_{11} b_{31} \frac{\partial^6}{\partial x^6} + \{D_{11} K_{11} b_{13} + b_{31} [D_{11} D_{22} + K_{11} K_{22} - (D_{12} + K_{12})]\} + \\ &+ \{b_{13} [D_{11} D_{12} + K_{11} K_{12} - (D_{12} + K_{12})] + b_{31} D_{22} K_{22}\} \frac{\partial^6}{\partial y^4 \partial x^2} + D_{22} K_{22} \frac{\partial^6}{\partial y^6} - b_{13} b_{31} \\ &\left\{ D_{11} \frac{\partial^4}{\partial x^4} + [K_{11} + K_{22} + 2(D_{12} + K_{12})] \frac{\partial^4}{\partial y^2 \partial x^2} D_{22} \frac{\partial^4}{\partial y^4} \right\}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} Z_2(q) &= D_{11} K_{11} \frac{\partial^4}{\partial x^4} + [D_{11} D_{22} + K_{11} K_{22} - (D_{12} + K_{12})^2] \frac{\partial^4}{\partial y^2 \partial x^2} + D_{22} K_{22} \frac{\partial^4}{\partial y^4} - \\ &- (D_{11} b_{13} + K_{11} b_{31}) \\ &\frac{\partial^2}{\partial x^2} - (D_{22} b_{31} + K_{22} b_{13}) \frac{\partial^2}{\partial y^2} b_{13} b_{31} \quad (7) \end{aligned}$$

және пластинаны бұрылу бұрышы  $\Psi_x \Psi_y$ , мәндері иілу шамасы  $\omega$  арқылы төменгі өрнекпен анықталады:

$$Z_2(\Psi_y) = b_{31} K_{11} \frac{\partial^3 \omega}{\partial x^3} + [D_{22} b_{31} - (D_{12} + K_{12}) b_{13}] \frac{\partial^3 \omega}{\partial x \partial y^2} + b_{13} b_{31} \frac{\partial \omega}{\partial x} \quad (8)$$

$$Z_z(\Psi_y) = b_{13} K_{22} \frac{\partial^3 \omega}{\partial y^3} + [D_{11} b_{13} - (D_{13} + K_{13}) b_{31}] \frac{\partial \omega}{\partial x^2 \partial y} + b_{13} b_{31} \frac{\partial \omega}{\partial y} \quad (9)$$

Топсалы бекітілген төртбұрышты пластинаның  $q(z)$  тік жүктілген, жүктемеден ендік иілуін қарастырамыз. Оның шектік жағдайы төменгідей түрде болады.

$$\begin{aligned} y = 0 \quad x = b \quad \omega = 0 \quad \Psi_y = 0 \quad M_x = 0 \\ y = 0 \quad y = 0 \quad \Psi_x = 0 \quad M_y = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Мұндай шектік жағдайда (1) иілудің дифференциалдық теңдеуінің шешімі екі тригонометриялық рядтармен іздейміз.

$$\begin{aligned}\Psi_x(x, y) &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} B_{mn} \cos \frac{m\pi}{b} x \sin \frac{n\pi}{a} y, \omega(x, y) = \\ &\sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \sin \frac{m\pi}{b} x \sin \frac{n\pi}{a} y, \\ \Psi_y(x, y) &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} C_{mn} \sin \frac{m\pi}{b} x \cos \frac{n\pi}{a} y.\end{aligned}\quad (11)$$

$A_{mn}$ ,  $B_{mn}$  және  $C_{mn}$  белгісіз коэффициенттерді анықтау үшін жүктемені (11) теңдеу тәрізді екі реті Фурье рядына жіктейміз.

$$q_z = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{mn} \sin \frac{n\pi}{b} x \sin \frac{n\pi}{a} y \quad (12)$$

мұндағы

$$a_{mn} = \frac{2}{ab} \int_0^a \int_0^b \omega(x, y) \sin \frac{m\pi}{b} x \sin \frac{n\pi}{a} y dx dy \quad (13)$$

$\omega(x, y)$ ,  $\Psi_x(x, y)$ ,  $\Psi_y(x, y)$ , мәндерін (5) ÷ (9) теңдеулерге қойып,  $A_{mn}$ ,  $B_{mn}$  және  $C_{mn}$  мағынасын анықтайтын теңдеулерді анықтаймыз.

$$A_{mn} = \frac{\Delta_1 mn}{\Delta_0 mn} d_{mn}; B_{mn} = \frac{\Delta_2 mn}{\Delta_0 mn} a_{mn}; C_{mn} = \frac{\Delta_3}{\Delta_0 mn} a_{mn}, \quad (14)$$

мұндағы  $\Delta_{imn}$  мәні

$$\Delta_{0mn} = \pi^6 \left\{ b_{31} \frac{m^2}{b^2} + b_{13} \frac{n^2}{a^2} \right\} \left\{ D_{11} K_{11} \frac{m^4}{b^4} + [D_{11} D_2 + K_{11} K_{22} - (D_{12} + K_{12})^2] \frac{m^2 n^2}{a^2 b^2} + D_{22} + K_{22} \frac{n^4}{a^4} \right\} + \quad (15)$$

$$+ b_{13} b_{31} \pi^4 \left\{ D_{11} \frac{m^4}{b^4} + [K_{11} + K_{22} + 2(D_{12} + K_{12})] \frac{m^2 n^2}{a^2 b^2} + D_{22} \frac{n^4}{a^4} \right\}$$

$$\Delta_{1mn} = \pi \left\{ D_{11} K_{11} \frac{m^4}{b^4} + [D_{11} D_2 + K_{11} K_{22} (D_{12} + K_{12})^2] \frac{m^2 n^2}{a^2 b^2} + D_{22} + K_{22} \frac{n^4}{a^4} \right\} +$$

$$+ b_{13} b_{31} \pi^4 \left\{ D_{11} \frac{m^4}{b^4} + [K_{11} + K_{22} + 2(D_{12} + K_{12})] \frac{m^2 n^2}{a^2 b^2} + D_{22} \frac{n^4}{a^4} \right\} + D_{22} K_{22} \frac{n^4}{a^4} \quad (16)$$

$$+ \pi^2 \left[ (K_{11} b_{31} + D_{11} b_{13}) \frac{n^2}{a^2} \right] + b_{13} b_{31}$$

$$\Delta_{2mn} = \pi^3 \left\{ K_{11} b_{31} \frac{m^3}{b^3} + \left[ D_{22} b_{13} - b_{13} (D_{12} + K_{12}) \frac{m}{b} \frac{n}{a^2} \right] \right\} + b_{13} b_{31} \frac{m}{b} \pi \quad (17)$$

$$\Delta_{3mn} = \pi^3 \left\{ K_{11} b_{13} \frac{n^3}{a^3} + \left[ D_{11} b_{13} - b_{31} (D_{12} + K_{12}) \frac{m^2}{b^2} \frac{n}{a^2} \right] \right\} + b_{13} b_{31} \frac{n}{a} \pi \quad (18)$$

Осы себептен, иілу мен бұрылу бұрыштарының мәндері мынаған тең болады:

$$\begin{aligned}\omega(x, y) &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Delta_{1mn}}{\Delta_{0mn}} a_{mn} \sin \frac{m\pi}{b} x \sin \frac{n\pi}{a} y \\ \psi_x(x, y) &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Delta_{2mn}}{\Delta_{0mn}} a_{mn} \cos \frac{m\pi}{b} x \sin \frac{n\pi}{a} y\end{aligned}$$



$$\psi_y(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\Delta_{3mn}}{\Delta_{0mn}} a_{mn} \sin \frac{m\pi}{b} x \cos \frac{n\pi}{a} y \quad (19)$$

$w, \psi_x, \psi_y$  мәндерін (19) теңдеудің мәнімен келістіріп (2) теңдеуге қою арқылы ішкі күштермен моменттерді анықтаймыз:

$$M_x = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} -\frac{a_{mn}}{\Delta_{0mn}} \left( D_{12} \Delta_{2mn} \frac{m\pi}{b} + D_{22} \Delta_{3mn} \frac{n\pi}{a} \right) \sin \frac{m\pi}{b} x \sin \frac{n\pi}{a} y$$

$$M_y = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} -\frac{a_{mn}}{\Delta_{0mn}} \left( D_{12} \Delta_{2mn} \frac{m\pi}{b} + D_{22} \Delta_{3mn} \frac{n\pi}{a} \right) \sin \frac{m\pi}{b} x \cos \frac{n\pi}{a} y$$

$$H_{xy} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_{mn}}{\Delta_{0mn}} \left( K_{11} \Delta_{3mn} \frac{m\pi}{b} + K_{12} \Delta_{2mn} \frac{n\pi}{a} K_{12} \Delta_{3mn} \frac{m\pi}{b} + K_{22} \Delta_{2mn} \frac{n\pi}{a} \right) \cos \frac{m\pi}{b} x \cos \frac{n\pi}{a} y \quad (20)$$

$$H_{xy} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_{mn}}{\Delta_{0mn}} \left( K_{12} \Delta_{3mn} \frac{m\pi}{b} + K_{12} \Delta_{2mn} \frac{n\pi}{a} \right) \cos \frac{m\pi}{b} x \cos \frac{n\pi}{a} y \quad (21)$$

$$Q_{xy} = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_{mn}}{\Delta_{0mn}} b_{31} \left( \Delta_{1mn} \frac{m\pi}{b} + \Delta_{2mn} \right) \cos \frac{m\pi}{b} x \sin \frac{n\pi}{a} y$$

$$Q_y = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_{mn}}{\Delta_{0mn}} b_{13} \left( \Delta_{1mn} \frac{m\pi}{b} + \Delta_{3mn} \right) \sin \frac{m\pi}{b} x \cos \frac{n\pi}{a} y$$

Жоғарыда көрсетілген теңдеулердегі  $a_{mn}$  мәні  $\alpha(x, y)$  сыртқы жүктеменің таралу заңдылығына.

Бір қалыпты жүктеме үшін ( $m, n$  тақ сандарға тең болғанда)

$$a_{mn} = \frac{16q}{mn\pi} \quad m, n = 1, 3, 5, \dots$$

$m, n$  басқа мәндерінде  $a_{m,n} = 0$ , мұндағы  $q$ -жүктеменің қарқындылығы

$$\frac{\omega}{\pi^6} \frac{8qb^4a}{EJ\rho}$$

1-суретте (27) теңдеуде көрсетілген  $\eta$  байланысты білеулердің  $\phi$  бұрышына байланысты орналасу мәндері келтірілген. 2-суретте ең үлкен иілу шамасындағы  $\phi_{пер}$  бұрышын керекті мәндерін орналасуын байқауға болады. Бұл графиктен тік төртбұрышты пластинаға  $\phi_{кер}$  шамасы  $45^\circ$  екендігін көреміз.

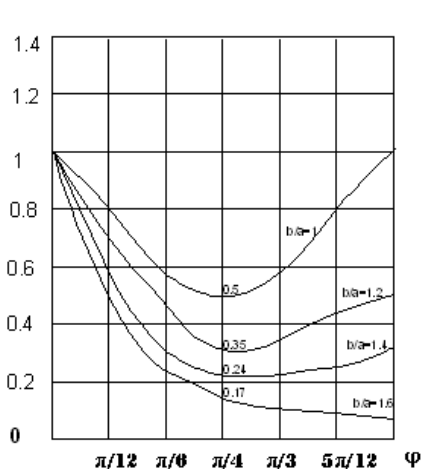
Бір қалыпты жасалған күштің әсерінен пластинаның ортасының ең үлкен иілу шамасын анықтаймыз

$$\omega_{\max} = \frac{16q}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{\frac{m+n-2}{2}} \frac{\Delta_{1mn}}{mn\Delta_{1mn}} \quad (22)$$

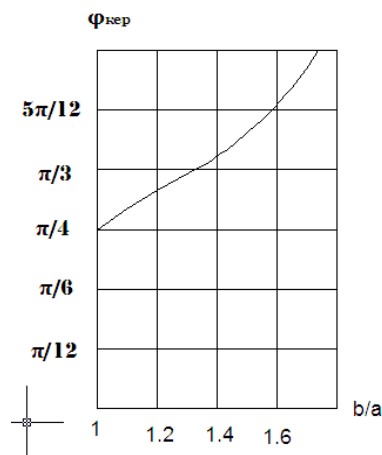
мұндағы  $m, n = 1, 2, 5, \dots$

(15) және (16) мәндерді ескеріп (22) теңдеуді төменгі түрде жазуға болады

$$\omega_{\max} = \frac{16q}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{\frac{m+n-2}{2}} - \frac{1 + \frac{\pi^4}{b^4}k + \frac{\pi^2}{b^2}A}{mn \left[ B + \frac{\pi^2}{b^2}K(b_{31}m^2 + b_{13}n^2n) \right]^2} \quad (23)$$



Сурет 1.  $\eta$  байланысты білеулердің  $\varphi$  бұрышына байланысты орналасуы



Сурет 2. Ең үлкен иілу шамасындағы  $\varphi_{пер}$  бұрышы

$$B = D_4 m^4 + (K_{11} + 2K_{12} + K_{22} + 2D_{12}) m^2 n^2 \eta^2 + D_{22} n^4 \eta^4 \quad (24)$$

$$K = \frac{1}{b_{13} b_{31}} \left\{ D_{11} K_{11} m^4 + [D_{11} D_{22} + K_{11} K_{22} - (D_{12} + K_{22})^2] m^2 n^2 \eta^2 + D_{22} K_{22} n^4 \eta^4 \right\} \quad (25)$$

$$A = \frac{1}{b_{13}} (K_4 m^2 + D_{22} n^2 \eta^2) + \frac{1}{b_{31}} (D_{11} m^2 + K_{22} n^2 \eta^2) \quad (26)$$

Пластинаның өлшемдерінің өзгеруіне байланысты талдау жасау барысында (1) теңдеудегі  $G_1^{(2)} F_1 \rightarrow \infty$  саласымен бірге төркөздің қырларының иілу жазықтығы  $x, y$ -те және бұралу қатандақтары.

$$E_i J_{\tau}^{\varepsilon} = 0 \quad \text{және} \quad G_1^{(1,2)} J_3^1 = 0$$

есептесек ең үлкен иілудің мәнін ықшамды түрінде төменгідей жазуға болады

$$\omega_{\max} = \frac{16gb^4}{\pi^6} \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{\frac{m+n-2}{2}}}{mn(C_{11}m^4 + GC_{12}m^2n^2n^2 + C_{22}n^4n^4)}$$

$$C_{11} = \frac{2EJy}{a} \cos^4 \varphi$$

$$C_{12} = \frac{2EJy}{a} \sin^2 \cos^2 \varphi \quad (27)$$

$$C_{22} = \frac{2EJy}{a} \sin^4 \varphi$$

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Булгаков, В.А. Выбор рациональных проектных параметров цилиндрического отсека сетчатой структуры [Текст] / В.А. Булгаков, А.И. Уфимцев // В.О.Т. – 1983. Сер.15, вып 4(50). – С. 3-10.

2. Булгаков, В.А. Определение упругих постоянных сетчатых оболочек из КМ./ [Текст] / В.А. Булгаков, К.Н. Лебедев, М.Н. Немербаев, А.Т. Тусупов // ВОР. – 1987. – Сер.14, вып. 5(75). – С. 23-26.
3. Васильев, В.В. Механика конструкции из композиционных материалов [Текст] / В.В. Васильев. – М.: Машиностроение, 1988. – 272 с.
4. Рейсне, Э. Некоторые проблемы теории оболочек [Текст] / Э.В. Рейсне. В сб. «Упругие оболочки» [Под ред. Э.И. Григолюка]. – М., 1974.

*Материал редакцияға 30.03.18 түсті.*

**М.М. Бекмуратов, Н.С. Карымсаков, С.А. Орынбаев**

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

### **РАСЧЕТ ПЛАСТИН ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ИЗГИБ**

Представлен расчет пластины из композиционного материала тетрагональной структуры в зависимости от угла  $\varphi$ .

**Ключевые слова:** композитный материал, динамическая нагрузка, теория.

**M.M. Bekmuratov, N.S. Karymsakov, S.A. Orynbayev**

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

### **CALCULATION OF PLATES OF COMPOSITE MATERIAL FOR BENDING**

Calculation of a plate made of a composite material of a tetragonal structure as a function of the angle  $\varphi$  is given.

**Keywords:** composite material, dynamic load, the theory.

## Технология продовольственных продуктов

УДК 637.146.34

**А.Б. Абуова<sup>1</sup>, А.К. Гумарова<sup>2</sup>, Г.М. Жазықбаева<sup>3</sup>,  
Ж.Р. Асанғалиева<sup>4</sup>, Э.Р. Чинарова<sup>5</sup>**

*<sup>1</sup>А.ш.ғылымдарының д-ры, доцент, <sup>2</sup>А.ш. ғылымдарының канд., доцент, техн. ғылымдарының канд., <sup>3</sup>Аға оқытушы, <sup>4</sup>PhD д-ры, <sup>5</sup>Аға оқытушы  
Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық техникалық университеті,  
Орал қ. Қазақстан Республикасы  
Электрондық пошта: <sup>1</sup>a\_burkhatovna@mail.ru, <sup>2</sup>gumarova--51@mail.ru*

### **ӨСІМДІК КОМПОНЕНТТЕРІ ҚОСЫЛҒАН БИЕ ЖӘНЕ СИЫР СҮТІНЕН ДАЙЫНДАЛҒАН ЙОГУРТТЫҢ ЖАҢА ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

Мақалада функционалдық бағыттағы өсімдік компоненттерді қосу арқылы табиғи бие және сиыр сүтінен жасалған йогурт өнімінің жаңа технологиясының мәліметтері берілген. Жаңа өнімге 1-4% езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балын қосқанда йогурт құрамы дәрумендер, микроэлементтер, тағам талшықтарымен байытылады, органолептикалық, физика-химиялық сапа көрсеткіштері жақсарады, ассортименті көбейіп сақтау мерзімін ұзартылады.

**Тірек сөздер:** бие сүті, йогурт, жартылай қанықпаған май қышқылдар, дәрумендер, қызылша, қарақұмық ұны, бал.

Тамақтану – халықтың денсаулығын жақсартатын, аурулардың профилактикасына ықпал ететін, жұмыс қабілетін, жас ұрпақтың оқу үлгерімін, физикалық және ақыл – ойын дамытуын жоғарылататын күрделі факторлардың бірі. Сонымен қатар ол жас ұрпақтың қоршаған ортада бейімделуіне жағдай туғызады [1,2,4]. Дені сау адам үшін жалпы тамақтану мәселесі белгілі бір формулаға келтіріледі - тамақтану рационалды және мақсатты болуы тиіс.

Әлемдік және отандық тәжірибелерді талдау нәтижелері бойынша халықты толық құнды ақуыздармен, дәрумендермен, макро және микроэлементтермен қамтамасыз етудің тиімді және қол жетімді әдісіне адамның физиологиялық қажеттілігін қанағаттандыратын қосымша компоненттермен байыту жатады.

Осыған байланысты әлемдік нарықтағы тамақ өнімдер өндірісінің заманауи дамуы емдік - профилактикалық, балалар, арнайы және функционалды тамақтану өнімдерді жасап шығаруға бағытталған. Функционалды өнімдердің адам денсаулығына оң әсерін тигізетіні белгілі болған [1]. Олар адам ағзасында ауруларға қарсылықты көтеріп көптеген физиологиялық үрдістерді жақсартып ықпалын тигізетіні белгілі [2,3]. Функционалды өнімдер күнделікті тамақтану рационына енгізіліп, ретімен тұтыну тиіс. Негізі бұндай өнімдер өзінің құрамында функционалды қасиеті бар ингредиенттерден тұрады [4].

Көптеген әртүрлі мал және өсімдік тектес өнімдер арасында тағамдық

және биологиялық қатынасындағы, тағамдық заттары жақсы сіңетін, компоненттерге бай теңдестірілген балансы мен құндылығы анықталатын сүт және сүтқышқылды өнімдер ең маңызды болып табылады.

Қорғау жүйесінде халық рационын антиоксиданттармен, дәруменді-минералды премикстермен, биологиялық және физиологиялық белсенді пектинді заттары бар тағамдармен қамтамасыз ету күрделі бағыт алады. Соңғы уақытта функционалды өнімдерді жасауда сүт өнімдерінің рецептураларына тағамдық талшықтары бар жемістер мен көкөністер, майлы дақылдылардың тұқымдарын, бұршақ, жүгері, қарақұмық дәндерін, қытайбұршақ, күріштің жармаларын қосу маңызды [1-9].

Сондықтан белгілі химиялық құрамымен, қол жетімді жергілікті өсімдік шикізаттарын пайдалану арқылы жоғары сапалы, қауіпсіз жаңа өнімді шығару өзекті болып табылады.

Жәңгір хан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті зертханасында өсімдік компоненттерді қосу арқылы бие және сиыр сүтінен жаңа йогуртты алу жұмыстары жүргізілді. Зерттеу жұмысымыздың мақсаты өсімдік компоненттерін қосу арқылы табиғи бие және сиыр сүтінен жасалған жаңа йогурт өнімінің ассортиментін кеңейту және сапасын арттыру.

Зерттеу нысандары: Батыс Қазақстан шаруашылық қожалықтарында өндірілетін бие және сиыр сүті, еzbесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны, табиғи ара балы, бие және сиыр сүтінен жасалған өсімдік компоненттері бар йогурт. Бие сүті жергілікті Кушум тұқымының биесінен өндірілген.

Негізгі міндеттер: бие және сиыр сүтінен йогуртты жасау үшін өсімдік компоненттерді қолдануын және таңдауын негіздеу, қоспалардың оптималды мөлшерлерін анықтау, жаңа өнімнің органолептикалық және физико-химиялық сапа көрсеткіштеріне және сақталуына рецептуралық компоненттерінің әсерін зерттеу.

Бие сүті – басқа жануарлар сүтімен салыстырғанда өзінің құрамы мен және биологиялық қасиетімен ана сүтіне ең жақын бірегейлі сүт өнімі. Бие сүтінің ерекшелігі құрамындағы ақуыз мөлшерінің төмендігі, лизоцим және лактоферриннің көптігі. Бұндай қасиет ақуыз, май, энергетикалық компоненті - лактозаның мөлшерінің жоғары болуымен, сүт шикізатының барлық компоненттерінің жақсы және түгел сіңірілуімен негізделеді [4,5,6]. Бие сүтінде жалпы ақуыз мөлшері орташа есеппен 1,5-ден 2,3% аралығында ауытқиды, бұл сиыр сүтіне қарағанда аз. Аминқышқылдар құрамы бойынша бие сүті сиыр сүтіне қарағанда құндылығы жоғары және ана сүтіне жақын тұрады. Құрамындағы ауыстырылмайтын аминқышқылдар орташа есеппен мөлшері: валин - 110 мг; изолейцин – 117 мг; лейцин – 174 мг; лизин – 185 мг; метионин – 233 мг. Ауыстырылатын аминқышқылдардан көп мөлшерде: глютамин қышқылы – 298 мг; аспарагин – 181 мг, аланин – 140 мг, аргинин – 135 мг, пролин – 127 мг [5-7]. Сонымен қатар табиғи бие сүті аскорбин қышқылының көптігімен ерекшеленеді - 8 мг/100 мл, ал басқа дәрумендер құрамы мен А, D, E, B<sub>1</sub> и B<sub>2</sub> мөлшері бойынша сиыр, түйе және ешкі сүтінен айырмашылығы жоқ. Бие сүтінде сиыр сүтімен салыстырғанда май мөлшері аз, бірақ ол жартылай қанықпаған май қышқылдардың (линол және линолен) жоғары құрамымен ерекшеленеді - 13-тен 51%. Бұл мәліметтер ЖҚМҚ-ны иммунитетті көтеретін, көз бен нерв жүйесін дамытатын балалар тамақтануының эссенциалды факторы ретінде қарастырады [5-8].

Қазақ тамақтану академиясының көп жылдық зерттеу нәтижелерімен бие сүтінің және қымыздың емдік-профилактикалық тағам ретінде

пайдаланатындығы және туберкулез, темір тапшылық анемия, жүрек-тамыр, бүйрек, несеп, асқазан ішек, атеросклероз және қатерлі ісік ауруларымен күресу үшін тиімді қолданылатыны ғылыми негізінде дәлелденген.

Қымыз емдік сусын болып есептеледі. Бірақ, қымыздың құрамында спирт болғандықтан, 10 жасқа толмаған балалар мен кәрі адамдар аз мөлшерде ішу керек [3-9]. Сондықтан бие сүтіне өсімдік компоненттерді қосып қымыз өнімдерінің ассортиментін көбейту өте өзекті.

Қызылша – ең пайдалы ғажайып көкөністің бірі. Оның пайдасы барлық ұрпаққа белгілі. Қант қызылшасы шырынының қан аздықта, плевритте, тері жараларына, өкпе ауруына және қандағы гемоглобинді реттеуде көмегі мол. Халық медицинасында қызылшаның шырыны гипертониялық ауруларға қолданылады. Осы жағдайда оны ара балымен араластырады. Гиппократ және Парацельс күнделікті тамақта қызылшаны пайдалануға кеңес берген. Қызылшаның құрамында 14% көміртегі бар. Оның 6% сахарозадан тұрады, одан азырақ фруктоза, глюкоза, пектинді заттары бар. Көкөніс В дәрумендеріне өте бай. В тобындағы дәрумендер ағзадағы процестерді сақтап отырады. Қызылшаның құрамында адамға қажетті химиялық элементтер: кобальт, темір, марганец және калий кездеседі.

Қарақұмық – маңызды микроэлементтер мен және клетчаткаға бай бағалы тағамдық өнім. Қарақұмық өзегінде микроэлементтер өте көп: темір, фосфор, мыс. Бұл микроэлементтер адам организміне жақсы сіңіп, қандағы гемоглобинді қалпына келтіруге әсер етеді. Сонымен бірге өзегі В1, В2, РР, Р витаминдеріне өте бай келеді. Ал рутин болуы гипертония және склероз ауруларын профилактикалық емдеуде үлкен маңызға ие.

Табиғи ара балында 100-шақты адам ағзасы үшін өте маңызды пайдалы заттар бар. Оның құрамында көп мөлшерде В, РР, С тобындағы дәрумендер және әртүрлі микроэлементтер: темір, кальций, натрий, калий, фосфор, магний, марганец, мыс, мырыш, күкірт, йод, хлор, кобальт және т.б. болады. Ара балының 80% көмірсулар, 38% фруктоза, 1% сахароза, 31% глюкоза. Бұл заттар ағзаның жүйке, бұлшық ет ұлпасының және иммундық жүйелерінің жұмыстарын жақсартады. Олардың ағзада жетіспеуі адамның физикалық және ақыл-ой белсенділігін төмендетіп әртүрлі ауруларға әкеледі [6-9].

Өсімдік компоненттерін қосу арқылы табиғи бие және сиыр сүтінен жасалған жаңа йогурт өнімін әзірлеу мақсатымен, компоненттердің оптималды мөлшерін таңдау үшін келесі композициялары құрастырылды:

№1 композиция – бақылау: табиғи бие және сиыр сүтінен жасалған қоспасыз йогурт;

№2 композиция – бие және сиыр сүтінен жасалған 1% езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған йогурт;

№3 композиция – бие және сиыр сүтінен жасалған 2% езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған йогурт;

№4 композиция – бие және сиыр сүтінен жасалған 4% езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған йогурт.

Бие және сиыр сүтінен жасалған езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған йогурттың технологиясы ерекше және келесі операциялардан тұрады: шикізатты қабылдау және дайындау; тазалау; қалыпқа келтіру; гомогендеу; пастерлеу; суыту ашытқы енгізу; ашыту; компоненттерді қосу; араластыру; қораптау; сақтау.

Зерттеу барысында табиғи бие және сиыр сүтінен жасалған езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған жаңа йогурт үлгілерінің физика- химиялық, органолептикалық және технологиялық қасиеттері мен көрсеткіштері зерттелді. Үлгілердің органолептикалық

көрсеткіштері енгізілген өсімдік толтырғыштар мөлшеріне байланысты әртүрлі болды (1-кесте).

Кесте 1

Табиғи бие және сиыр сүтінен жасалған езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған йогурт үлгілерінің органолептикалық көрсеткіштері

№	Үлгі атауы	Көрсеткіштер		
		Консистенциясы	Дәмі және иісі	Түсі
1	№1 композиция, бақылау	Біртекті тұтқырлы	Сүтқышқылды, бөтен дәмі және иісі жоқ	Ақ-сүтті
2	№2 композиция	Біртекті тұтқырлы, аздаған қарақұмық ұнының тұнбасы білінеді	Сүтқышқылды, қызылша шырынының, ара балының және қарақұмық ұнының аздаған дәмі байқалады	Ақшыл - қызыл түсті
3	№3 композиция	Біртекті тұтқырлы, қарақұмық ұнының тұнбасы жақсы білінеді	Сүтқышқылды, қызылша шырынының, ара балының және қарақұмық ұнының дәмі жақсы байқалады	Қызыл-қоңыр түсті
4	№4 композиция	Біртекті өте тұтқырлы, қарақұмық ұнының тұнбасы өте жақсы білінеді	Сүтқышқылды, қызылша шырынының, ара балының және қарақұмық ұнының дәмі өте жақсы байқалады	Қою қызыл-қоңыр түсті

Эксперимент нәтижесі бойынша бақылау үлгісінде (№1 композиция) компоненттер қосылмаған бие және сиыр сүтінен жасалған йогурттың консистенциясы біртекті, тұтқырлы; дәмі және иісі - сүтқышқылды, бөтен дәмі және иісі жоқ, ақ түсті. №2 композициясында - бие және сиыр сүтінен жасалған 1% езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған йогурттың консистенциясы біртекті, тұтқырлы; аздаған қарақұмық ұнының тұнбасы білінеді; қызылша шырынының, ара балының және қарақұмық ұнының аздаған дәмі байқалады; түсі - ақшыл – қызыл. №3 композициясында – бие және сиыр сүтінен жасалған 2% езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған йогурттың консистенциясы біртекті, тұтқырлы, қарақұмық ұнының тұнбасы жақсы білінеді; дәмі сүтқышқылды, қызылша шырынының, ара балының және қарақұмық ұнының дәмі жақсы байқалады; қызыл-қоңыр түсті. №4 композициясында – бие және сиыр сүтінен жасалған 2% езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған йогурттың консистенциясы біртекті, өте тұтқырлы, қарақұмық ұнының тұнбасы өте жақсы білінеді; дәмі сүтқышқылды, қызылша шырынының, ара балының және қарақұмық ұнының дәмі өте жақсы байқалады; құрамындағы ккмпоненттер мөлшеріне байланысты қою қызыл-қоңыр түсті.

Әртүрлі құрамындағы өсімдік қоспасы бар бие және сиыр сүтінен жасалған йогурт үлгілерін зерттеу оларды  $4 \pm 2^\circ\text{C}$  температурада 10 тәулік бойы сақтағанда органолептикалық көрсеткіштерінің өзгермегенін көрсетті. Ал физико-химиялық көрсеткіштерін зерттеу барысында бақылау және 1% - тік өсімдік қоспасы және бал қосылған табиғи бие және сиыр сүтінен жасалған йогурт үлгілерінің қышқылдығы көбірек болғаны анықталды, яғни

сақтаудың 10 – ші тәулігінде 107 және 102°Т болды. Ал 2% өсімдік қоспасы және бал қосылған йогурттың қышқылдығы төмендеу – 97 және 92° Т құрады.

Талдауды толығырақ өткізу үшін тұтынушылар арасында дегустациялық сараптама өткізілді. Нәтижесінде олардың 17% бақылау үлгісіндегі йогуртты, 33% -1% өсімдік қоспасы және бал қосылған йогуртты, ал 40% -2% өсімдік қоспасы және бал қосылған бар йогуртты таңдаса, тек 10% - 4% қоспалары бар йогуртты таңдады.

Табиғи бие және сиыр сүтінен жасалған езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған йогурт органолептикалық көрсеткіштері бойынша 10 балдық жүйемен бағаланды (2-кесте).

#### Кесте 2

Бие және сиыр сүтінен жасалған езбесі бар қызылша шырыны, қарақұмық ұны және ара балы қосылған йогурттың балдық бағалау нәтижесі

Нұсқалар	Сыртқы түрі және консистенциясы	Дәмі және иісі	Түсі	Жиынтық баллы
№1 композиция, бақылау	2,7	4,4	2	9,1
№2 композиция	2,8	4,8	2	9,6
№3 композиция	2,7	4,7	2	9,4
№4 композиция	2,7	4,5	2	9,2

Балдық бағалау қорытындысы бойынша өте жақсы нәтижелер №2 және №3 композицияларда: дәмі мен иісіне 4,8 және 4,7, сыртқы түріне мен консистенциясына олар 2,8 және 2,7 баллмен бағаланды. Барлық өнімдердің түсі 2 баллмен бағаланды. Өзірленген жаңа йогурт композицияларының барлығы жоғары балмен бағаланды: 9,1-9,6 балл аралығы. Дегенмен 2% өсімдік қоспасы және бал қосылған йогурт 10 балдық жүйе бойынша бағалану барысында 9,6 балға ие болды.

Сонымен, бие және сиыр сүті негізінде жасалған йогурт өндірісінде өсімдік қоспаларды және ара балын қосу өнімді дәрумендер, микроэлементтер, тағам талшықтармен байытады, ассортиментін кеңейтеді.

Өсімдік компоненті бар жаңа йогурт өнімі жақсы органолептикалық, физико-химиялық қасиетке ие, жақсы сақталады және өнімді өндірудің технологиялық үдерісіне өзгерту енгізуді қажет етпейді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Канарейкина, С.Г. Создание молочно-растительного йогурта [Текст] / С.Г. Канарейкина // Российский электронный научный журнал. – 2013. – №6. – С.169-178.
2. Канарейкина, С.Г. Комбинированный продукт с использованием сухого кобыльего молока [Текст] / С.Г. Канарейкина // Коневодство и конный спорт. – 2014. – №2. – С. 29-31.
3. Кудаярова, Я.Я. Исторические аспекты применения кумыса в медицине [Текст] / Я.Я. Кудаярова, Л.Т. Гильмутдинова, К.С. Ямалетдинов, [и др.] // Бюллетень сибирской медицины. - 2010. - Т.9. - № 5 - С. 186-189.
4. Канарейкина, С.Г. Разработка и обоснование основных технологических операций при производстве йогурта из кобыльего



- молока [Текст] / С.Г. Канарейкина // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2010. – № 2 – С. 72-75.
5. Петченко, В.И. Влияние растительных добавок на качество кумыса [Текст] / В.И. Петченко, Ф.Т. Диханбаева, И.В. Белогривцева, Ф.Е. Акимова, Р. Сабитов // Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана. – 2009. – №3. – С. 32-35.
  6. Шорманов, Т.Ш. Лечебные свойства кумыса и шубата [Текст] / Т.Ш. Шорманов, А.К. Жангабылов. – Алма-Ата: Ғылым, 1991.
  7. Якунин, А.В. Оценка пищевой ценности кобыльего молока и кисломолочных продуктов на его основе и возможности их использования в детском питании [Текст] / А.В. Якунин, Ю.А. Синявский, Ы.С. Ибраимов // Вопросы современной педиатрии. – 2017. – №16 (3). – С. 235-240. doi: 10.15690/vsp.v16i3.1734).
  8. Claeyns W.L., Verraes C., Cardoen S., et al. Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control*. 2014;42:188-201. doi: 10.1016/j.foodcont.2014.01.045.
  9. Гумарова, А.К. Показатели качества и безопасности нового кумысного продукта [Текст] / А.К. Гумарова, А.Б. Канаткалиева, А.А. Даулетбаева // Материалы международной научно-практической конференции «Технология и продукты здорового питания». – Саратов, 2014.

*Материал редакцияга 04.05.18 түсті.*

**А.Б. Абуова, А.К. Гумарова, Г.М. Жазыкбаева,  
Ж.Р. Асангалиева, Э.Р. Чинарова**

*Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана,  
г. Уральск, Казахстан*

## **НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЙОГУРТА ИЗ КОБЫЛЬЕГО И КОРОВЬЕГО МОЛОКА С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ**

В статье приведены данные о новой технологии йогурта из свежего кобыльего и коровьего молока с использованием растительных компонентов функционального назначения. Установлено, что введение 1-4% свекольного сока с мякотью, гречневой муки и пчелиного меда обогащает продукт витаминами, микроэлементами и пищевыми волокнами, улучшает органолептические, физико-химические показатели качества, расширяет ассортимент и увеличивает срок хранения.

**Ключевые слова:** кобылье молоко, йогурт, полиненасыщенные жирные кислоты, свекольный сок, гречневая мука, мед.

**A.B. Abuova, A.K. Gumarova, G.M. Zhazykbaeva,  
Zh.R. Assangaliyeva, E.R. Chinarova**

*West Kazakhstan Agrarian and Technical University named Zhangir Khan,  
Uralsk, Kazakhstan*

## **NEW TECHNOLOGY YOGHURT WITH MARE AND COW MILK USING PLANT COMPONENTS**

The article presents material on the new technology of yogurt of functional purpose. It was found that the introduction of 1-4% of beet juice with pulp, buckwheat flour and bee honey enriches the product with vitamins, microelements and dietary fibers, improves organoleptic, physical and chemical quality indicators, increases the range and term storage.

**Keywords:** mare's milk, yoghurt, polyunsaturated fatty acids, beet juice, buckwheat flour, honey.

ӘОЖ 633.1:637.146.2

**А.Б. Мынбаева**

*Техн. ғылымдарының канд., доцент*

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

### **ДӘНДЕР НЕГІЗІНДЕ ДАЙЫНДАЛҒАН ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТАҒАМДАРЫНЫҢ ДӘСТҮРЛІ ЖӘНЕ ЗАМАНАУИ ТҮРЛЕРІ**

Мақалада дәндер негізінде дайындалған қазақ ұлттық тағамдарының дәстүрлі түрлері және биологиялық, тағамдық құндылығы жоғары дәнді ұлттық тағамдарының заманауи түрлерін алу тәсілдері қарастырылған.

**Тірек сөздер:** дән, ұлттық тағамдар, көже, сусын, сүтқышқылды өнім, дәстүрлі, заманауи.

Қазақтың ұлттық дастарқанында ертеде пайдаланылған тамақтардың алғашқы түрлері мал өнімі болғанын көреміз, яғни ет, сүт және сүт өнімдері. Халық егіншілікпен айнала бастаған кезде дастарқанда дән негізіндегі тамақтар пайда бола бастайды.

Қазақтың көп тараған тағамдарының біріне және малшылардың, жолаушылардың, еңбек адамдарының жұмыс кезінде әрі сусын, әрі тамақ ретінде, салқын күйінде қолданылатын дәнді-дақылдардан дайындалатын тағамдардың қатарына ашытылған көжелер - «Сүт-көже», «Айран-көже», «Бидай-көже», «Қара-көже», «Тары-көже», «Қонақ-көже» жатады.

Ашытылған көжелерде ферменттер көп болады. Ол астың тез қорытылып, оңай сіңірілуін қамтамасыз етеді. Бидай, тары дәндерінен ашытып істелген тағамдардың асқазанның жоғары қышқылдығын қалпына келтіретін, ауру туғызатын микроағзаларды жоятын, несеп жолдарын тазартатын қасиеттері көптеген ғылыми әдебиеттерде жазылған [1].

Қазіргі таңда техника және технология ұлттық тағамдарды жана технология бойынша өндіруге мүмкіндік береді және дайын өнімді пайдалы етіп шығаруды қамтамасыз ете алады.

Өнген дән негізінде дайындалатын заманауи көжелер қатарына сергітетін алкогольсіз сусын - «Нұр-көже», сүттің барлық түрлерінен алынатын - «Көже Тенгри» жатады. Барлық өнген дақылдар пайдалы ингредиенттерден тұратыны мәлім: тағамдық талшық, олигосахарид, минералды заттар, сіңімділігі аз май қышқылы, дәрумендер тобы, өнген кезде жедел синтездейтіні белгілі. Дәннің компоненттері жеңіл сінетін қалыпқа келеді: крахмал декстрин және мальтоза түзеді; минералды заттар және

тағамдық талшықтар (талшық, гемицеллюлоза, пектинды заттар, лигнин) дәннің жемісті және тұқымды қабықтары өнген кезінде өзгермейді.

Сергітетін алкогольсіз сусын «Нұр-көжеге» дайындау үшін дәндерден өңделіп алынған өнімдер – арпа, бидай, жүгері, сұлы талқандары және майға қуырылған бидай ұны, тұз, ашытқы – алдын-ала майдаланып, кептірілген, 30-35°C температурада 2-3 тәулік бойы тұрғызылып өнген бидай дәндерін қосады және суды, компоненттер мөлшері келесігідей, 1000 л сусынға: арпа талқаны – 38,5-41,5; бидай талқаны 3,8-4,2; жүгері талқаны 19-21; сұлы талқаны 1,5-2,5; майда қуырылған бидай ұны 11,5-12,5; тұз 5,8-6,2; ашымал 1,5-2,0; су – қалғаны. Сусын алу тәсілі дәндерге су құю, ашытқы қосу, ашыту, суыту және құюды қарастырады. Дән талқандары мен тұзға қайнаған су құйып, үздіксіз араластырады және майға қуырылған бидай ұнын қосып, 60±10 минут үздіксіз араластыра отырып қайнатады, суытады, суытылған массаға ашытқы қосып араластырады және 25-30°C температурасында 15 сағат термостатқа қояды [2].

Заманауи сүтқышқылды өнімін «Көже Тенгри» дайындау тәсілі келесі сатылардан тұрады. Қалыпты пастерленген сиыр, түйе, ешкі, бие сүтіне немесе олардың қоспаларына алдын-ала өнген сұлы, күріш, бидай, маш, жасымық, қарақұмық, тары, жүгері, арпадан дайындалған жармаларды қосады, 28-32°C температурада *Str.thermophilus* термофильді сүтқышқылды стрептококкалардың таза культураларын, *L.bulgaricum* болгар таяқшаларын, сүтті ашытқыларды, бифидобактерияларды қосып, ұйытқы пайда болғанша ашытады, содан соң алдын-ала піскен ет өнімдерінің (қазы, қарта, жылқының сүр етін) сорпасымен бірге қосады, жақсылап араластырады, алынған өнімге өнім массасына есептегенде 1-2% ас тұзын, дәмдеуіштер (сарымсақ, қызыл бұрыш), өсімдік қоспаларын (аскөк, зире, ақжелкен) қосады [3].

Ұлттық сүтқышқылды өнімдерін тасымалдауға оңай, сақтау мерзімі ұзақ болу үшін және ассортиментін көбейту үшін қазіргі кезде көжені құрғақ түрінде шығаруға мүмкіндік бар. Құрғақ өнімдердің артықшылығы: дайындау уақытытының қысқаруы және қайнатуды қажет етпейді, бұл екінші рет жылумен өңдеуді жояды, нәтижесінде өнімнің тағамдық құндылығы сақталады.

Солардың бірі - «Жарма-көже», бұл сусын құрғақ компоненттерді қолдануға негізделген: 1 – бидай дәнінен алынған жартылайфабрикат, 2 – ұнтақтәрізді сүтқышқылды өнім [4].

Алғашқы кезде дәннен тағамдар жасауда ең көбірек тары дәні қолданылған. Тары өте құнарлы дақыл, химиялық құрамы бойынша тарыда орта есеппен 11% ақуыз бар; 70% көмірсулар, олар энергиямен және дайын өнімнің аспаздық қасиеттері мен сіңімділігін қамтамасыз етеді; клетчатка үлесіне 7,9% тиеді, ол тағамның сіңімділігіне мен аспаздық қасиетіне әсер етеді; май 3,8% құрайды. Бұдан басқа, дәндерде макроэлементтер (фосфор, кальций, калий, натрий, магний, темір және т.б.) және микроэлементтер (марганец, мыс, селен, йод және т.б.) бар, олар адам тамақтануында маңызды орын алады, сонымен қатар, тарыда аз мөлшерде дәрумендер бар (тиамин В<sub>1</sub>, рибофлавин В<sub>2</sub>, никотин қышқылы РР, токоферол).

Дәстүрлі технология бойынша ақталған тарыдан бірнеше ұлттық тағамдар белгілі - «Жент», «Майсөк», «Бөкпе», ең кәделісі – «Жент».

«Жент» - ұлттық дәмді және тәтті тағамдарының бірі. Әуелі тарыны суға салып қайнатады. Қауызы алынған кезде сүзіп алып, қыздырып қуырады. Дайын қуырылған тарыны сол ыстық қалыпында келіге салып, екі рет түйеді. Бірінші ақтағандағы ұшырындысын тарының кебегі дейді. Осылай

әзірленіп, тазартылған тарыны жармалап алып, сары ірімшік, ақ ірімшіктің талқанына қосып, үстіне құмшекер, бал салып, мейіз, шыртылдақ немесе сары майға былғап жасайды [5].

Жаңа замануи технология бойынша жентке әр түрлі жемістер, өнген дәндерді қосу арқылы дайындалған «Жент», «Алтын Жент», «Биожент» деп аталатын өнімдер қазақ ұлттық өнімдер ассортиментін кеңейтуге, тағамдық және биологиялық құндылығын жоғарылатуға мүмкіндік береді.

«Жент» ұлттық өнімін дайындау келесі технологиялық сатылардан тұрады. Дәнді қауыздау, оны 100-105°C температурада 5-15 с құрғақ термиялық өңдеу, қауыздалған тары дәндерін екі сатыда қайнату, 10-15 минут суды тарымен бірге қайнату, суын жартылай төгу, дәнді герметикалық жабылған ыдыста қайнату, дәндерді жуу, езілген дәндерді алып тастау, кептіру агентінің 80-120°C температурасында кептіру, 3-7 минут 160-180°C майдың температурасында дәндерді шыжғырылып тұрған майға қуыру, суыту, майдалау, сары маймен, қантпен, рафинирленген күнбағыс майымен немесе бананның немесе құрманың езіндісімен араластыру, содан соң пішіндеу және дайын өнімді буып-түю [6].

Сонымен бірге, өнген дәндерден дайындалған «Алтын Жент» өнімін дайындау үшін 750 г мезофильді сүтқышқылды полиштаммды ашытқылармен өңделіп, майдаланған құрғақ өнген бидай дәні алынды. Бидайды бөгде қоспалардан тазартып, құбыр суының астында жуады, өндіреді, содан кейін мезофильді сүтқышқылды полиштаммды ашытқылармен өңдейді, бөлме температурасында кептіреді және майдалайды. 190 г күнжіттің үгетілген ұрығын, күнбағыс майы мен 6 г *Stevia Rebaudiana Bertoni* жасыл жапырақтарын қосып, жақсылап араластырып, тұтынуға дайын өнім алады [7].

«Биожент» ұлттық астық өнімін алу тәсілі дәнді және астық бұршақты дақылдарды тазалау мен жууды, өсіруді, шырыны мен жомын алуды, қоспалармен араластыруды, қуыруды, салқындатуды, ұнтақтауды, қайнатуды, електен өткізуді, пастерлеу мен қаптауды қамтамасыз етеді. «Биожент» өнімі диеталық қасиеттері бар ұлттық астық өнімдерінің ассортиментін кеңейтуге, еңбек шығындарын азайтуға, әртүрлі қоспаларды пайдалану арқылы биологиялық және тағамдық құндылықтарды жақсартуға мүмкіндік береді. Электронды-сәулелі пастеризацияны қолдануға байланысты ұзақ сақтау мерзіміне (3 айға) ие. Астық өнімі арнайы және диеталық өнім ретінде қолданыла алады [8].

Үлкен жастағы кәрілер мен сәбилер тамақтануда көбінесе ұлттық тағам «Талқан» пайдаланған. Бидайды, тары мен арпаны, қуырып алған соң келіге түйіп, қолдиірменге тартып, елеуішпен елеп, майда ұнтақ жасайды. Талқанды сорпаға, сүтке, майға, қаймаққа жаныштайды, оларды жанышқан талған немесе осы аттас көже, ботқа деп аталады.

Өнген дәндерден «Талқан» жармалық концентрат дайындау тәсілі белгілі. Бұл тәсіл бойынша өнім алу үшін дәндерді бөгде қоспалардан тазартады, температурасы 18-25°C болатын құбыр суымен жуады, өскіндер ұзындығы 0,5 мм дейін 36-56 сағат қабыршақ астында өндіреді, өнген дәндерді термиялық өңдейді, оларды 3-5 мм дейін майдалайды және өндіріліп майдаланған дәндерге кептірілген жеміс-жидектер қосады [9].

Сонымен қатар, таңғы астардың қатарын көбейту мақсатында ұсақталған күріш қосылып дайындалған «Талқан» таңғы асы белгілі [10].

Ұлттық сусын «Боза» – бидай, жүгері, сұлы, арпа, тары дәндері негізінде ашыту арқылы дайындалатын ежелгі сергітетін шипалы сусын.

Бүгінгі күні бозаның тағамдық құндылығын, дәмдік қасиеті мен сапасын жоғарылату мақсатында дайындалған «Алтын боза», «Боза-Бакира» сияқты жаңа түрлері белгілі.

«Алтын боза» сусынын дайындау әдісі келесігідей: полиштамды ұйытқымен өңделген ұнтақталған құрғақ өскен сұлыны 50°C температурасынан жоғары сумен араластыру, титрленген қышқылдылығы 22-25°Н жинақталғанға дейін 18-30°C температурасында қоспаны тұрғызып қою, ірі фракциядан сұлы сүтін бөліп алу, сұлы сүтіне 25-30% спиртті қосу, мұқият араластыру, құю және орау [11].

«Бакира» боза сусынын өндіру тәсілі сұлы немесе тары дақылдарын өсіру арқылы уытты өңдеуді, кептіруден кейін өсірілген астықты ұсатуды, бидай дәнінің үгітілген өнімі - сұлы майы ботқасына ұсақталған сұлыны қосуды, мұқият араластыру және ашытуға қоюды, ашудан кейін сүзуді және боза сусынын алуды қамтиды [12].

Қазақ ұлттық тағамдары – біздің ұлттық байлығымыз. Ұлттық тағамдарды дәстүрлі әдіспен алуын сақтап, олардың ассортиментін көбейту мақсатында, қазіргі таңдағы техника және технологияны қолданып жаңа замануи технология бойынша өндіріп жатқанын көреміз.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Ақылбек, Ғ. Ұлттық тағамдар - ұлт болашағының кепілі [Мәтін] / Ғ. Ақылбек, Б.Е. Агибаева // Жас ғалымдар жаршысы. - 2012. - № 1-3. - Б. 13-16.
2. Алиев, Н.У. Тонизирующий безалкогольный напиток «Нур-коже» [Текст] / Н.У. Алиев, К.Т. Бекбердиев, Е.М. Шайхутдинов, А.С. Омаров // Патент №8572 KZ от 15.03.2000.
3. Алимарданова, М.К. Способ производства кисломолочного продукта «Коже Тенгри» [Текст] / М.К. Алимарданова, М.А. Калдарбекова // Патент №26839 KZ от 15.05.2013.
4. Мынбаева, А.Б. «Жарма-коже» - дайындалу деңгейі жоғары дән негізіндегі ұлттық сусын [Мәтін] / А.Б. Мынбаева // Пищевая технология и сервис. – 2009. – №1. – Б. 8-10.
5. Нұрғалиев, Р.Н. «Шаңырақ». Үй тұрмыс энциклопедиясы [Мәтін] / Р.Н. Нұрғалиев. – Алматы: Қазақ Совет энциклопедиясы. Бас редакциясы, 1989. – 568 б.
6. Кузембаева, Г.К. Способ производства национального пищевого продукта «Жент» [Текст] / Г.К. Кузембаева, К. Кузембаев // Патент №26347 KZ от 15.11.2012.
7. Рахимбаев, И.Р. Зерновой продукт «Алтын Жент» [Текст] / И.Р. Рахимбаев, А.В. Витавская, Б.А. Сарсенбаев, Ш.К. Кенжебаева, У.Ч. Чоманов, Д.Б. Баймуханова // Патент №12671 KZ от 17.02.2003.
8. Чоманов, У.Ч. Способ производства национального зернового продукта «Биожент» [Текст] / У.Ч. Чоманов, Т.Ч. Тултабаева // Патент №24187 KZ от 15.09.2013.
9. Буракаева, Г.Д. Пищевой функциональный продукт «Талкан» из пророщенного зерна и способы его производства [Текст] / Г.Д. Буракаева, И.Д. Буракаев // Патент №2463809 от 20.10.2012.
10. Кадымов, Ф.М. Сухой завтрак «Талкан» [Текст] / Ф.М. Кадымов, А.С. Акрамова, М.У. Бабаев, Ш.М. Абумажидов // Научно-технические

- достижения и передовой опыт в области хлебопродуктов. - 1992. - № 2. - С. 10-14.
11. Баймуханова, Д.Б. Способ приготовления напитка «Алтын Боза» [Текст] / Д.Б. Баймуханова, И.Р. Рахимбаев, Б.А. Сарсенбаев, А.В. Витавская, Ш.К. Кенжебаева, У.Ч. Чоманов // Патент №12677 KZ от 17.02.2003.
  12. Койбаков, С.М. Способ приготовления напитка боза «Бакира» [Текст] / С.М. Койбаков, А.А. Аскарова, Ж.А. Койбакова // Патент № 30891 KZ от 15.02.2016.

*Материал редакцияга 19.03.18 түсті.*

**А.Б. Мынбаева**

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

### **ТРАДИЦИОННЫЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ КАЗАХСКИХ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ НА ЗЕРНОВОЙ ОСНОВЕ**

В статье рассматриваются традиционные виды казахских национальных продуктов на зерновой основе и способы получения современных видов зерновых национальных продуктов, обладающих повышенной биологической и питательной ценностью.

**Ключевые слова:** зерно, национальные продукты, коже, напиток, кисломолочный продукт, традиционный, современный.

**А.В. Mynbayeva**

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

### **TRADITIONAL AND MODERN KINDS OF KAZAKH NATIONAL PRODUCTS ON THE GRAIN BASIS**

In the article traditional types of Kazakh national products on a grain basis and ways of obtaining modern types of grain national products with increased biological and nutritional value are considered.

**Keywords:** grain, national products, skin, drink, sour-milk product, traditional, modern.

УДК 664. 641

Д.А. Шаншарова<sup>1</sup>, Ж.К. Усембаева<sup>2</sup>, А.А. Хакимжанов<sup>3</sup>, Л.Ж. Алашбаева<sup>4</sup><sup>1</sup>Техн. ғыл. д-ры, профессор м.а., <sup>2</sup>Техн. ғыл. д-ры, академик,<sup>3</sup>Биол. ғыл. д-ры, <sup>4</sup>PhD докторант

Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

### НАН-ТОҚАШ ӨНІМДЕРІНІҢ ЖАҚСАРТҚЫШЫ РЕТІНДЕ СКРИНИНГ-БИОТЕСТ НЕГІЗІНДЕ МИКРОБАЛДЫРЛАРДЫ ІРІКТЕУ

Нан пісіру өндірісінің технологиялық сипаттамаларын жақсарту үшін моно- және аралас микробалдырлардың байытылған қоректік заттарымен нанның сапасын жақсарту мақсатында тәжірибелік зерттеу жұмыстары жүргізілді. *Chlorella vulgaris* және *Scenedesmus spp* микробалдырлар скрининг-биотесті қолданылып, нан жақсартқышы ретінде таңдалды. Микробалдырдың моно- және аралас дақылдарының антиоксиданттық қасиеттері зерттелді. Аралас микробалдырлардың полифенолоксидаза бойынша фермент белсенділігі жоғарғы мәнге ие болса, ал пероксидазаның белсенділігі аралас микробалдырларға қарағанда моно балдырларда жоғары болды. Бұл ферменттердің белсенділіктерінің көрсеткіштерін кейінгі зерттеулерде маркер ретінде қолдануға болады.

**Тірек сөздер:** микробалдыр, фермент, антиоксидант, скрининг-биотесті, моно- және аралас дақылдар.

Микробалдырлар өндірісте, экологияда, ауыл шаруашылығында және басқа да мәселелерді шешуде маңызды роль атқарады. Олардың жасушаларында дәрумендер, ақуыздар, көмірсулар, микро- және макро элементтер саны бойынша ғана емес, сапа жағынан да көп. Мысалы, олар 13 түрлі дәрумендерді өндіре алады [1].

Микробалдырлар функционалдық ингредиенттер ретінде пайдалануға болатын биологиялық белсенділігі бар қосылыстардың ең перспективті көздерінің бірі болып табылатындығына байланысты, қазіргі таңда осы бағыт бойынша жұмыс жасау өзекті мәселелердің бірі [2]. Жаңа тағам өнімдерін қалыптастыру кезінде олардың теңдестірілген химиялық құрамын (жақсы сапалы белоктар, теңдестірілген майлы қышқыл радикалдары, дәрумендер, антиоксиданттар мен минералдар) және олардың қызықты атрибуттарын қолдануға болады [3]. Нан өнімдері мен нан өнімдерінің тағамдық қасиеттерін жақсарту үшін жүргізілген зерттеулер өте көп. П. Прабхасанкер және әріптестері *Chlorella vulgaris* және *Spirulina maxima*-ны біріктіріп, өнімнің химиялық құрамы жақсартылған жаңа паста жасады [4].

Спирулина, жіңішке көгілдір жасыл микробалдыр немесе цианобактериялар, жоғары биологиялық құндылыққа ие, ақуыздың (60-70 г / 100 г) қайнар көзі ретінде жақсы белгілі, әрі пропурамин А, минералдар, әсіресе темір және  $\gamma$ -линолен қышқылы, простагландиндердің маңызды май қышқылының прекурсоры мен дәрумендердің, оның ішінде В<sub>12</sub> витаминінің бай көзі болып табылады. Бұған қоса, спирулинаның бірнеше микроағзалардың антиоксидант әрекеттеріне жауап беретін фикоцианин, б-каротин және ксантофилл пигменттері, г-токоферол және феноликалық қосылыстар сияқты *in vitro* және *in vivo* эксперименттерінде зерттелген [5]. Сонымен қатар, зерттеулердің басым бөлігі адам мен жануарларға арналған

диеталық қосымша ретінде спирулиннің денсаулығына әсер етуін анықтауға арналған. Көптеген зерттеулер осы микробалдырлардың әсері айтарлықтай терапевтік қосымша әсерлер туғыза алатынын көрсетті: обаға қарсы күрес, гиполипидемиялық әсер және қант диабеті мен семіздікке қарсы қорғаныс әсері [6]. Бұл артықшылықтар спирулинаны дұрыс тамақтанудың жақсы шикізаты ретінде қолдануға болатынын көрсетеді.

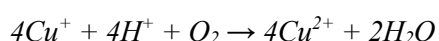
Осы уақытқа дейін спирулинаның пісірілген нан-тоқаш өнімдеріне әсері ретінде крахмал гидролизі немесе фенолдық қосылыс және кептіру және пісіру процесстерінен кейінгі антиоксиданттық белсенділігіне әсері аз зерттелген. Микробалдырларды қосу арқылы өнімнің технологиялық және тағамдық сапасына әсер етіп, ақуызды сіңу деңгейіне, фенол қосылыстарының құрамына, антиоксидант белсенділігіне және гликемиялық индексіне әсер ететін өзгерістерге назар аударып, дұрыс балдырлардың түрін таңдап алу қажет. Микробалдырлардың ассоциациялық симбиоз кезінде, олардың аралас дақылдарын қосымша қосу арқылы ауыл шаруашылығының өнімділігі мен тиімділігін арттыратын жоғарғы сапалы жем қоспаларын алуға болады. Олар оны топырақтың өнімділігін жоғарылату арқылы ауыл шаруашылығының өнімділігін көтереді.

Кең ауқымды өндірістік көлемде микробалдырлардың биомассасын алу үшін олардың жоғарғы өнімді штамдарын табу қажет, сондай-ақ олардың физиологиялық, биохимиялық, экологиялық және биологиялық ерекшеліктеріне назар аудару қажет. Сонымен қатар олардың зертханалық дақылдары микробалдырлардың жасушасындағы қорғаныш механизмін зерттеу үшін өте ыңғайлы құрал болып табылады. Моно- және аралас микробалдырдағы пероксидаза және полифенолоксидаз сияқты ферменттердің каталитикалық белсенділігін зерттеу жасушаларының арасындағы симбиоздық қауымдастық механизмдерінің физиологиялық биохимиясын анықтауға мүмкіндік береді.

Барлық тірі ағзаларда кездесетін химиялық реакциялардың ішінде, еркін радикалдар -  $O^{\cdot 2}$ ,  $OH^{\cdot}$  және органикалық субстраттың радикалдарын қамтитын тотығу-тотықсыздандару агенттерін ажырату маңызды. Еркін радикалдармен зақымдауға қарсы қорғаныш агенті ретінде пероксидазаны қосу арқылы антиоксиданттық қабілеттілік қолданылады. Бұл фермент оксидазаны, оксигеназаны және пероксидазаны катализдейді. Бос радикалдар жасуша қабырғасындағы липопротеиндерді тотықтырады да иондардың күйін өзгерту арқылы фенол, аскарбин қышқылы сияқты қосылыстарды бөліп шығарады. Бұл жағдайда пероксидаза донорлы электрондарды бұзатын детоксикатор ретінде қызмет етеді [7].

Әдебиетте жоғары өсімдіктерді өсіру үрдісін реттеуге пероксидазаның қатысуы туралы ақпарат бар. Ферменттердің IRS тотығу қабілеті арқылы өсімдіктердің өсуіне пероксидаздың физиологиялық функциясы туралы әртүрлі пікірлер кездеседі [8].

Полифенолоксидазалар моно-, три-, поли- және ортодифенолоксидазаларды оттегінің қатысында су мен хинондардың ортасын түзу арқылы катализдейді. Ферментативті әсердің негізі ақуыздағы мыс атомның тотығуы болып табылады:



Ферменттік белсенділік механизмі оттегі мен мыс ферменттерінің кешендерін қалыптастыруға негізделген.



Микробалдырды екі дақылмен дақылдағанда монодақылдағы қалыпты жағдайда ферменттердің белсенділігі өзгереді. Осы ферменттердегі өзгерістер микробалдырдың өсу динамикасына әсер етеді [9].

Балдырлар, өз кезегінде, әртүрлі ассоциативті симбиоздарды жасай алады. Олардың арасындағы биологиялық қатынастар мутаризмге, антагонизмге, бәсекелестікке және бейтараптыққа бөлінуі мүмкін.

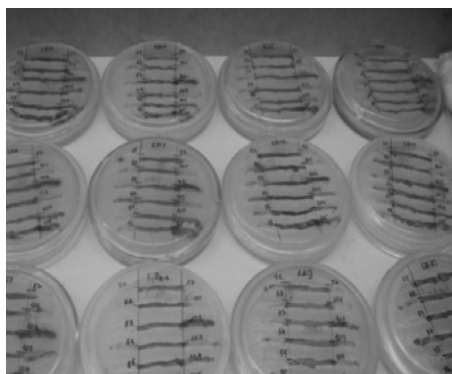
Зерттеудің мақсаты нан өнімдерінің технологиялық және тағамдық сапасына моно- және аралас микробалдырларды біріктірудің тиімділігін бағалау болып табылады.

**Зерттеу нысандары мен әдістері.** Зерттеу нысаны ретінде скрининг-биотесттік зерттеу барысында микробалдырлардың *Scenedesmus sp.* және *Chlorella vulgaris* түрлері іріктеліп алынды. Іріктелген микробалдырлар көлемі 350 мл колбаға 25<sup>0</sup>С температурада 6 кЛк жарықта люминастатта 12 сағ жарық/12сағ қараңғы фотопериодта дақылданды. Қоректік орта ретінде Фейджераль ортасы қолданылды.

Барлық биомасса центрифуга арқылы концентрленді. Белок мөлшері Лоури әдісімен анықталды. Пероксидаза және полифенолоксидазаның белсенділігі 420-430 нм толқын ұзындықты сәулемен спектрофотометр арқылы есептелді. Болжамды айнымалы мәндер: үгінділер түсінің ашықтығы, үгінділердің нақты көлемі мен қаттылығы. Нан үгінділерінің түсінің ашықтығы органолептикалық әдіс қолданып, анықталды. Нан аналитикалық таразыда өлшенді және нан көлемі «Нан көлемін анықтау» әдісімен зерттелді. Нанның нақты көлемі бастапқы көлем мен пісірілген нан массасының арасын салыстыру арқылы жүргізілді.

**Зерттеу нәтижелері мен талқылау.** *Скрининг-биотест арқылы зерттеу нысанын іріктеп алу.*

Микробалдырлардың арасында алты түрлі арақатынастар болады: мутуализм (өмір бойы өзара тиімділік), комменсализм (екі популяция бір біріне әсер етпейді), аменсализм (екі популяцияны біріктіріп өсіргенде бір-біріне зиянды әсер ететін), конкуренция (екі популяция бір-бірінің тіршілігін жояды), нейтрализм (екі популяция бір-біріне пайда да зиян да келтірмейді) және паразитизм, жыртқыштық (бір популяция екіншісінен пайда көреді). Осындай симбиоздың түрлерін арнайы скрининг-биотест жүргізіп көруге болады. Микробалдырлар Петри табақшасында штрих арқылы бір горизонталь бойымен өсіріледі. Микробалдырлардың 3 күндік дақылынан жолақтардың бір біріне арақатынасын визуальды түрде байқауға болады. Екі жолақтың арасындағы арақатынасты төмендегі 1-суреттен байқауға болады.



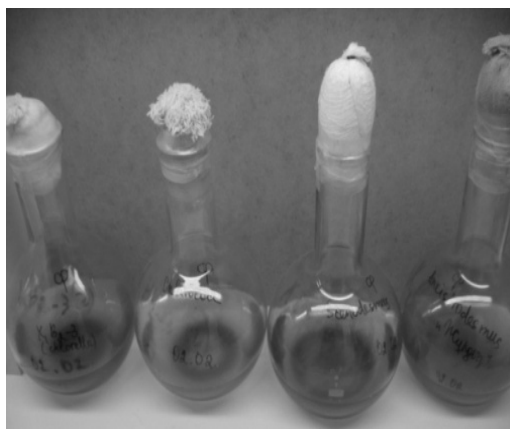
Сурет 1. Микробалдырлар арасындағы қарым-қатынастарды анықтау мақсатында жасалған скрининг-биотесттің көрінісі

Жоғарыдағы суретте *Chlorella vulgaris* (KV4) пен басқа микробалдырлардың штамдарымен арасында түзілген түрлі биотикалық қатынастарды байқауға болады. Түрлі арақанастардың арасындағы байланыстардың ішінен комерциялық тұрғыда тиімді мутуалистік арақатынастағы түрлері -102, 103, 104 таңдалып алынды. Олардың арасындағы жақсы мутуалистік арақатынасқа ие болған микробалдырлар *Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus sp.* таңдалды. Таңдалған микробалдырлар кейінгі биохимиялық және технологиялық зерттеулерге қолданылды.

*Микробалдырларды қоректік ортада дақылдау.* Зерттеу нысаны ретінде жасыл микробалдырлардың модақылдары *Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus spp* таңдалды. Ассоциациялық симбиоз негізінде таңдалған микробалдырлардың моно- және аралас дақылдары өсірілді. Моно дақылдарды оптикалық тығыздығы бірдей етіп егілсе, дәл сондай оптикалық тығыздықта 1:1 қатынасындай етіп аралас микробалдырлар да дақылданды.

Моно- және аралас дақылдар люминастаттың ішінде 25<sup>0</sup>С температурада 18 күн бойы 0,35 колбаларда өсірілді. Әрбір үш күн сайын зерттеуге сынама алынып отырды.

Микробалдырлар ұштасқан режимде дақылданады және оларға 16 сағ. жарық берілсе, 8 сағ қараңғыда фотопериодталған бейнесі 2-суретте көрсетілген. Олар Фейджеральды ортада өсірілді, әрі олардың өсу динамикасы әрбір 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 диапазонда клетканың қорғаныш қызметін атқаратын ферменттердің белсенділігі үш қайталама түрде тексеріліп отырды. Ол үшін барлық биомасса центрифугалау арқылы концентрледі. Фосфатты буфер 6 мин элюирледі. Жалпы белок Лоури әдісімен талданды.



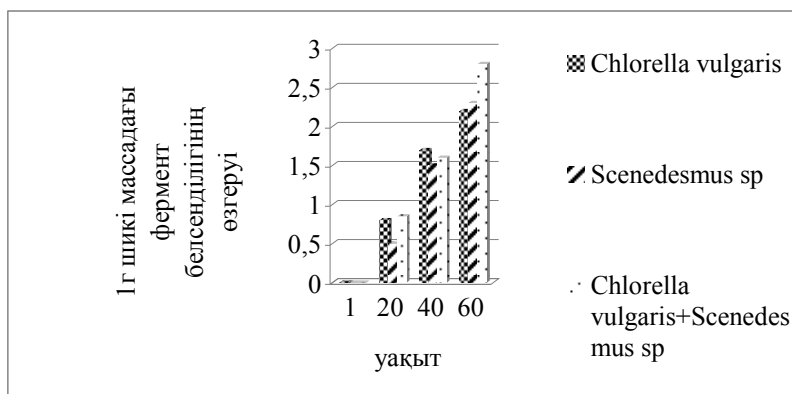
Сурет 2. Микробалдырлардың люминастаттың ішінде 16 сағ. жарық/8 сағ қараңғыда, 25<sup>0</sup>С температурада, 18 күн бойы колбалардағы өсірілген көрінісі

Пероксидазаның құрылымы спектрофотометр көмегімен микробалдырлардан анықталды. Субстрат ретінде таңдалған пирогалолды қолданып, 430 толқын ұзындығында өлшенді. Полифенолоксидазаның белсенділігі де спектрофотометрмен өлшенді. Толқын ұзындығы 420 нм құрады. Субстрат ретінде пирокатехин қолданылды.

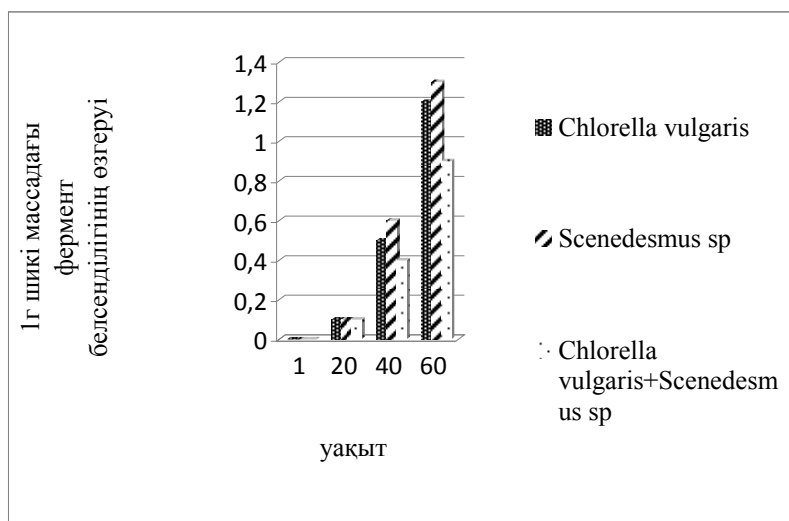
Нәтижелер 1 г шикі массаның оптикалық тығыздығының уақыт бірлігіндегі өзгеруіне негізделген. Пероксидаздың сутегі асқын тотығына

жоғары сезімталдығынан 20 сек сайын үш рет қосылып отырды. Алынған нәтижелер фермент белсенділігін шығаратын формулалармен есептелді.

Микробалдырлардың антиоксиданттық сипаттамаларының нәтижелері және оларды талдау. Төмендегі суретте моно- және аралас микробалдырлардағы полифенолоксидазаның белсенділігінің салыстырмалы нәтижесі көрсетілген. Талдау көрсеткіші бойынша моно дақылдарға қарағанда аралас дақылдарда ферменттің белсенділігі жоғары. Мысалы: 60 сек тәжірибе барысында ферменттің белсенділігі  $2,8 \pm 0,2$  құрады. *Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus sp.* және  $2,25 \pm 0,1$  және и  $2,42 \pm 0,2$  құрады.



Сурет 3. Моно- және аралас дақылдардағы полифенолоксидаза белсенділігі



Сурет 4. Моно- және аралас дақылдардағы пероксидаза активтілігі көрсетілген

3 және 4-суреттерде моно- және аралас микробалдырлардағы пероксидаза ферментінің белсенділігі көрсетілген. Монодақылда өсу белсенділігіне қарағанда ферменттің белсенділігі жоғары. Тәжірибенің 60 с пероксидазаның белсенділігі жоғары  $1,26 \pm 0,1$ , ал аралас дақылда  $0,97 \pm 0,1$ .

Пероксидаза жасуша қорғанышының антиоксиданттық жүйесіндегі ферменттің бірі болып саналады. Бұл көп функционалды фермент субстраттың көп бөлімін құрта алатын гетерогенді молекуласымен сипатталады. Бұл эксперименталды мәліметтер мен деректер бойынша

пероксидазаның белсенділігіне бағытталған және пероксидаза мен өсімдік штаммына көптеген өзгерістер мен метаболикалық бұзылуларға жауапты де novo синтезінде белгілі изоэнзимдердің тиімділігін көрсетеді. Көптеген авторлардың соңғы жылдары жұмыс істеуі стресстік факторлардың тұрақты диагностикалық белгілері ретінде пероксидаз белсенділігі мен изогендікті пайдалану туралы болжамға негізделген.

Бұл жағдайда аралас дақыл жағдайында полифенолоксидазасының белсенділігі монодақылдарға қарағанда жоғары және пероксидаза белсенділігі монодақылға қарағанда төмен болды.

*Белсенді дақылдармен ұйытқы дайындау.* Қамыр дайындауға қажетті ұйытқы 36 сағ бұрын дайындалды. 20 г ашытқыға 20 г іріктелген микробалдырлардың моно- және аралас дақылдарына 40 мл су мен 40 г бидай ұнын қосып, жақсылап араластырып, бетін жауып, 21<sup>0</sup>С бөлме температурасында 36 сағат бойы ұйытылды. Төрт нұсқа жасалды. Әрбір 8 сағат бойы 120 мл су мен 120 г бидай ұны қосылып отырды.

*Қамыр дайындау мен пісіру рәсімі.* Дайындалған ұйытқыдан қамыр дайындалу барысында ингредиенттер автоматсыз қосылып, арнайы спиралды ілмегі бар араластырғышқа салынып, 10 мин араластырылды. Кешенді нан пісіруге қосылатын микробалдырлардың нан пісіру қасиеттеріне және ондағы технологиялық үрдісті қаншалықты жеделдететінін білу үшін қолданылды. Сосын қамырды 350 г бөліктерге бөлінді. Олар арнайы пеште пісірілді. Төрт бөліп, үш нұсқадан 12 нан пісірілді. Шикізатты дайындау және нан пісіру үрдісі «Нан пісіру кәсіпорындарындағы технологиялық процесті ұйымдастыру және жүргізу ережелеріне» сәйкес жүргізілді. Зерттеудің шарттары өндіріс жағдайына барынша жақын болды.

*Chlorella vulgaris мен Scenedesmus sp. микробалдырлар қосылып дайындалған нанның технологиялық сипаттамалары.*

Енгізілген өзгерістер нанның нақты көлеміне айтарлықтай әсер етті ( $p \leq 0,10$ ). Зерттеу нәтижесінде хлорелла мен скенедесмустың аралас дақылдарының әсері оның жеке түрлері мен бақылауларымен салыстырғанда көлемінің нақты бір деңгейден ұлғайғанын байқауға болады. Нақты бір көлемді көрсету маңызды көрсеткіштердің бірі. Ол нан пісіру кезінде ұнның кеңеюі мен қамырда газдың ұсталуы негізінде пайда болады, сондай-ақ микробалдырлардың аралас түрі 3,5% құрағанда, нан көлемі жоғары көрсеткішке ие болған.

Жалпы алғанда, ферменттеу уақыты нанның ылғалдылықты сақтау температурасына қарамастан өсті. 26 °С температурасында ашытылған кезде, 0 және 12 сағаттық өңдеу кезіндегі нанның ылғалдылығының айырмашылығы шамалы болды, бірақ орташа өсім 0,94% құрады. Айтарлықтай жақсы көрсеткіш 12 мен 48 сағат аралығында 14<sup>0</sup>С температурада ашытылу барысында, ылғалдылық 1,88% көрсетті. Ылғалдылықтың көбеюі микробтық және эндогенді ферменттердің метоболиттік белсенділігінен туындайтын, суға жанама өнім ретінде келуі мүмкін. Ашыту сондай-ақ, суды байланыстыратын, қамырдың гратациялану қабілеті мен тоқтап қалуын болдырмайтын қосылыстарды арттырады. Бұл үрдіс пісіру барысындағы булану кезінде қамырдағы судың тапшылығына кедергі бола алады.

**Қорытынды.** Микробалдырлардан дайындалатын ашытқы дақылдары шет елдің дәстүрлі әдістері ретінде ертеден қолданылған. Соңғы жылдары микробалдырлардың тағамдық құндылығы мен сіңімділігін ескере отырып,

ұмыт болған дәстүрлі әдістерді қайта жаңғырту барысында зерттеулер жүргізіліп жатыр.

Зерттеуге қажетті нысандарды іріктеу барысында тағамда қолданылуға рұқсат берілген 15 микробалдырлардың ішінен тест-скрининг әдісімен екі микробалдыр түрлері алынды. *Chlorella vulgaris* мен *Scenedesmus sp* дақылдар арасындағы мутуалистік арақатынасы анықталып, бірге аралас микробалдыр түрінде қолданылу алға қойылды. Іріктелген микробалдырлардың арасындағы селбесіп өсудің спектрофотометрмен фермент белсенділіктері анықталды. Аралас микробалдырлардың полифенолоксидаза бойынша фермент белсенділігі жоғарғы мәнге ие болса, ал пероксидазаның белсенділігі аралас микробалдырларға қарағанды моно балдырларда жоғары болды. Бұл ферменттердің белсенділік көрсеткіштерін кейінгі зерттеулерде маркер ретінде қолдануға болады.

Аралас және моно микробалдырлар үлгілері ашытқы ретінде қолданылып, түрлі уақыт аралығында ашытылды. Әр нанның биіктігі өлшеніп, жазылды.

*Chlorella vulgaris* мен *Scenedesmus sp.* микробалдырлардан аралас және жеке қосылып дайындалған нанның технологиялық сипаттамалары анықталды. Микробалдырлардың аралас түрі 3,5% құрағанда жеке балдырларға қарағанда нан көлемі жоғары көрсеткішке ие болды.

Ферменттеу уақыты ұлғайған сайын, нанның ылғалдылықты сақтауы температураға қарамастан өсті. Ол пісіру барысындағы булану кезінде қамырдағы судың тапшылығына кедергі бола алатындығын көрсетеді.

Бидай мен микробалдырлардағы белоктардың белгілі бір түрлерінің сезімтал адамдарға нан ашытқыларының қауіпсіздігі мен ашу процесіндегі нан гидролизінің деңгейін толық түсіну үшін толығырақ зерттеулер жүргізу қажет. Сондай-ақ, ақуызды гидролиздеу қабілеті жоғары ашытқы бактерияларын атап көрсете кету керек. Сонымен қатар, кейбір пробиотиктердің асқорытуға көмектесетін механизмдерін жақсы түсіну қажет.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Минюк, Г.С. Одноклеточные водоросли как возобновляемый биологический ресурс [Текст] / Г.С. Минюк, И.В. Дробецкая, И.Н. Чубчикова [и др.] // Морской экологический журнал. – 2008. – Т. 7, № 2. – С. 5-23.
2. Pulz O., & Gross W. Valuable products from biotechnology of microalgae // Applied Microbiology and Biotechnology. -2004. -№65. -P.635-649.
3. Spolaore P., Joannis-Cassan C., Duran E., & Isambert A. Commercial applications of microalgae // Journal of Bioscience and Bioengineering – 2006 –№101. -p.-87-96.
4. Prabhasankar P., Ganesan P., Bhaskar N., Hirose A., Stephen N., & Gowda L. Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: chemical, functional and structural evaluation // Food Chemistry – 2009. –№65. -p.501-508.
5. Miranda M., Cintra R., Barros S., & Mancini-Filho J. Antioxidant activity of the microalga *Spirulina maxima* // Brazilian Journal of Medical and Biological Research – 1998. – №31.– P.1075–1079.
6. Anitha L., & Chandralekh K. Effect of supplementation of spirulina in blood glucose, glycosylated hemoglobin and lipid profile of male noninsulin

- dependent diabetics // Asian Journal Experimental Biological Science – 2010. – №1. – P.36-46.
7. Вассер, С.П. Водоросли [Текст] / [Отв. ред. С. П. Вассер]. – К.: Наукова думка, 1989. – 608 с.
  8. Рогожкин, В.В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов [Текст] / В.В. Рогожкин. – СПб: Гиорд, 2004. - 215 с.
  9. Zardetto, S., & Rosa, M. Effect of extrusion process on properties of cooked, fresh egg pasta.// Journal of Food Engineering.-(2009).-№ 92.-p.70-77.

*Материал редакцияга 19.03.18 түсті.*

**Д.А. Шаншарова, Ж.К. Усембаева, А.А. Хакимжанов, Л.Ж. Алашбаева**

*Алматынський технологічний університет, г. Алматы, Казахстан*

### **ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ НА ОСНОВЕ СКРИНИНГ-БИОТЕСТА В КАЧЕСТВЕ УЛУЧШИТЕЛЕЙ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Представлены результаты исследований по разработке рецептур хлебобулочных изделий с использованием моно- и смешанных культур микроводорослей *Chlorella vulgaris*, и *Scenedesmus spp.*, выбранных в качестве улучшителей хлеба с помощью скрининг-биотеста. Исследована антиоксидантная активность моно- и смешанных культур микроводорослей. Выявлено, что активность фермента полифенолоксидазы смешанных микроводорослей выше, тогда как активность пероксидазы была выше у моно водорослей по сравнению со смешанными микроводорослями. Показатели этих ферментов могут быть использованы в качестве маркеров в последующих исследованиях.

**Ключевые слова:** микроводоросли, фермент, антиоксиданты, скрининг-биотест, моно- и смешанная культура.

**D.A. Shansharova, Zh.K. Usembayeva, A.A. Khakimzhanov,  
L.Zh. Alashbayeva**

*Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan*

### **APPLICATION OF MICROALGAE BASED ON SCREENING BIOTEST AS IMPROVERS OF BAKERY PRODUCTS**

The results of research on the development of bakery products with the use of mono- and mixed cultures of microalgae *Chlorella vulgaris*, and *Scenedesmus spp.*, selected as bread enhancers by screening biotest, are presented. The antioxidant activity of mono-and mixed cultures of microalgae has been studied. It was found that the activity of the polyphenol oxidase enzyme of mixed microalgae is higher, whereas the peroxidase activity was higher in mono algae than mixed microalgae. The indices of these enzymes can be used as markers in subsequent studies.

**Keywords:** microalgae, enzyme, antioxidants, screening-biotest, mono- and mixed culture.

УДК 637.134

**Н.В. Иванникова***Магистр техники и технологии, ст. преподаватель**Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан**Электронная почта: natika.77@mail.ru*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ПАСТООБРАЗНОГО МОЛОЧНО-БЕЛКОВОГО ПРОДУКТА**

Представлена технология приготовления молочно-белкового продукта «Твой выбор» с использованием закваски VIVO. Обоснованы рецептурно-компонентные решения при производстве пастообразного молочно-белкового продукта.

**Ключевые слова:** творог, йогурт, пастообразные молочно-белковые продукты, побочный продукт молочного производства.

Сегодня перед пищевой промышленностью стоит актуальная проблема – разработка и создание продуктов питания с повышенной биологической ценностью, лечебно-профилактического или диетического действия, при одновременно низкой себестоимости продукции. Такая тенденция прослеживается во всех отраслях пищевой промышленности, включая отрасль по переработке молочного сырья. Молочное производство всегда считалось одной из стратегических отраслей экономики с целью обеспечения устойчивого снабжения населения необходимыми молочными продуктами, в частности, молочной продукцией с измененным качественным составом [1].

Отсюда и интерес ученых и практиков к молочным белкам и пастообразным продуктам на их основе, как основному вектору для поиска новых технологий ресурсосбережения. Целью исследования была разработка рецептуры и технологии пастообразного молочно-белкового продукта с использованием биообъектов нового поколения. Объектами исследования выступали: творог, йогурт, пастообразные молочно-белковые продукты.

Исходя из поставленных целей исследования, работа проводилась в несколько этапов. Для визуализации этапов выполнения составлена схема исследований, показанная на рисунке 1.

На первом этапе был проведен анализ научно-исследовательской литературы, охватывающей специфику приготовления молочно-белковых продуктов. На основе систематизации и обобщения публикаций в научных журналах представлены данные о перспективах развития молочной отрасли Казахстана. Рассмотрены новые технологии производства кисломолочных продуктов, в частности молочно-белковых продуктов, особенности технологии, инновационные приемы, позволяющие повысить потребительские свойства за счет оптимизации. На третьем этапе были обоснованы рецептурно-компонентные решения при производстве пастообразного молочно-белкового продукта. При разработке йогуртовой основы был обоснован вид вносимой заквасочной культуры VIVO, способ введения сахарного сиропа. Четвертый этап – реализация технических решений на предприятиях молочной промышленности. Разработка технологической инструкции на пастообразный молочно-белковый продукт «Твой выбор».



Рис. 1. Схема исследования

На рынке Казахстана можно встретить большой выбор молочно-белковых продуктов, однако главным «трендом» 2017 года были необоснованно высокие цены на молочную продукцию. Недобросовестные производители стараются снизить конечную цену и себестоимость, заменяя натуральное молочное сырье растительным. Однако сегодня в мире растет спрос на натуральные жиры, ввиду заполненности молочного рынка



растительными заменителями. Использование растительных жиров в производстве молочных продуктов растет вместе с импортом. Согласно формулировкам ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции», молоком может называться продукт, который в своем составе содержит только молочный жир. Как показывает практика на казахстанских прилавках зачастую можно найти молокосодержащие продукты, в состав которых входят различные продукты (сухое молоко, пальмовое масло), но только не молочный жир животного происхождения. Согласно ТР ТС 033/2013 молокосодержащая продукция на 50% может состоять из растительных компонентов. К примеру, в сырных, творожных продуктах, в спредах присутствует натуральное коровье молоко, и заменители молочного жира (ЗМЖ). Такие продукты повторяют технологию производства, имитируя натуральный продукт, но имеет измененный ингредиентный состав. И называть их молочными или молокосодержащими по сути является противозаконным, однако недобросовестные предприниматели и продавцы прибегают к многочисленным уловкам, перемаркировывая товар, искусственно завышая цену на молочную продукцию. Предложенный продукт под названием «Твой выбор» содержит в своем составе только натуральное молочное сырье животного происхождения.

Технология приготовления молочно-белкового продукта «Твой выбор» осуществляется в следующей последовательности.

*Подготовка сырья.* Для производства используется молоко домашнее, с кислотностью не выше 20<sup>0</sup>T. В производственных условиях требуется нормализация молока по жиру. Для большинства йогуртов содержание жира должно быть не менее 6%. Расчет для нормализации молока обезжиренного и сливок проводят согласно материальному балансу. Нормализация осуществляется путем смешивания цельного молока с обезжиренным или со сливками. Для обеспечения микробиологической чистоты продукта требуется стерилизация домашнего молока или пастеризация производственного молока.

*Тепловая обработка.* Пастеризацию молока проводят при  $t=85-88^{\circ}\text{C}$  с выдержкой 5-10 мин или при  $90-92^{\circ}\text{C}$  с выдержкой 2-4 мин.

*Охлаждение молока.* Термически обработанное молоко охлаждают до температуры заквашивания его чистыми культурами молочнокислых бактерий, присутствующих в закваске VIVO при температуре  $39-40^{\circ}\text{C}$  [2].

*Заквашивание молока.* В охлажденное до необходимой температуры заквашивания молоко должна быть немедленно внесена закваска. Одна баночка закваски VIVO рассчитана на 1 л молока (шесть баночек для йогурта). Для равномерного распределения закваски требуется добавить половину столовой ложки кипяченной охлажденной воды (8 мл). Наиболее рационально вносить закваску в молоко в потоке. На предприятии закваску необходимо подавать через дозатор непрерывно в смеситель для ее равномерного распределения.

*Сквашивание молока.* Сквашивание молока производят при температуре, автоматически установленной в йогуртнице. Продолжительность заквашивания составляет 8 часов. На производстве для получения продукта с плотной однородной консистенцией необходимо поддерживать температуру сквашивания, оптимальную для данного продукта. Продолжительность сквашивания молока зависит, как правило, от вида получаемой кисломолочной продукции, для йогурта она составляет от 4

до 16 часов. Окончание сквашивания определяют по характеру сгустка и по кислотности.

*Охлаждение.* При способе производства йогурта в домашних условиях сквашенное молоко в мелкой таре по достижении определенной кислотности перемещают в холодильник (охлаждающее устройство), где оно охлаждается. Йогурт можно готовить с наполнителями. В качестве наполнителя используют сливовое повидло и замороженные свежие ягоды (малина, вишня). Внесение наполнителей в йогурт, выработанный термостатным способом, производят после охлаждения до 20-25°C. Натуральные пищевые красители вносят в емкость при температуре 20-25°C.

Йогурт выработан в соответствии с требованиями ГОСТ Р51331-91 Йогурты. Технические условия с соблюдением санитарных норм и правил технологической документации. Одной из составляющих молочного-белковой пасты является творожистая основа. В ходе исследований рассматривалось использование производственного творога жирностью 18% и творога, приготовленного в лабораторных условиях.

*Технологическая схема производства творога.* Технологический процесс производства творога включает следующие операции: прием и подготовка основного сырья; подогрев и сепарирование молока; составление смеси нормализованного молока; пастеризация (термическая обработка) и охлаждение нормализованного или обезжиренного молока; заквашивание и сквашивание молока при соответствующих температурах; разрезание сгустка, отделение сыворотки и розлив сгустка; самопрессование и прессование сгустка; охлаждение творога; смешивание обезжиренного творога со сливками; доохлаждение продукта.

*Подогрев и сепарирование молока (производственный процесс).* Молоко нагревают до температуры 38-40°C и направляют в сепаратор-сливкоотделитель для получения сливок с массовой долей жира 50-55% и обезжиренного молока. В лабораторных условиях операция сепарирования не предусматривалась.

*Составление смеси нормализованного молока.* При производстве творога 5%-жирности молоко следует нормализовать для установления правильного соотношения между его составными частями (массовой долей жира и белка в нормализованной смеси). Операция необходима для обеспечения получения стандартного по влаге и жирности продукта.

*Пастеризация и охлаждение нормализованного или обезжиренного молока.* Нормализованное (обезжиренное молоко) пастеризуют на пастеризационно-охладительных установках при температуре 78-80°C с выдержкой 15-20 с. Молоко охлаждают до температуры заквашивания 28-30°C. В лабораторных условиях термическая обработка осуществлялась на лабораторной плите с указанными температурными режимами. Пастеризацию молока проводят при  $t=85-88^{\circ}\text{C}$  с выдержкой продолжительностью 5-10 мин или при 90-92°C с выдержкой 2-4 мин [3].

*Заквашивание и сквашивание молока.* Молоко заквашивают закваской VIVO при температуре 28-30°C. В процессе сквашивания температура смеси должна поддерживаться на установленном уровне. Для лучшего отделения сыворотки вносят хлористый кальций. Количество вносимого хлористого кальция берется из расчета 400 г на 1000 кг заквашенного молока. Молоко тщательно перемешивают мутовкой в течение 15-20 мин. Далее молоко оставляют в состоянии покоя до образования сгустка требуемой кислотности. Приготовление творога осуществлялось так же в йогуртнице.

*Разрезание.* Готовый сгусток следует разрезать на кубики  $2,0 \times 2,0 \times 2,0$  см и оставить в покое на 30-40 мин для выделения сыворотки. Далее сгусток нагревали до необходимых температур. Сгусток охлаждают на  $10^{\circ}\text{C}$ . Выделившуюся сыворотку сливают.

*Самопрессование и прессование сгустка.* Сгусток перекладывают в мешочки (бязевые или сложенную в несколько раз марлевые мешочки) и оставляют для самопрессования. Это процесс длится не менее 1 часа. Прессование продолжают до достижения творогом массовой доли влаги, обусловленной действующей документацией, но не более 10 часов. Творог прессуют при температуре  $3-8^{\circ}\text{C}$ .

*Охлаждение творога.* Охлаждение творога ведут в холодильнике при  $t = 8-15^{\circ}\text{C}$ .

*Приготовление молочно-белкового продукта.* Рецепт приготовления молочно-белкового продукта – пасты предусматривает дозирование приготовленных йогурта и творога, взятых в равных количествах (1:1) [4]. Необходимо внести в творожную массу подготовленные компоненты. В производственных условиях необходимо перемешивание составляющих и термизация, осуществляемая в куттере-диспергаторе при скорости вращения ножей мешалки 3000 об/мин при температуре  $65 \pm 1^{\circ}\text{C}$  в течение 5 минут. Вид сгустка представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Вид сгустка

Для получения гомогенной молочно белковой массы в лабораторных условиях составляющие перемешивали блендером. Для придания вкуса вносят заранее приготовленный сахарный сироп (готовят в соотношении вода:сахар 1:1), не прекращая перемешивания [5]. При проведении исследований рассматривался вариант внесения сливового повидла. Однако внесение повидла значительно повышало кислотность готового продукта, что требовало внесения дополнительных количеств сахара.

*Приготовление сахарного сиропа.* Сахарный сироп готовят концентрацией 65,8% мас. (в 1 л сиропа 869,3 г сахара) и 73,2% мас. (в 1 л сиропа 1000,9 г сахара) горячим и холодным способами. Первоначально воду нагревают до  $50-60^{\circ}\text{C}$ , после чего, не прекращая нагревания, непрерывно помешивая вносят рассчитанное количество сахара. После полного растворения сахара раствор следует довести до кипения, не допуская пенообразования. Эту операцию повторить дважды. Готовый сахарный сироп охлаждают до температуры  $25-28^{\circ}\text{C}$ . Полученный гомогенизированный продукт необходимо охладить до  $45 \pm 2^{\circ}\text{C}$  и направить на фасовку и упаковку.

Аналогом нового продукта являлась молочно-белковая паста. С точки зрения маркетинга, разработанная технология и рецептура молочно-белковой

пасты расширит ассортиментную линейку молочных продуктов, приготовленных с использованием натурального сырья.

Выводы. В результате экспериментальных исследований разработана технология производства молочно-белковой пасты, рекомендуемого как для массового, так и для профилактического питания населения страны. Учитывая приоритеты социально-экономического развития республики, обозначенные в стратегии «Казахстан-2050», вопросы полноценного натурального питания и формирования здорового образа жизни населения страны являются весьма важными. Формулировка «Здоровье есть функция питания» стало базовым для современного общества.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипова, А.Н. Разработка лечебно-профилактических кисломолочных продуктов и технологии их производства [Текст]: автореф. дис. канд. техн. наук / А.Н. Архипова. – Санкт-Петербург, 1995. – 24 с.
2. Апсалям, Н. Промышленная переработка сельскохозяйственной продукции в Казахстане: анализ ситуации [Текст] / Н. Апсалям // Транзитная экономика. – 2004. – №4. – 127 с.
3. Жукова, Л.П. Молочно-белковый продукт аналог творога [Текст] / Л.П. Жукова, Е.С. Литвинова // Молочная промышленность. – 2000. – №9. – С.31-36.
4. Степанова, Л.И. Справочник технолога молочного производства: Технология и рецептуры [Текст] / Л.И. Степанова; В 3-х томах. – СПб.: ГИОРД, 2004.
5. Ивашура, А.И. Источник здоровья. Занимательно о молоке и молочных продуктах [Текст] / А.И. Ивашура. – СПб.: МОДЭК, 2008. – 224 с.

*Материал поступил в редакцию 21.06.18.*

**Н.В. Иванникова**

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

#### ПАСТА ТӘРІЗДІ СҮТТІ-АҚУЫЗДЫ ӨНІМ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

VIVO ұйытқысын пайдалана отырып «Сенің таңдауың» атты сүтті-ақуызды өнім дайындау технологиясы ұсынылған. Сүтті-ақуызды өнім өндірісінде рецептуралық-компоненттік шешімдер негізделген.

**Тірек сөздер:** сүзбе, йогурт, паста тәрізді сүтті-ақуызды өнім, сүт өндірісінің қосымша өнімі.

**N.V. Ivannikova**

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

#### TECHNOLOGY OF A PASTY MILK-PROTEIN PRODUCT

The technology of preparation of a milk-protein product "Your choice" using the VIVO starter is presented. The prescription-component solutions for the production of a pasty milk-protein product are justified.

**Keywords:** cottage cheese, yoghurt, pasty milk-protein products, a by-product of dairy production.

УДК 504.6:62/6

**Н.А. Горбатовская<sup>1</sup>, Н.В. Иванникова<sup>2</sup>, Е.И. Атенев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Магистр, ст. преподаватель, <sup>3</sup>Магистр, инженер  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан  
E-mail: <sup>1</sup>gna.06@mail.ru; <sup>2</sup>natika.77@mail.ru; <sup>3</sup>yer\_at@mail.ru

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УГЛЕРОДООКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ

В статье рассмотрена экологическая проблема загрязнения сточных вод, в частности, молочной промышленностью. Рассмотрены пути решения проблемы очистки сточных вод с использованием углеродооксилюющих микроорганизмов, как наиболее эффективный способ.

**Ключевые слова:** экология, молочная промышленность, сточные воды, очистка, углеродооксилюющие микроорганизмы.

В связи с ростом городов и развитием промышленности возникли серьезные экологические проблемы: загрязнение водоемов, накопление ядовитых веществ, в том числе канцерогенных, бытового мусора и отходов, загрязнение воздуха. Одним из путей разрешения экологической проблемы является путь «устойчивого развития», предложенный в качестве основной альтернативы развития человеческой цивилизации [1].

Специфическое применение биотехнологических методов для решения проблем окружающей среды, таких, как переработка отходов, очистка воды, устранение загрязнений, составляет предмет экологической биотехнологии. Круг проблем, решаемых экобиотехнологией, чрезвычайно широк – от разработки и совершенствования методологии комплексного химико-биологического исследования экосистем вблизи источников техногенных воздействий до разработки технологий.

Главная характерная физико-географическая особенность Казахстана – обширность его территории, внутриконтинентальное положение в центре Евразии и обусловленное этим резкая континентальность климатических условий и развитие на огромной равнинной части степного и пустынного ландшафтов, экосистемы, которые весьма уязвимы антропогенному воздействию, легко дестабилизируются и обладают очень слабой самовозобновляющейся способностью [1,2].

В настоящее время экологическая безопасность является одним из основных стратегических компонентов национальной безопасности РК и одним из важнейших государственных приоритетов, ведь загрязнение окружающей среды стало серьезной преградой на пути социально-экономического развития Казахстана [3].

Наша страна достигла значительного прогресса в совершенствовании своей нормативно-правовой и институциональной базы управления охраной окружающей среды, однако по-прежнему существуют проблемы в части качественного мониторинга и ограничения воздействия промышленных предприятий на окружающую среду.

Основной проблемой экологии в Казахстане является качество водных ресурсов, которых в республике недостаточно по сравнению с республиками европейской и сибирской частей СНГ. Кроме того, водные объекты Казахстана загрязняются отходами различных промышленных предприятий, коммунальными службами городов, в том числе и пищевыми предприятиями, которые представляют реальную экологическую угрозу.

Пищевая промышленность играет одну из важнейших ролей в экономике РК. По данным Комитета по статистике РК за 2016 год, доля данной отрасли в общем объеме промышленного производства республики составляет 6%, в обрабатывающей промышленности - 18,1%.

Основную долю в структуре производства пищевых продуктов занимают молочная промышленность (19,6%), мукомольная и крахмальная промышленность (19,1%), хлебобулочная промышленность (15,7%) и мясная промышленность (13,8%).

В Таразе в основном, наряду с химическими предприятиями, привалируют малые и средние пищевые предприятия, которые также по мере своей деятельности влияют на загрязнение окружающей среды.

Все эти предприятия также загрязняют воду, атмосферу, биосферу и окружающую среду нашего города и выбрасывают в окружающую среду свои отходы, мусор и подвергают опасности экосистему. Пищевые предприятия Жамбылской области: Меркенский филиал ТОО «ЦАСК» (сахарный завод), ТОО «Меркенский сырзавод», Таразский сахарный завод – филиал ТОО «ЦАСК», ТОО «Food KZ», ТОО «Куликов и К», Кондитерская «Гала», Колбасный цех, Пекарня «Тараз сдоба», АО «КазАгроФинанс», ТОО «Мясной мир», Пельменный цех «Метелица», ТОО «Галеника», ТОО «Консервный завод», АО «Евразиан Фудс Корпорэйшн», ТОО «Жамбыл нан хлебзавод», Представительство АО «Алматинский маргаринный завод», Молочная кухня «Кок жиек» и др. [4,5].

Город Тараз, как большинство областных центров, не имеет комплексов очистных сооружений, неочищенные стоки сбрасываются чаще всего на поля фильтрации.

Подземные воды Жамбылской области, как в целом вся водохозяйственная система, находится под усиленным антропогенным воздействием – на территории области действует более 70 крупных и средних предприятий. В связи с этим, здесь должны быть наиболее высокие требования к качеству очистных сооружений, хранилищам промышленных отходов и др.

Для решения этих проблем призвана экологическая биотехнология, то есть решение проблемы биологическим путем [2].

Для этой цели при утилизации отходов применяют комплексы микроорганизмов и специальные приборные устройства. В процессе круговорота загрязняющих веществ в экосистемах огромную роль играют микроорганизмы. Сейчас особый интерес представляют углеводородокисляющие микроорганизмы и их использование при очистке сточных вод.

Технологический процесс на предприятиях пищевой промышленности, качество сырья и готовой продукции находятся под постоянным наблюдением органов санитарного надзора, поскольку от их санитарного состояния непосредственно зависит здоровье населения. Предъявляются также высокие требования к метеорологическим условиям, и особенно к чистоте воздуха в помещениях пищевых производств [1].

Все возрастающее число пищевых предприятий требуют надлежащей экологической обстановки. В связи с этим на очистку отходов пищевой промышленности необходимо изыскать современные методы и способы очистки сточных вод, выброса пыли в атмосферу. Большую роль в экологической чистоте может сыграть экологическая биотехнология. Использование микроорганизмов показало свою эффективность на многих очистных сооружениях различных предприятий.

Микроорганизмы широко распространены в природных экосистемах, так как способность к окислению углеводов связана с наличием ферментов группы оксидаз.

Углекислородоокисляющие микроорганизмы рода *Acinetobacter*, *Candida*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Actinomyces*, *Nocardia*, *Rhodococcus* – перспективные объекты экологической биотехнологии.

Углекислородоокисляющие микроорганизмы являются нитрифицирующими бактериями. Нитрификация имеет большое значение в очистке сточных вод, так как этим путем накапливается запас кислорода, который может быть использован для окисления органических безазотистых веществ, когда полностью уже израсходован для этого процесса весь свободный (растворенный) кислород.

*Активный ил* – это биоценоз зоогенных скоплений (колоний) бактерий и простейших организмов, которые участвуют в очистке сточных вод. Применяется в биологической очистке сточных вод.

Микроорганизмы являются эффективным индикатором для определения качества ила. Для осуществления биоиндикаторного контроля проводят гидробиологический анализ водно-иловой смеси методом микроскопирования. Определяются структурные особенности биоценоза активного ила, организмы которого обладают способностью реагировать (качественным изменением и количественным распределением отдельных групп) на состав и свойства очищаемых сточных вод, а также на условия жизнеобеспечения. Численное преобладание того или иного компонента биоценоза служит индикатором стабильности и эффективности технологического процесса очистки сточных вод. Данный метод позволяет определить отклонения микроорганизмов и изменение видового состава биоценоза от нормального состояния, причем по степени таких отклонений не только определять состояние, но и прогнозировать сроки перспективы изменения нормального протекания технологического процесса биологической очистки сточных вод [2]. На рисунке 1 представлены часто встречающиеся виды микроорганизмов в составе активного ила.

Интересно отметить, что при очистке одной и той же воды состав бактериального населения активного ила и биопленки идентичен, но различается количественным соотношением отдельных групп бактерий. В биопленке развиваются дрожжи, плесени, встречаются также водные клещи, мушки *Psychoda*.

Важнейшим свойством активного ила является его способность к оседанию. Свойство оседания описывается иловым индексом. При индексе более 150 мг/л осаждаются плохо. Иногда плохая осаждаемость ила связана с развитием в нем нитчатых бактерий *Sphaerotilus natans*. Плохая осаждаемость влияет на ухудшение качества очистки [2].

Кроме углекислородоокисляющих микроорганизмов, в современном этапе в производстве используется еще один вид микроорганизмов, которые участвуют в очистке сточных вод. Метод биологической очистки основан на

способности некоторых видов микроорганизмов в определённых условиях использовать загрязняющие вещества в качестве своего питания.

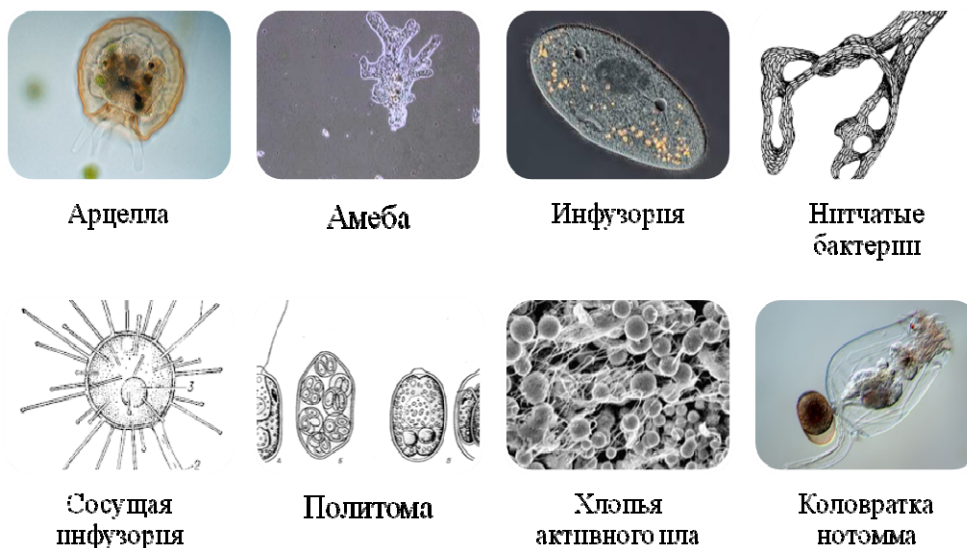


Рис. 1. Виды микроорганизмов в составе активного ила

Множество микроорганизмов, составляющих активный ил биологического очистного сооружения, находясь в сточной жидкости, поглощает загрязняющие вещества внутрь клетки, где они под воздействием ферментов подвергаются биохимическим превращениям.

Технологическое применение биологических агентов, а именно использование бактерий с целью получения конкретных продуктов или проведения контролируемых направленных изменений, является основой биотехнологии.

Для того, чтобы выделить чистую культуру микроорганизмов, следует отделить многочисленные бактерии, которые находятся в материале, одна от другой. Этого можно достичь с помощью методов, которые основаны на двух принципах – механическом и биологическом разобщении бактерий. Методы для получения микроорганизмов представлены в таблице 1 [3-5].

Таблица 1

Принципы и методы выделения чистых культур бактерий

Механический принцип	Биологический принцип
МЕТОДЫ	МЕТОДЫ
1. <b>Метод Пастера</b> - последовательное разведение исследуемого материала в жидкой питательной среде до концентрации одной клетки в объеме (имеет историческое значение).	1. <b>Метод Шукевича</b> - применяется для получения чистой культуры протей и других микроорганизмов, обладающих «ползущим» ростом.
2. <b>Метод Коха</b> («пластинчатые разводки») - последовательное разведение исследуемого материала в расплавленном агаре (температура 48-50 °С), с последующим разливом в	2. <b>Метод Фортнера.</b> Метод заключается в совместном культивировании на одной среде аэробных и анаэробных микроорганизмов.



чашки Петри, где агар застывает.	
3. <b>Метод Дригальского</b> - широко применяется в бактериологической практике, при этом исследуемый материал разводят в пробирке стерильным физиологическим раствором или бульоном.	3. <b>Метод Хеннеля</b> (“часовых стекол”). Он является своеобразной модификацией предыдущего. За последние годы созданы стационарные анаэробные боксы, которые содержат все необходимое для создания анаэробных условий культивирования, включая термостаты. Как правило, такие камеры заполняются трикомпонентной газовой смесью. Бактериолог работает в камере, находясь внешне, применяя резиновые перчатки, вмонтированные у нее. Такое оборудование имеет неопровержимые преимущества, которые заключаются в том, что полностью исключается контакт кислорода с исследуемым материалом.
4. <b>Поверхностных штрихов.</b> Метод штриховых посевов сегодня используется в микробиологических лабораториях чаще всего.	

Молокозаводы, как и всякие предприятия, являются одними из основных факторов, определяющим состояние окружающей среды. Именно поэтому важное значение приобретает сокращение воздействия молокозавода на окружающую среду [5].

Вода приобретает токсические свойства и представляет собой угрозу для всего живого. Сточные воды предприятий пищевой промышленности относятся к категории высококонцентрированных и имеют нестабильные по качеству и количеству показатели. Такие стоки представляют собой сложные полидисперсные системы и содержат различные по природе загрязнения: жир, молоко, чешую, шерсть, соли, минеральные нерастворимые примеси, моющие средства и др. Эти воды характеризуются высокими показателями БПК, ХПК, взвешенных веществ, жиров. Список и характеристики сточных вод предприятий пищевой промышленности представлена в таблице 2 [3].

Таблица 2

Характеристики сточных вод предприятий пищевой промышленности

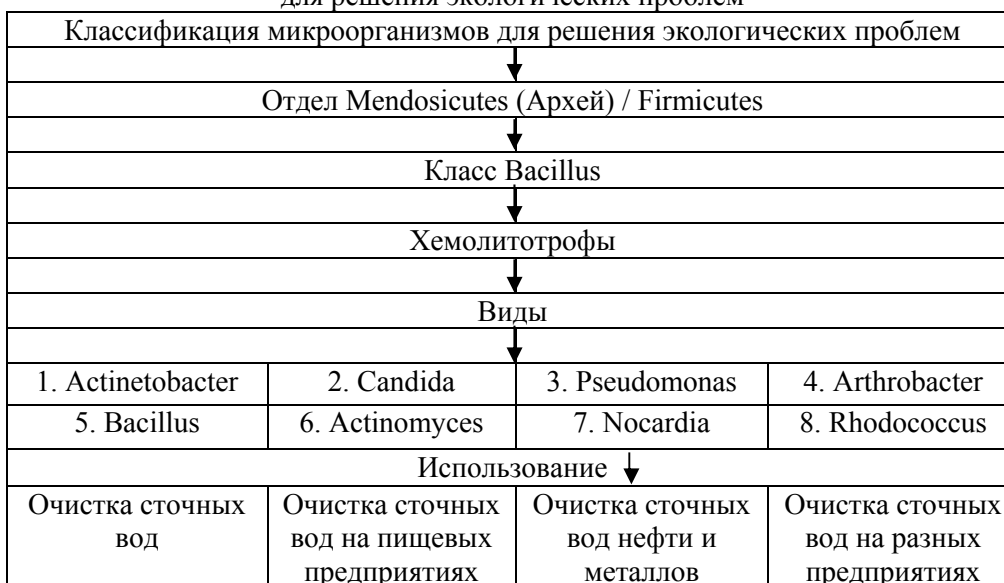
Предприятия	pH	Взвешенные вещества, мг/л	ХПК, мг/л	БПК, мг/л
Сахарные производства	6-9	1200-2600	4900	1400-3600
Производство дрожжей	6,8	1900	1800	1500
Пивоваренные предприятия	6,9	2650	2000-6000	1500-4000
Спиртзаводы	4	32000-45000	20000-48000	15500-29900
Производство слабоалкогольных	6	-	1760	1200

напитков				
Крахмальные перерабатывающие (картофель) заводы	7,2	600-4700	100-2520	300-1300
<b>Молочные предприятия</b>	<b>6,5-9</b>	<b>350-600</b>	<b>1200-3000</b>	<b>500-2000</b>
<b>Сырзаводы</b>	<b>3,55</b>	<b>400-750</b>	<b>51200</b>	<b>40000</b>
<b>Производства казеина</b>	<b>4,4</b>	<b>300-500</b>	<b>52587</b>	<b>41083</b>
Фильтрат биомедицина	3,35	-	22 200	19900
Плодоовощные производства	4	20-1800	440-2690	350-2175
Мясоперерабатывающие производства	6,5-7,5	410-12000	1800-12500	650-5100
Кондитерские предприятия	4,5-9,9	1220-1750	6060	2190
Производства мороженого	6-11	8000	6000	4000

В таблице 3 представлены классификация микроорганизмов для решения проблем экологической направленности.

Таблица 3

Классификация углеводородокисляющих микроорганизмов для решения экологических проблем



Другое название бактерий для сточных вод – биоактиваторы. Они относятся к непатогенным, выращиваются в искусственных условиях, полностью безвредны для организма человека. Основные характеристики и принцип работы для всех микробов общие. Препарат на их основе запускают в стоки. Фекальные массы, содержащие в большом количестве колиформные микроорганизмы, жир, мыльные растворы, остатки пищи, перерабатываются колониями, выращенными в лабораториях. В результате такой деятельности простейших организмов сточные воды очищаются настолько, что

преобразовываются в техническую, прозрачную воду без запаха и цвета. Если требуется очищение производственных стоков, которые содержат аммоний, применяются бактерии анамокс. Эти микроорганизмы эффективны, если требуется очистка канализационных станций. В бытовых условиях чаще используются анаэробные бактерии, так как они не требуют особых условий, чтобы осуществлять тщательное очищение сточных вод. Производственные стоки очищаются при помощи анамоксов [6].

Предприятия молочной промышленности являются одними из крупных потребителей пресной воды и источниками образования значительных объемов сточных вод. Удельный расход стоков молочных заводов составляет в среднем 5-7 м<sup>3</sup> на 1 тонну перерабатываемого молока, но зачастую, особенно на заводах с устаревшей технологией, этот показатель значительно выше. Сточные воды молокоперерабатывающих заводов содержат высокие концентрации органических загрязнений (жир, белок, лактоза), загрязнены также неорганическими соединениями, и синтетическими поверхностно-активными веществами (моющие вещества) [4].

Состав и концентрация загрязнений сточных вод зависят от профиля и производительности предприятий. Для обработки стоков молочных заводов применяются различные методы, выбор которых зависит от количества и характеристики загрязнений сточных вод, а также условий их сброса, устанавливаемых природоохранными органами и коммунальными организациями водопроводно-канализационного хозяйства. В соответствии с существующими требованиями стоки молокоперерабатывающих предприятий перед их сбросом в городскую канализацию или на собственные сооружения биологической очистки необходимо подвергать локальной очистке. Локальные очистные станции молзаводов должны быть компактны, просты и надежны в работе, обеспечивая требуемую степень очистки сточных вод. Для этой цели получила распространение коагуляция с последующим отстаиванием или флотацией, однако ее применение на молзаводах выявило ряд недостатков: высокие дозы традиционных видов коагулянтов, необходимость корректировки pH среды, нестабильность процесса коагуляции и, как результат, недостаточная степень снижения 3 концентрации органических загрязнений. Связано это с неоднородностью состава сточных вод молокоперерабатывающих заводов, объединяющих, как правило, стоки от разных производств молочных продуктов. В ходе технологического процесса переработки молока происходят изменения структуры его компонентов, что отражается на взаимодействии их с добавляемым коагулянтом. Учитывая, что на многих молокозаводах очистные станции либо отсутствуют, либо работают малоэффективно, вопрос организации эффективной локальной очистки становится весьма актуальным [6]. Наиболее широкое распространение получила очистка с помощью аэробных микроорганизмов, осуществляемая в аэротенках. Однако применительно к высококонцентрированным сточным водам молочной промышленности традиционные технологии аэробной биологической очистки в аэротенках обладают существенными недостатками.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Форстера, К.Ф. Экологическая биотехнология [Текст] / К.Ф. Форстера, Д.А. Дж. Вейза. – Л.: Химия, 1990. – 384 с.

2. Культелеев, С.Т. Экологическое право Республики Казахстан (Общая часть) [Текст] / С.Т. Культелеев. – Алматы, 2011.
3. Современные методы очистки сточных вод и обработки осадка [Текст]. – М.: МГП «Мосводоканал», 2007. – 30 с.
4. Калиев, С. Воздействие ГМК на окружающую среду [Текст] / С. Калиев // Промышленность Казахстана. – 2008. – №12. – С.12-14.
5. [?] / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.inform.kz/>.
6. Горелова А.А. Экология [Текст] / А.А. Горелова. – М.: Юрайт-М, 2001. – 31 с.

*Материал поступил в редакцию 26.06.18.*

**Н.А. Горбатовская, Н.В. Иванникова, Е.И. Атенев**

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

### **ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРДІ ШЕШУДЕ КӨМІРСУТЕГІ ТОТЫҚТЫРҒЫШ МИКРОАҒЗАЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

Мақалада қоршаған ортаның ақаба сулармен, атап айтқанда сүт өнеркәсібінің ақаба суларымен ластану мәселелері қарастырылған. Тиімді тәсіл ретінде ақаба суларды көмірсутегі тотықтырғыш микроағзаларды пайдалана отырып тазарту жолдары баяндалған.

**Тірек сөздер:** экология, сүт өнеркәсібі, ақаба сулар, тазарту, көмірсутегі тотықтырғыш микроағзалар.

**N.A. Gorbatovskaya, N.V. Ivannikova, Ye.I. Atenov**

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

### **FEATURES OF THE USE OF HYDROCARBON-OXIDATING MICROORGANISMS TO SOLVE ECOLOGICAL PROBLEMS**

The article deals with the environmental problem of pollution of wastewater, in particular, the dairy industry. Ways of solving the problem of wastewater treatment using carbon-oxidizing microorganisms are considered as the most effective method.

**Keywords:** ecology, dairy industry, wastewater, purification, carbon-oxidizing microorganisms.

---

---

## Строительные технологии

---

---

УДК 628.33.02

А.А. Сагындыков<sup>1</sup>, К.Ш. Жылысбаев<sup>2</sup>, Е.А. Абуталипов<sup>3</sup>,  
А.Ш. Асылбеков<sup>4</sup>, А.Т. Тұрғынбек<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, <sup>3</sup>Студент, <sup>4</sup>Ст. преп., <sup>5</sup>Магистрант  
Таразский государственный университет им.М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан  
Электронная почта: ernur.abutalipov 98@mail.ru

### ПРИМЕНЕНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ

Представлены результаты исследования полученных керамических стеновых материалов на основе осадков сточных вод и природного традиционного сырья как суглинки. Установлено, что исследуемые отходы имеют повышенную теплоту сгорания, поэтому их целесообразно использовать не только в качестве отощителей, но и в качестве выгорающих добавок, что позволит исключить применение в составах керамических масс угля, антрацита, коксовой мелочи и др.

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, суглинок, керамический кирпич, энергосбережение, обжиг, структурно-механические свойства.

Одной из актуальной экологической проблемой является поиск эффективных способов утилизации многотоннажного отхода-осадка, образующегося при очистке городских и промышленных сточных вод. В РК проблема утилизации осадка сточных вод (ОСВ) решается преимущественно путем его предварительного обезвоживания с последующим захоронением на полигонах совместно с твердыми бытовыми отходами, размещением в иловых прудах или илонакопителях. ОСВ является многокомпонентным, токсичным, биологически опасным (поскольку содержит тяжелые металлы и патогенные микроорганизмы) отходом процесса очистки сточных вод, требующим значительных территорий для его последующего размещения и захоронения. Для размещения ОСВ необходимо создавать дорогостоящие ремонтпригодные сооружения с длительным периодом эксплуатации, поскольку процесс биодegradации отхода является продолжительным во времени. В процессе биологической degradation ОСВ происходит вторичное загрязнение объектов окружающей среды под действием эмиссий в атмосферный воздух (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> и др.), подземные и поверхностные воды (соединения, содержащие тяжелые металлы и др.). При этом выводятся из хозяйственного оборота значительные земельные ресурсы, которым в дальнейшем не могут быть возвращены их первоначальные функции без проведения высокочрезвычайных рекультивационных работ и санации вследствие изменения морфологического состояния поверхности и аккумуляции токсичных веществ в объектах накопления.

В мировой практике основными методами утилизации ОСВ являются их захоронение, использование в качестве удобрений в сельском хозяйстве, термические методы переработки (сжигание и пиролиз), связанных с

содержанием в них органического углерода, других органоенов и тяжелых металлов. Вместе с тем утилизация ОСВ термическими методами сопряжена с рядом проблем. Основная проблема, возникающая при сжигании осадка, заключается в образовании продуктов сгорания, содержащих токсичные соединения. Поэтому при разработке безопасных технологий сжигания отходов в первую очередь внимание уделяется поиску эффективных способов очистки отходящих газов от загрязняющих веществ. Современный уровень развития технологий очистки пылегазовых выбросов достаточно высок и позволяет снизить до приемлемого уровня концентрацию загрязняющих веществ в отходящих газах и довести их содержание до нормативного уровня.

Помимо высоко загрязненных отходящих газов, при сжигании ОСВ образуется зола, также содержащая в себе токсичные соединения, в частности, ТМ, и ряд токсичных продуктов, входящих в состав недожога. Снижение энергозатрат и теплотеря при изготовлении и эксплуатации стеновых материалов достигается различными способами [1-2]. Наиболее простым и экономичным при создании пористой стеновой керамики является способ выгорания органических веществ, содержащихся в техногенном сырье, например, отходов углеобогащения (ОУ) и городских осадков сточных вод (ОСВ). На территории РК накоплено более 10 млн. т осадков по сухому веществу.

В настоящее время известен ряд исследований, посвященных изучению свойств керамических строительных материалов, полученных с использованием в качестве добавок отходов разных производств [3,4]. Наиболее часто для этих целей применяется зола и другие отходы ТЭЦ. Производители керамических строительных материалов сегодня сталкиваются с необходимостью увеличения объема и расширения номенклатуры выпускаемых изделий путем уменьшения зависимости от свойств глин того региона, на территории которого расположено предприятие. Добиться этого можно с помощью изменения состава сырьевых смесей при помощи добавления различных дополнительных компонентов.

Добавки вводят в глину, используемую для производства керамических изделий, для управления такими свойствами глиняной массы, как пластичность, воздушная усадка, огнеупорность и спекаемость. Из известного широкого набора добавок, применяемых при производстве кирпича, наиболее часто используют выгорающие и отошающие добавки. Отошающие добавки (отошители) вводят в высокопластичные глины, которые дают значительную усадку при сушке и обжиге (до 15%). В качестве отошающих добавок применяются вещества неорганического происхождения: кварцевый песок, шамот (обожженная и измельченная глина), бой изделий, молотый шлак и зола. Отошающие вещества, равномерно распределенные в глиняной массе, создают своего рода скелет, препятствующий изменению формы изделия. Правильно подобранный отошитель корректирует природные свойства сырья и позволяет улучшить его формовочную способность, уменьшить воздушную усадку сырца и улучшить его сушильные свойства [4]. Выгорающие органические добавки применяются для получения изделий с меньшей средней плотностью и повышенной пористостью. Выгорающие добавки, будучи по размерам крупнее частиц глины, обволакиваются ими. При обжиге добавки выгорают, оставляя поры между взаимно связанными частицами глины, образующими прочностной каркас изделий. Наиболее часто в качестве выгорающих

добавок при производстве кирпича используют древесные опилки, угольную мелочь и угольный порошок, торфяную пыль. Еще одно преимущество использования выгорающих добавок заключается в сокращении расхода топлива, которое является одной из основных статей затрат помимо основного сырья в составе производственных расходов при изготовлении кирпича.

Проведенный нами углубленный анализ состава, структуры, химических и физико-механических свойств золы от сжигания ОСВ показал, что она характеризуется приемлемой для производства керамических изделий типа керамического кирпича или керамзита однородностью состава и мономерностью структуры. Наличие в составе продуктов обжига фосфатов железа, кальция, силикатов кальция, магния, железа, калия, алюминия, натрия определяет возможность образования устойчивых связей ОСВ с глиной.

Установлено, что ОСВ представляет собой сложное органоминеральное образование, на формирование структуры и свойств которого влияют все стадии очистки стоков и обработки шлама. В результате происходит усреднение состава и измельчение зерен минералов, придание им окатанной формы, изменение геометрических параметров твердых частиц, образование новых поверхностей раздела и площадей контакта с повышенной активностью и энергетикой. В осадок выпадают наряду с минеральными частицами, преимущественно в аморфном, химически активном состоянии, и органические соединения. ОСВ после очистки представляет собой активированный органоминеральный комплекс, имеющий полифункциональный ресурс для воздействия на процессы спекания, плавления, поризации и формирования структуры керамических материалов на стадии их охлаждения. В составе ОСВ с позиций структурно-энергетического подхода выделены следующие группы химических компонентов:

- оксиды железа и органические соединения способствуют образованию восстановительной среды в условиях обжига, а также формируют пористую структуру керамического черепка;

- активированный кварц в тонкодисперсном состоянии упрочняет структуру стеклофазы и не создает условий для трещинообразования в керамическом черепке;

- тяжелые металлы (*p* и *n*-элементы) можно рассматривать как активные компоненты процесса обжига.

Для изготовления опытных образцов кирпича использован суглинок месторождения «Жасуркен». Осадок бытовых сточных вод – продукт комплексной очистки бытовых и очищенных до ПДК промышленных стоков - представляет собой смесь органических и минеральных веществ (кварц, глинистое вещество, соединения тяжелых металлов) в дисперсном состоянии. В составе ОСВ имеется вода: в химически связанном состоянии, в виде адсорбционных оболочек и небольшое количество свободной воды.

Образцы получали методом пластического формования с использованием металлических форм размером 30×60×15 мм.

ОСВ содержат в своем составе минеральные и органические вещества, удельная теплота сгорания которых находится в пределах 5-10,0 тыс. кДж/кг [3]. Такого количества топлива достаточно для обжига строительной керамики, где требуется на обжиг 1200 -2000 кДж/кг.

Анализ гранулометрического состава суглинка показал, что суглинки являются пылеватыми, а по содержанию глинистого сырья (менее 20%) относятся к грубодисперсным. По пластичности суглинок относится к умеренно пластичному сырью.

Влияние добавок на структурно-механические свойства оценивалось с помощью физико-химической механики. Определение пластической прочности проводилось на коническом пластомере Ребиндера. Значения упругой, эластичной и пластичной деформации определяли на приборе Д.М.Толстого.

Анализ приведенных данных показывает, что с введением шлама несколько понижается пластическая прочность (рис. 1). При этом чем больше количество добавки и крупнее частиц шлама, тем меньше формовочная влажность.

Таблица 1

Составы смесей и структурно-механические характеристики

Точки на диаграмме	Состав шихты		структурно-механические характеристики				тип
	суглинок	ОСВ	$\epsilon_{упр}$	$\epsilon_{элас}$	$\epsilon_{плас}$	$\tau$	
1	100	-	22,9	9,7	67,4	261	IV
2	90	10	20,4	15,4	64,2	212	V
3	80	20	18,4	19,6	62,0	184	V

Добавка осадков сточных вод приводит к уменьшению периода релаксации и способствует развитию медленных эластических деформации.

Таблица 2

Структурно-механические характеристики керамических масс

Структурно-механические характеристики	Составы		
	Суглинок - 100%	Суглинок-90%, ОСВ-10%	Суглинок-80%, ОСВ-20
Формовочная влажность, %	20,7	19,4	18,6
Модуль быстрой эластичной деформации $E_1$ , МПа	1,74	4,67	5,84
Модуль медленной эластичной деформации $E_1$ , МПа	1,96	6,25	6,34
Вязкость $10^7$ , Па с	461	442	434
Условный предел текучести, Р, кПа	3,2	3,6	3,9
Период истинной релаксации, $\tau$ , с	261	212	184
Быстрая эластическая деформация, $\epsilon_{упр}$ , %	22,9	20,4	18,4
Медленная эластическая деформация $\epsilon_{элас}$ , %	9,7	15,4	19,6
Пластическая деформация $\epsilon_{плас}$ , %	67,4	64,2	62,0
Структурно-механический тип	IV	V	V

Введение ОСВ в состав шихты приводит к снижению уровня пластических деформации и получению массы с оптимальными соотношениями всех видов деформации.



Тепловую эффективность предлагается оценивать по значению коэффициента использования топлива ОСВ в керамических смесях с глиной, применяемой для керамического кирпича [1,4].

$$K_{исп} = Q_{уд} m_{уд} / Q^{mp}_{уд} \quad (1)$$

где  $Q^{mp}_{уд}$  – требуемая удельная энергоёмкость процесса обжига керамического кирпича из глины, кДж/1000 шт (определяется по стандартной методике расчетом);  $Q_{уд}$  – удельная теплота сгорания ОСВ кДж/кг (определяется экспериментально);  $m_{уд}$  – удельное содержание ОСВ в керамической массе, кг/кг.

Таким образом, рассчитав значение коэффициента использования топлива,  $K_{исп}$ , можно рассчитать требуемое количество условного топлива на обжиг керамического кирпича в кг/1000 шт по формуле (2) с учетом энергоёмкости ОСВ:

$$P_{расх} = Q^{mp}_{уд} - Q_{уд} \quad (2)$$

В таблице 2 приведены расчеты энергопотенциала керамической смеси при содержаниях ОСВ 10 и 20% и удельной теплоты сгорания 4500, 6900 и 9300 кДж/кг.

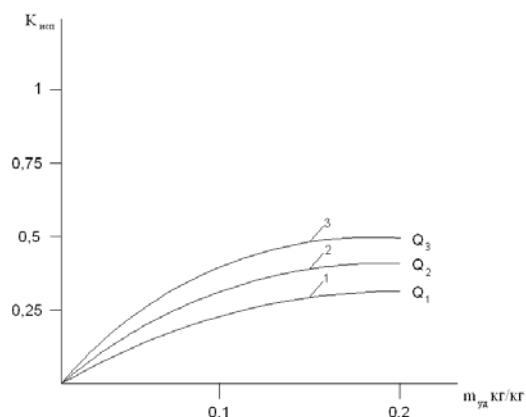
Таблица 2

Расчет энергопотенциала керамической смеси из осадков сточных вод и суглинка

$Q_{уд}$	$m_{уд}$	$G_{1000} Q_{уд} m_{уд}$	$K_{исп}$	$\mathcal{E}_T, \text{кг}/1000 \text{шт}$	$P_{расх}, \text{кг}/1000 \text{шт}$
4500	0,1	1575000	0,116	15,31	116,69
6900	0,1	2415000	0,178	23,49	108,51
9300	0,1	3255000	0,24	31,68	100,32
4500	0,2	3150000	0,232	30,70	101,3
6900	0,2	4830000	0,356	47,08	84,92
9300	0,2	6510000	0,48	63,36	68,4

Расход условного топлива на обжиг 1000 кирпичей массой 3,5 кг составляет 132 кг или  $13,54 \cdot 10^5$  кДж/кг.

Зависимость  $K_{исп}$  топлива от их содержания в керамической массе приведены на рисунке 1.



1 –  $Q_1=4500$  кДж/кг; 2 –  $Q_2=6900$  кДж/кг; 3 –  $Q_3=9300$  кДж/кг

Рис. 1. Зависимость  $K_{исп}$  топлива от их содержания в керамической массе

Возможные процессы структурообразования оценивались с помощью методов термодинамики. При этом учитывалось, что изобарно-изотермический потенциал должен иметь минимальные значения возможной реакции, и рассчитывается по уравнению Гиббс-Гельмгольца:

$$\Delta Z_{ж}^0 = \Delta H + T(\gamma \Delta Z / \gamma T) p \quad (3)$$

где  $\Delta Z_{ж}^0$  – ИИП, кДж/моль;  $\Delta H_p$  – энтальпия, кДж/моль;  $T$  – температура, К.

Интегрируя уравнение (3) получена зависимость ИИП от температуры:

$$\Delta Z_{ж}^0 = \Delta H_0 - \Delta a T \ln T - \frac{1}{2} \Delta \epsilon T^2 - \frac{1}{2} \Delta c T^{-1} + \gamma T \quad (4)$$

где  $\Delta H_0, \gamma$  – постоянные интегрирования;  $\Delta a, \Delta b, \Delta c$  – коэффициенты зависимости уравнения теплоемкости от температуры реакции.

Уравнения реакции с наименьшими показателями ИИП в рассматриваемой системе приведены в таблице 3.

Таблица 3

Значения изобарно-изотермических потенциалов

№	Уравнения реакции	ИИП <sub>6</sub> $\Delta Z_{298}$ кДж/моль
1	$\text{SiO}_2 + \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	612,64
2	$\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} \rightarrow \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2$	658,92
3	$\text{SiO}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	693,84

В системе суглинок и осадков сточных вод могут образоваться кристаллические фазы анортита ( $\text{SiO}_2 \cdot \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) волластонита ( $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ), щелочных гидросиликатов,  $\beta$ -кварца которые способствуют повышению прочности.

Физико-механические свойства обожженных керамических кирпичей представлены в таблице 3.

Таблица 3

Физико-механические свойства обожженных керамических кирпичей

Показатель	Состав 1	2	3
Формовочная влажность, %	26	24	22
Температура появления первой трещины, °С	60	70	80
Общая усадка, %	7,8	7,2	6,6
Прочность при сжатии, МПа	10,1	10,7	11,3
Прочность при изгибе, МПа	1,9	2,0	2,1
Водопоглощение, %	15,2	14,9	14,6
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1720	1530	1480
Морозостойкость, циклы	34	38	42
Теплопроводность, Вт/м <sup>0</sup> С	0,41	0,34	0,31

Органическая часть ОСВ равномерно распределена по объему техногенного сырья и в процессе обжига могут образоваться мельчайшие поры при выгорании органики. Пористость керамики может достигать 55%, а с учетом пустотности в кирпиче (до 20%) она может составить 60-65% [2,4]. Термодинамический расчет обосновал возможность практической

реализации процесса газификации углеводородной части ОСВ при обжиге керамических материалов с преобладанием CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, которые участвуют в физико-химических процессах формирования пористой структуры керамических материалов.

Установлено, что эффективным для производства керамического кирпича являются составы с 10-20% добавки ОСВ, изучение пористости которых в сравнении с традиционными, используемыми в заводских условиях, доказывает оптимальность микроструктуры. При использовании ОСВ достигаются технический, технологический, экономический эффекты.

Таким образом, получены керамические стеновые материалы на основе осадков сточных вод и природного традиционного сырья как суглинки. Исследуемые отходы имеют повышенную теплоту сгорания, поэтому их целесообразно использовать не только в качестве отопителей, но и в качестве выгорающих добавок, что позволит исключить из составов керамических масс уголь, антрацит, коксовую мелочь и др. Выгорающие добавки повышают пористость керамических изделий и способствуют равномерному спеканию керамического черепка.

Использование осадков сточных в производстве стеновых и теплоизоляционных материалов способствует утилизации промышленных отходов, охране окружающей среды и расширению сырьевой базы для строительных материалов, экономии дорогих и дефицитных сырьевых материалов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коренькова, Е.А. Научно-практические основы применения осадков бытовых сточных вод в керамических материалах [Текст]: автореф. канд. дисс. / Е.А. Коренькова. – Самара, 2016. – 24 с.
2. Коренькова, Е.А. Термодинамические расчеты процессов, происходящих при обжиге керамических смесей с ОБСВ [Текст] / Е.А. Коренькова // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: Материалы региональной 59 НТК. - Самара, 2002. – С. 232-238.
3. Михеев, В.А. Влияние нефтяных отходов на структуру пористости теплоизоляционного материала [Текст] / В.А. Михеев, В.З. Абдрахимов // Огнеупоры и техническая керамика. – 2011. – № 7-8. – С. 51-59.
4. Андрийчук, Н.Д. Стеновые керамические изделия с использованием осадков сточных вод [Текст]: монография / Н.Д. Андрийчук, О.А. Зорина, Л.И. Рисухин, М.В. Пилавов, В.Н. Тихонов, А.П. Погостнов, А.П. Приходько, Н.С. Сторчай, Н.В. Шпирько. – Луганск: Изд-во ВНУ им. Владимира Даля, 2012. – 128 с.

*Материал поступил в редакцию 01.02.18.*

**А.Ә. Сағындықов, К.Ш. Жылысбаев, Е.А. Абуталипов,  
А.Ш. Асылбеков, А.Т. Тұрғынбек**

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

**АҚАБА СУЛАРДЫҢ ТҮНБА ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚАБЫРҒА  
КЕРАМИКАСЫ ӨНДІРІСІНДЕ ҚОЛДАНУ**

Ақаба сулардың тұнба қалдықтары мен дәстүрлі табиғи шикізат – саздақтар негізінде дайындалған қабырға керамикасын зерттеу нәтижелері келтірілген. Аталған қалдықтардың жану жылуы жоғары екені анықталды, сондықтан оларды тек аздырғыш ретінде ғана емес, сондай-ақ жанғыш қоспалар ретінде де пайдалануға болады. Бұл керамика құрамында көмір, антрацит, кокс ұнтақтарын пайдаланудан бас тартуға мүмкіндік береді.

**Тірек сөздер:** ақаба сулардың тұнба қалдықтары, саздақ, керамикалық кірпіш, энергия үнемдеу, күйдіру, құрылымдық-механикалық қасиеттер.

**A.A. Sagyndykov, K.Sh. Zhilisbaev, E.A. Abutalipov,  
A.Sh. Asylbekov, A.T. Turgunbek**

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

### **APPLICATION OF SEWAGE DRAINS IN THE PRODUCTION OF WALL CERAMICS**

The results of the study of the obtained ceramic wall materials based on sewage sludge and natural traditional raw materials like loams are presented. It was established that the studied wastes have an increased heat of combustion, therefore, it is advisable to use them not only as desiccants, but also as burnable additives, which would eliminate the use of coal, anthracite, coke breeze, etc. in the compositions of the ceramic masses.

**Keywords:** sewage sludge, loam, ceramic brick, energy saving, burning, structural and mechanical properties.

---

## Энергетика

---

УДК 629.4.018

**Ю.В. Прилепский<sup>1</sup>, Н.В. Володарец<sup>2</sup>, И.В. Грицук<sup>3</sup>, Д.С. Погорлецкий<sup>4</sup>**

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

<sup>1</sup>Донецкая академия транспорта, г. Донецк, Украина

<sup>2</sup>Украинский государственный университет железнодорожного транспорта,  
г. Харьков, Украина

<sup>3,4</sup>Херсонская государственная морская академия, Украина

Электронная почта: <sup>1</sup>[prylepskyu@rambler.ru](mailto:prylepskyu@rambler.ru), <sup>2</sup>[volodarets.nikita@yandex.ru](mailto:volodarets.nikita@yandex.ru),  
<sup>3</sup>[griksuk\\_iv@ukr.net](mailto:griksuk_iv@ukr.net), <sup>4</sup>[dimon150582@gmail.com](mailto:dimon150582@gmail.com).

### ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО БЛОКА СИСТЕМЫ РЕКУПЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

В статье представлены результаты исследования надежности работы транспортной бортовой системы рекуперации электрической энергии. Показана возможность выхода из строя цельного ферритного магнитопровода преобразовательного трансформатора за счет магнитострикционного эффекта, что существенно снижает надежность системы рекуперации. На основании проведенных исследований показана целесообразность использования многоканальной схемы преобразователя электрической энергии в бортовых системах рекуперации транспортных средств.

**Ключевые слова:** система рекуперации, энергия электрическая, преобразователь, магнитопровод ферритный.

**Постановка проблемы.** В настоящее время наблюдается стабильный рост цен на энергоносители в связи со значительным их потреблением и истощением мировых запасов топлива. Все это в полной мере можно отнести к транспортным средствам, где рост цен на топливо существенно повышает долю транспортных затрат в себестоимости и цене конечного продукта. Попытки снизить затратную часть перевозок за счет перевода транспорта с автономными энергетическими установками на альтернативные виды топлива не обеспечивают должного эффекта из-за ограниченности потенциальных возможностей производства синтетических топлив, их относительно низкого энергосодержания и побочных нежелательных явлений при их сгорании в энергетических установках. Поэтому, поиск путей снижения расхода топлива транспортными средствами в настоящее время весьма актуален.

Как показывает практика, наиболее реальный путь снижения себестоимости перевозок лежит в снижении удельных затрат топлива за счет совершенствования технологии смесеобразования и процессов сгорания топлива, снижении доли потерь в энергетическом балансе работы энергетической установки.

Характерным явлением эксплуатации транспортных средств является частая смена тяговых и тормозных режимов работы. Такая смена режимов предполагает значительные потери энергии при классическом торможении, когда кинетическая энергия движения преобразуется в тепловую и рассеивается в пространстве. В настоящее время ведутся работы по оснащению транспортных средств накопителями энергии различных типов, заряжаемых на тормозных режимах с последующим использованием накопленной энергии на тяговых режимах работы. Совершенствование и внедрение системы рекуперации энергии позволяет существенно сократить расход топлива и снизить себестоимость перевозок.

Целью работы является исследование возможности повышения надежности транспортных систем рекуперации энергии, позволяющих существенно снизить расход горючего в процессе эксплуатации транспортного средства.

**Исследовательская часть.** Коллективом Донецкой академии транспорта ведутся работы по совершенствованию процесса рекуперации с использованием накопителей электрической энергии конденсаторного типа. За основу взята схема накопления энергии в режиме электрического торможения, при котором тяговые электрические двигатели переключаются на генераторный режим работы, а тормозное усилие определяется силой тока от генератора к накопителю электрической энергии [1,2]. Использование в такой схеме накопителей конденсаторного типа продиктовано их высокой удельной энергоемкостью; длительным гарантированным сроком эксплуатации, превышающим аналогичный показатель аккумуляторов в 3-4 раза; низким внутренним сопротивлением, что позволяет работать без существенного нагрева с токами в десятки тысяч ампер; простотой обслуживания. Единственным существенным недостатком накопителей конденсаторного типа является зависимость напряжения от уровня заряженности, что предъявляет повышенные требования к преобразователям электрической энергии по поддержанию определенной величины тока при постоянном изменении напряжения на накопителях и тяговых электрических двигателях (генераторах) как в режиме торможения, так и в режиме тяги [3].

В данной работе исследовалась возможность использования многоканальной схемы преобразователя электрической энергии вместо моноканальной. Необходимость такой замены продиктовано следующими причинами. Как показали ранее проведенные исследования, наиболее приемлемым для преобразователей электрической энергии подобного типа является диапазон частот 20-60 кГц. Выбор такого диапазона частот позволяет существенно снизить вес и габариты преобразователя за счет использования ферритов в качестве магнитопровода силового трансформатора, повысить коэффициент полезного действия преобразователя до 80-90%, вывести частоту упругих колебаний, возникающих вследствие магнитострикционного эффекта, за частотный диапазон восприятия органами слуха человека (дальнейшее повышение рабочей частоты преобразователя оказалось нецелесообразным из-за возрастания влияния емкости мощных полупроводниковых приборов и, как следствие, увеличения энергетических потерь).

Однако, испытания, проведенные с использованием физической модели рекуперативной системы, выявили возможность выхода из строя цельного тороидального ферритного магнитопровода из-за значительных внутренних упругих напряжений, формируемых магнитострикционным эффектом от

магнитного потока. Для проверки возможности возникновения данного негативного явления были проведены дополнительные стендовые испытания. Принципиальная схема электрической части стенда представлена на рисунке 1, а.

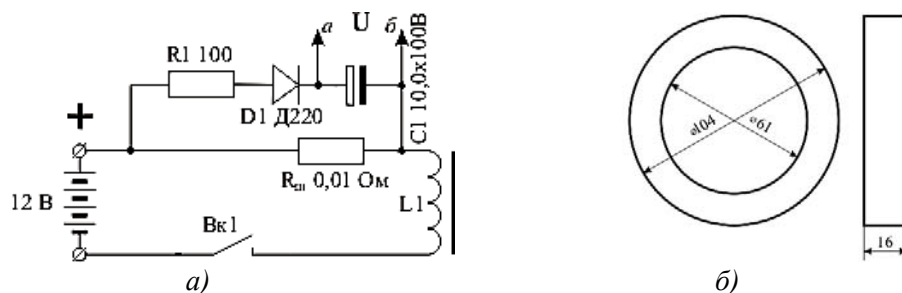


Рис. 1. Схема электрической части стенда (а) испытания ферритного магнитопровода (б) катушки L1

Основой испытательного стенда является источник постоянного тока – свинцово-кислотная аккумуляторная батарея (АКБ) 6СТ60, способная кратковременно обеспечить токи в сотни ампер. К батарее через рубильник *Вк1* примерно на 1 секунду подключается обмотка *L* испытуемого ферритного магнитопровода. Максимальную величину тока оценивали по падению напряжения на резисторе *Rш* в точках *a* и *б*. Процесс включения и выключения повторяли 10 раз с промежуточным зарядом батареи АКБ. После проведения испытаний проверяли состояние ферритного магнитопровода.

В качестве испытуемого магнитопровода использовали два склеенных параллельно феррита 2000НМ тороидальной формы (см. рис. 1, б) с суммарной площадью сечения магнитопровода  $688 \text{ мм}^2$ , что должно обеспечить габаритную мощность 68 кВт на частоте 50 кГц. Обмотка *L* формировалась многожильным изолированным медным проводом суммарным сечением  $36 \text{ мм}^2$ . На поверхности магнитопровода была сформирована обмотка *L* в 21 виток. В ходе стендовых испытаний величина максимального тока через обмотку *L* изменялась в пределах 673-711 А. Осмотр, проведенный после испытаний, выявил разрушение одного из магнитопроводов (рис. 2), что подтвердило возможность выхода из строя импульсного трансформатора в условиях насыщения ферритного магнитопровода.

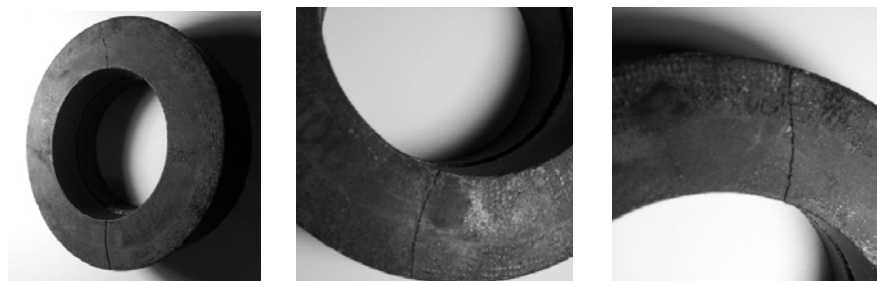
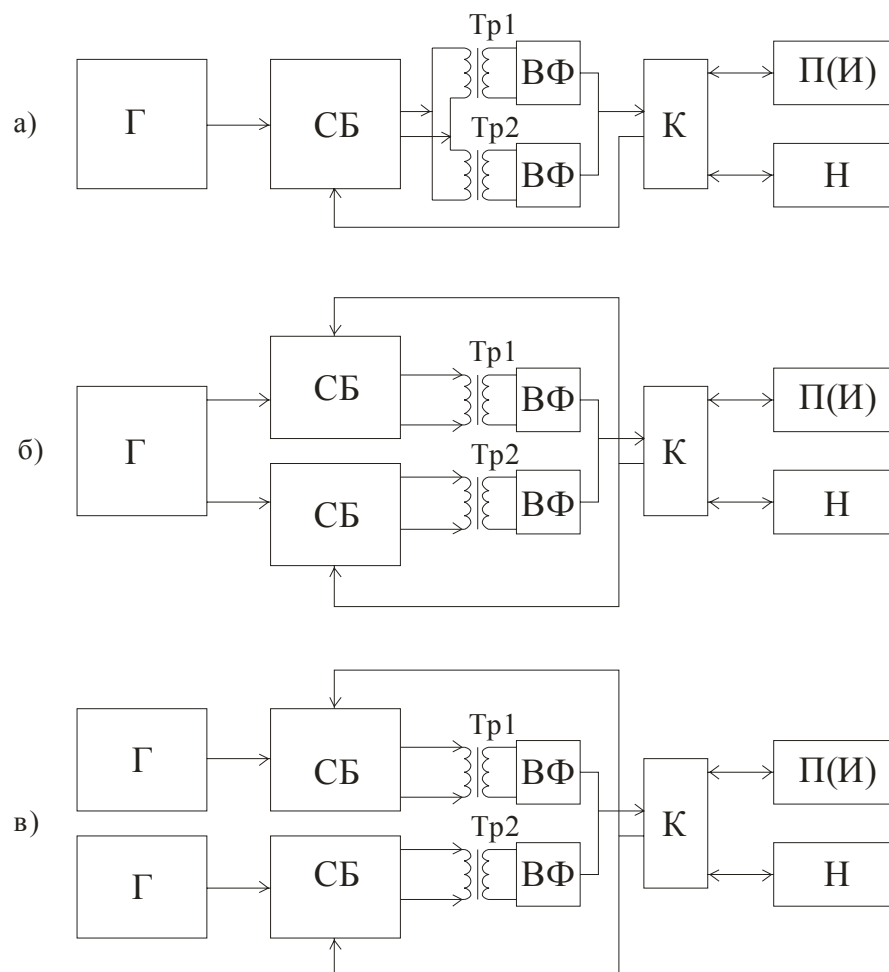


Рис. 2. Ферритный тороидальный магнитопровод, разрушенный магнестрикционным эффектом

На основе результатов стендовых испытаний в дальнейшем решено использовать вместо цельных наборные магнитопроводы, а преобразователь электрической энергии формировать многоканальным с определенным запасом по суммарной мощности каналов. Для определения возможности преобразования электрической энергии по параллельно работающим каналам с одного источника на один потребитель энергии решено опробовать 2 параллельных канала, собранных по идентичной принципиальной схеме. Выбор общей блок-схемы преобразователя осуществляли на основе анализа возможных структурных схем данного устройства, изображенных на рисунке 3.



Г – генератор импульсов; СБ – силовой блок; Тр – импульсный силовой трансформатор; ВФ – выпрямитель со сглаживающим фильтром; К – коммутатор; П(И) – потребитель (источник) электрической энергии; Н – накопитель электрической энергии конденсаторного типа.

Рис. 3. Возможные структурные схемы формирования многоканального преобразователя электрической энергии рекуперативной установки

Схема, изображенная на рисунке 3, а, предусматривает каналное разделение только импульсных трансформаторов, выпрямителей и сглаживающих фильтров, оставляя общими на оба канала генератор и



силовой блок. Такая схема разделяет энергетический поток от силовой части преобразователя к потребителю электрической энергии, позволяет уменьшить единичную массу и габариты импульсных силовых трансформаторов  $Tr1$  и  $Tr2$ , что существенно повышает их надежность. Однако, такая схема не в состоянии учесть индивидуальные характеристики импульсных трансформаторов, поскольку характеристики ферритных магнитопроводов (особенно относительная магнитная проницаемость) имеют значительные отклонения от заявленных характеристик и даже их разбросы в пределах одной партии. Вследствие этого, энергетическая нагрузка на каналы будет неоднородной, что потребует проектного дополнительного запаса по мощности. Кроме того, при выходе из строя (по различным причинам) одного из каналов, автоматически вывести его из эксплуатации практически невозможно.

В схеме, изображенной на рисунке 3, б, возможно предусмотреть автоматическое отключение одного из каналов при выходе его из строя по какой-либо причине. Это реализуется блокированием сигнального потока за счет установки усилителя ошибки на входе силового блока или в блоке гальванической развязки. Вместе с тем, автоматически поддерживать резонансные частоты работы каналов силового блока преобразователя данная схема не сможет из-за наличия в схеме только одного генератора колебаний, общего для всех каналов. В результате коэффициент полезного действия каналов преобразователя будет изменяться в зависимости от величины энергетических показателей работы импульсных силовых трансформаторов.

Использование схемы, изображенной на рисунке 3, в, позволяет реализовать автоматическую поканальную подстройку рабочей частоты каждого из силовых блоков и поддерживать работу каналов преобразователя в резонансном режиме. Это обеспечивает высокие значения коэффициента полезного действия каждого из каналов. При выходе из строя одного из каналов, он легко может быть отключен прерыванием генерации импульсов в генераторе колебаний за счет встроенных в микросхему ШИМ-контроллера (1114EУ4, TL494) усилителей ошибки.

На основе проведенного анализа в качестве рабочей была принята схема, изображенная на рисунке 3, в. Такая схема более сложна и габаритна по сравнению с изображенными на рисунках 3, а и 3, б, но обладает существенными преимуществами: каналы преобразователя работают в резонансном режиме и обеспечивают высокие экономические показатели, в схеме силовых блоков используются коммутирующие элементы относительно малой мощности и стоимости (IGBT транзисторы) вместо дорогостоящих полупроводниковых модулей, при поломке одного из каналов он легко в автоматическом режиме может быть выведен из эксплуатации. Кроме того, при конструктивном обособлении каналов облегчается их замена на идентичный новый или ранее отремонтированный канал с последующим ремонтом и стендовой настройкой изъятых каналов в специализированном отделении.

На основе принятой структурной схемы были собраны два идентичных канала преобразователя с оконечными каскадами силового блока, работающими в резонансном режиме. Упрощенная принципиальная схема оконечного каскада приведена на рисунке 4, а. Первичная обмотка силового импульсного трансформатора  $Tr$  включена в последовательную резонансную цепь, образованную конденсатором  $Cp$ , первичной обмоткой трансформатора и дополнительной частотностабилизирующей индуктивностью  $Ld$ . Обмотка

*L<sub>oc</sub>* силового импульсного трансформатора служит для реализации обратной связи и позволяет осуществлять автоматическое регулирование напряжения и автоматическую подстройку частоты генератора на резонансную частоту колебательного контура. Для испытаний в качестве магнитопровода импульсных силовых трансформаторов использовали Ш-образные ферриты марки 2000НМ, эскиз которых приведен на рисунке 4, б габаритной мощностью 2,1 кВт на частоте 50 кГц. Силовые обмотки формировались медной лентой шириной 23 мм и толщиной 0,7 мм с межвитковой изоляцией из стеклоткани. Обмотка I содержит 6 витков, обмотка II – 9 витков. Обмотка *L<sub>oc</sub>* содержит 5 витков провода ПЭЛ-0,3.

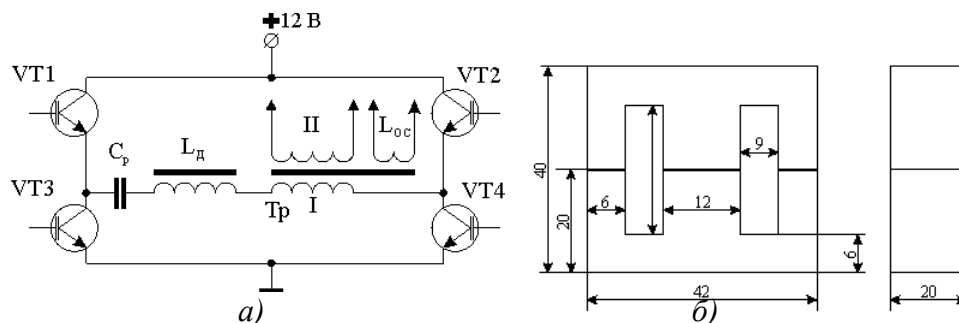


Рис. 4. Упрощенная принципиальная схема оконечного каскада преобразователя электрической энергии (а) и эскиз ферритного магнитопровода силового импульсного трансформатора *Tr*

На рисунке 5 представлена принципиальная схема соединения каналов преобразователя в единую выходную цепь с единой нагрузкой.

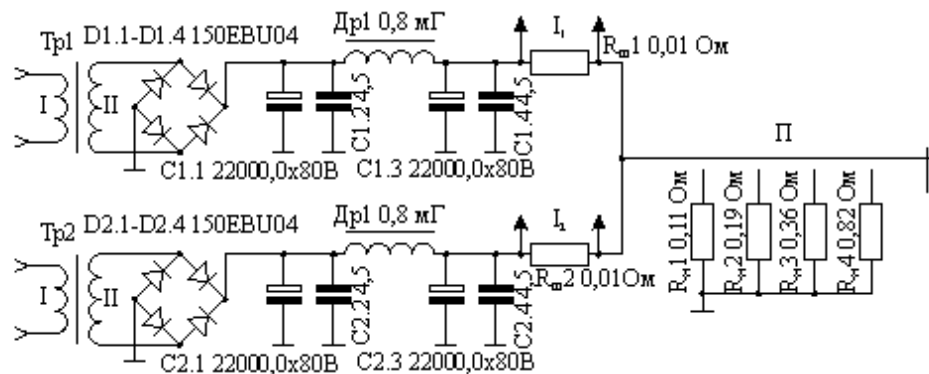


Рис. 5. Схема соединения каналов преобразователя в единую выходную цепь с единой нагрузкой

Напряжение на выходе силового блока поддерживалось постоянным на уровне 10 В за счет автоматического изменения скважности импульсов генератора. Величины токов каналов преобразователя определяли по падению напряжения на шунтах  $R_{ш1}$  и  $R_{ш2}$ . Результаты замеров приведены в таблице 1.

Как следует из приведенных результатов, рассогласование величин тока по каналам довольно незначительно и имеет тенденцию к увеличению при повышении токовой нагрузки. Полученные значения подтверждают возможность использование многоканальных схем преобразователя в системе рекуперации электрической энергии.

Таблица 1

Результаты замеров электрических параметров по каналам преобразователя

Сопротивление нагрузки, $R_H$ , Ом	Значения замеров величин токов				
	$I_1$ , А	$I_2$ , А	$\Delta I$ , А	$I_{cp}$	$\Delta I / I_{cp}$
0,82	14,3	14,1	0,2	14,2	0,014
0,36	28,3	27,5	0,8	27,9	0,029
0,19	47,9	46,3	1,6	47,1	0,034
0,11	75,5	72,7	2,8	74,1	0,038

#### Выводы:

1) Проведенные испытания цельного тороидального ферритного магнитопровода выявили возможность выхода его из строя в результате формирования поля упругих напряжений из-за магнитострикционного эффекта, что снижает надежность рекуперативной системы в процессе эксплуатации транспортного средства;

2) Анализ возможных схем формирования энергетических потоков по параллельным каналам преобразователя электрической энергии показал целесообразность полного разделения управляющей и силовой части, начиная от единого источника энергии до единого ее потребителя;

3) Испытания совместной работы параллельных каналов преобразователя на единую нагрузку показало практически полную сходимость электрических параметров при различных величинах нагрузки. Это подтвердило возможность параллельной работы автономных преобразовательных блоков системы рекуперации электрической энергии;

4) Разделение энергетических потоков по параллельным каналам преобразователя снижает единичную мощность компонентов электронных схем, позволяет автоматически выводить из строя поврежденный канал с равномерным перераспределением токовых нагрузок по оставшимся каналам, повышает технологичность ремонта рекуперативной системы за счет быстрой замены поврежденного канала на идентичный новый или ранее отремонтированный.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черняк, Ю.В. Фізична модель рекуперативної системи маневрового тепловозу [Текст] / Ю.В. Черняк, Ю.В. Прилепський, І.В. Грицук. – Донецьк: ДонІЗТ. 2010. – 196 с.: [іл. 131, табл. 38]. ISBN 978-966-8707-28-5.
2. Прилепський, Ю.В. Дослідження зміни параметрів фізичної моделі рекуперативної системи маневрового тепловозу з електричною передачею від напруги живлення силової частини [Текст] / Ю.В. Прилепський // Збірник наукових праць ДонІЗТ. – 2013. – №35. – С.73-77.
3. Варакин, А.И. Применение электрохимических конденсаторов в составе гибридных силовых установок маневровых и магистральных тепловозов [Текст] / А.И. Варакин, И.Н. Варакин, В.В. Менухов // НТТ. – 2007. – №2.

Материал поступил в редакцию 20.06.18.

Ю.В. Прилепский<sup>1</sup>, Н.В. Володарец<sup>2</sup>, И.В. Грицук<sup>3</sup>, Д.С. Погорлецкий<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Донецк көлік академиясы, Донецк қ., Украина

<sup>2</sup>Украина мемлекеттік теміржол тасымалдау университеті, Харьков қ., Украина

<sup>3,4</sup>Херсон мемлекеттік теңіз академиясы, Украина

### ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН РЕКУПЕРАЦИЯЛАУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТҮРЛЕНДІРГІШ БЛОГЫ ЖҰМЫСЫНЫҢ СЕНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Мақалада электр энергиясын рекуперациялаудың транспорттық борттық жүйесі жұмысының сенімділігін зерттеу нәтижелерін келтірілген. Магнитті стрикциялық эффект әсерінен түрлендіргіш трансформатордың бүтін ферритті магнитінің істен шығу мүмкіндігі көрсетілген. Бұл жағдай рекуперация жүйесінің сенімділігін едәуір төмендетеніні белгілі. Орындалған зерттеулер негізінде электр энергиясын көп арналы түрлендіру сұлбасын көлік құралдарының борттық рекуперация жүйелерінде пайдалану тиімділігі айқындалған.

**Тірек сөздер:** рекуперация жүйесі, электр энергиясы, түрлендіргіш, ферритті магнит өткішгіш.

J. Prylepsy<sup>1</sup>, M. Volodarets<sup>2</sup>, I. Gritsuk<sup>3</sup>, D. Pogorletsky<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Donetsk Academy of Transport, Donetsk, Ukraine

<sup>2</sup>Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine

<sup>3</sup>Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine

### INCREASING THE RELIABILITY OF THE TRANSFORMATION UNIT CONVERSION UNIT OF THE RECOVERY SYSTEM OF ELECTRIC ENERGY

The article presents the results of a study of the reliability of the operation of the onboard electric power recuperation system. The possibility of failure of the whole ferritic magnetic circuit of the transformer transformer due to the magnetostrictive effect is shown, which significantly reduces the reliability of the recovery system. On the basis of the conducted researches it is shown expediency of using multichannel scheme of the converter of electric energy in onboard systems of recuperation of vehicles.

**Keywords:** recuperation system, electric energy, converter, ferritic core.

УДК 621.341:572

С.Ә. Орынбаев<sup>1</sup>, М.М. Бекмұратов<sup>2</sup>, А.С. Кушумкулов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph докторы, доцент, <sup>2</sup>Техн. ғыл. канд., доцент, <sup>3</sup>Магистрант  
 М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан  
 Электрондық пошта: <sup>1</sup>seizhan\_74@mail.ru, <sup>2</sup>bekmuratov\_m@mail.ru

### ҮШ ДЕНГЕЙЛІ КЕРНЕУ ТҮРЛЕНДІРГІШІ НЕГІЗІНДЕ ҚОЗҒАЛТҚЫШТЫҢ ТІКЕЛЕЙ ТОГЫН БАСҚARTУҒА АРНАЛҒАН РЕЖИМДЕРІН ЗЕРТТЕУ

Мақалада электрлік қозғалтқышты тура тоқтық басқару қарастырылған. Тұра тоқтық басқару дегеніміз белгілі мәліметтер негізінде (фаза токтары, кернеу және т.б.) берілген ток шамасын нақты ток шамасына жеткізетін инвертор кілттерінің жағдайларын құру алгоритмдері. Мақалада ток шамасын кернеудің бірнеше деңгейі бар түрлендіргіш көмегімен қолдаудың бір фазалы релелік алгоритмі қарастырылған. Ол алгоритм үш фазалы жүйеге екі деңгейлі инвертор арқылы тарайды, кейін үш деңгейлі инвертор арқылы.

**Тірек сөздер:** алгоритм, инвертор, ток, кернеу, реле, түрлендіргіш.

Тұра тоқтық басқару дегеніміз белгілі мәліметтер негізінде (фаза токтары, кернеу және т.б.) берілген ток шамасын нақты ток шамасына жеткізетін инвертор кілттерінің жағдайларын құру алгоритмдері. Үш фазалы жүйесінде ағымдағы қызмет көрсету алгоритімін құру кезінде бірқатар қиындықтар туындайды, бұл оның орындалуын қиындатады. Қарастырсақ, барлық ықтимал өлшемдер мен жүйелік параметрлер тек фазалық ток мәндеріне қол жетімді. Ауысу диапазоны бар бір фазалық алгоритмнің оң қасиеттерін ескере отырып, оны үш фазалы жүйеге қолданудың мәні бар [1]. Сол үшін келесі міндеттерді шешу қажет:

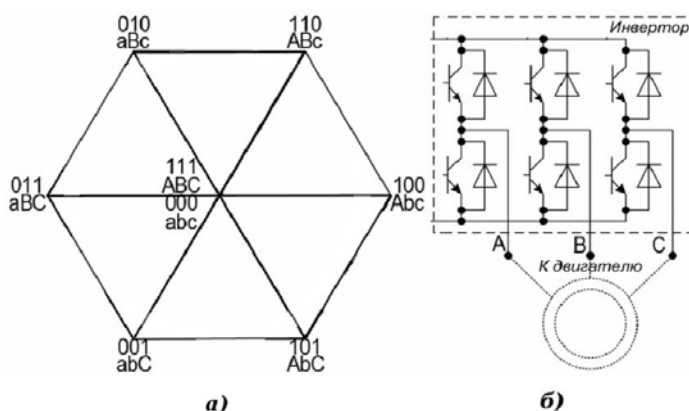
- жұмыс кернеуі диапазонының үш фазалы аналогын табу;
- ең жылдам режимінде алгоритм жұмысын кеңістік аймағына тарату;
- жұмыс ауқымы ауысатын шарттарды іздеу.

Өйткені үш фазалы түрлендіргіштің қарапайым схемасы алты кілтті кернеу түрлендіргіші болып табылады (1-сурет, б). Алгоритмді құрастыру кезінде кернеудің базалық векторларына сүйенеміз, бұл осындай схемада қолжетімді. Барлық бөлімдерді координаталарға орналастырамыз, алты секторларға орналастырамыз (1 сурет, а). Үшфазалы алгоритмнің аналогы ретінде кернеудің бірфазалы алгоритмнің жұмыс ауқымына орналастырамыз. Осы кезде үш фазалы жұмыс бөлімі болып табылады.

Біз қарапайым жағдайды квазистатикалық өзгеретін тапсырмамен қарастырамыз, себебі жалпы жағдайда алгоритм синтезі өте күрделі. Қолданылған кернеудің қолдау көрсетілген токқа әсерін бағалаймыз. Екі фазалы және үш фазалы жүйелердің эквиваленттеу мүмкіндігін ескере отырып, екі фазалы жүйенің мысалында қарастырайық, онда токтың өсу векторы бір периодтағы квантталған басқару жүйесінде  $\Delta U$  кернеу векторымен бағытталған

$$\Delta \vec{U} = \vec{U}_n - \vec{E}, \quad (1)$$

онда  $\vec{U}_n$  - түрлендіргіштің кернеу векторы;  $\vec{E}$  - ЭҚК векторының жүктемесі.



Сурет 1. а – базалық вектордың түрлендіргіші; б – үш фазалы алты кілтті түрлендіргіш.

Бір фазаның алмастыру схемасы 1-суретте берілген. 2-суретте  $\alpha, \beta$  осьтері бойынша  $E, U_n, I$  берілген векторлық диаграмма көрсетілген. Кедергі  $R$  қарамастан, осьтар бойынша ток шамалырының өсуін келесі түрде жазамыз:

$$\Delta I_\alpha = \frac{U_{n,\alpha} - E_\alpha}{L_\alpha} \Delta t = \frac{\Delta U_\alpha}{L_\alpha} \Delta t,$$

$$\Delta I_\beta = \frac{U_{n,\beta} - E_\beta}{L_\beta} \Delta t = \frac{\Delta U_\beta}{L_\beta} \Delta t. \quad (2)$$

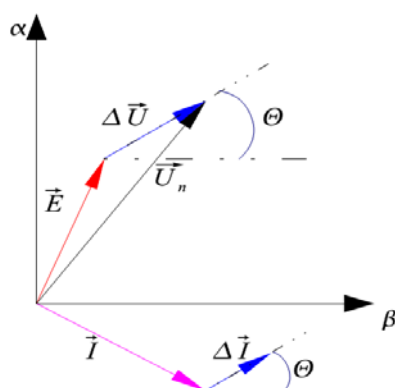
Онда

$$L_\alpha = L_\beta$$

$$\theta = a \tan\left(\frac{\Delta I_\alpha}{\Delta I_\beta}\right) = a \tan \frac{\Delta U_\alpha}{\Delta U_\beta}, \quad (3)$$

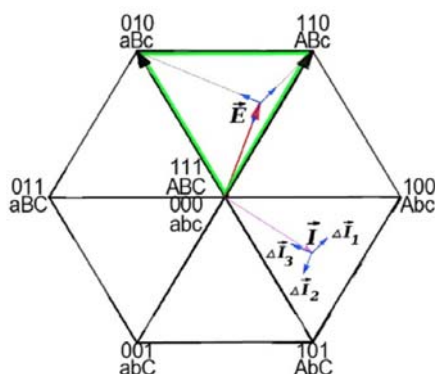
мұнда  $\theta$  – 2-суретте белгіленген бұрыш,  $\vec{\Delta U}$  және  $\vec{\Delta I}$  векторлардың бағытын көрсетеді.

Үш фазалы жүйедегі тоқты қолдайтын әсерлерін қарастырайық. 3 суретте ерікті  $E, I$  көрсетілген, жұмыс секторы және түрлендіргіштің негізгі кернеу векторлары белгіленген, олар 111 (000), 010, 110. Үш ықтимал бағытқа сәйкес  $\vec{U}_n$ , ток өзгерісінің  $I$  үш ықтимал бағытын көрсетуге болады (суретте белгіленген,  $\vec{\Delta I}$ ). Айта кету керек, ток өзгерісінің векторы ағымдағы вектордың  $\vec{\Delta I}$  өзімен байланысты емес, тек кернеу векторлары мен ЭҚК-не ғана байланысты. Сондай-ақ, жұмысшы сектор ішіндегі ЭҚК векторының кез-келген орны үшін екі іргелес векторлар  $\vec{\Delta I}$  арасындағы бұрыш  $180^\circ$  аспауы керек. Бұл дегеніміз, басқару жүйесімен кез келген бағытта реттелетін токқа, тек бір ғана жұмыс секторы кернеуін қолданып әсер етуі мүмкін.



Сурет 2.  $\alpha, \beta$  осьтері бойынша екі фазалық жүйенің векторлық диаграммасы

Ток сілтемесіне тапсырма өзгерген жағдайда, ЭҚК орнына түрлендіргіштің қалаған кернеуі  $\vec{U}_n$  алынады, ал  $\Delta \vec{I}$  орнына вектордың  $\vec{I}$  және  $\Delta \vec{I}_{манс}$  айырмашылықтарымен операциялар жасау қажет.



Сурет 3. Тұрақталған токқа мүмкін болатын әсерлер

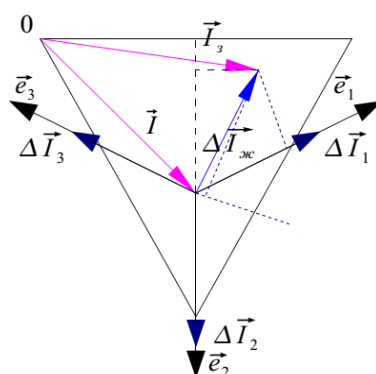
Қажетті қолжетімді әсер ету токты тудыру үшін ең оңтайлы тәсілмен берілген және нақты ток арасындағы айырманы табу керек.

$$\vec{\Delta I}_E = -\vec{\Delta I}_{жс} = \vec{\Delta I}_3 - \vec{\Delta I} \quad (4)$$

$\vec{\Delta I}_{жс}$  векторы қателік  $\vec{\Delta I}_E$  векторына кері болып есептеледі және өз алдына қалаған жүйеге әсер етудің қателігінің толық өтемақысы ретінде қаралады. 4-суретте вектор жайлы деректер және де  $\vec{\Delta I}_1, \vec{\Delta I}_2, \vec{\Delta I}_3$  векторларына қолжетімді ток әсері көрсетілген.

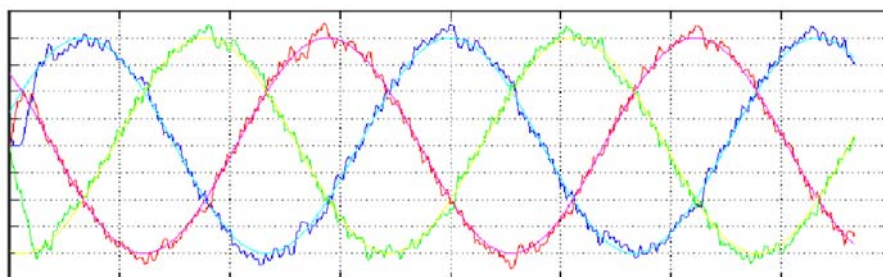
Сипатталған жүйені толыққанды функцияда үшін жұмыс секторының ауысу талаптарын анықтау ғана қалды. Мұны бір фазалы жағдайдағыдай ток қателерінің талдауына сүйене отырып жасаймыз.

Қарапайым жағдайда алты кілтті түрлендіргіштің барлық ауысымын кесте әдісімен көрсетсе болады, онда аталған алгоритмді алдын – ала бағалап, MATLAB ортасында әзірлеуге болады [2].

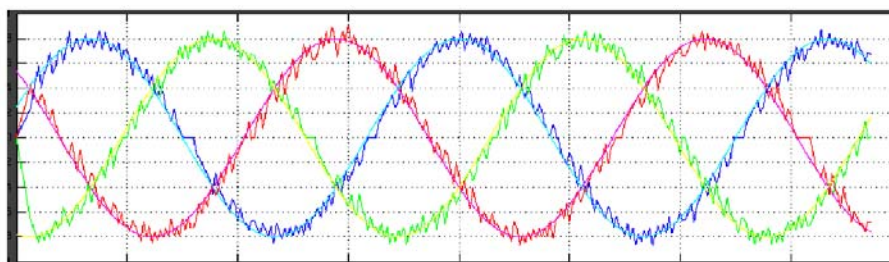


Сурет 4. Ток бойынша қателікті анықтау және әсерді таңдау

5-суретте релелік жүйенің сипатталған алгоритмімен тұрақталатын алты кілтті түрлендіргіштің фазалар тогы бейнеленген. 6-суретте фазаларын жеке реттеуші релелік жүйе тұрақтайтын фазалар тогы көрсетілген, онда әрбір фазаның ток реттеушісі максималды лезде іске қосылатын режимде жұмыс атқарады. Дискретизациялау уақыт аралығы екі алгоритмдерде бірдей болған, ал екінші жағдайда түрлендіргіштегі динамикалық шығындар 50% - ға жоғары болып шыққан. Жүктемелер өлшемі:  $R=0,02$  Ом,  $L=0,21$  мГн.



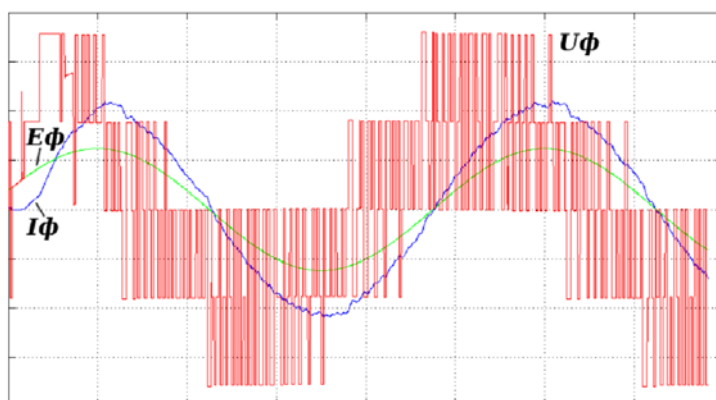
Сурет 5. Релелік жүйе алгоритмі қолдайтын фазалар тогы



Сурет 6. Фазаларды бөлек реттейтін релелік жүйе алгоритмі қолдайтын фазалар тогы

Сондай-ақ, түрлендіргіштің кернеуі мен ЭҚК арасындағы фазалық ығысу көрінетін жүйені модельдейміз. Яғни жұмыссекторы ЭҚК орналасқан сектордан ерекшеленеді. Жүйе жұмысын бейнелейтін векторлық диаграмманың уақытта өзгеруінің толық бейнесін қағазда көрсету мүмкіндігі болмағандықтан, біз фазалық кернеу ( $U_\phi$ ), ЭҚК ( $E_\phi$ ) және ток ( $I_\phi$ ) осциллограммаларын ұсынамыз (7-сурет). Ол  $U_\phi$  және  $E_\phi$  арасындағы фазалық ығысуды анық көрсетеді, бірақ алгоритм ешқандай өзгеріссіз тұрақты жұмыс атқарды, бұл бір фазалық және үш фазалық іске асырудың ұқсастығын растайды.





Сурет 7. Фазалық кернеу ( $U_\phi$ ), ЭҚК ( $E_\phi$ ) және ток ( $I_\phi$ ) осциллограммасы

Осы алгоритмды көп деңгейлі түрлендіргіш үшін бағдарламалық іске асыру, жұмысшы қосалқы секторларды өзгертуге арналған логикалық кестелерді жасау қиындықтармен кездеседі, бірақ мұндай бағдарламалық қамтамасыздандыруды синтездеуде негізгі кедергілер жоқ.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Чуев, П.В. Разработка систем векторного управления асинхронными приводами на базе специализированных сигнальных микроконтроллеров [Текст]: дисс... канд. техн. наук. – М., 2002. – 254 с.
- 2 Texas Instruments, “TMS320x281x Event Manager (EV) Reference Guide (Rev. E) (spru065e)”, 27 Jun 2007.

Материал редакцияға 04.05.18 түсті.

**С.А. Орынбаев, М.М. Бекмуратов, А.С. Кушумкулов**

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

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НА БАЗЕ ТРЕХУРОВНЕВОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ РЕЖИМА ПРЯМОГО ТОКОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ

Под прямым токовым управлением будут пониматься такие алгоритмы, которые на основе каких-либо данных (токи фаз, напряжения и т.п.) определяют такое состояние ключей инвертора, которое приведет к скорейшему (по возможности) приближению фактического тока к заданному. В статье рассматривается однофазный релейный алгоритм поддержания тока при помощи преобразователя, имеющего несколько уровней напряжения. Затем этот алгоритм распространяется для использования в трехфазной системе сначала на базе двухуровневого инвертора, а затем для трехуровневого.

**Ключевые слова:** алгоритм, инвертор, ток, напряжение, реле, преобразователь.

**S.A. Orynbayev, M.M. Bekmuratov, A.S. Kushumkulov**

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

**A STUDY ON THE FEASIBILITY OF THREE-LEVEL VOLTAGE  
INVERTER-BASED MODE OF DIRECT CURRENT MOTOR CONTROL**

Under direct current Office will be understood such algorithms that are based on any data (currents, voltages, etc. such keys) define the inverter, which would lead to the early (possibly) approximation of the actual current to the specified. Describes a single-phase AC relay AC maintenance algorithm using the converter, which has several voltage levels. Then this algorithm applies for use in three-phase system based on two-level the inverter first, and then the three-level.

**Keywords:** algorithm, inverter, current, voltage, relay, transducer.

## Химические технологии

ӘОЖ 661.63

Х.Р. Садиева<sup>1</sup>, Ш.Е. Мусрепбекова<sup>2</sup>, Д.Ғ. Балтабаева<sup>3</sup><sup>1</sup>Техн. ғыл. канд., доцент, <sup>2</sup>Оқытушы, <sup>3</sup>Студент

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

Электрондық пошта: <sup>1</sup>xalipa71@mail.ru, <sup>3</sup>baltabayeva.diana@gmail.com**ҚАРАТАУ ФОСФАТТЫ ШИКІЗАТЫНЫҢ ҚҰРАМЫНАН СИРЕК МЕТАЛЛДАР МЕН СИРЕК ЖЕР МЕТАЛЛДАРЫН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ БӨЛШІ АЛУ**

Мақалада Қаратау (Көкжон, Көксу кеніштері) фосфатты шикізаттарын зерттеу нәтижелері келтірілген. Фосфатты шикізаттың химиялық құрамы титриметриялық, гравиметриялық, фотоколориметриялық және потенциометриялық әдістермен анықталған. Қаратау фосфориттері құрамындағы сирек металдар мен сирек жер металдары минералды қышқылдармен ашылып, зерттелген.

**Тірек сөздер:** фосфорит кені, сирек металдар, фосфоритті концентрат.

Фосфорит кені Тянь-Шань тауларының Солтүстік-Батыс жоталарының сілемдері болып табылатын Кіші Қаратау бөктерінде орналасқан. Қаратау фосфориттері 1936 жылы ашылған, ал 1941 жылы тау-кен комбинатының құрылысы басталды.

Қазіргі уақытта аймақта фосфориттердің 45 кендері тіркелген. Бірақ алаптың 80% жуық негізгі өнеркәсіптік қорлары келесі 5 басты кен орындарында шоғырланған: Жаңатас, Көкжон, Көксу, Ақсай және Шолақтау.

Кесте 1

Жаңатас, Көкжон, Көксу, Ақсай, Шолақтау кен орындарының химиялық құрамы

Компоненттер аты	Жаңатас	Көкжон	Көксу	Ақсай	Шолақтау
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25,1	26,58	25,18	24,2	25,9
CO <sub>2</sub>	6,3	8,32	6,37	8,4	8,1
F	2,28	2,26	2,28	2,05	2,09
CaO	39,77	44,17	40,0	40,59	40,39
MgO	2,4	2,65	1,88	3,3	3,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,89	0,92	0,85	0,49	0,82
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,74	1,67	2,0	2,2	2,03
SiO <sub>2</sub>	17,66	9,63	17,77	14,07	14,01
H <sub>2</sub> O	1,4	1,6	1,2	2,0	0,75
C (органика)	0,33	0,58	0,22	0,73	0,21

Бұл кендер үлкен көлемімен және маңызды қуатты өнімділік қыртыстарымен сипатталады. Барланған кен қорлары 1,2 млрд.т. құрайды. Қаратау алабы  $P_2O_5$  қорлары бойынша Хибин кенінен кейін екінші орында. Қаратау фосфориттерінің фосфатты заты үшін минералдың торында фосфор атомдарының бөлігін көміртеппен және гидроксилмен орын басуымен сипатталатын фторапатиттен гидроксилфторапатитке біртептеп өту ерекшелігі тән. Фосфориттердің цементтері негізінен доломиттен және кальциттен тұрады [1].

Қаратау кендерінің күрделі және тұрақты емес құрамы, оларда зиянды қоспалардың, бірінші кезекте доломит түріндегі магнийдің болуы себебінен бұл кендерді экстракциялау әдісімен фосфор қышқылына тікелей өңдеу қиынға соғады. Бұл жағдай Қаратаудың фосфоритті шикізатын сары фосфорға өңдеуде электротермиялық әдісінің кең таралуына басты себеп болды. Қазақстанның Ақтөбе облысында Чилисай және Богданов кендері бар. Бұл кендердің фосфориттері электротермиялық өңдеу үшін әлеуетті кен көздері ретінде қарастырылады. Фосфоритті кендердің орташа химиялық құрамы (%):  $P_2O_5$  -12; е.к.-53,36;  $CO_2$  - 2,83;  $CaO$  - 20,54;  $H_2O$  - 0,85;  $TiO_2$  - 0,07;  $SiO_2$  - 52,34;  $Fe_2O_3$  - 2,23;  $MnO$  - 0,03.

Зертеу жұмыстары барысында табиғи фосшикізат тұз және күкірт қышқылдарында ыдыратылып, фосфорит құрамы титриметриялық, гравиметриялық, фотоколориметриялық және потенциометриялық әдістермен анықталды.

Фосфориттердің сұйық концентраттары М.Х. Дулати атындағы ТарМУ-нің «Химия және химиялық технологиялар» кафедрасының Agilent 4200 MP-AES атомды-эмиссиялық спектроскобында зерттелді. Спектрометрдегі электр магнитті ЖТБ-өрісі ауадан жасалатын азотта плазманы қоздырады. Азотты плазманың температурасы 5000-6000°C құрайды. Спектрометр ауамен салқындатылады және сулы салқындатқыштарды, газы бар баллондарды және басқа да қосымша жабдықтарды орнатуды қажет етпейді. Жанғыш газдардың қолданылмауы жұмыс қауіпсіздігін қамтамасыз етеді, сондай-ақ оқу орындарында және тұрғын үйлерде құралды пайдалануға шектеу қойылмайды [2]. Фосфоритті концентратты атомды-эмиссиялық спектроскопиялық талдау нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

## Кесте 2

Қаратау фосфориттерінің құрамындағы сирек жер элементтерді атомды-эмиссиялық спектроскопиялық әдіспен анықтау

№ р/с	Сынама атауы	Элементтің белгісі (нм)	Концентрациясы	Өлшем бірлігі	SD	RSD, %
1	Сынама №1. Фосфориттерді 2н $HNO_3$ ыдырату	Se (196,026 нм)	0,27	ppm	0,08	29,76
		Zn (213,857 нм)	0,15	ppm	0,00	1,68
		Cd (228,802нм)	0,00	ppm	0,00	>100
		Sr (407,771 нм)	8,19	ppm	0,03	0,42
		Ba (455,403 нм)	1,48	ppm	0,00	0,20
		Cu (324,754нм)	0,06	ppm	0,00	0,48
		Ni (352,454 нм)	0,31	ppm	0,00	0,61
		As (193,695 нм)	0,73	ppm	0,22	29,81
		Co (340,512нм)	0,53	ppm	0,01	1,06
Pb (405,781 нм)	-0,12 $\mu$ и	ppm	0,00	1,75		

		Mo(379,825 нм)	0,08	ppm	0,00	1,05
		Mn(403,076 нм)	17,73 °	ppm	0,05	0,29
		Cr (425,433 нм)	0,27	ppm	0,01	2,47
		Al (396,152 нм)	13,70 °	ppm	0,79	5,78
2	Сынама №2. Фосфорит-терді 2н НСІ ыдырату	Se (196,026 нм)	-0,28 u	ppm	0,12	43,27
		Zn (213,857 нм)	0,25	ppm	0,00	0,83
		Cd (228,802нм)	0,00	ppm	0,00	>100,00
		Sr (407,771 нм)	10,28	ppm	0,05	0,49
		Ba (455,403 нм)	0,36	ppm	0,00	0,19
		Cu (324,754нм)	0,12	ppm	0,00	0,23
		Ni (352,454 нм)	0,23	ppm	0,00	0,60
		As (193,695 нм)	0,75	ppm	0,35	46,98
		Co (340,512нм)	-0,02u	ppm	0,00	5,48
		Pb (405,781 нм)	-0,27 mv	ppm	0,01	2,24
		Mo(379,825 нм)	0,05	ppm	0,00	4,17
		Mn(403,076 нм)	20,44	ppm	0,03	0,14
		Cr (425,433 нм)	0,43	ppm	0,04	9,69
		Al (396,152 нм)	73,34	ppm	5,64	7,69

Атомды-эмиссиялық спектроскоптық зерттеу нәтижелері ресейлік дифракциялық торының 1 мм/500 штрихтері бар және сызықты дисперсиясы 0,4 нм/мм ДФС-13 дифракциялық спектрограф құралында қайта талданды.

Спектрларды қоздыру күші 14 электр тогының доғасында жүргізілді, 230 нм-ден 345 нм дейінгі ультракүлгін аймақта спектрлерді тіркеу осы толқын ұзындықтары шегінде сезімтал ПФС-03 фотопластинкасында жүзеге асырылды. Салыстыру үлгілері ретінде ГСО 8670-2005 (СГД-2А), ГСО 3484-86 (СГХМ-2) пайдаланылды. Зерттеу Алматы қаласының Қ.И.Сатпаев атындағы геологиялық ғылымдар ҒЗИ-да жүргізілді. 2-кесте деректеріне сәйкес Қаратау фосфатты шикізатының (Көкжон, Көксу кендері) құрамында лантаноидтар сияқты элементтер табылды [3].

Сирек жер элементтерді атомды-эмиссиялық спектрлік талдау нәтижелері 3-кестеде көрсетілген.

### Кесте 3

Сирек жер элементтерді атомды-эмиссиялық спектрлік талдау нәтижелері

Y	Yb	La	Ce	Сынама атауы	Gd	Nd	Sm	Eu	Tb	Dy	Ho	Er	Lu	Tm	Pr
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>		10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-2</sup>
7	3	3	5	Байытылмаған бастапқы сынама	<2	<5	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	5	<2
10	7	15	30	Байытылмай 2NHNO <sub>3</sub> ыдыратылған фосфат	<2	<5	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	10	<2

15	7	15	25	Байытылмай 2NHCl ыдыратылған фосфат	<2	<5	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	10	<2
0,1	0,05	0,5	1	Бастапқы сынама, тұнба	<2	<0,04	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	7	<2
0,2	0,07	0,4	0,5	2NHNO <sub>3</sub> ыдыратылған фосфат, тұнба	<2	0,04	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	15	<2
0,1	0,07	0,3	0,5	2NHCl ыдыратылған фосфат, тұнба	<2	0,05	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	7	<2
0,01	<0,005	0,025	0,05	HNO <sub>3</sub> ыдыратылған ертіңдіден тұнба	<2	<0,04	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	<1	<2
0,01	<0,005	0,025	0,07	HCl ыдыратылған ертіңдіден тұнба	<2	<0,04	<1	<1	<5	<1	<1	<1	<1	<1	<2

Қаратау фосфоритінің құрамында күкірт қышқылды ашқаннан кейін 70% кальций сульфатының тұнбасына өтетін 5-7% сирек жер элементтер (СЖЭ) бар. Тұнбада СЖЭ басқа фторид- және фосфат-иондардың біршама саны анықталды. Алынған тұнба бұл – минералды тыңайтқыштар өндірісінің «фосфогипс» деп аталатын қалдығы және олар Қаратау фосфориттерін өңдейтін зауыттардың айналасында тұтас таулар түзіп жатыр (Тараз к.)

Қаратау фосфатты шикізаттары азот және тұз қышқылдарымен өңделініп, ыдыратылды. Бұл жағдайларда фосфорлы кендерден алынған концентраттар қиын еритін қосылыстардан ерімтал түрге өтеді.

Қорытынды:

1) Қаратау фосфориттерін (Көкжон, Көксу кендері) тұз және азот қышқылдарының (1:1) қатынасындағы қоспасында, 85-90°C температурада қыздырумен, 30 минут аралығында қарқынды араластырылып ыдырату зерттелді;

2) Алынған өнімдердің химиялық құрамдары титриметрлік, гравиметрлік, фотоколориметрлік, потенциометрлік әдістермен анықталды;

3) Қаратау фосфориттерінің құрамынан минералды қышқылдармен сирек жер элементтерді ашуды зерттелді;

4) Химиялық құрамын зерттеулердің нәтижелері Қаратау фосфориттерін құрамында сирек жер элементтердің Se-23,0-29,76%, Zn-0,5-1,68%, Sr-0,42-2,0%, Ba-0,20-2,8%, Cu-0,48-3,6%, Ni-0,61-0,75%, As-29,81-32,0%, Co-1,06-2,10%, Pb-1,75-2,0%, Mo-0,8-1,05%, Mn-0,29-0,35%, Cr-2,47-3,8%, Al-5,78 -7,9% Y-(итрий)-0,007-0,15%, Yb-(иттербий)-0,005-0,7%, La-(лантан)-0,025-0,15%, Ce-(церий)-0,05-0,30%, Gd-(галолиний)-0,002%, Nd-(неодим)-0,04-0,05%, Sm-(самарий)-0,01%, Eu-(европий)-0,001%, Tb-(тербий)-0,005%, Dy-(диспрозий)-0,01%, Ho-(гольий)-0,001%, Er-(эрбий)-0,01%, Lu-(лютеций)-0,001%, Tm-(тулий)-0,0001-0,10%, Pr-(празеодим)-0,02% және т.б. шектерде болатынын көрсетілді.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Лебедев, В.Н. Способ переработки фосфатного редкоземельного концентрата, выделенного из апатита [Текст] / В.Н. Лебедев, С.Д. Сергеева, В.А. Маслобоев, Э.П. Локшин / Авторское свидетельство (21) 4919455/26 (22) 14.03.91 (46) 30,05;93. Бюл, №20 (71) Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья Кольского научного центра АН СССР (72).
2. Моисеев, С.Д. Экстракционная очистка фосфатного редкоземельного концентрата, получаемого при переработке апатита [Текст] / С.Д. Моисеев, В.А. Семенов, Г.А. Шелехова // Химическая промышленность. – 1981. – №8. – С. 24-27.
3. Садиева, Х.Р. Разложение фосфоритов Каратау минеральными кислотами и извлечение редко земельных элементов из вторичных концентратов [Текст] / Х.Р. Садиева, А. Елеукен, Н. Толеген, Д. Балтабаева, Г. Рыспаева // Материалы XI международной конференции по естественно-техническим наукам «Инновационное развитие и востребованность науки в современном Казахстане». Фонд Первого Президента РК. – Алматы, 2017. – С. 50-53.

*Материал редакцияға 19.05.18 түсті.*

**Х.Р. Садиева, Ш.Е. Мусрепбекова, Д.Г. Балтабаева**

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

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПОЛУЧЕНИЕ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ  
МЕТАЛЛОВ ИЗ СОСТАВА ФОССЫРЬЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
КАРАТАУ**

В статье исследовано фоссырье месторождения Каратау (Кокжон, Коксу). Определен химический состав фосфатного сырья титриметрическим, гравиметрическим, фотоколориметрическим и потенциометрическим методами. Минеральными кислотами обнаружены и изучены редкие и редкоземельные металлы Каратауских фосфоритов.

**Ключевые слова:** фосфатная руда, редкие металлы, фосфатный концентрат.

**Kh.R. Sadiyeva, Sh.E. Mussrepbekova, D.G. Baltabayeva**

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

**DETERMINATION AND PRODUCTION OF RARE AND RARE-EARTH  
METALS FROM THE PHOSPHORIC RAW MATERIAL OF KARATAU  
FIELD**

In the scientific article investigated the phosphate raw materials of the Karatau field (Kokzhon, Koksu). The chemical composition of phosphate raw materials was determined by titrimetric, gravimetric, photocolometric and potentiometric methods. In the work with mineral acids, rare and rare-earth metals of the Karatau phosphorites were discovered and studied.

**Keywords:** phosphate ore, rare metals, phosphate concentrate.

ЭОЖ 622.026

М.Т. Тулеков

Аға оқытушы, тау-кен инженері

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

**ЖАМБЫЛ ОБЫЛЫСЫ АЙМАҒЫНДАҒЫ ТАУ-КЕН ӨНДІРІСІ  
ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ПАЙДАСЫ**

Жамбыл облысы аумағындағы тау-кен өндірісінің қазіргі жағдайы мен негізгі проблемалары қарастырылған.

**Тірек сөздер:** тау-кен өндірісі, пайдалы қазбалар, Жамбыл облысы, барлау жұмыстары, кен орындары.

Жамбыл облысы пайдалы қазбалар кен орыналасуы жағынан Қазақстан Республикасында өзінің алар орны ерекше. Облыс жерасты пайдалы қазбаларына өте бай олар: алтын; күміс, темір, көмір, фосфор, табиғи газ метан, қорғасын, техникалық алмаз, мыс, молибден, барит, уран, жартылай қымбат мәрмәр тастар- халцедон және жалпы таралған пайдалы қазбалар - гранит (қызылтас), амозанит, мрамор, құм, шағал тастар әк тас-известняк. Тау-кен өндіру өнеркәсібі саласында өткен 2017 жылдың қортындысы бойынша өндірілген өнім көлемі 11717,0 млн теңгені немесе өткен 2016 жылмен салыстырғанда 116% құрады, бұл саланың жалпы өндірілген өндірістік өнім көлемінде үлес салмағы 11,4% көрсетті. Жамбыл облысының территория аймағында осы жылдың өзінде 190-ға жуық жер қойнауында жұмыс жүргізетін жеке немесе заңды тұлғалар тіркелген. Пайдалы кен қазба байлықтарын геологиялық барлау және қазу шығару жөнінен 45 заңды және жеке тұлғалар жүргізеді осы көрсетілген тұлғалардың тең жартысы, яғни 22-сі геологиялық барлау жұмыстарын жүргізуге ресми атқарушы үкімет мекемесінен контракт бойынша ұрықсаты бар тұлғалар. Осы 45 тұлғаның 14-і бағалы алтын кен орындарында геологиялық барлау жұмыстарын жүргізуде. Жеті өндіріс кәсіпорны қазіргі кезде бағалы алтын мен күміс кендерін өндіруде. Бір заңды тұлға титан кенін геологиялық барлау үстінде. Екі заңды тұлға жерде сирек кездесетін полиметал және қара метал кендердің геологиялық орындарына барлау жұмыстарын жүргізуде.

Жамбыл облысының аудандарының аймағында қандай тау-кен өндірістері дамыған және қатты тау-кендеріне геологиялық барлау жүргізілуде дейтуғын болсақ ол төменгі кестеде келтірілген.

№ р/с	Аудан аты	Жер қойнауын пайдаланушы тұлға	Тау-кен орнының атауы, өндірілетін кен түрі	Геологиялық барлау	Барлауға немесе өндіруге рұқсаты (контракт №, мерзімі)
				Кен өндіру	
1	2	3	4	5	6
1	Байзақ ауданы	«Ocean Trade» ЖШС	Алмалы, алтын	Геологиялық барлау	4875, 14.06.2016 ж.
2	Қордай ауданы	«TENIR LOGISTIC» ЖШС	Тымылай, темір кені	Геологиялық барлау	2552, 21.01.2008 ж.
		«Central Asia Gold Corp» ЖШС	Қоғадыр-VI, алтын	Геологиялық барлау және өндіру	1576, 17.11.2004 ж.



		«Металинвест» ЖШС	Қордай алаңы, алтын	Геологиялық барлау және өндіру	2230, 15.12.2006 ж.
		«Аurum Deutschland» ЖШС	Қаратас-Майбұлақ, алтын	Геологиялық барлау	4769, 18.01.2016 ж.
		«Қазақста-Австралия» ЖШС	Алдауше, Қызыл қайнар, алтын	Геологиялық барлау	4926, 04.07.2016 ж.
3	Мойынқұм ауданы	Шығыс кен басқармасы	Шығанақ, барит	Кен өндіру	46, 10.07.1996 ж.
		«Алтыналмас» АҚ	Ақбақай, алтын	Кен өндіру	68, 15.10.1996 ж.
		«Рудгормаш» ЖШС	Мыңарал, алтын	Кен өндіру	151, 0812.1997 ж.
		«Алтынтас» СП + Қазақстан Австралия	Кепкен, Алтынтас, Кенгир, алтын	Геологиялық барлау және өндіру	176, 21.05.1998 ж.
		«АК Алтыналмас», «Одақ» АҚ	Ақсақал, Бескемпир, алтын	Кен өндіру	653, 18.04.2001 ж.
		«Алтыналмас» АҚ	Карьерное, алтын	Геологиялық барлау	1089, 29.12.2002 ж.
		Munarat Resources	Мынаральское, алтын	Геологиялық барлау	1822, 01.09.2005 ж.
		«Алтыналмас» АҚ	Светинское, алтын	Кен өндіру	2359, 11.05.2007 ж.
		«Алтай Полиметалы» ЖШС	Хантауское, алтын	Геологиялық барлау	2566, 31.01.2008 ж.
		«Munarat Cold» ЖШС	Мынаральское рудное поле, алтын	Геологиялық барлау	2687, 12.06.2008 ж.
		«Ocean Trade» ЖШС	Үшалық, алтын	Геологиялық барлау	4848, 14.06.2016 ж.
		«Khuan Minerale» ЖШС	Ақбақай-Кенгирское, алтын	Геологиялық барлау	4927, 04.07.2016 ж.
		«Асыл Ресорсес» ЖШС	Олимпское, алтын	Геологиялық барлау	4822, 05.05.2016 ж.
		«Мойынқұм Минерал» ЖШС	Куланкетпеское, поливковошпатовое	Геологиялық барлау	4751, 25.12.2015 ж.
		«Кенг-Киик» ЖШС	Кенг Киикское, полиметал, жерқойнауында сирек кездесетін кендер	Геологиялық барлау	4711, 29.10.2015 ж.
		«Кемир» ЖШС	Кемирское, полиметал, жерқойнауында сирек кездесетін кендер	Геологиялық барлау	4721, 26.11.2015 ж.
		«Құлан Көмір» ЖШС	Участок Құлан, көмір	Кен өндіру	1610, 07.12.2004 ж.
		Нацкомпания «СПК «Тараз» АҚ	Құлан, көмір	Геологиялық барлау	4435, 03.02.2017 ж.
«Бие-Бесоба» ЖШС	Бие Бесобинское, кара және түсті металлдар	Геологиялық барлау	4712, 29.10.2015 ж.		
«Қарақамыс-Mining» ЖШС	Қарақамыс, кара және түсті металлдар	Геологиялық барлау	4720, 26.11.2015 ж.		

4	Мерке ауданы	Нацкомпания «СПК «Тараз» АҚ	Қарақыстақ, алтын	Кен өндіру	5046, 20.02.2017 ж.
5	Сарысу ауданы	ЕвроХим-Удобрения	Кокжон, Гиммельфарбское, фосфорит	Кен өндіру	4119, 07.06.2012 ж.
		Қаратау ГПК, «Қазфосфор» ЖШС филиалы	Шилибулак, фосфорит	Кен өндіру	94, 05.02.1997 ж.
		Қаратау ГПК, «Қазфосфор» ЖШС филиалы	Түйесай, Жаңатас, Кис-Тас, техногендік минералдар	Кен өндіру	786, 30.10.2001 ж.
		Қаратау ГПК, «Қазфосфор» ЖШС филиалы	Көк су, фосфорит	Кен өндіру	94, 05.02.1997 ж.
		Қаратау ГПК, «Қазфосфор» ЖШС филиалы	Көк жон, участок Кистас, фосфорит	Кен өндіру	94, 05.02.1997 ж.
		Қаратау ГПК, «Қазфосфор» ЖШС филиалы	Жаңатас, фосфорит	Кен өндіру	94, 05.02.1997 ж.
6	Талас ауданы	Чолақтау ГПК, «Қазфосфор» ЖШС филиалы	Шолақтау, фосфорит	Кен өндіру	94, 05.02.1997 ж.
		Қаратау ГПК, «Қазфосфор» ЖШС филиалы	Ақсай, фосфорит	Кен өндіру	94, 05.02.1997 ж.
		Бірыңғай тапсырыс беруші қызметі және жеке кәсіпкер	Талас, алтын	Геологиялық барлау	4697, 05.10.2015 ж.
		«Амангельді Газ» ЖШС	газ	Кен өндіру	611, 22.06.1906 ж.
7	Т. Рысқұлов ауданы	«Golden Compass Jambul» ЖШС	Көкқия, алтын	Кен өндіру	2772, 29.08.2008 ж.
8	Шу ауданы	«Шокпар-Гагаринское» ЖШС	Гагаринское, алтын	Геологиялық барлау	4323, 27.12.2013 ж.
		«Шокпар-Гагаринское» ЖШС	Шокпар, алтын	Геологиялық барлау	4323, 27.12.2013 ж.
		«Қазақмыс» корпорациясы ААҚ	Шатыркөл, медь	Кен өндіру	583, 04.12.2000 ж.
		«Zhanahug Project» ЖШС	Жайсаң, мыс	Кен өндіру	2619, 24.04.2008 ж.
		«Жамбылмыс» ЖШС	Шатыркөл Жайсанская, мыс	Геологиялық барлау	4735, 18.12.2015 ж.
		«Ер-ТАЙ» ЖШС	Родниковое, полиметаллдар, қорғасын	Кен өндіру	853, 28.12.2001 ж.
	Барлығы:	45			

Осы жоғарыда келтірілген қазба байлықтарын қалай пайдаланып жатырмыз осы жайында айтпақпын. Кеңес заманында геологиялық барлаулар жасалып Қаратау аймағында фосфор кенінің үлкен көлемдегі мөлшері анықталып осы кенді игеру барысында алып өндіріс кешендері ашылды.

Фосфор кенінің аясында екі қала тұрғызылды, олар: Қаратау және Жанатас қалалары. Кенді игеру барысында облыс тұрғындарынан тау кен жұмысшылары, әртүрлі мамандар оқытылып жоғары сапалы кенші жұмыскерлері қоғамға келді. Осы қалалардың кеніштерінде өндірілген пайдалы қазбалар Жамбыл қазіргі Тараз қаласындағы фосфорды шығаратын және ауыл шаруашылығына керекті жерді тыңайтатын тыңайтқыштар шығаратын заводтарда өңделді. Тараз қаласында фосфор өндіретін және оның шикізатын өңдейтін үш завод іске қосылды бұл заводтарда қырық мыңға жуық халық жұмыс істеді. Бұл заводтарда шығарылған өнімдер жақын және алыс шетелдерге экспортқа шығарылды және шығарылуда. Қазіргі күні Жанатас кен орындарына ЕвроХим фирмасы инвестиция алып келіп фосфор өндірісін әрмен дамытуға өз үлесін қосуда. Жанатас қаласының қайтадан өркендеуіне қаржы бөліп қала қайтадан аяққа тұрып келеді. Бұл фирма жаңа Арал төбе кен орнын ашып жаңа технологияменен істейтін байыту фабрикасын салу үстінде. Ол дегеніңіз республика бюджетіне түсіп жатқан қаржы. Ал облыс көлемінде анығырақ айтсақ Мойынқұм ауданы мен Тұрар Рысқұлов аудандарының территориясынды бағалы металдар алтын күміс және жер бетінде сирек кездесетін металдардың кен орындары бар. Маселен, Мойынқұм ауданындағы Ақбақай, Бескемпір, Кенгір, Ақсақал, Карьерное, Думан – Шуақ, Каракөз, Кенжем, Светинское, Кепкен, Тасқұдық, Үшалық алтын кен орындары дұрыс игеріліп жатыр ма? Осы сұрақтар мені мазалайды. Кеңес заманында ашылған Ақбақай алтын кен орны қазіргі күні дұрыс игеріліп жатса да, бұл кен орнын игеруден Мойынқұм ауданының халқына тигізіп жатқан пайдасы өте төмен. Себебі жергілікті халықтың азаматтары бұл кеніште жұмысқа қабылданбайды, кентте оларды оқытатын оқыту комбинаты жұмыс істемейді, яғни жергілікті мамандар дайындалмайды. Сол сияқты осы аудан көлемінде бағалы металдардан басқа барит кені, уран кен орындары және жалпы пайдалы қазбаға жататын гранит, амозанит кен орындары бар. Нақты айтар болсақ барит кен орны игеріліп жатыр бірақ оның пайдасын аудан, облыс халқы көріп отырған жоқ. Амазонит тасы ерекше мрамор тас есебінде құрылыс, саулет заты есебінде қолданылады, бірақ қазіргі кезде ол кен орнында тау-кен жұмыстары жүргізілмейді, есесіне кездейсоқ адамдар қолдануда. Осы жоғарыда көрсетілген кен орындарын облыс көлемінде, республика көлемінде дұрыс жүйелі түрде игерген болсақ, облыс көлемінде жұмыссыздық азайып халықтың тұрмыстық- әлеуметтік жағдайы жақсарған болар еді Тұрар Рысқұлов, Мерке аудандарының территория көлемінде де бағалы метал кен орындары бар, олар Алмалы, Қарақыстақ кен орындары қазіргі күні игерілуде, игерілген кеннің пайдасын аудан облыс халқының мүдесіне бюджетке түсетін қаржы арқылы пайдасы тиуде. Шу ауданының территориясында республикаға белгілі екі кен орындары бар олар: Шатырқұл мыс молибден шығаратын кен орны және қорғасынның мол қоры бар Родниковое кен орны, бұл кен орындарын игеруден аудан, облыс халқына салық арқылы тигізіп жатқан пайдасы белгісіз. Осы істеп жатқан кен орындарында аудан азаматтары жұмысқа тартылмаған, жұмыс істеп жатқандардың барлығы республикамыздың басқа облыстарынан келетін жұмыскерлер. Талас ауданының территория аймағында фосфордан басқа жартылай бағалы қымбат тас халцедон минералының геологиялық жағынан зерттелген кен орны бар, бірақ қазіргі күні ол игерілмеуде. Қордай ауданының территориясында да бағалы металдар алтын, күміс және полиметал кен қазбаларының орындары бар, олар: Гагаринское, Қоғадыр,

Алдаушы, Рассеянный, Восточное, Қордай древний, Қордай, Шоқпар, Қаратас, Чекенді, Тоспалы, Майбұлақ-восточный. Осы аталған кен орындарының қазіргі кезде игеріліп жатқаны Қоғадыр кен орны, басқалары өздерінің игеру уақытын күтуде. Дегенмен, Шоқпар кен орны кеңес өкіметінің кезінде біраз уақыт игерілген еді, геологиялық қоры кен жөнінен бекітілген. Қазіргі уақытта жоғарыда көрсетілген басқа алтын кен орындарында өкіметтің қолдауымен геологиялық барлау жұмыстары жеке тұлғалардың қаржысына жүргізілуде.

Жамбыл ауданының территориясында, Тараз қаласының маңында бағалы метал алтынның кен орны бар, кезінде тау-кен жұмысын жүргізетін «КВАРЦ»ЖШС алтын кенін қазатын мекеме алтын кенін қазған еді, бірақ қазіргі күні бұл жұмыстар жүргізілмеуде. Осы ауданның территория аймағында бағалы метал алтын және жер бетінде сирек кездесетін полиметалл кен орындары: Талас-Средний, Ассы, Асса, Маймақ, Теріс, Күркүреусу сияқты кен орындары бар. Жамбыл облысының территориясында геологиялық барланған және жобалы түрде зерттелген бағалы алтын кенінің қоры 350 тоннаны құрайды.

Жамбыл облысының аймағында жалпы кен қазбаларына жататын құм, шағал тас, гранит, мрамор кен орындарына бай, олар: Қордай ауданындағы қызыл тас-гранит, Талас ауданындағы көк, ақ мәрмар тасы-мрамор, Сарысу ауданы- Жанатас қаласының маңындағы мрамор брикчасы, Мойынқұм ауданындағы гранит кен орындары Желтау-1, Желтау -2, Жалғыз. Жамбыл ауданындағы әк тас – известняк. Осы кен орнының аясында Тараз қаласында төрт гипс өндіретін завод жұмыс істеуде, бұл кәсіп орындарда қаланың және қалаға жақын аудандардың азаматтары жұмыс істеуде. Гипс шығаратын зауыттардың шығарған өнімдері республика және республикадан тыс шет мемлекеттерге шығарылып сатылуда, пайдасы облыс бюджетіне түсуде. Қала азаматтарын жұмыспен қамтамасыз етіп жұмыссыздар санын азайтуда және азаматтардың тұрмыстық-әлеуметтік жағдайының жақсаруына үлкен үлес қосуда. Облыс орталығының территориялық аймағында шағал тас өндіріп өңдейтін тау-кен орындары карьерлер бар, олардың өнімдері қала жұртшылығының құрылыс құралдары есебінде қажеттерін өтеуде, сонымен қатар облыс көлеміндегі жол құрылысында жүрген мекемелерге өздерінің өнімдерін өткізіп, азаматтарды жұмыспен қамтамасыз етіп, олардың тұрмыстық әлеуметтік жағдайының мәселесін шешуде. Облыс территория аймағында екі көмір кен орындары бар, олар: Александровское қоңыр көмір кен орны, Құлан кетпес тас көмір кен орны, екеуіде Мойынқұм ауданында. Соңғысы қазіргі кезде игерілуде, бірақ жүйесіз, облыс бюджетіне берер пайдасы шамалы. Ал, бірінші кен орны көлемі және сапасы жөнінен өте үлкен кен орны болып есептеледі, мөлшері бағалы қасиеті геологиялық барлау және бағалау комитетінде бекітілген, совет заманында геологиялық барлау жасалып есепке алынған. Қорта айтқанда, Жамбыл облысының территория аймағында бағалы кен орындары бар екендігін, сондықтан осы кен орындарында жұмыс істейтін жұмыскерлерді тау-кен ісін игеруде ол жұмысты басқаратын маман қызметкерлерді дайындайтын колледж және жоғары оқу орындарында арнайы бөлімдер ашылса, ол дегеніміз біз болашақты ойлағанымыз деп білемін. Жоғарыда көрсетілген геологиялық барлау жұмыстары жүргізіліп жатқан кен орындары өндіру кәсіпорындарына айналатын болса, Қазақстан Республикасы және Жамбыл облысының бюджетіне түсетін қаржының мол болатына сенімдімін. Ал жоғарыда кен өндіріп жатқан заңды және жеке тұлғалардың қоршаған ортаны қалай қорғап,

зиянын тигізбеуін қадағалайтын үкімет мекемелеріне айтар уәж, Қазақстан Республикасының қоршаған ортаны қорғау заңының мүлтіксіз түбегейлі орындалуын қадағаласа деген ой мазалайды. Жамбыл облысы әкішілігіндегі табиғи ресурстарды қадағалап, мониторинг жүргізетін бөлімі жоғарыда келтірілген облыс көлеміндегі пайдалы кендерді келешекте облыс, республика халқына пайдасы тиетіндей сараптама жасап игеруге мұрындық болса деген ойдан туған мақала.

**М.Т. Тулеков**

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

### **ГОРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО В ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ, РАЗРАБОТКА И РОЛЬ В ЭКОНОМИКЕ РЕГИОНА**

Рассмотрены современное состояние и проблемы горного производства Жамбылской области.

**Ключевые слова:** горное производство, полезные ископаемые, Жамбылская область, разведовательные работы, месторождения.

**М.Т. Тулеков**

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

### **MINING PRODUCTION IN ZHAMBYL REGION, DEVELOPMENT AND ROLE IN THE ECONOMY OF THE REGION**

The current state and problems of mining production in the Zhambyl region are considered.

**Keywords:** mining, minerals, Zhambyl region, exploration, deposits.

## Технологии текстильной промышленности

UDC 677.21.051.164

R.A. Gulyaev<sup>1</sup>, A.E. Lugachev<sup>2</sup>, P.N. Borodin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, <sup>2</sup>Doctor of Technical Sciences, Professor,  
<sup>3</sup>Senior Researcher

<sup>1,3</sup>"Pakhtasanoat Ilmiy markazi" JSC, Tashkent., Uzbekistan

<sup>2</sup>Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

### DEVELOPMENT OF A NEW SEED COTTON REGENERATOR

The article considers the problems of improving the quality of cotton fiber by developing a new design of cotton regenerator that provides more efficient and qualitative regeneration and cleaning of seed cotton from cleaner's wastes.

The content of seed cotton flyings in the wastes depending from the moisture content and trash content of the seed cotton to be cleaned, as well as from the degree of wear of the doffing brushes, teeth of saw channel cylinders, heel brushes and the size of the gaps between the saw channel cylinder and grid bar. The average content of flyings in the wastes is 1-2% from cleaned seed cotton. Content of seed cotton in the wastes increases while cleaning seed cotton with high moisture and trash content.

**Keywords:** seed cotton, cleaner, regenerator, waste, large trash, fine trash, flying of seed cotton, regenerative effect.

**Introduction.** The high level of competition on the world cotton market, the emergence of a modern, technologically advanced and high-speed textile machinery, the need for high quality and competitive textile products leads to a tightening of requirements for the quality of cotton fiber. In this regard, the enhancement of primary processing of seed cotton and the improvement of consumer properties of cotton fiber is the most actual problem. Developed foreign countries, such as the US, China, India, Brazil, Republic of Uzbekistan and other countries, pay special attention to the improvement of efficiency of the cotton industry and enhancement of the methods of managing of technological processes, which brought to the certain progress in ensuring the competitiveness of cotton products. Improvement of the quality characteristics of the cotton fiber, reduction of production costs of seed cotton processing is being provided due to the measures taken to optimize production processes, introduction of the new effective technological devices [1].

Regenerators RX (1RX) [2], which were developed in the early 80s of the last century to extract flyings from the wastes of cleaners, were used to prevent the losses of seed cotton with wastes and were included in the pneumatic transport system of the PLPH production lines and worked under vacuum. The wastes of the cleaners contained mainly large trash and flyings of seed cotton. With this waste composition, the regenerator RX provided reliable operation with a capacity up to 1 ton/h, its regenerative effect was 95% and the cleaning efficiency, depending on the contamination of the wastes, reached 80%.

In the 90s of the last century, instead of the production lines of the PLPH type, cotton ginneries were equipped with cotton-cleaning aggregates UHK, consisting of sections where the separated fine and large trash particles fall into the common bunker and are withdrawn from it by a screw. Due to the combination of fine and large trash, the load on the regenerators increased by 2-3 times, and under the influence of the screw, fine trash particles began to penetrate into the flyings of seed cotton and become difficult to remove. As a result of this, the cleaning effect of the regenerators of RX has decreased to 50%, and the contamination of regenerated flyings during the cleaning of seed cotton of hard-to-clean varieties has reached 70%. Consequently, when they were mixed with seed cotton, the quality of the produced fiber began to decrease by one or two classes.

The recommendation on separate processing of seed cotton and regenerated flyings developed in 1995 and then included in the technological procedure [3]. The implementation of this recommendation improves the quality of cotton fiber by one class.

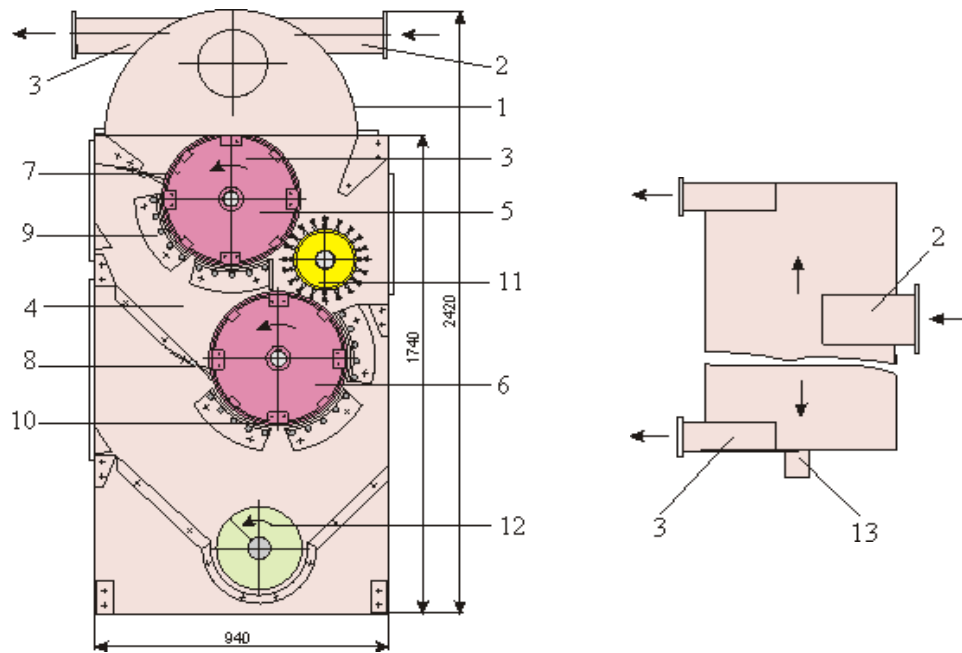
A promising solution to the problem is the development of a new complex of equipment with a separate withdrawal of fine and large trash particles. Currently, it is advisable to develop a new more efficient regenerator of seed cotton from wastes.

## 2 Materials and Methods.

**2.1 Materials.** The operation of the regenerator RX (Figure 1) is carried out as follows. The air vacuum created by the fan through the condenser or separator (not shown in the figure) through the pipeline connected to the outlet branch pipes 3 is distributed in the pneumatic feeder 1, in the cleaning section 4 and then through the pneumatic feeder 1 in the pipe connected to the inlet branch pipe 2, in the open end of which outside air is sucked in. Thus, the entire regenerator is under vacuum. According to the passport data, 1.1 m<sup>3</sup>/s of air should enter the pneumatic feeder 1 through the inlet branch pipe 2 and another 0.4 m<sup>3</sup>/s will be sucked through the leakages of the machine, i.e. the total air flow through the pneumatic feeder 1 is 1.5 m<sup>3</sup>/s. The open end, connected to the inlet branch pipe 2, is positioned above the belt conveyor of waste cleaning equipment, which is sucked into the pipe by air and fed through the inlet branch pipe 2 into the pneumatic feeder 1.

The air, coming from the inlet branch pipe 2, in the pneumatic feeder 1 is divided into two parts and moves to the outlet branch pipes 3. By the way the rotating channel saw cylinder 5 and doffing brush cylinder 11 create vortices that are directed across the air flow from the branch pipe 2 to the branch pipes 3, so that in the pneumatic feeder 1 air flows curl and move axially. The wastes entering the pneumatic feeder 1 along the branch pipe 2 move simultaneously along the longitudinal directions to the outlet branch pipes 3 and in inertia in transverse directions to the main channel saw cylinder 5. The seed cotton flyings are fixed with a heel brush 7 and are cleaned by strikes against the grid bar 9, and then removed from the channel saw cylinder 5 by the doffing brush cylinder 11 [4].

The part of seed cotton flyings falling with the impurities through the grid bars 9 on the regeneration channel saw cylinder 6 and like on the main cylinder 5, are fixed on it with a heel brush 8, are cleaned by striking at the grid bar 10, and then removed from the channel saw cylinder 8 by the doffing brush cylinder 11.



1 - pneumatic feeder, 2,3 - inlet and outlet branch pipes, 4 - cleaning section, 5,6 – main and regeneration channel saw cylinders, 7,8 - heel brushes, 9,10 - grid bars, 11 - doffing brush cylinder, 12 – trash removing screw, 13 - a tube with a valve.

Fig. 1. Scheme of the seed cotton regenerator from wastes of cleanersRX

**2.2 Methods.** The complex studies will be carried out on the regenerator after its manufacture. In order to determine the operational performance and evaluate the regeneration effect, seed cotton wastes will be passed through the serial RX unit and through the new regenerator. The total actual capacity of both units will be around 1.0 ton of seed cotton wastes per hour.

To determine the cleaning efficiency, the seed cotton wastes will be sampled at regular intervals (every 5 minutes).

To determine the effect of regenerator on the quality of cotton fiber and seeds, the samples, selected during the tests, will be submitted to assess their quality in terms of:

- grade, class (classer method, “Pakhtasanoat ilmiy Markazi” JSC);
- staple, modal and average length of fiber (instrumentally “Pakhtasanoat ilmiy markazi” JSC);
- all HVI characteristics (Uzbek Center for Certification of cotton fiber "Sifat" under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan (HVI 900 SA), inspection company SGS (HVI 1000 M700)).

Tests on the HVI system will be carried out in accordance with O'z RH 73-01:2001 "Cotton fiber. The procedure for measuring the quality characteristics on the HVI system" [5] with the conditioning of the samples to an equilibrium moisture content of 6.75-8.25% with the use of SC-100 rapid conditioning devices under standard climatic conditions in accordance with GOST 10681-75 "Textile materials. Climatic conditions for conditioning and testing of samples and methods for their determination" [6]. As a result of tests on the HVI 900 SA system, such internationally accepted quality indicators of cotton fiber as micronaire, upper half



mean length, uniformity index, strength, elongation, short fiber index, maturity, reflectance degree, yellowness, trash code, area will be determined.

In the testing laboratory of «Pakhtasanoat Ilmiy Markazi» JSC additional tests of cotton fiber samples will be carried out in accordance with the special application methods according to the state standard O'z DSt 633:2010 [7]. The tests will be carried out using a mechanical staple unit MSHU-1 and a Zhukov device.

Observations of the operation of the regenerator RX showed that the cleaning rate of regenerated flyings is 3-4 times. The cleaning effect of the regenerator is reduced to 50-60% if more than 30% of fine trash is present in waste products of cotton. Such situation is observed when cleaned seed cotton with trash content more than 5%. In this case the trash content of regenerated flyings increases to 20 or more percent, that after mixing of flyings to seed cotton begins to decrease the quality of the produced fiber [8].

It was found that a part of fine trash, free fiber and fibrous motes, due to insignificant values of their masses and speeds of flow, fly through the pneumatic feeder 1 in transit, without getting under the gripping influence of the main channel saw cylinder 5. Under the influence of air streams they are directed to the outlet branch pipes 3, where they mix with regenerated flyings of seed cotton. The fine trash, free fiber and fibrous motes are combined into lumps in the condenser or separator, which are almost impossible to clean [9].

During the operation of the regenerators RX it was also noticed that with increasing productivity its catching effect was practically unchanged, and the cleaning effect was reduced.

In the regenerator of RX, the outdated working parts are used:

- gripping channel saw cylinders, the teeth of which break and come off the shells, which reduces the gripping ability of the cylinders;
- doffing brush cylinder, whose brushes quickly wear out and shorten, that reduces the efficiency of seed cotton doffing;
- heel brushes, which deviate from the channel saw cylinders, that reduces the gripping ability of the teeth.

Currently, new more reliable and efficient working parts have been developed for seed cotton cleaners to replace these unreliable and requiring frequent replacements and repairs working parts. These are: gripping saw cylinders designed to replace the channel saw cylinders, paddle-wheel cylinder with metal bars - to replace the doffing brush cylinder, fixing metal bars - to replace the heel brushes.

The above mentioned analysis showed that the main drawbacks of the serial regenerator are related to the construction of the pneumatic feeder and working parts. At the same time, the use of two gripping cylinders - the main and regeneration cylinders - is sufficient and acceptable for the regenerator being developed.

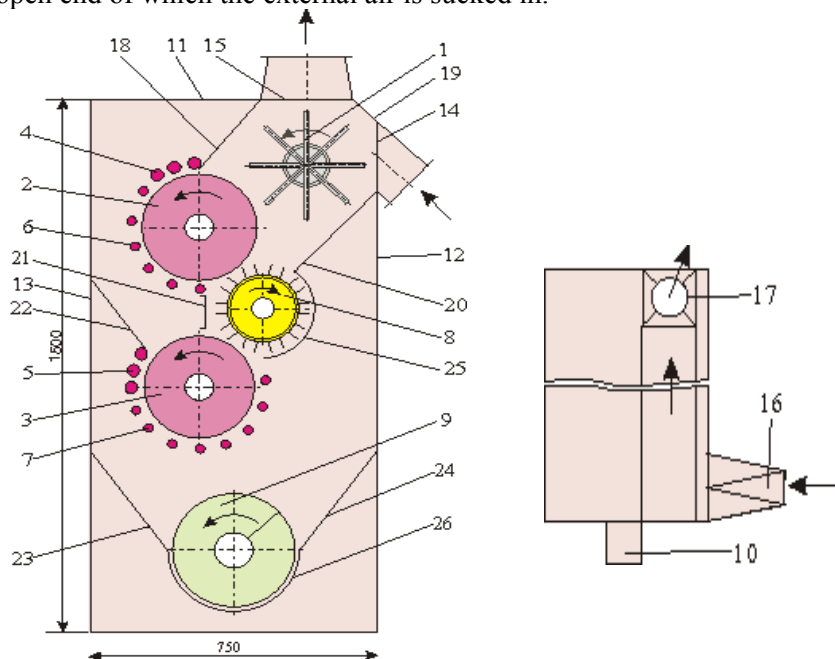
Channel saw cylinders of regenerator RX have a diameter of 480 mm, and modern gripping saw cylinders are made from over-intersected gin saws with a diameter of 300 mm. Accordingly, with a decrease in the diameter of the cylinder, the length of the arc of the arrangement of the bars is reduced, and with the optimal gaps between them equal to 40 mm, their number decreases from 10 to 6 in the main cylinder and from 15 to 8 in the regeneration one. Due to the reduction in the number of bars, a certain reduction in the cleaning effect will occur, which will be compensated by an increase in the cleaning rate of regenerated flyings from 3-4 times to 6-8 times [10].

The installation of the saw cylinders, as well as the channel saw cylinders in the regenerator RX, on the same vertical axis is optimal for achieving a compact location with the doffing cylinder adjoining both cylinders and for providing convenient maintenance of the grid bars.

Taking into account the revealed shortcomings of the pneumatic feeder of the semi-cylindrical shape in the developing regenerator, it is expedient to form a channel from the inlet to the outlet hole above the sidewall and side of the main gripping cylinder, which should be located at opposite sidewalls.

In order to prevent the transit of seed cotton flyings, impurities, free fiber and fibrous motes in it, it is advisable to place an air permeable barrel along its longitudinal axis with the arrangement of the rods along the helical line. When rotated, such cylinder will ensure the winding of the air around it with an axial displacement in the direction from the inlet to the outlet. Due to this, the wastes moving with the air flow will repeatedly pounce on the surface of the main gripping saw cylinder. In this case, the frequency of supply of wastes and regenerated flyings can be regulated by the speed of barrel rotation.

**3 Results and Discussion.** The work of the new seed cotton regenerator (Fig. 2) from cleaner's wastes will be carried out as follows. The air outlet created by the fan through the condenser or separator through a pipe (not shown in the figure) connected to the outlet branch pipe 17 extends through the channel formed by trays 18, 19 and 20 and also by parts of the upper cover 11 and the front sidewall 12 (hereinafter referred to as the channel), distributed in the case of the regenerator and in the tube connected to the inlet branch pipe 16 (not shown in the figure), into the open end of which the external air is sucked in.



1 - barrel, 2,3 - main and regenerative saw cylinders, 4,5 - fixing bars, 6,7 - grid bars, 8 - paddle-wheel cylinder, 9 - trash removing screw, 10 - tube with valve, 11 - upper cover, 12,13 - front and rear walls, 14,15 - inlet and outlet holes, 16,17 - inlet and outlet branch pipes, 18,19,20 - fencing trays, 21 - flap, 22,23,24 - guide trays, 25 - enclosing case, 26 - tray

Fig. 2. Scheme of a new seed cotton regenerator from waste of cleaners

From the branch pipe 16, air and the wastes, transported through the inlet hole 14, enter the channel and are affected by the barrel which rotates in the same direction with the saw cylinders 2 and 3 (in the counterclockwise direction). The barrel loosens the incoming wastes and throws them on saw cylinder 2, the teeth of which grab the seed cottonflyings in the waste, and also transfer the entire mass of waste to the grid bar zone 4 and 6. The seed cottonflyings are fixed to the saw teeth of the cylinder 2 with fixing bars 4, the gaps between them are smaller than the linear dimensions of the flyings, which prevents them from separating from the saw teeth, and then, in collisions with the bar 6, they are cleaned from the trashed impurities adhering to them. The free trash particles are separated from the saw cylinder 2 under the action of centrifugal forces and are released through the gaps between the bars 6.

Partially cleaned regenerated seed cottonflyings and remaining impurities on the saw cylinder after passing through the bar zone 6 are removed from it by a paddle-wheel cylinder 8 and are thrown into the channel in which air moves from the inlet 14 to the outlet 15 hole and under the influence of the barrel axially, that is, along a helix. Thus, the barrel 1 prevents the direct movement of air from the inlet 14 to the outlet hole 15 and therefore practically eliminates wastes transit without being supplied to the saw cylinder 2. The regenerated flyings and trash particles entrained by the airflow are displaced to the outlet 15 and are repeatedly pounced on the saw cylinder 2, in which the above-described cleaning process is repeated. The multiplicity of the supply of waste and regenerated flyings to the saw cylinder 2, i.e. the multiplicity of their cleaning, depends on the air flow through the channel and on the linear speed of barrel rotation [11].

The impurities and part of the regenerated cotton flyings, dropped through the gaps between the bar 6, fall or slide down the tray 22 to the regenerating saw cylinder 3. The cleaning process on saw cylinder 3 is similar to the one described above on the main saw cylinder 2. The seed cottonflyings that have been cleaned on the regeneration saw cylinder 3 are removed from it by the paddle-wheel cylinder 8, slide along the wall 21 and mix with the flyings removed from the main saw cylinder 2. The flyings fed together into the channel. Impurities dropped through the gaps between the bars 7 fall onto the screw 9 or through the guide trays 23 and 24 fall into tray 26, after which the screw 9 is unloaded from the regenerator through the tube 10 with the valve.

The regenerated seed cottonflyings that move in the channel along the helical line and when reaching the outlet 15 are sucked together with air into the outlet branch pipe 17 and then transported through a connected pipe to a separator or condenser (not shown in the figure).

In the new regenerator, unlike the regenerator RX, incoming waste under the influence of the barrel is loosened, and their layer is stretched along the length and decreases in thickness, which will ensure that they are fed to the saw cylinder 2 more evenly and without accumulations by the layer, as a result of which the throughput of saw cylinder 2 will increase significantly and, accordingly, the maximum capacity of the regenerator for waste will increase up to 2000 kg/h. To supply this amount of waste, it will be necessary to increase the air flow through the regenerator to 2 m<sup>3</sup>/s [11].

The regenerative effect of the new regenerator will be roughly the same as for the 95% as in the RX regenerator, and the cleaning effects, due to the exclusion of transit of trash impurities and the increase in the cleaning rate, will be much higher: a total of 85-90%, by large trash 90-95 %, by fine trash 80-85%, by motes

50-70%. At the same time, the content of seed cotton in the waste of the new regenerator will be no more than 2-4%, which corresponds to a similar indicator of a serial regenerator RX, and the contamination of the regenerated flyings should not exceed 10-15%.

To drive two saw cylinders 2 and 3, a barrel 1 and a screw 9, in analogy with the regenerator RX, an electric motor with a power of 4,0 kW is sufficient, and for the drive of a paddle-wheel cylinder - with a power of 3,0 kW.

The diameter of the saw cylinders 2 and 3 for the new regenerator was chosen equal to 300 mm, taking into account the use of exhausted gin saws. The diameter of the paddle-wheel cylinder 8, since it is manufactured using a shaft with discs from a standard doffing brush cylinder  $\varnothing 200$  mm, is chosen equal to 286 mm. In this case, the gap in the regenerator construction between the paddle-wheel cylinder 8 and the sawing cylinders 2 and 3 is 7 mm with the possibility of its reducing up to 5 mm. The diameter of the barrel 1 is chosen equal to 300 mm, which provides the required height of the projecting rods about 100 mm, as well as its compact installation in the channel, connecting the inlet 14 and outlet 15 holes. The construction of the trash removing screw 9 with the outlet tube 10 is completely borrowed from the serial regenerator RX.

In the standard regenerator RX, the speed of the channel saw cylinders  $\varnothing 480$  mm is 300 rpm, which ensures a linear speed of saw teeth 7.5 m/s. In the new regenerator with such a linear speed of the saw teeth, the rotation speed of the cylinders  $\varnothing 300$  mm should be 480 rpm. For convenience, we take the rotation speed of the saw cylinders to be 500 rpm. By this method of calculations, the rotational speed of the barrel  $\varnothing 300$  mm in comparison with the serial pin-roll cylinders  $\varnothing 400$  mm used in the cotton cleaning aggregates UHK is 640 rpm. The  $\varnothing 286$  mm paddle-wheel cylinder will have a rotational speed 950 rpm, as the standard doffing brush cylinder  $\varnothing 300$  mm in the regenerator RX.

In the saw cylinders 2 and 3, instead of the serial heel brushes, three fixing bars 4 and 5  $\varnothing 30$  mm will be installed with gaps of 16-17 mm between each other, which have proved themselves in the operation of seed cotton cleaners. These bars practically do not wear out, ensures stability of fixing of seed cotton on the teeth of the saw cylinders.

At the main saw cylinder 2, after fixing bars 4, six cleaning bars  $\varnothing 20$  mm are installed with gaps of 40 mm between them, and in the regeneration saw cylinder 3, after the fixing bars 5 - 8 of the same cleaning bars with the same gaps. The gaps between saw cylinders 2 and 3 and fixing 4, 5 and cleaning 6, 7 bars will be equal to 15 mm, as in the serial equipment.

**4 Conclusion.** On the basis of the developed scheme and above selected parameters of working parts, drawings of a pilot industrial sample of a new regenerator of seed cotton from wastes of cleaning equipment have been prepared.

Device received a patent of the Republic of Uzbekistan for useful models [12]. In the cotton season 2017 is supposed to carry out the manufacture of pilot sample of new regenerator and test them at cotton ginnery of the Republic of Uzbekistan.

#### REFERENCES

1. R.A. Gulyaev, A.E. Lugachev, H.S. Usmanov (2017). (Современное состояние производства, переработки, потребления и качества хлопковой продукции в ведущих хлопкосеющих странах мира – in Russian) The current state of production, processing, consumption and

- quality of cotton products in the world's leading cotton-growing countries, Tashkent. "Pakhtasanoat Ilmiy markazi" JSC Press. 171 pp.
2. R.A. Gulyaev, J.Dj. Kadirov, A.E. Lugachev, B.M. Mardonov, R.R. Nazirov, A.A. Akhmedov, N.Z. Kamalov, P.N. Borodin (2016): Uzbek cotton: competitive advantages and achievements in cotton science. "Cotton: connecting high tech and nature": 33-th International Cotton Conference, March 15-18, Bremen, Germany, [Electronic resource]. - Access mode: <https://baumwollboerse.de/wp-content/uploads/2016/03/SB-Gulyaev-Uzbek-Cotton.pdf>.
  3. F.B. Omonov Production schedules of primary processing of raw cotton PDI 30-2012, Tashkent 2012.
  4. P.N. Borodin. 1994. (Совершенствование технологического процесса регенерации летучек в целях повышения качества и сокращения потерь хлопковых материалов в производстве - in Russian) Improvement of the technological process for processing of regenerated flyings in order to improve fiber quality and reduce losses of cotton materials in production (report), topic 9311. Tashkent: RSC "Khlopkoprom" press.
  5. Uzstandard agency, The state standard O'z RH 73-01:2001 Cotton fiber. The procedure for measuring the quality characteristics on the HVI system, Tashkent: Printing office of Uzstandard, 2001.
  6. Gosstandard, The state standard GOST 10681-75 Textile materials. Climatic conditions for conditioning and testing of samples and methods for their determination, Moscow: Printing office of Gosstandard, 1975.
  7. Uzstandard agency, The state standard O'z DSt 633:2010 Cotton fiber. Standard test methods for determination of length, Tashkent: Printing office of Uzstandard, 2010.
  8. A. Kamalov. 2017. (Технологический регламент первичной переработки хлопка – in Russian) Technology of primary cotton processing PDI 70-2017. Tashkent: "Pakhtasanoat Ilmiy markazi" JSC Press.
  9. P.N. Borodin, R.A. Gulyaev. 2016. (Совершенствование технологического процесса первичной переработки хлопка – in Russian). Improvement of the technological process of primary processing of cotton. Collected scientific papers of international scientific-technical conference, Kursk, University Book: 118-122.
  10. A.E. Lugachev, P.N. Borodin, R.A. Gulyaev, R.Sh. Suleymanov. 2016. Development of a new cleaner for seed cotton-catcher of heavy impurities. Mechanics and Technology Journal: 36-40.
  11. A.E. Lugachev, P.N. Borodin, R.A. Gulyaev, E. Kurbanbaev, Sh. Hakimov. 2017. Development of a new seed cotton regenerator from wastes of cleaners. Collected scientific papers of international scientific-technical conference, Margilan, Fan vatexnologiya: 22-28.
  12. Agency for intellectual property of the Republic of Uzbekistan, Patent for useful model of Republic of Uzbekistan FAP 00708 Seed cotton regenerator, A.Kh. Inogamov, R.F. Yunusov, Sh.Sh. Hakimov, P.N. Borodin, published at the Bulletin of Agency for intellectual property №3 from 30.03.2012.

Material received at 21.06.18.

**Р.А. Гуляев<sup>1</sup>, А.Е. Лугачев<sup>2</sup>, П.Н. Бородин<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> "Пахтасаноат илмий маркази" АҚ, Ташкент қ., Ўзбекистан

<sup>2</sup> Ташкент текстиль және жеңіл өнеркәсіп институты, Ташкент қ., Ўзбекистан

## ШИТТИ МАҚТАНЫҢ ЖАҢА РЕГЕНЕРАТОРЫН ДАЙЫНДАУ

Мақалада шитті мақтаның тиімді және сапалы регенерациясы мен қалдықтардан тазартылуын қамтамасыз ететін шитті мақта регенераторының жаңа конструкциясын дайындау салдарынан мақта талшықтарының сапасын жақсарту мәселелерін шешу жолдары қарастырылған. Жаңа регенератордың тиімділігі РХ сериялық регенераторының тиімділігімен шамалас болатыны анықталды (95%), ал тазарту тиімділігі – қоқымдар транзитін болдырмау және тазарту кезеңін арттыру есебінен әлдеқайда жоғары болатыны айқындалды: жалпы көрсеткіш – 85-90%, ірі қоқым бойынша 90-95%, майда қиқым бойынша 80-85%, үлік бойынша 50-70%. Бұл ретте жаңа регенератор қалдықтарындағы үлпілдектер 2-4% аспайды, бұл РХ сериялық регенераторының көрсеткіштеріне сәйкес келеді.

**Тірек сөздер:** шитті мақта, тазартқыш, регенератор, қалдықтар, ірі қоқым, майда қиқым, шитті мақтаның үлпілдегі, регенерациялық эффект.

Р.А. Гуляев<sup>1</sup>, А.Е. Лугачев<sup>2</sup>, П.Н. Бородин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>АО “Пахтасаноат илмий маркази”, г. Ташкент, Узбекистан,

<sup>2</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,

г. Ташкент, Узбекистан

## РАЗРАБОТКА НОВОГО РЕГЕНЕРАТОРА ХЛОПКА-СЫРЦА

В статье рассмотрены вопросы решения проблемы повышения качества хлопкового волокна за счет разработки новой конструкции регенератора хлопка-сырца, обеспечивающей более эффективную и качественную регенерацию и очистку хлопка-сырца из отходов очистителей. Установлено, что регенерационный эффект нового регенератора будет ориентировочно таким же, как у серийного регенератора РХ - 95 %, а очистительные эффекты, за счет исключения транзита сорных примесей и увеличения кратности очистки, будут существенно выше: общий составит 85-90%, по крупному сору 90-95%, по мелкому сору 80-85%, по улюку 50-70%. При этом содержание летучек хлопка-сырца в отходах нового регенератора будет не более 2-4%, что соответствует аналогичному показателю серийного регенератора РХ, а засоренность регенерированных летучек не должна превышать 10-15%.

**Ключевые слова:** хлопок-сырец, очиститель, регенератор, отходы, крупный сор, мелкий сор, летучка хлопка-сырца, регенерационный эффект.

---

## ЭКОЛОГИЯ

---

УДК 577.4:462.928.9

**М.Е. Кусмухамбетов<sup>1</sup>, А.М. Байтуреев<sup>2</sup>, А.Р. Усеналиева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, и.о. доцента, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>3</sup>Магистрант  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>bam150348@mail.ru

### ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

В статье рассмотрены вопросы уровня загрязнения атмосферного воздуха мелкодисперсной пылью в промышленных условиях. Проблема с пылью может быть решена представленными рекомендациями, на основе следующих мероприятий: повышения эффективности локализации пылевыведений от технологического оборудования и других источников; предварительной обработки пылегазовых источников с целью укрупнения пыли; улавливания мелкодисперсной пыли и повышения эффективности очистки выбросов в атмосферу.

**Ключевые слова:** мелкодисперсная пыль, загрязненный воздух, анализ и обработка проб воздуха, эффективность очистки.

Состояние загрязнения воздуха в г. Тараз оценивается по результатам анализа и обработки проб воздуха, отобранных на 4-х специальных постах наблюдений, расположенных в разных местах города, Жамбылским областным центром гидрометеорологии (рис. 1).



1,2,3 - высокое загрязнение; 4 - повышенное загрязнение

Рис. 1. Уровень загрязнения города Тараз

Наиболее загрязненными районами являются: район Зеленого ковра ПНЗ №1, район хмпоселка ПНЗ №2 и район железнодорожной больницы ПНЗ №4.

Это связано с тем, что Жамбылский областной центр Гидрометеорологии ведет наблюдение по ПНЗ №3 под факелом ЖФ ТОО «Казфосфат», и ПНЗ №2 под факелом АО «Минеральные удобрения». Оперативная информация о всех случаях повышения ПДК и режиме – справочные данные Гидрометцентра направляются в ТОО «Казфосфат» для принятия мер. Превышение ПДК в районе ПНЗ №4 связано с железнодорожным и автомобильным транспортом [1].

Основным показателем качества атмосферного воздуха является значение предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе населенных мест. В таблице 1 приведены гигиенические нормативы и ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе; ГН 2.1.6693-98, РК 3.02.036.99.

Таблица 1

Значение ПДК отдельных примесей в воздухе населенных мест по Республике Казахстан

Наименование примесей	Значение ПДК, мг/м <sup>3</sup>		
	Максимально-разовая	Средне-суточная	Класс опасности
Оксид углерода	5,0	3,0	4
Оксид азота	0,4	0,06	3
Диоксид азота	0,085	0,04	2
Пыль (взвешенные частицы)	0,5	0,15	3
Фенол	0,01	0,003	2
Формальдегид	0,035	0,003	2
Свинец		0,0003	1
Аммиак	0,2	0,04	4
Диоксид серы	0,5	0,05	3
Сероводород	0,008		2
Хлор	0,1	0,03	2
Марганец и его соединения	0,01	0,001	2
Фтористый водород	0,020	0,005	2
Фосфин	0,0001		1
Кадмий		0,0003	2
Марганец	0,01	0,001	2
Медь	0,003	0,001	2
Мышьяк		0,003	1
Свинец	0,001	0,0003	1
Селен	0,1 мкг/м <sup>3</sup>	0,05 мкг/м <sup>3</sup>	1

Анализ данных подтверждает высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Тараз. Так в январе 2008 года концентрация формальдегида превышало ПДК в 1,3 раза, концентрация азота превышало ПДК в 1,2 раза, максимальная концентрация диоксида азота превышало ПДК в 1,2 раза. Концентрация оксида углерода в районе ПНЗ №3 (площадь «Достык») превышало ПДК в 1,3 раза. По данным исследования Жамбылским



областным центром гидрометеорологии индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) по г. Тараз в январе 2008 года составило 8,53 ед. (табл. 2).

Таблица 2

Загрязнения воздушного бассейна г. Тараз (январь 2008 года)

Город	ИЗА 5	Наименования примесей, превышающих ПДК	Средняя концентрация мг/м <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Макс. концентрация мг/м <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК	Повторяемость концентраций примесей выше ПДК, %
Тараз	8,53 ед. по ПНЗ 1,2,3,4	Диоксид азота.	0,08	1,2	0,16	1,3	44
Январь 2008		Формальдегид, оксид углерода	0,009	1,2	–	–	–
		ПНЗ №3	1,3	1	1,3	1,3	–

Уровень загрязнения атмосферного воздуха городов по ИЗА оценивается так: чистый город - если ИЗА ниже 5 единиц; загрязненный город если ИЗА выше или равен 5; высоко загрязненный город - если ИЗА выше или равно 7.

Критерием высокого загрязнения (ВЗ) атмосферного воздуха города в течении суток является содержание одного или нескольких веществ, превышающих предельно допустимые, максимально разовые концентрации более чем, в 1,3 раза. Критериями экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) атмосферного воздуха являются содержание одного или нескольких веществ в течении суток более 30 ПДК.

В целях организации системы мониторинга за состоянием загрязнения атмосферного воздуха необходимо расширить сеть наблюдений дополнительных постов в г. Тараз. Концентрация пыли превышает ПДК от 1 до 1,3 раза. Наибольшее загрязнение взвешенными частицами, приведенные в таблицах 3 и 4, наблюдаются в районе ПНЗ №1. Динамика индекса загрязнений атмосферы (ИЗА) по г. Тараз в январе 2003 года и январе 2007 года, в сравнении, приведены на рисунке 2.

Таблица 3

Загрязнение воздушного бассейна в г. Тараз за период 2003-2007 годы

Город	Наименование прим-й превышающих ПДК		Максимальные	Максимальные	Максимальные	Максимальные	Максимальные
			концентрации/кратность превышения ПДК	концентрации/кратность превышения ПДК	концентрации/кратность превышения ПДК	концентрации/кратность превышения ПДК	концентрации/кратность превышения ПДК
			2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.
Тараз (взвешенные частицы)	Пыль	ПНЗ №1	1,1/2,2	0,4/0,8	1,0/1,2	1,3/1,4	1,1/1,2
		ПНЗ №2	0,5/1,0	0,5/1,0	1,3/1,3	1,2/1,2	1,6/1,3
		ПНЗ №3	0,5/1,0	0,4/0,8	0,5/1,0	0,6/1,0	1,2/1,2
		ПНЗ №4	0,5/1,0	0,3/0,6	1,7/1,25	0,8/1,2	2,4/1,4

Таблица 4

	Максимальная концентрация пыли в 1 кг/м <sup>3</sup>				
	2003	2004	2005	2006	2007
ПНЗ №1	1,1	0,4	1;0	1,3	1,1
ПНЗ №2	0,5	0,5	1,3	1,2	1,6
НПЗ №3	0,5	0,4	0,5	0,6	1,2
НПЗ №4	0,5	0,3	1,7	0,8	2,6

Как видно из приведенных данных уровень загрязнения атмосферного воздуха (ИЗА) увеличивается с каждым годом, приближенным к отметке 5 (загрязненный город). Пыль, в особенности мелкодисперсная, является одним из основных вредных факторов загрязнения атмосферы. В пылевидном, мелкодисперсном состоянии пыль переходит и поступает в окружающую среду от нескольких процессов, от мест сырья и готовой продукции, что составляет миллионы тонн.

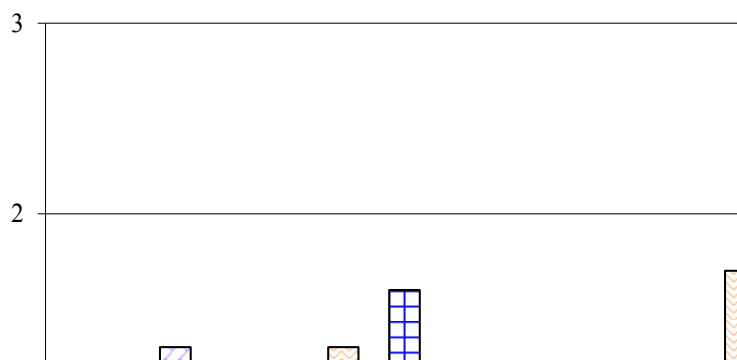


Рис. 2. Динамика загрязнения атмосферного воздуха от пыли в г. Тараз

Проблема с пылью может быть решена на основе следующих мероприятий: повышения эффективности локализации пылевыведений от технологического оборудования и других источников; предварительной обработки пылегазовых источников с целью укрупнения пыли; улавливания мелкодисперсной пыли и повышения эффективности очистки выбросов в атмосферу.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кусмухамбетов, М.Е. Оценка и особенности состояния окружающей среды г. Тараза [Текст] / М.Е. Кусмухамбетов, Е.М. Кусмухамбетов, Р.Н. Беспалова // Материалы международной научно-практической конференции «Научно-образовательный потенциал нации и конкурентоспособность страны». – Тараз: Сенім, 2008. – С. 488-491.

Материал поступил в редакцию 27.03.18.

**М.Е. Кусмухамбетов, А.М. Байтуреев, А.Р. Усеналиева**

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

### **ӨНЕРКӘСІПТІК ЖАҒДАЙЛАРДАҒЫ АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАНЫҢ ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Бұл мақалада атмосфералық ауаның ластану деңгейі индустриалды жағдайда ұсақ шашыраңқы шаңмен байланысты. Шаң проблемасы келесі шараларға негізделген ұсынымдармен шешілуі мүмкін: технологиялық жабдық пен басқа көздерден шаң шығарындыларын локализациялау тиімділігін арттыру; Шаңды кеңейту үшін шаң мен газ көздерін алдын-ала өңдеу; жұқа шаңды ұстап, атмосфераға шығарылатын шығарындылардың тиімділігін арттырады.

**Тірек сөздер:** жұқа шаң, ластанған ауа, ауа үлгілерін талдау және өңдеу, тазалау тиімділігі.

**M.E. Kusmukhambetov, A.M. Baytureev, A.R. Usenaliyeva**

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

### **INVESTIGATION OF THE LEVEL OF ATMOSPHERIC AIR POLLUTION FEATURES OF EVALUATION IN INDUSTRIAL CONDITIONS**

The article deals with the level of atmospheric air pollution with finely dispersed dust in industrial conditions. The problem with dust can be solved by the recommendations presented, based on the following measures: increasing the efficiency of the localization of dust emissions from process equipment and other sources; preliminary treatment of dust and gas sources to enlarge dust; capture fine dust and improve the efficiency of cleaning emissions into the atmosphere.

**Keywords:** fine dust, polluted air, analysis and treatment of air samples, cleaning efficiency.

## Физика

ӘӨЖ 539.1 E23

С.Ш. Егембердиева<sup>1</sup>, К.А. Байжұман<sup>2</sup><sup>1</sup> Физ.-мат. ғыл. канд., доцент, <sup>2</sup>Білімгер  
Тараз мемлекеттік педагогикалық университеті, Тараз қ., ҚазақстанИДЕАЛ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЦИКЛДЕР ЖӘНЕ НАҚТЫ ЖЫЛУ  
МАШИНАЛАРЫ ТУРАЛЫ

Жұмыста идеал термодинамикалық циклдер және нақты жылу двигателдеріндегі процестерде болатын жағдайлар қарастырылады. Қарастырылған нақты циклдің пайдалы әсер коэффициенті жұмыстық дененің сығылу дәрежесі  $\varepsilon$  және адиабата көрсеткіші  $\gamma$  көп болған сайын артатындығы көрсетілген.

**Тірек сөздер:** Карно циклі, адиабата, изохора, пайдалы әсер коэффициенті, сығылу дәрежесі, цикл, жұмыстық дене.

Жылу техникасының негізін құрайтын жылу машиналарының қазіргі заманғы теориясы термодинамикаға сүйенеді. Термодинамика табиғатта болатын энергияның айналуы кезіндегі макропроцестерді сипаттайды. Бұл тұрғыдан қарағанда термодинамика жалпыға бірдей фундаментальдық теорияға жатады. Соның ішінде газ түрлерінің жүйесіндегі жылу процестерін түсіндіреді. Бұл жүйелер үздіксіз хаостық қозғалыстағы және өзара әсерлесетін саны  $N - N_A$  ( $N_A$  – Авагадро саны) өте көп бөлшектерден тұрады.

Термодинамиканың тамаша танымдылық ерекшеліктері мынадай:

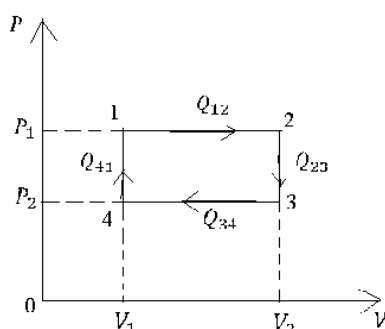
1) макроскопиялық – ішкі құрылысына (бөлшектер жүйесінің құрылымының физикалық қасиеттері) көңіл бөлместен жүйені түгелімен қарастыру.

2) Феноменология – тәжірибелер нәтижелерін қорытындылау арқасында құрылған теориялар.

Бұл жұмыста идеал термодинамикалық циклдер және нақты жылу двигателдеріндегі процестерде болатын жағдайлардағы сұрақтар қарастырылады. Былайша айтқанда, жылу машиналарының термодинамикалық моделдерінің нақты жағдайына адекваттылығы анықталады. Бұл жерде нақты жылу двигателдерінің жұмысының қандай ерекшеліктерінен шығатын абстракциялауды және қандай қасиеттерін идеализация жасауға болатынын да анықтау маңызды.

Бұл сұрақтар өте маңызды болғанымен оқулықтар мен әдістемелік оқу құралдарында жеткіліксіз түсіндірілген. Шындығында, нақты физикалық объектінің және оның теориялық моделінің сәйкестігі танылатын процестің міндетті және маңызды құрамы болып есептеледі [1].

Табиғатта Карно циклінен басқа да саны әр түрлі процестерден тұратын нақты циклдер бар. Мысалы, екі изохорадан және екі изобарадан тұратын циклді (1-сурет) қарастырайық (диаграммада төртбұрыш түрінде берілген).



Сурет 1. Екі изохорадан және екі изобарадан тұратын цикл

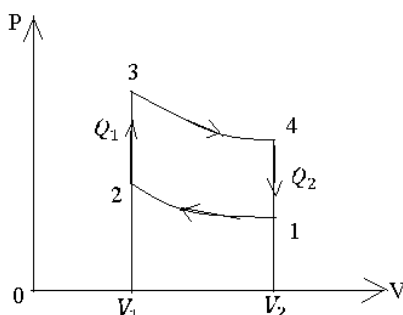
Карно циклінен басқа кез – келген нақты циклдің П.Ә.К. жұмыстық дененің қасиетіне байланысты. Бұл циклде көптеген үздіксіз сыртқы денелердің екі тобы болуы қажет: көптеген термостат - жылу бергіштер және көптеген термостат – жылу қабылдағыштар. Бір ерекшелігі, екі изобарадан және екі изохорадан тұратын көптеген термостат – жылу бергіштер мен термостат – жылу қабылдағыштардың температураларының интервалдары тура келеді.

Шындығында,  $(T_4, T_2)$  температура интервалы  $4 \rightarrow 1 \rightarrow 2$  процестерінде жылу денесімен тепе – теңдік жылу контактісінде болатын көптеген термостат – жылу бергіштерге жатады (жұмыстық дене  $Q_1 = Q_{11} + Q_{12}$  жылуын қабылдайды). Ол,  $2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$  процестерінде көптеген термостат – жылу қабылдағыштарына жатады (жұмыстық дене  $|Q_2| = |Q_{21}| + |Q_{34}|$  жылуын береді).

$V_2 + (V_1)P_2 + P_1$  болған жағдайда циклде ең төменгі және ең жоғарғы температура  $T_4$  және  $T_2$  болады.

Екі адиабата және екі изохорадан тұратын нақты циклді (2 сурет) қарастырайық. Жұмыстық дене (нақты газ) қыздырғышпен тепе – теңдік контакт кезінде  $T_2$  ден  $T_3$  ке дейінгі температура  $2 \rightarrow 3$  интервалында изохорасына сәйкес алатын жылу мөлшері:

$$Q_1 = mC(V)(T_1 - T_2)$$



Сурет 2 Екі адиабата және екі изохорадан тұратын нақты цикл

$4 \rightarrow 1$  изохорасында жұмыстық дене салқындатқышқа  $T - (4)$  тен  $T(4)$  ге дейінгі интервалда) төмендегідей жылу береді:

$$Q_2 = mC(V)(T_4 - T_1)$$

Сондықтан, бұл циклдің П.Ә.К. мынадай болады:

$$\eta = 1 - ((T_4 - T_1)) / ((T_3 - T_2)) \quad (1)$$

мұны түрлендіре отырып төмендегі өрнекті аламыз

$$\eta = 1 - (T_4 / T_1 - 1) / (T_2 / T_1) (T_3 / T_2 - 1) \quad (2)$$

$1 \rightarrow 2$  және  $3 \rightarrow 2$  процесстері үшін адиабата теңдеуі:

$$T_4 / T_3 = (V_2 / V_1)^\gamma (\eta - 1) T_1 / T_2 = (V_2 / V_1)^\gamma (\eta - 1)$$

Онда  $T_4 / T_3 = T_1 / T_2$  не болмаса,  $T_4 / T_1 = T_3 / T_2$

Егер де  $V = V_1 / V_2$  (циклдегі жұмыстық дененің сығылу дәрежесі) шамасын енгізсек, онда

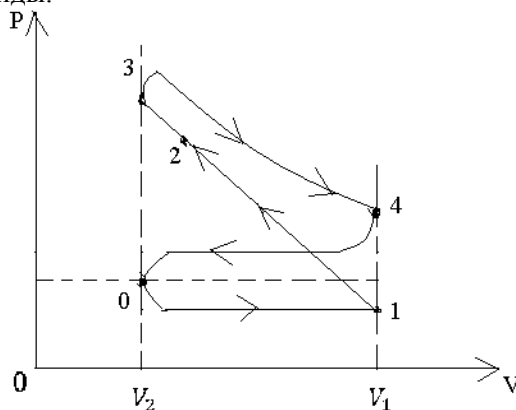
$$T_2 / T_1 = (V_1 / V_2)^\gamma (V - 1) = V^\gamma (V - 1)$$

Жоғарыда алынған нәтижелерді (2) формуласына қойып, нақты цикл үшін П.Ә.К. табамыз:

$$\eta = 1 - 1 / V^\gamma (V - 1) \quad (3)$$

Қорыта келгенде, қарастырылған нақты циклдің П.Ә.К. неғұрлым жұмыстық дененің қысылу дәрежесі  $\epsilon$  және адиабаталық көрсеткіші  $\gamma$  көп болса соғұрлым көп болады [2].

Енді нақты объекті – 4 тактілі іштен жану двигателін қарастырайық. Оның жұмысын техникалық индикаторлық (индикатор арқылы түсіріледі) диаграмма сипаттайды.



Сурет 3 Термодинамикалық диаграмма

Бұл график цилиндрдегі қысымның двигательдің жұмысының барлық циклі бойынша поршеннің жағдайына  $P = f(V)$  байланыстылығын көрсетеді. Индикаторлық (нақты не идеал) және термодинамикалық диаграммалар сырт көзге ұқсас болғанымен олардың түбегейлі айырмашылықтары бар. Индикаторлық диаграммадағы нүктелер жұмыстық дененің тепе – теңдік күйін көрсетпейді, ал сызықтар – тепе-теңдік процесстерді сипаттайды.

3-суретте көрсетілген термодинамикалық диаграмманы индикаторлық диаграмманы идеалдандыру арқылы алуға болмайды. 4 тактілі іштен жану двигательінің техникалық индикаторлық диаграммасын түсіндірейік. Двигательдің цилиндрінде поршені ең жоғарғы нүктесіне төмен қозғалғанда, кіріс клапаны арқылы жанармайдың порциясы түседі [3].

Жанармай сұйық отынның, буы мен ауаның қоспасы ретінде беріледі. Бұл процесс индикаторлық диаграммада  $0 \rightarrow 1$  сызығымен көрсетілген. Поршеннің кері қозғалысы (1 нүктесінен) ең төменгі нүктеден басталады, ол кезде кіріс клапаны жабылады және жанармай сығылады ( $1 \rightarrow 2$  сызығы). Жанармайдың сығылуы кезінде қысым мен температура өседі, ең жоғарғы нүктесіне жақындағанда жанатын газ электр ұшқынынан тұтанады (2 нүкте) және лезде жана бастайды ( $2 \rightarrow 3$  түзуі).

Жану процесі (көлемі өзгерместен қалады) кезінде цилиндрдегі газ қысымы қатты өседі. Жану процесінің соңындағы (диаграммадағы 3 нүкте) газ бастапқы жанатын қоспадан басқаша болады, ол отын буының жанғандағы қалдықтарынан тұрады. Поршеннің жұмыстық қозғалысы газ қоспасының көлемінің ұлғаюы арқылы жүзеге асады (индикаторлық диаграммадағы  $3 \rightarrow 4$  сызығы). Поршен жоғары қарай қозғалған кезде пайдаланылған газды шығаратын қақпақша ашылады, ал қысым атмосфералық қысымнан ( $4 \rightarrow 0$  сызығы) асқан кезде газ қоспасы цилиндрден шығады. Осымен двигатель жұмысының техникалық циклі аяқталады.

Индикаторлық диаграмманы және көрсетілген іштен жану двигательдерінің жұмыс циклдерінің процесстерін қорыта келіп мынадай қорытындылар жасауға болады:

- 1) бұл процесстер тұйық термодинамикалық циклдер жасамайды
- 2) бұлар тепе – тең күйдегі процесстерге (қайтымды) жатпайды (себебі, сыртқы ортамен жылу алмасу кезінде процесс шекті қылдамдықпен өтеді және ақырғы температураларының айырмасына сәйкес энергияның шашырауы арқылы жүреді).

Сондықтан ешбір нақты термодинамикалық циклді іштен жану двигательінің техникалық цикліне теңдестіруге болмайды. Дегенмен, іштен жану двигательінде болатын процесстердің жиынтығының термодинамикалық үлгісін жасауға болады.

Теориялық модель зерттелетін нақты объектіні (процестің) абстрактау және идеалдау арқылы, оған нақты бейнеде жоқ қасиеттер беріле отырып жасалады. Осы мәселелерді басында анықтап түсіндірсек, теориялық модель мен нақты объектіні, сәйкестікті тез түсінуге болады.

Тағы да нақты двигательдегі процесстерді қарастырайық. Жанар май қоспасының массасы  $m_z$  – жұмыстық зат қоспасының массасына  $m_p$  тең болғандықтан, оны жұмыстық дененің массасының тұрақтылығы жөнінде айтуға болады ( $m = m_z = m_p$ ).

Жанудың химиялық реакциясын  $2 \rightarrow 3$  изохоралық процесіне (сыртқы энергия көзінен жұмыстық денеге жылу берілгенде) ауыстыру нақты процесті едәуір өзгерткен болып есептеледі. Дегенмен, термодинамикада осылайша ауыстыру табиғи нәрсе және өте қажеттілік, себебі идеал және нақты процестер энергетикалық эквивалентті болады. Егер жұмыстық дене массасы мен құрамы өзгермейтін идеал газ болса, онда нақты жану процесі сырттан алынатын жылу мөлшерімен ауыстырылады (отын жанғандағы химиялық реакция кезінде).

Бірақ идеал циклде бұл жылу мөлшері термодинамикалық өрнекпен анықталады:

$$Q_1 = mC(V)(T_1 - T_2) \quad (4)$$

бұл  $V = const$  жұмыстық денеге қыздырғыштан берілетін жылу мөлшерін көрсетеді. Идеал циклде қабылданатын жұмыстық дененің сығылуы мен ұлғаю процестерінің адиабаттылығы нақты двигательдегі процестердің өте жылдам өтетіндігімен түсіндіріледі, яғни жұмыстық дене сыртқы ортаға жылу беріп не сырттан жылу алып үлгермейді.

Идеал циклдің тепе – теңдік теориялық моделін түсіндіру қиынырақ. Мұндай идеалдау қолданылатын тепе – тең термодинамика теориясына байланысты бұл двигательдің П.Ә.К. мүмкіндігінше толық есептеуге мүмкіндік береді, бастысы қандай факторларға байланыстылығын анықтауға болады.

Идеал циклдің тұйықтылығы  $4 \rightarrow 1$  изохоралық процесімен төмендегідей түсіндіріледі.

Атмосфераға шығарылатын температурасы  $T_4$  жұмыстық қоспамен және цилиндрге түсетін температурасы  $T_1$  жанармай қоспасының массалары және көлемдері бірдей болған жағдайдағы екі күйді  $V(T_4, V_1)(T_1, V_1)T_4 \rightarrow T_1$  болғандағыны салыстыра отырып жұмыстық дененің бір күйден (4) екінші күйге (1) изохоралық салқындау арқылы ауысуын эквивалентті деп қорытынды жасауға болады.

Жанармай және жұмыстық қоспаларды теңдестіргенде жұмыстық дене салқындатқышқа беретін жылу мөлшері:

$$Q_2 = mC(V)(T_4 - T_1) \quad (5)$$

Іштен жану двигателінің теориялық П.Ә.К. – ол идеал циклдің П.Ә.К. (3) формула бойынша  $\gamma$  белгілі бір мәнінде мұндай двигательдің П.Ә.К. тек жанармай қоспасының сығылу коэффициенті  $\varepsilon$  байланысты. Бірақ, нақты двигательде сығылу дәрежесінің өсу мүмкіндігі шектелген, себебі  $\varepsilon$  белгілі бір мәнінде отын буының өздігінен оталуы мүмкін. Мұндай жағдайда двигатель аварияға ұшырауы мүмкін. Сондықтан қолданылатын отынның сапасына байланысты оның сығылу дәрежесінің шамасы 6 – 9 болуы керек. П.Ә.К. теориялық шамасы шамамен іштен жану двигателінің П.Ә.К. екі еседей көп болады. Мұның себебі, идеал термодинамикалық циклді двигательдің нақты техникалық циклінен айтарлықтай айырмашылығында. Бұл жерде мұндай модельдеудің тиімділігі күдік тудыруы мүмкін. Бұл күдікті жою үшін төмендегі жағдайларды ескеру қажет: біріншіден, термодинамика



үшін двигатель жұмысының нақты жағдайы аса маңызды болмаса да, ол П.Ә.К. мәніне елеулі әсер етуі мүмкін және екіншіден, теориялық модельде нақты процессті таза күйінде (сыртқы және қосалқы жағдай болмағанда) қарастырады, ал қарастырылып отырған жағдайда двигательдің П.Ә.К. термодинамикалық факторларға байланыстылығы қарастырылады.

Қорыта келгенде, П.Ә.К. қатысты сұрақтарды қарастырғанда танымдылық «техникалық объект → теориялық модель» бағытында жүреді, ал теорияны құрастырған соң танымдылық кері бағытта жүреді. Атап айтқанда, термодинамиканы диаграмма (мысалы  $P, V$ ) арқылы двигательдердің әр түрлі идеал циклдерін қарастыруға болады, олардың П.Ә.К. есептеуге болады, оларды салыстыра отырып ішінен ең тиімдісін және болашағы барын жүзеге асыруға болады. Осы жолмен көптеген двигательдермен қондырғыларда циклдер жүзеге асырылған [4].

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Савельев, И. Жалпы физика курсы [Мәтін] / И. Савельев. – Алматы: Мектеп, 1977.
2. Сивухин, Д.В. Общий курс физики [Текст] / Д.В. Сивухин. – М.: Наука, 1989.
3. Қойшыбаев, Н. Молекулалық физика [Мәтін] / Н. Қойшыбаев. – Алматы: Зият Пресс, 2006.
4. Бордовский, Г.А. Общая физика [Текст] / Г.А. Бордовский, Э.В. Бурсиан. – М.: ВЛАДОС-ПРЕСС, 2001.

*Материал редакцияға 11.05.18 түсті.*

**С.Ш. Егембердиева, К.А. Байжуман**

*Таразский государственный педагогический университет, г.Тараз, Казахстан*

#### ИДЕАЛЬНЫЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ И РЕАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ

В данной работе рассматриваются процессы происходящие в идеальных термодинамических циклах и реальных тепловых двигателях. В результате показано, что коэффициент полезного действия реального цикла увеличивается при повышении коэффициента сжатия и показатель адиабаты тела.

**Ключевые слова:** цикл Карно, адиабата, изохора, коэффициент полезного действия, степень сжатия, цикл, рабочее тело.

**S.Sh. Egemberdieva, K. A. Baizhuman**

*Taraz State Pedagogical University, Taraz, Kazakhstan*

#### IDEAL THERMODYNAMIC CYCLES AND REAL THERMAL MACHINES

In this paper, we consider processes occurring in ideal thermodynamic cycles and real thermal engines. As a result, it is shown that the efficiency of a real

cycle increases with an increase in the compression ratio and the adiabatic index of the body.

**Keywords:** Carnot cycle, adiabat, isochore, coefficient of efficiency, compression ratio, cycle, working body.

ӘОЖ 681.38(62-251)

**Е.Е. Дүйсембиев<sup>1</sup>, Қ.С. Тәттібеков<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Техн. ғылымд. канд., доцент, <sup>2</sup>Физ.-мат. ғылымд. канд., доцент  
Тараз мемлекеттік педагогикалық университеті, Тараз қ., Қазақстан  
Электрондық пошта: <sup>1</sup>Duisembiev\_di@mail.ru, <sup>2</sup>konsbek@mail.ru*

### **ГИРОСКОП РОТОРЫНЫҢ ЖОҒАРЫ ЖИІЛІКТІ АЙНАЛМАЛЫ МАГНИТ ӨРІСІНДЕГІ ҚОЗҒАЛЫСЫ**

Жұмыста өткізгіш динамикалық симметриялы қатты дененің массалар центрі маңында, магниттік өріс денеге аз шамаға енген кездегі қозғалысын жуық түрде сипаттайтын жай дифференциалдық теңдеулер жүйесі қарастырылып, алынған. Алынған теңдеулер жүйесі механикалық байланыссыз гироскоп роторының айналмалы магнит өрісіндегі қозғалысын зерттеу үшін пайдаланылады. Теңдеулер жүйесіне жасалған талдаулар, кинетикалық момент векторының магнит өрісінің айналу өсімен бірігуге ұмтылатынын және дене бұрыштық жылдамдығының артатынын көрсетеді. Поляризация тензоры мен инерция тензоры қатынастарына байланысты дене қозғалысының өзгеру мүмкіндіктері келтірілген.

**Тірек сөздер:** гироскоп, ротор, жоғары жиілікті магнит өрісі, нутация, байланыссыз гироскоп, кинетикалық момент, поляризация тензоры, инерция тензоры.

Бүгінгі күні өте жоғары жылдамдықпен қозғалатын қуатты жаңа техника, жоғары өнімді инновациялық технологиялар заманында гироскопиялық қондырғылардың орны ерекше. Оларды жаңа қуатты техниканың әртүрлі салаларында көптеп қолданумен қатар, олардың жоғары дәлдікпен, сенімді жұмыс істеу мәселелеріне де ерекше көңіл бөлінуде және осы бағытта үздіксіз ізденістер жүргізілуде [1].

Соңғы жылдары, жоғары жылдамдықпен жүретін, қозғалатын, ұшатын аппараттардың басқару жүйелерін құру үрдісінде гироскоптардың бірнеше түрлері жиі пайдаланылуда, олар: кардандық, аэродинамикалық, гидродинамикалық, криогендік, электростатикалық, магниттік, байланыссыз (контактсіз) және т.б.

Байланыссыз гироскоптардың негізгі сезімтал элементі – оның роторы. Оның сыртқы пішіні сфера немесе өскесимметриялы түрде болып келеді және оны ұстап тұру және айналмалы қозғалысқа түсіру үшін электростатикалық немесе магниттік өрістер пайдаланылады. Осындай, яғни механикалық байланыссыз гироскоптардың басқа гироскоп түрлерінен ерекшелігі, біріншіден ондағы ротордың бұрыштық қозғалысына шектеу қойылмағандығы, екіншіден ротор мен сыртқы кожухтың аралық кеңістігі ауасыз (вакуум) болатындығынан ротордың ешқандай кедергісіз

қозғалатындығы немесе ауамен болған жағдайдағы қандай да бір ауаның кедергі күшінің әсері болатыны.

Механикалық байланыссыз гироскоп роторының жоғары жиілікті, айнала қозғалатын магнит өрісіндегі айналмалы қозғалысқа түсу есебін қарастырайық [3, 4].

Ротордың симметрия өсі катушкалар орналасқан кожухқа қарағанда еркін түрде орналасатындықтан, алғашқы мезетте ротор бұрыштық тербелістерге ұшырайды. Ал нутациялық тербеліс жағдайында байланыссыз гироскоп өз міндетін атқара алмайды, яғни жұмыс істей алмайды, себебі ротордың бұрыштық орнының оптикалық датчиктері, ротордың симметрия өсінің бағыттаушы косинустарын анықтай алмайды.

Сондықтан, қозғалыстың бастапқы сатысында нутациялық тербелістердің пайда болуы механикалық байланыссыз гироскоптардың кемшіліктерінің бірі болып табылады [2].

Гироскоп роторын айналмалы қозғалысқа келтіру және нутациялық тербелістерді басу процесіне теориялық талдаулар жүргізу үшін гироскопиялық қондырғы [3] шарттарды қанағаттандырады деп аламыз, яғни:

- гироскоп роторы динамикалық симметриялы абсолютті қатты дене;
- гироскоп корпусы қатаң бекітілген;
- ротор вакуумде, сфералық бет ішінде орналасқан;
- ротор материалының магниттік өтімділігі бірге тең;
- денені айналмалы қозғалысқа түсіретін магнит өрісі біртекті;
- айналдырушы моментке қарағанда гироскоп роторының кинетикалық энергиясы аса үлкен;
- дене өлшемімен салыстырғандағы магниттік өрістің денеге ену тереңдігі өте аз.

Магнит өрісі кернеулілігі векторының қозғалмайтын өстерге  $O\xi_1, \xi_2, \xi_3$  проекциялары келесі формулалармен анықталады

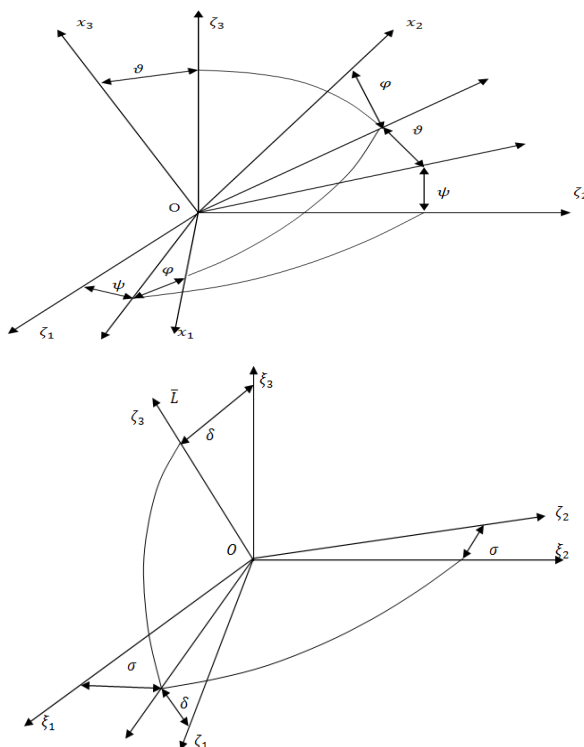
$$H_{\xi_1} = H_0 \cos \omega t, \quad H_{\xi_2} = H_0 \sin \omega t, \quad H_{\xi_3} = 0 \quad (1)$$

мұндағы  $\xi_3$  өсі, магниттік өріс кернеулілігі векторының  $\vec{H}$  айналу өсімен бағытталған, яғни  $\vec{H} \perp \xi_3$ .

Ротормен бірге қозғалатын және оның бас инерция өстерімен бағытталған  $Ox_1, x_2, x_3$  координат жүйесінің,  $O\xi_1, \xi_2, \xi_3$  координат жүйесіне қарағандағы орнын Эйлердің үш бұрышымен:  $\psi$  - прецессия,  $\vartheta$  - нутация,  $\varphi$  - өзінің айналу бұрыштарымен анықтаймыз.

$\zeta$  трехграннигі  $\xi$  трехграннигін екі рет тізбектей бұру арқылы алынады:  $\xi_3$  өсінен айнала  $\sigma$  бұрышына бұру және аралық трехгранниктің (1-сурет) екінші өсін айнала  $\delta$  бұрышына бұру [2].

$\zeta$  трехграннигінің  $\xi_3$  өсі дененің қозғалыс мөлшері моменті векторымен бағытталған.



Сурет 1.  $x, \zeta$  және  $\xi$  трехгранниктерінің өзара байланысы

Жоғарыда айтылған шарттар орындалған жағдайда, гироскоп роторын магнит өрісінде қозғалысқа түсіру есебі, өткізгіш симметриялы қатты дененің өзінің массалар центрі төңірегінде қозғалысы есебіне келтіріледі. Дене қозғалысы, магнит өрісінде роторда пайда болатын құйынды (вихревой) ток жасаған момент [2] әсерінен болады.

$$\overline{M}_x = \left[ P^0 \overline{H}_x + \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{\pi}} P^1 \int_0^t \frac{\overline{H}_x(\tau)}{\sqrt{t-\tau}} d\tau \right] \times \overline{H}_x \quad (2)$$

мұндағы  $P^0$  және  $P^1$  тек дене формасына ғана байланысты болатын тұрақты поляризация тензорлары  $P^0 = \text{diag}(P^0_1, P^0_2, P^0_3)$ ,  $P^1 = \text{diag}(P^1_1, P^1_2, P^1_3)$ ,

$$\varepsilon_0 = \frac{c}{\sqrt{4\pi\lambda\mu}} \ll 1 - \text{сәйкес электродинамикалық есепті шешудегі өте аз}$$

шама;  $\overline{H}_x$  - магниттік өріс векторы.

Бұл жағдайда, яғни магнит өрісінің өткізгіш денеге ену тереңдігі өте аз болған кезінде механикалық байланыссыз ротордың айналмалы қозғалысын сипаттайтын жуық теңдеулер жүйесі келесі түрде алынады:

$$L \dot{\delta} = -a_0 (v_{33}^1 + SpA) \text{Sin } \delta \cdot H_0^2 - b_0 u H_0^2 \text{Sin } \delta \text{Cos } \delta - b_0 H_0^2 (\text{Sin } \delta (v_{33}^1 + SpA) \dot{\sigma} - 2v_{33}^1 \text{Cos } \delta \cdot \dot{\delta}),$$

$$\begin{aligned}
L \sin \delta \cdot \dot{\sigma} &= \frac{H_0^2}{8} \sin \delta \cos \delta (6v_{33}^0 - 2SpV_0 + a\sqrt{2}(3v_{33}^1 - SpA)) - \\
&b_0 u H_0^2 \sin \delta - b_0 H_0^2 ((-SpA \cdot \sin^2 \delta + \\
&v_{33}^1 (1 - 3\cos^2 \delta)) \dot{\delta} - \sin \delta \cos \delta (3v_{33}^1 - SpA) \dot{\sigma}), \\
\dot{L} &= 2a_0 (\cos \delta (SpA - v_{33}^1) H_0^2 + b_0 H_0^2 (1 + \cos^2 \delta) + \\
&b_0 (SpA - v_{33}^1) (2 \cos \delta \cdot \dot{\sigma} + \sin \delta \cdot \dot{\delta}) H_0^2), \\
\dot{\vartheta} &= \frac{H_0^2 \sqrt{2}}{8} \sin \vartheta \cos \vartheta \left\{ \frac{\alpha_3^1 - \alpha_1^1}{L} (2a \cos \delta + 2b \cos \delta \cdot \dot{\sigma} + b \sin \delta \cdot \dot{\delta}) + \right. \\
&\frac{b}{I_1 I_3} [2\alpha_1^1 \sin^2 \delta (I_3 - I_1) + \\
&\left. + (1 + \cos^2 \delta) (\alpha_3^1 I_3 - \alpha_1^1 I_1) \right\}. \tag{3}
\end{aligned}$$

мұндағы  $L, \sigma, \delta, \vartheta$  қарастырылып отырған есептегі баяу өзгеретін параметрлер,  $L$  - кинетикалық момент модулі,  $\vartheta$  - нутация, яғни кинетикалық момент векторы мен ротордың динамикалық симметрия өсі  $x_3$  арасындағы бұрыш,  $I_1, I_2, I_3$  - қатты дененің инерция тензорлары ( $I_1 = I_2$ ),  $e_1, e_2, e_3$  - поляризация тензорының коэффициенттері ( $e_1 = e_2$ ),  $H_0$  - магнит өрісінің кернеулігі,  $a, b$  - тұрақты коэффициенттер, ал

$$u = L \left[ \frac{\alpha_3^1 + \alpha_1^1}{I_1} \sin^2 \vartheta + \frac{2\alpha_1^1}{I_3} \cos^2 \vartheta \right], \quad v_{33}^1 = \alpha_1^1 \sin^2 \vartheta + \alpha_3^1 \cos^2 \vartheta, \quad v_{33}^0 = P_1^0 \sin^2 \vartheta + P_3^0 \cos^2 \vartheta$$

$$a_0 = a\sqrt{2}/8, b_0 = b\sqrt{2}/8, A = \text{diag}(\alpha_1^1, \alpha_2^1, \alpha_3^1)$$

$SpA$  -  $A$  матрицасының ізі.

Соңғы алынған (3) теңдеуді қалыпты түрге келтірейік

$$\begin{aligned}
\dot{\sigma} &= \frac{1}{8L - b\sqrt{2}H_0^2 \cos \delta (3v_{33}^1 - SpA)} \left\{ \cos \delta [6(e_1^0 - e_3^0) \sin^2 \vartheta + 4(e_3^0 - e_1^0) + \right. \\
&\left. + a\sqrt{2} [3(e_1^1 - e_3^1) \sin^2 \vartheta + 2(e_1^1 - e_3^1)] - b\sqrt{2}L \left[ \frac{e_3^1 + e_1^1}{I_1} \sin^2 \vartheta + \frac{2e_1^1}{I_3} \cos^2 \vartheta \right] \right\}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\dot{\delta} &= \frac{-\sin \delta}{8L - 2b\sqrt{2}H_0^2 \cos \delta \cdot v_{33}^1} \left\{ a\sqrt{2} [2(e_3^1 + e_1^1) + (e_1^1 - e_3^1) \sin^2 \vartheta] + \right. \\
&\left. b\sqrt{2} \cos \delta \cdot L \left[ \frac{e_3^1 + e_1^1}{I_1} \sin^2 \vartheta + \frac{2e_1^1}{I_3} \cos^2 \vartheta \right] \right\}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\dot{L} &= 2a_0 \cos \delta (2e_1^1 + (e_3^1 - e_1^1) \sin^2 \vartheta) + \\
&b_0 (1 + \cos^2 \delta) \cdot L \left[ \frac{e_3^1 + e_1^1}{I_1} \sin^2 \vartheta + \frac{2e_1^1}{I_3} \cos^2 \vartheta \right],
\end{aligned}$$

$$\dot{\vartheta} = \sin \vartheta \cos \vartheta \left[ \frac{2a_0(e_3^1 - e_1^1)}{L} \cos \delta + \frac{b_0}{I_1 I_3} \left[ 2e_1^1 \sin^2 \delta (I_3 - I_1) + (1 + \cos^2 \delta)(e_3^1 I_3 - e_1^1 I_1) \right] \right]. \quad (4)$$

мұндағы  $e_3^1 = \alpha_3^1 H_0^2$ ,  $e_1^1 = \alpha_1^1 H_0^2$ ,  $e_3^0 = P_3^0 H_0^2$ ,  $e_1^0 = P_1^0 H_0^2$ , (4)-ші теңдеуде  $\omega^{-2}$  кіретін мүшелер ескерілмеген.

Бірінші  $e_1 = e_2 = e_3$ , яғни поляризация тензоры шар түрінде болған жағдайды қарастырайық. Көбіне, гироскоп роторының бастапқы қозғалысы тыныштық жағдайынан  $\delta$  бұрышы азаятынын көруге болады ( $\delta \rightarrow 0$ ). Бұл жағдайда,  $\vartheta$  бұрышын анықтауға мүмкіндік беретін теңдеу басқа теңдеулерге байланыссыз алынады:

$$\operatorname{tg} \vartheta = \operatorname{tg} \vartheta_0 \exp(2b_0 e((I_3 - I_1) / (I_3 I_1))t) \quad (5)$$

мұндағы  $\vartheta_0$  - симметрия өсі  $x_3$  пен магнит өрісінің айналу өсі арасындағы бастапқы бұрыш мәні.

Соңғы теңдеуден ротордың эллипсоид инерциясы қысыңқы (сплюснутый), яғни  $I_3 > I_1$ , болғанда  $\vartheta$  уақыт өте келе өсетінін, ал  $I_3 < I_1$  созыңқы (вытянутый) болғанда  $\vartheta$  уақыт өте келе монотонды азаятынын көруге болады.

Енді  $e_1 = e_2 \neq e_3$  жағдайын қарастырайық. Бұл жағдайда нутация бұрышының өзгеруі негізінен инерция тензоры мен поляризация тензоры компоненттеріне тікелей байланысты болады.  $L = L_*$  болғанда, мұндағы

$$L_* = 2(e_3^1 - e_1^1)I_3 I_1 \omega / (e_1^1 I_1 - e_3^1 I_3) \quad (6)$$

нутация бұрышының өзгеру жылдамдығы нөлге теңеледі.

Теңдеулерден көріп тұрғанымыздай,  $e_3^1 > e_1^1$ ,  $\frac{I_3}{I_1} < \frac{e_1^1}{e_3^1}$  болғанда, әзірше кинетикалық момент шамасы  $L < L_*$ , және  $e_3^1 > e_1^1$ ,  $\frac{I_3}{I_1} > \frac{e_1^1}{e_3^1}$  нутация бұрышы  $\vartheta$  өсетінін, ал  $e_3^1 > e_1^1$ ,  $\frac{I_3}{I_1} > \frac{e_1^1}{e_3^1}$  болғанда, әзірше кинетикалық момент шамасы  $L < L_*$ , және  $e_3^1 > e_1^1$ ,  $\frac{I_3}{I_1} < \frac{e_1^1}{e_3^1}$  нутация бұрышы  $\vartheta$  кемитінін байқаймыз.

Кинетикалық момент шамасы  $L > L_*$  болысымен,  $e_3^1 > e_1^1$ ,  $\frac{I_3}{I_1} < \frac{e_1^1}{e_3^1}$  болғанда, нутация бұрышы  $\vartheta$  кемитінін, ал  $e_3^1 < e_1^1$ ,  $\frac{I_3}{I_1} > \frac{e_1^1}{e_3^1}$  болғанда, нутация бұрышы  $\vartheta$  өсетінін байқаймыз.

Сонымен, (4)-ші теңдеуді, яғни гироскоп роторының жоғары жиіліктегі айналмалы магнит өрісіндегі қозғалысын талдай келе кинетикалық момент векторының магнит өрісінің айналу өсімен бірігуге ұмтылатынын, ротор бұрыштық жылдамдығының өсетінін, ал ротор симметрия өсінің орыны

(қозғалысы) оның инерция және магнитті поляризация тензорларына тікелей байланысты екенін көреміз.

Алынған теңдеулер гироскоп роторының негізгі параметрлерінің уақытқа байланысты өзгеруін сипаттауға мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Делекторский, Б.А. Разработки и исследования гироскопических гистерезисных электроприводов [Текст] / Б.А. Делекторский, В.Б. Никаноров, С.Ю. Останин [и др.] // Вестник МЭИ. – 2016. – №4. – С.29-37.
2. Ишлинский, А.Ю. Лекции по теории гироскопов [Текст] / А.Ю. Ишлинский, В.И. Борзов, И.П. Степаненко. – М., 1983.
3. Кобрин, А.И. Асимптотическое решение задачи о движении твердого тела в магнитном поле [Текст] / А.И. Кобрин // Дифференциальные уравнения. – 1985. – №10. – С.1808-1811.
4. Мартыненко, Ю.Г. Движение твердого тела в электрических и магнитных полях [Текст] / Ю.Г. Мартыненко. – М.: Наука, 1988. – 368 с.

*Материал редакцияға 25.04.18 түсті.*

**Е.Е. Дуйсембиев, К.С. Таттибеков**

*Таразский государственный педагогический университет, г. Тараз, Казахстан*

#### **ДВИЖЕНИЕ РОТОРА ГИРОСКОПА ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

В работе рассмотрены и получены обыкновенные дифференциальные уравнения, приближенно описывающие движение проводящего динамически симметричного твердого тела около центра масс при малой глубине проникновения магнитного поля в проводник. Полученные уравнения используются для исследования раскрутки ротора неконтактного гироскопа вращающимся магнитным полем. Анализ осредненных уравнений показывает, что вектор кинетического момента стремится совпасть с осью вращения магнитного поля; при этом угловая скорость тела нарастает. В случае шарового тензора поляризуемости ось динамической симметрии ротора со сплюснутым эллипсоидом инерции уходит от оси вращения поля. В случае вытянутого эллипсоида инерции ось динамической симметрии ротора стремится совпасть с вектором кинетического момента.

**Ключевые слова:** гироскоп, ротор, высокочастотное магнитное поле, нутация, неконтактный гироскоп, кинетический момент, тензор поляризуемости, тензор инерции.

**E.E. Duisembiev, K.S. Tattibekov**

*Taraz State Pedagogical University, Taraz, Kazakhstan*

#### **MOTION OF ROTOR OF GYROSCOPE IS IN THE REVOLVED HIGH-FREQUENCY MAGNETIC FIELD**

In this paper, we derive ordinary differential equations that approximately describe the motion of a conducting dynamically symmetric rigid body near the center of mass with a small depth of penetration of the magnetic field into the conductor. The resulting equations are used to study the promotion of the non-contact gyro rotor rotating magnetic field. The analysis of the averaged equations shows that the kinetic moment vector tends to coincide with the axis of rotation of the magnetic field; the angular velocity of the body increases. In the case of a ball tensor of polarizability, the axis of dynamic symmetry of the rotor with a flattened ellipsoid of inertia moves away from the axis of rotation of the field. In the case of an elongated inertia ellipsoid, the axis of the rotor dynamic symmetry tends to coincide with the kinetic moment vector.

**Keywords:** gyroscope, rotor, high-frequency magnetic field, nutation, unpin gyroscope, kinetic moment, polarizability tensor, tensor of inertia.

ӘӨЖ 531.1

**Р.Ж. Наметкулова<sup>1</sup>, С.Ш. Егембердиева<sup>2</sup>,  
М.Т. Кейкиманова<sup>3</sup>, А.К. Кадиримбетова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Аға оқытушы, <sup>1</sup>Физ.-мат. ғыл. канд., доцент, <sup>3</sup>Техн. ғыл. канд., доцент  
<sup>1,3</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан,  
<sup>2</sup>Тараз мемлекеттік педагогикалық университеті, Тараз қ., Қазақстан

### **МЕХАНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ИНЕРЦИЯ МОМЕНТТЕРІН АНАЛИТИКАЛЫҚ ЕСЕПТЕУ**

Жұмыста әртүрлі механикалық жүйелердің инерция моменттерін аналитикалық есептеу қарастырылған. Қойылған мақсатқа жету үшін бекітілген оське қатысты біртекті денелердің инерция моменттері зерттелген.

**Тірек сөздер:** айналмалы қозғалыс динамикасы, инерция моменті, симметрия осі.

Инерция моменті туралы ұғымды голландық механик, физик, астроном Христиан Гюйгенс енгізді. Ол физикалық маятниктің тербелісін зерттеуге көп көңіл бөлді; терминнің өзін кейінірек Петербург ғылым академиясының академигі Леонард Эйлер (1707-1783 ж.) ұсынды.

Денелердің, күштердің әсері болмаған жағдайда өзінің қозғалыс күйін сақтау және олардың өзгерісіне, осы өзгерістерге қарсылық көрсете отырып, қозғалыс күйін өзгерту арқылы жауап беру қасиетін, жалпы жағдайда, инерциалдылық деп атайды.

Автокөліктерді, ұшақтар мен кемелерді қажетті маневрлік сипаттамаларымен қамсыздандыру үшін конструкторларға олардың әртүрлі бөлшектерінің инерция моменттерін анықтау қажеттігі туындайды. Бірақ күштік қондырғылар сияқты кейбір элементтердің құрылымы күрделі болғандықтан, олардың инерция моменттерін аналитикалық жолмен анықтау қиын, сондықтан тәжірибелік әдіске жүгінеді. Осы себептерден әртүрлі денелердің инерция моменттерін аналитикалық және тәжірибелік жолмен анықтау әдістерін меңгерудің маңызы зор.



Бұл жұмыста қарапайым элементтерден тұратын денелердің инерция моменттерін аналитикалық есептеу әдістері қарастырылды.

Қатты денелердің инерция моменттері, денелер тек біртекті және дұрыс геометриялық пішінді болған жағдайларда ғана интегралдық есептеулер әдісімен анықталады. Дұрыс геометриялық формалы біртекті денелердің инерция моменттерін интегралдау арқылы есептеу мысалдары әдебиеттерде келтірілген [1-3]. Біртекті емес және пішіні күрделі денелердің инерция моменттерін эксперименттік жолмен анықтаған ыңғайлы әрі сенімді [4].

Біртекті денелердің инерция моменттерін есептеу. Массасы  $M$  жұқа біртекті парабодалық пластинаның  $y$  осіне қатысты есептейік. Пластинаның табаны  $y$  осіне параллель болсын делік. Пластинаның шектейтін параболаның теңдеуі  $y^2 = 4x$ .

Есепті шешу үшін  $Oy$  осіне параллель және одан  $x$  және  $dx$  қашықтықта екі түзу жүргіземіз. Пластинаның штрихталған элементінің  $Ox$  осіне қатысты  $dJ_y = x^2 dm$  инерция моментін есептейміз. Элементтің массасы  $dm = \gamma dS$ . Мұндағы  $\gamma$  – пластинаның бірлік ауданының массасы,  $dS = 2y dx$  – элементтің ауданы. Осылайша,  $dm = 2\gamma y dx$  және  $dJ_y = 2\gamma x^2 y dx$ . Есептің шарты бойынша  $y^2 = 4x$  болғандықтан  $y = 2\sqrt{x}$ .

Ендеше,  $dJ_y = 4\gamma x^2 \sqrt{x} dx$ .  $Oy$  осіне қатысты пластинканың инерция моменті:

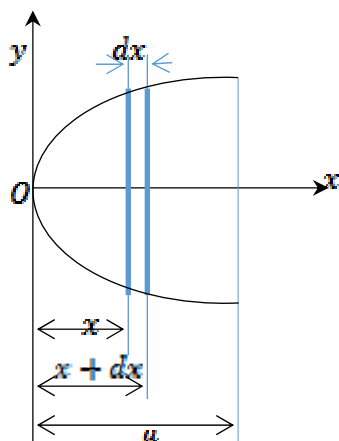
$$J_y = \int_0^a 4\gamma x^2 \sqrt{x} dx = \frac{8}{7} \gamma a^3 \sqrt{a}.$$

Пластинканың массасы  $M = \gamma S$ , пластинканың ауданы:

$$S = \int_0^a 2y dx = 4 \int_0^a \sqrt{x} dx = \frac{8}{3} a \sqrt{a},$$

бұдан  $M = \frac{8}{3} \gamma a \sqrt{a}$ . Алынған  $M$  өрнегін ескеріп, инерция моментінің формуласын аламыз:

$$J_y = \frac{3}{7} M a^2.$$

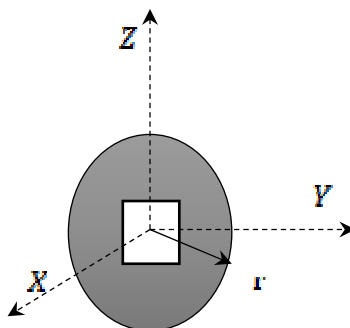


Сурет 1. Парабодалық пластинаның инерция моментін есептеу сұлбасы

Егер материалдық жүйе бірнеше қатты денелерден тұратын және сонымен бірге әрқайсысының инерция моменті белгілі болса, онда жүйенің қандай да бір оське қатысты инерция моменті осы жүйеге кіретін денелердің сол оське қатысты инерция моменттерінің қосындысына тең.

2. Ішінен қабырғасы  $a$  квадрат кесіліп алынған радиусы  $r$  біртекті жұқа дөңгелек пластинаның  $x$ ,  $y$ ,  $z$  осьтеріне қатысты инерция моментін есептейміз (2-сурет). Квадрат пен дөңгелектің центрлері беттеседі;  $M$  – ойығы бар пластинаның массасы. Ойығы бар пластинаның қандай да бір оське қатысты инерция моменті дөңгелектің инерция моменті мен квадраттың сол оське қатысты инерция моменттерінің айырымына тең, яғни:

$$\begin{aligned} J_x &= J_x^{(1)} - J_x^{(2)}; \\ J_y &= J_y^{(1)} - J_y^{(2)}; \\ J_z &= J_z^{(1)} - J_z^{(2)}. \end{aligned} \quad (1)$$



Сурет 2. Ойығы бар дөңгелек пластинаның инерция моментін есептеу сұлбасы

Симметриялық тұрғыдан шығатыны  $J_y = J_z$ . 1-кестедегі формулаларды қолданып, келесі өрнектерді аламыз:

$$\begin{aligned} J_x^{(1)} &= \frac{M^{(1)} r^2}{2}, & J_y^{(1)} &= J_z^{(1)} = \frac{M^{(1)} r^2}{4}, \\ J_x^{(2)} &= \frac{M^{(2)} r^2}{6}, & J_y^{(2)} &= J_z^{(2)} = \frac{M^{(2)} r^2}{12}, \end{aligned} \quad (2)$$

мұндағы белгілеулер:  $M^{(1)}$  - ойықсыз пластинаның массасы және  $M^{(2)}$  – ойылып алынған квадраттың массасы.  $M^{(1)}$  және  $M^{(2)}$  шамаларын ойығы бар пластинаның  $M$  массасына тәуелділігі:

$$M = M^{(1)} - M^{(2)} = M^{(1)} - \frac{M^{(1)}}{\pi r^2} a^2 = \frac{\pi r^2 - a^2}{\pi r^2} M^{(1)},$$

Бұдан

$$M^{(1)} = \frac{\pi r^2}{\pi r^2 - a^2} M. \quad (3)$$

$$M^{(2)} = \frac{M^{(1)}}{\pi r^2} a^2 = \frac{a^2}{\pi r^2 - a^2} M. \quad (4)$$

(3) және (4) өрнектерін (2) формуласына қойып, жазамыз:

$$J_x = \frac{\pi M r^4}{2(\pi r^2 - a^2)}, \quad J_y^{(1)} = J_z^{(1)} = \frac{\pi M r^4}{4(\pi r^2 - a^2)},$$

$$J_x^{(2)} = \frac{M a^4}{6(\pi r^2 - a^2)}, \quad J_y^{(2)} = J_z^{(2)} = \frac{M a^4}{12(\pi r^2 - a^2)}. \quad (5)$$

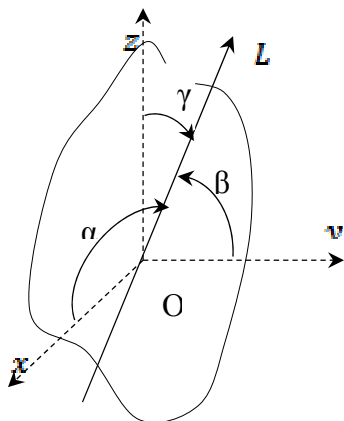
(5) мәндерін (1)-формулаға қойып, симметриялықты ескере отырып, алатынымыз

$$J_x = \frac{\pi M r^4}{2(\pi r^2 - a^2)} - \frac{M a^4}{6(\pi r^2 - a^2)} = \frac{3\pi r^4 - a^4}{6(\pi r^2 - a^2)} M,$$

$$J_y = J_z = \frac{\pi M r^4}{4(\pi r^2 - a^2)} - \frac{M a^4}{12(\pi r^2 - a^2)} = \frac{3\pi r^4 - a^4}{12(\pi r^2 - a^2)} M.$$

Төменде берілген нүкте арқылы өтетін кез келген оське қатысты инерция моментін анықтау қарастырылған.

Дененің бір О нүктесін координаттар жүйесінің басы ретінде аламыз. О нүктесі арқылы x, y, z осьтерімен  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  бұрыштарын жасайтын, кез келген L осін жүргіземіз (3-сурет).



Сурет 3. Берілген оське қатысты инерция моментін анықтау

О нүктесі арқылы өтетін L осіне қатысты қатты дененің инерция моменті келесі формуламен анықталады [2]:

$$J_L = J_x \cos^2 \alpha + J_y \cos^2 \beta + J_z \cos^2 \gamma + 2J_{yz} \cos \beta \cos \gamma -$$

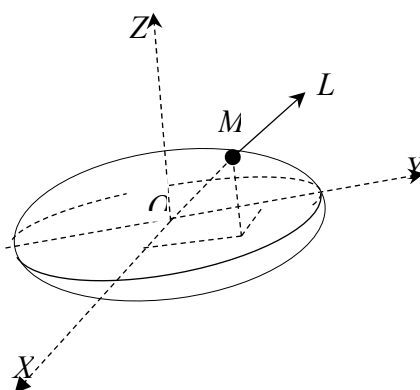
$$- 2J_{zx} \cos \gamma \cos \alpha - 2J_{xy} \cos \alpha \cos \beta \quad (6)$$

мұндағы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – L осі мен координата осьтері арасындағы бұрыштар;  $J_x$ ,  $J_y$ ,  $J_z$  – дененің осьтік инерция моменттері;  $J_{xy}$ ,  $J_{yz}$ ,  $J_{zx}$  – центрден тепкіш

инерция моменттері. Осьтік және центрден тепкіш инерция моменттері латын әліпбиінің әріптерімен жиі белгіленеді:  $J_x=A$ ,  $J_y=B$ ,  $J_z=C$ ,  $J_{xy}=D$ ,  $J_{yz}=E$ ,  $J_{zx}=F$ . Бұл жағдайда (6)-формула келесі түрде жазылады:

$$J_L = A \cos^2 \alpha + B \cos^2 \beta + C \cos^2 \gamma + 2D \cos \beta \cos \gamma - 2E \cos \gamma \cos \alpha - 2F \cos \alpha \cos \beta \quad (7)$$

О нүктесі арқылы өтетін әртүрлі бағыттағы осьтерге қатысты инерция моменттерінің өзгерісін көрнекі түрде бейнелеу үшін  $L$  осінің бағытын, яғни  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  бұрыштарын өзгерткендегі инерция моментінің өзгерісін қарастырамыз. Осы өзгерісті көрнекі түрде бейнелеу үшін  $L$  осінің бойынан  $O$  нүктесінен, ұзындығы сәйкес масштабпен  $OM = \frac{1}{\sqrt{I_L}}$  теңдігімен анықталатын  $OM$  кесіндісін жүргіземіз.



Сурет 4. Инерцияның эллипсоиды

$L$  осінің декарттық  $x, y, z$  координаттық осьтеріне қатысты бұрыштарының бағыттаушы косинустарын  $M$  нүктесінің координаттарын және  $OM$  кесіндісінің ұзындығын қолданып, өрнектейміз:

$$\cos \alpha = \frac{x}{OM} = x \sqrt{J_L},$$

$$\cos \beta = \frac{y}{OM} = y \sqrt{J_L},$$

$$\cos \gamma = \frac{z}{OM} = z \sqrt{J_L}.$$

$\cos \alpha$ ,  $\cos \beta$ ,  $\cos \gamma$  мәндерін (6)-формулаға қойып және алынған өрнекті  $J_L$ -ге бөліп, соңында алатынымыз:

$$J_x x^2 + J_y y^2 + J_z z^2 - 2J_{yz} \cdot yz - 2J_{zx} zx - 2J_{xy} xy = 1. \quad (8)$$

(8)-тендеуі  $OM = \frac{1}{\sqrt{I_L}}$  шарты орындалғанда  $L$  осінің бағытының өзгерісі кезіндегі бойымен  $M$  нүктесі орын ауыстыратын бетті анықтайды. Бұл тендеу екінші реттік беттің тендеуі болып табылады. Бұл бет эллипсоид

болып табылады, себебі барлық  $M$  нүктелерінен  $O$  нүктесіне дейінгі қашықтық шектелген ( $J_L \neq 0$ ). Бұл эллипсоид инерция эллипсоиды деп аталады. (8)-теңдеуінде бірінші дәрежелі координаттар болмағандықтан эллипсоидтың центрі координата басында орналасқан. Эллипсоидтың үш симметрия осьтері  $O$  нүктесіндегі дененің инерциясының бас осьтері деп аталады, ал осы осьтерге қатысты инерция моменттері инерцияның бас осьтері деп аталады.

Егер координаттар осі ретінде инерцияның бас осьтерін алсақ, онда теңдеу келесі түрде жазылады [1,2]:

$$J_x x^2 + J_y y^2 + J_z z^2 = 1, \quad (9)$$

яғни центрден тепкіш инерция моменттері нольге теңеседі:

$$J_{yz} = J_{zx} = J_{xy} = 0.$$

Осылайша, қатты дененің әрбір нүктесінде сәйкес инерция эллипсоидының осьтері болып табылатын инерцияның үш бас осі болады.

4-суретте  $O$  нүктесі үшін тұрғызылған инерция эллипсоиды және инерция эллипсоидының теңдеуі (9) түрінде болатын Охуз координаттық жүйесі көрсетілген. Канондық түрдегі:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \quad (10)$$

эллипсоид теңдеуін инерцияның бас осьтеріне қатысты инерция эллипсоидының (9) теңдеуімен салыстырып, келесі өрнектерді аламыз:

$$a = \frac{1}{\sqrt{J_x}}, \quad b = \frac{1}{\sqrt{J_y}}, \quad c = \frac{1}{\sqrt{J_z}}. \quad (11)$$

Берілген теңдеулер бойынша үлкен бас инерция моментіне кіші инерция эллипсоиды сәйкес келеді. Егер бас оське қатысты дененің инерция моменттерінің ішінде берілген нүктеде тең келетіні болмаса, онда инерция эллипсоиды үш осьті деп аталады. Екі инерция моменттері тең болған жағдайда инерция эллипсоиды айналу эллипсоидына өтеді. Егер  $J_x = J_y = J_z$  болса, онда инерция эллипсоиды сфераға айналады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Яблонский, А.А. Курс теоретической физики [Текст] / А.А. Яблонский. Ч 2. – М.: Физматлит, 2002.
2. Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики [Текст] / Н.В.Бутенин, Я.Л.Лунц, Д.Р.Меркин. Т 2. – М.:Наука, 1979.
3. Бать, М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах [Текст] / М.И.Бать, Г.Ю. Джанелидзе, А.С. Кельзон. Ч2. – М.:Физматиз, 1998.
4. Матвеева, А.Н. Общий физический практикум. Механика [Текст] / А.Н.Матвеева, Д.Ф.Киселева. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1991.

Материал редакцияға 27.04.18 түсті.

**Р.Ж. Наметкулова<sup>1</sup>, С.Ш. Егембердиева<sup>2</sup>,  
М.Т. Кейкиманова<sup>1</sup>, А.К. Кадиримбетова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Таразский государственный университет им.М.Х.Дулати, г.Тараз, Казахстан

<sup>2</sup>Таразский государственный педагогический институт, г. Тараз, Казахстан

### **АНАЛИТИЧЕСКОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В работе рассмотрено аналитическое вычисление моментов инерции различных механических систем. Для решения этой задачи исследованы моменты инерции однородных тел относительно закрепленной оси.

**Ключевые слова:** динамика вращательного движения, момент инерции, ось симметрии.

**R.Zh. Nametkulova<sup>1</sup>, S.Sh. Egemberdiev<sup>2</sup>,  
M.T. Keikimanov<sup>1</sup>, A.K. Kadirimbetova<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>Taraz State Pedagogical Institute, Taraz, Kazakhstan

### **ANALYTICAL CALCULATION OF MOMENTS OF INERTIA OF MECHANICAL SYSTEMS**

In work the analytical calculation of the moments of inertia of various mechanical systems is considered. To solve this problem, the moments of inertia of homogeneous bodies relative to a fixed axis are investigated.

**Keywords:** rotational motion dynamics, moment of inertia, axis of symmetry.

## Математика

ӘОЖ 534.014.1

А.Т. Жақаш<sup>1</sup>, А.Б. Боранбай<sup>2</sup>, Ф.Ә. Байбазарова<sup>3</sup><sup>1</sup>Техн. ғыл. канд., доцент, <sup>2</sup>Студент, <sup>3</sup>Магистрант

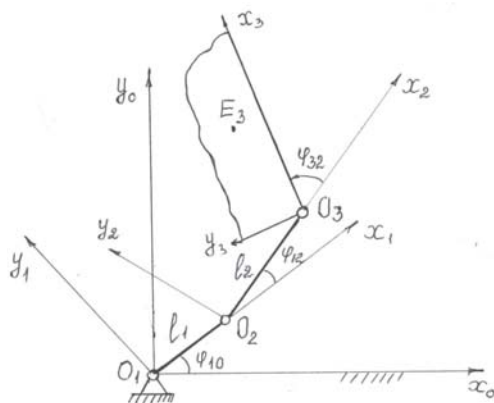
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан

ЖАЗЫҚ ТҰЙЫҚ ЕМЕС КИНЕМАТИКАЛЫҚ ТІЗБЕКТИҢ  
ТИЕКТЕРІНІҢ КИНЕМАТИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ

Жазық және кеңістік механизмдерді кинематикалық тұрғыдан талдау және олардың қолданыстарымен байланысты зерттеулер механизмдер теориясында күрделі әрі қызықты мәселелердің бірі болып табылады. Тұйық және тұйықталмаған кеңістік механизмдер тиектері нүктелерінің орнын координаттарды түрлендіру және матрицалық форма түрінде анықтау әдістері қарастырылған.

**Тірек сөздер:** механизмдер, кинематикалық талдау, декарттық координаталар, матрицалар, кинематикалық тізбектер, бұрыштық бұрылулар, тиектер.

Осьтері параллель болатын бір айналмалы жұппен төрт байланыстырылған кинематикалық тізбектен тұратын манипуляторды қарастырайық (1-сурет).



Сурет 1. Тұйықталмаған манипулятор механизмі

Үш жалпыланған координат ретінде біз  $\varphi_{10}$ ,  $\varphi_{21}$  және  $\varphi_{32}$  бұрыштарды аламыз. Кинематикалық талдаумен бұл бұрыштар уақыт функциялары ретінде беріледі. Сонымен қатар, кинематикалық сызбадан сілтемелердің ұзындығы (айналмалы жұптардың осьтері арасындағы қашықтық)  $l_1, l_2$  және  $x_{E_3}, y_{E_3}$  нүктесіндегі  $E_3$  нүктесінің координаттары белгілі. Бағанға қатысты  $E_3$  нүктесінің траекториясын табу қажет [1].

$E_3$  нүктесіне сәйкес келетін  $E_2$ ,  $E_1$  және  $E_0$  нүктелердің қозғалысын қарастырамыз. 1-суретке сәйкес декарттық координаттар жүйесін түрлендіру негізінде келесі теңдеулерді аламыз:

$$\begin{aligned}x_{E_2} &= x_{E_3} \cos \varphi_{32} - y_{E_3} \sin \varphi_{32} + l_2, \\y_{E_2} &= x_{E_3} \sin \varphi_{32} + y_{E_3} \cos \varphi_{32}\end{aligned}\quad (1)$$

$$\begin{aligned}x_{E_1} &= x_{E_2} \cos \varphi_{21} - y_{E_2} \sin \varphi_{21} + l_1, \\y_{E_1} &= x_{E_2} \sin \varphi_{21} + y_{E_2} \cos \varphi_{21}\end{aligned}\quad (2)$$

$$\begin{aligned}x_{E_0} &= x_{E_1} \cos \varphi_{10} - y_{E_1} \sin \varphi_{10}, \\y_{E_0} &= x_{E_1} \sin \varphi_{10} + y_{E_1} \cos \varphi_{10}\end{aligned}\quad (3)$$

Алты белгісізді алты сызықты теңдеулер жүйесін шешудің нәтижесінде  $E_3$  нүктесінің траекториясын таба аламыз. Белгілі бір есептеу ережелерін белгілеу және жазуды қысқарту үшін кейде координат түріндегі теңдеулердің матрицалық формасын қолдана аламыз.

Сол кезде теңдеудің оң жақ бөлігінің коэффициенттері (1) үшінші ретті квадрат матрицаға келтіру үшін оған  $1 \equiv 1$  теңдеуімен қосады:

$$T_{32} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{32} & -\sin \varphi_{32} & l_2 \\ \sin \varphi_{32} & \cos \varphi_{32} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Сол сияқты теңдеудің оң жақ бөліктерінің (2) және (3) коэффициенттері матрицаны береді:

$$T_{21} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{21} & -\sin \varphi_{21} & l_1 \\ \sin \varphi_{21} & \cos \varphi_{21} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix},$$

$$T_{10} = \begin{vmatrix} \cos \varphi_{10} & -\sin \varphi_{10} & 0 \\ \sin \varphi_{10} & \cos \varphi_{10} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

(1), (2) және (3) теңдеулердің сол жақтары  $1 \equiv 1$  -ді қосу арқылы үшінші ретті баған матрицаларын береді:

$$r_{E_2} = \begin{vmatrix} x_{E_2} \\ y_{E_2} \\ 1 \end{vmatrix}, \quad r_{E_1} = \begin{vmatrix} x_{E_1} \\ y_{E_1} \\ 1 \end{vmatrix}, \quad r_{E_0} = \begin{vmatrix} x_{E_0} \\ y_{E_0} \\ 1 \end{vmatrix}.$$

Сол сияқты



$$r_{E_3} = \begin{pmatrix} x_{E_3} \\ y_{E_3} \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Енді  $1 \equiv 1$  теңдеуін қосу арқылы (1), (2) және (3) теңдеулерін үшінші ретті квадрат матрицасының көбейтуіне сәйкес келетін бірдей ретпен баған матрицасы арқылы жазуға болады:

$$r_{E_2} = T_{32} r_{E_3}, \quad (5)$$

$$r_{E_1} = T_{21} r_{E_2}, \quad (6)$$

$$r_{E_0} = T_{10} r_{E_1}. \quad (7)$$

Матрицалық теңдеулерді (5) және (6) теңдеуге ауыстыру (7) қажетті  $x_{E_0}$  және координаттарын анықтауға мүмкіндік береді:

$$r_{E_0} = T_{10} T_{21} T_{32} r_{E_3}. \quad (8)$$

$T_{10}$  және  $T_{21}$  матрицаларын көбейтеміз. Жолды бағанмен көбейту ережесін қолдану арқылы (4) бірінші жолдың және бірінші бағанның элементін аламыз

$$c_{11} = \cos \varphi_{10} \cos \varphi_{21} - \sin \varphi_{10} \sin \varphi_{21} \equiv \cos \varphi_{20},$$

$$\text{мұнда } \varphi_{20} = \varphi_{10} + \varphi_{21}.$$

Сол сияқты  $T_{10} T_{21}$  матрицасының барлық қалған элементтерін және бұрыштарының жиынтығы үшін тригонометриялық формулаларды пайдаламыз:

$$T_{10} T_{21} = \begin{pmatrix} \cos \varphi_{20} & -\sin \varphi_{20} & l_1 \cos \varphi_{10} \\ \sin \varphi_{20} & \cos \varphi_{20} & l_1 \sin \varphi_{10} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Алған матрицаны  $T_{32}$  матрицасына көбейтеміз:

$$(T_{10} T_{21}) T_{32} = \begin{pmatrix} \cos \varphi_{30} & -\sin \varphi_{30} & l_2 \cos \varphi_{20} + l_1 \cos \varphi_{10} \\ \sin \varphi_{30} & \cos \varphi_{30} & l_2 \sin \varphi_{20} + l_1 \sin \varphi_{10} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

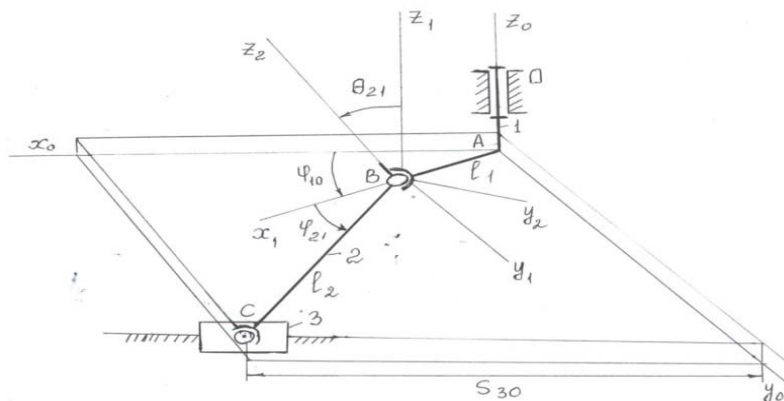
мұнда  $\varphi_{30} = \varphi_{32} + \varphi_{20}$ .

$r_{E_3}$  баған матрицасының шаршы матрицасы бойынша  $T_{10} T_{21} T_{32}$  квадрат матрицасын көбейту келесідей болады:

$$\begin{aligned} x_{E_0} &= x_{E_3} \cos \varphi_{30} - y_{E_3} \sin \varphi_{30} + l_2 \cos \varphi_{20} + l_1 \cos \varphi_{10}, \\ y_{E_0} &= x_{E_3} \sin \varphi_{30} - y_{E_3} \cos \varphi_{30} + l_2 \sin \varphi_{20} + l_1 \sin \varphi_{10}. \end{aligned} \quad (9)$$

Әрине, қарапайым алгебралық өзгерістерді қолдану арқылы (1), (2) және (3) жүйелерінің теңдеуін (9) алуға болады, бірақ есептеулер өте күрделі болмақ. Матрицалық форманың артықшылығы, матрицаларды көбейту

формуласын қолданудың негізінде, бұл координаттарды біркелкі түрлендіруге мүмкіндік береді [2]. Жазықтық механизмдеріндегі сияқты, кеңістіктік механизмдерде де координаттық түрлендіру әдісімен анықтауға болады. Әдістің қолданылуы келесі кеңістік механизмінің мысалында қарастырайық (2-сурет).



Сурет 2. Кеңістікті кривошипті-сырғымалы механизм

0 және 1-тиектері үшін координатты түрлендіру теңдеуі келесі түрде болады:

$$\begin{aligned} x_0 &= x_1 \cos \varphi_{10} - y_1 \sin \varphi_{10} + l_1 \cos \varphi_{10}, \\ y_0 &= x_1 \sin \varphi_{10} - y_1 \cos \varphi_{10} + l_1 \sin \varphi_{10}, \\ z_0 &= z_1. \end{aligned} \quad (10)$$

2 тиек үшін координаттардың басын  $B$  нүктесінде таңдап аламыз,  $B_{z_2}$  осін тығымды біліктің бойымен бағыттаймыз, ал  $B_{x_2}$  осін  $BC$  кесіндісінің бойымен бағыттаймыз.  $B_{z_1}$  және  $B_{z_2}$  осьтерінің арасындағы бұрыш  $\theta_{21}$  бұрыштық белгі болып табылады, түйіндер торабы  $B_{x_1}$  осіне сәйкес келеді.  $B_{x_1}$  және  $B_{x_2}$  осьтері арасындағы бұрыш  $\varphi_{21}$  айналу бұрышы болып табылады.

1 және 2-тиектер үшін координаттарды түрлендіру теңдеуі келесі түрде болады (11):

$$\begin{aligned} x_1 &= x_2 \cos \varphi_{21} - y_2 \sin \varphi_{21}, \\ y_1 &= x_2 \cos \theta_{21} \sin \varphi_{21} + y_2 \cos \theta_{21} \cos \varphi_{21} - z_2 \sin \theta_{21}, \\ z_1 &= x_2 \sin \theta_{21} \sin \varphi_{21} + y_2 \sin \theta_{21} \cos \varphi_{21} + z_2 \cos \theta_{21}. \end{aligned} \quad (11)$$

Біз 2 және 3-тиектер арқылы құрылған сфералық жұпты бөліп, екі ашық кинематикалық тізбекті аламыз: бірінші тізбектің 0-ден 3-ке дейінгі байланыстары, екіншісі - 0, 1 және 2 тиектерден тұрады.

Бірінші тізбектегі  $C$  нүктесінің координаттарын анықтайық.

$$x_{C_0} = s_{30}, y_{C_0} = l_3, z_{C_0} = l_0,$$

Екінші тізбек үшін, алдымен  $C$  нүктесінің координаттарын табамыз:

$$x_{C_2} = l_2, y_{C_2} = 0, z_{C_2} = 0.$$

Осымәндерді (12) теңдеулерге қойып, С нүктесінің координаттарын 1-тиек жүйесінде аламыз:

$$x_{C_1} = l_2 \cos \varphi_{21},$$

$$y_{C_1} = l_2 \cos \theta_{21} \sin \varphi_{21},$$

$$z_{C_1} = l_2 \sin \theta_{21} \sin \varphi_{21}.$$

Екінші тізбектегі тұрақты координат жүйесінен С нүктесінің координаттарын (10) тауып, олардың мәндерін бірінші тізбекке теңестіреміз. Нәтижесінде келесі теңдеулер жүйесін аламыз:

$$s_{30} = l_2 \cos \varphi_{21} \cos \varphi_{10} - l_2 \cos \theta_{21} \sin \varphi_{21} \sin \varphi_{10} + l_1 \cos \varphi_{10}, \quad (12)$$

$$l_3 = l_2 \cos \varphi_{21} \sin \varphi_{10} + l_2 \cos \theta_{21} \sin \varphi_{21} \cos \varphi_{10} + l_1 \sin \varphi_{10}, \quad (13)$$

$$l_0 = l_2 \sin \theta_{21} \sin \varphi_{21}. \quad (14)$$

Егер матрицалық жазу түрін қолданатын болсақ, онда (12), (13) және (14) теңдеулері келесі матрицалық теңдеулерден тікелей алынады:

$$r_{C_0} = T_{10} T_{21} r_{C_2}, \quad (15)$$

мұнда

$$r_{C_0} = \begin{pmatrix} s_{30} \\ l_3 \\ l_0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad r_{C_2} = \begin{pmatrix} l_2 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},$$

$$T_{10} = \begin{pmatrix} \cos \varphi_{10} & -\sin \varphi_{10} & 0 & l_1 \cos \varphi_{10} \\ \sin \varphi_{10} & \cos \varphi_{10} & 0 & l_1 \sin \varphi_{10} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$T_{21} = \begin{pmatrix} \cos \varphi_{21} & -\sin \varphi_{21} & 0 & 0 \\ \cos \theta_{21} \sin \varphi_{21} & \cos \theta_{21} \cos \varphi_{21} & -\sin \theta_{21} & l_1 \sin \varphi_{10} \\ \sin \theta_{21} \sin \varphi_{21} & \sin \theta_{21} \cos \varphi_{21} & \cos \theta_{21} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Қорыта келген кезде мұндай кеңістік механизмдердің тиектерінің нүктелерінің орнын анықтауда матрицалық форманың ұтымды екенін көреміз.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин [Текст]: учеб. для вузов / И.И. Артоболевский. 4-е изд., иперераб. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1998. – 640 с.

2. Фролов, К.В. Теория механизмов и машин [Текст]: учеб. для вузов / К.В.Фролов, С.А.Попов, А.К.Мусатов [и др.]; Под ред. К.В.Флорова. – М.: Высш. шк., 1987. – 496 с.: ил.

*Материал редакцияга 24.05.18 түсті.*

**А.Т. Жақаш, А.Б. Боранбай, Ф.Ә. Байбазарова**

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

### **ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗВЕНЬЕВ ПЛОСКИХ НЕЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ**

Кинематическое исследование плоских и пространственных механизмов является одним из интересных задач в теории механизмов. Рассмотрены определение положений точек звеньев замкнутых и незамкнутых пространственных механизмов с помощью методами преобразования координат и матриц.

**Ключевые слова:** механизмы, кинематический анализ, декартовы координаты, матрицы, кинематические цепи, угловые повороты, звенья.

**A.T.Zhakash, A.B.Boranbai, F.A.Baibazarova**

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

### **DEFINITIONS OF THE KINEMATIC PARAMETERS OF THE LINKS OF FLAT NONCLOSED KINEMATIC CHAINS**

The kinematic study of planar and spatial mechanisms and research with their application is one of the interesting problems in the theory of mechanisms. The considered definitions of the positions of the points of links of closed and non-closed spatial mechanisms by means of the methods of transformation of coordinates and matrices.

**Keywords:** mechanisms, kinematic analysis, Cartesian coordinates, matrices, kinematic chains, angular rotations, links.

## Информационные технологии

ӘОЖ 621.39-027.31

А.А. Орманбекова<sup>1</sup>, Ә. Дидарұлы<sup>2</sup>, Ә.С. Лес<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Магистрант, аға оқытушы, <sup>2</sup>Студент

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

<sup>1</sup>Электрондық пошта: ain\_25@mail.ru

### SOFTSWITCH ЕНГІЗУДІҢ АЛҒЫШАРТТАРЫ

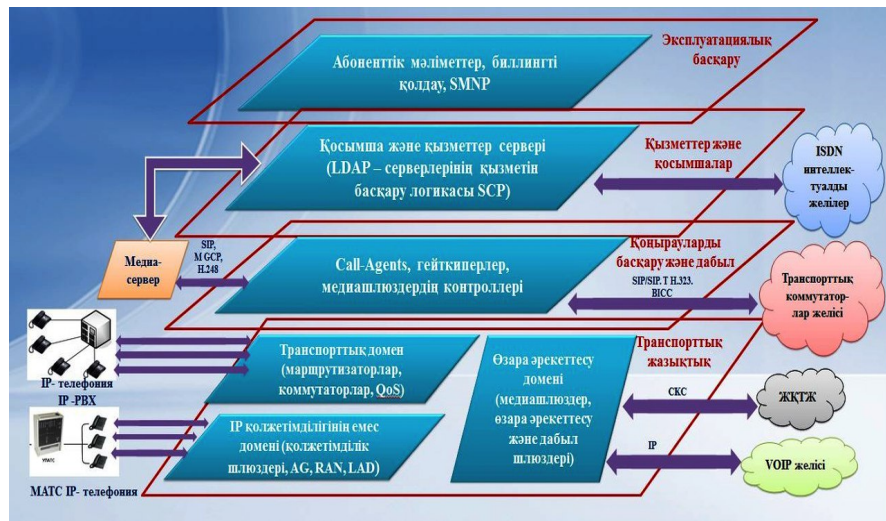
Мақалада Softswitch енгізудің алғышарттары, SoftSwitch архитектурасындағы хаттамалар, SoftSwitch эталондық архитектурасы, медиашлюздер контроллерлерінің модулі, Softswitch базасында NGN желісіне жұмыс істейтін желілерді қайта құру нұсқасы, Softswitch базасында желіні құру кезінде тоқтатушы факторлар толығымен қарастырылған.

**Тірек сөздер:** интернет, IP-телефония, компонент, станция, хаттамалар, логикалық элемент.

Телекоммуникация қауымдастығында жәймен мойындалған стандарт болатын, жаңа желілік архитектураның тұрғызылуын өзімен қызықтырып, ақпаратты тасымалдаудың әмбебап желісі арқылы қолжетімділік әдістерінен тәуелсіз, барлық қызметтер пакетінің қолжетімділігінде тұрғызылынған, вертикалды интегралданған бизнес үлгіден үлгіге ауысу тенденциясы. Осындай архитектураның арқасында классикалық телефон түйіні ашық вертикалды интерфейстермен өзара байланысқан, компоненттерге бөлінеді. Байланыстыруды басқару деңгейінен ақпаратты алмастыру деңгейі бөлектелінген, горизонтальді интегралданған желілерге ауысу операторлық қызметтің жалпы көрсеткішін өсіруге және бірегей желілік ресурстар тобын ұлғайтуға мүмкіндік беретін маңызды кезең болып табылады.

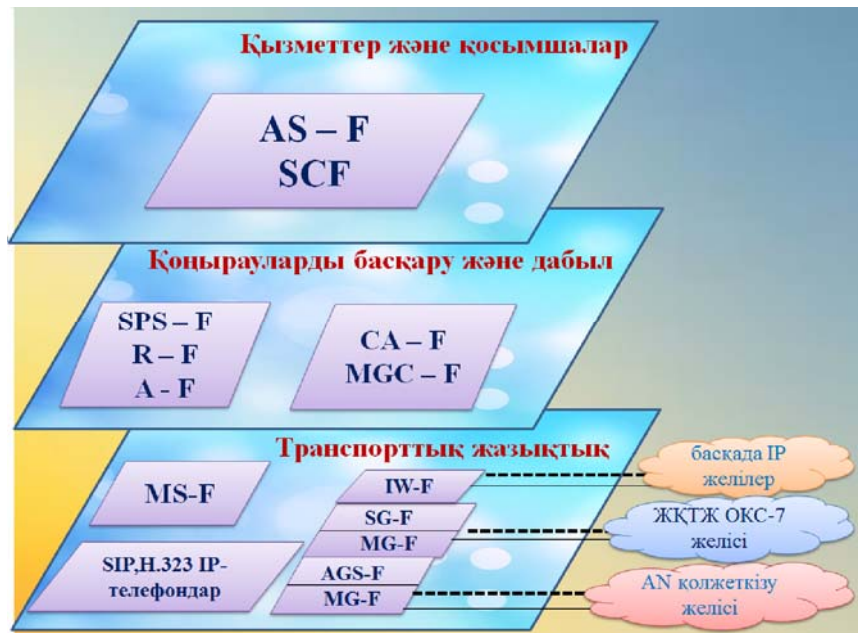
Softswitch – IP-технологияны қолданумен желілерде қоңырауларды басқару үшін қызмет ететін, бағдарламалы-аппараттық құралдар кешені және бағдарламалық коммутатор. Softswitch бірінші кезекте OKC-7, DSS1, V5, CAD, H.323, SIP, MGCR MEGACO/H.248 хаттамалары – пакеттік коммутация желісінде де арналардың коммутациясымен желіде дабыл хаттамаларын конвертірлеуші ретінде дабылдың әмбебап конвертер рөлін атқарады.

SoftSwitch архитектурасы әу бастан әдеттегі телефон құрылымдарындағы ресми халықаралық ұйымдардан алыс жасалынды. Бірінші - ISC (International Softswitch Consortium,) консорциумы, кейіндері IPCC (International Packet Communication Consortium) өзгертілінген және SoftSwitch стандарттарына сәйкес алға басулар мен SoftSwitch түрлі технологиялардың функционалдық үйлесімділігін қамтамасыз етумен айналысатын, Халықаралық SoftSwitch болды. SoftSwitch эталондық архитектурасының функционалдық жазықтықтары 1- суретте көрсетілген.



Сурет 1. SoftSwitch эталондық архитектурасының функционалдык жазықтықтары

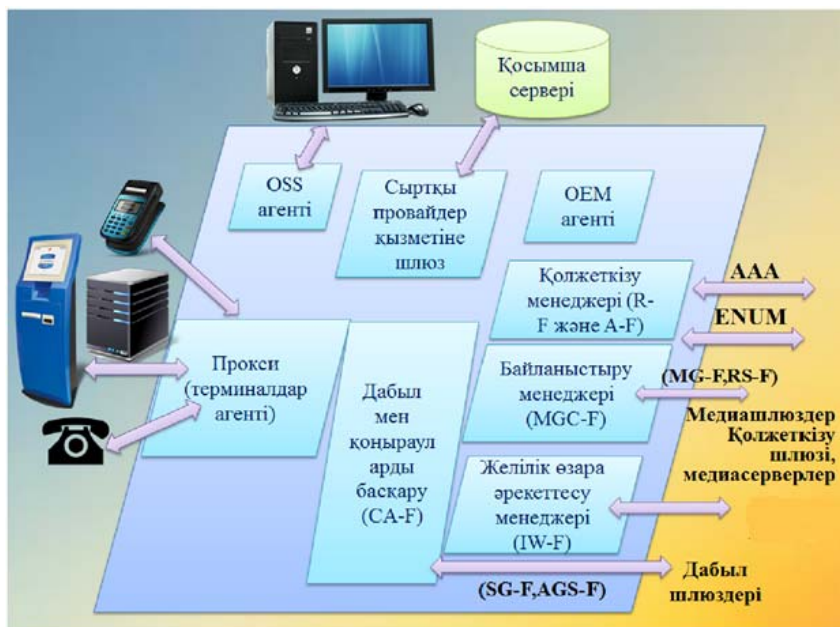
Консорциуммен ұсынылған тәсіл шегінде 12 басты функционалдык объектілер ерекшелінеді, соған қатысты физикалық өнімдер емес, ең алдымен ол функцияның тетігі екендігін атап өту керек. Softswitch эталондық архитектурасының жазықтықтарында (2-сурет) осы 12 автономды функционалдык объектілерді (ФО) сыйдырып орнататындай 2-суретте қайта сызамыз.



Сурет 2. Softswitch эталондық архитектурасының функционалдык объектілері

Енді функционалдык объектілерден нақты физикалық объектілерге оралайық, ең алдымен, - IP-телефония желісінің негізгі элементтерінен болатын, MGC медиашлюздерінің контроллеріне. MGC түрлі жүзеге

асырулары бар, осыған байланыс ол түрлі атаулармен белгілі: Softswitch, Call Agent, Call Controller, Telephone Server және т.б. 3-суретте осы қарастырылған ISC эталондық архитектурасында қарастырылуына сәйкес MGC функционалдық тұтастыру мүмкіндіктерінің көбісінен кейбіреулері ғана көрсетілінген.

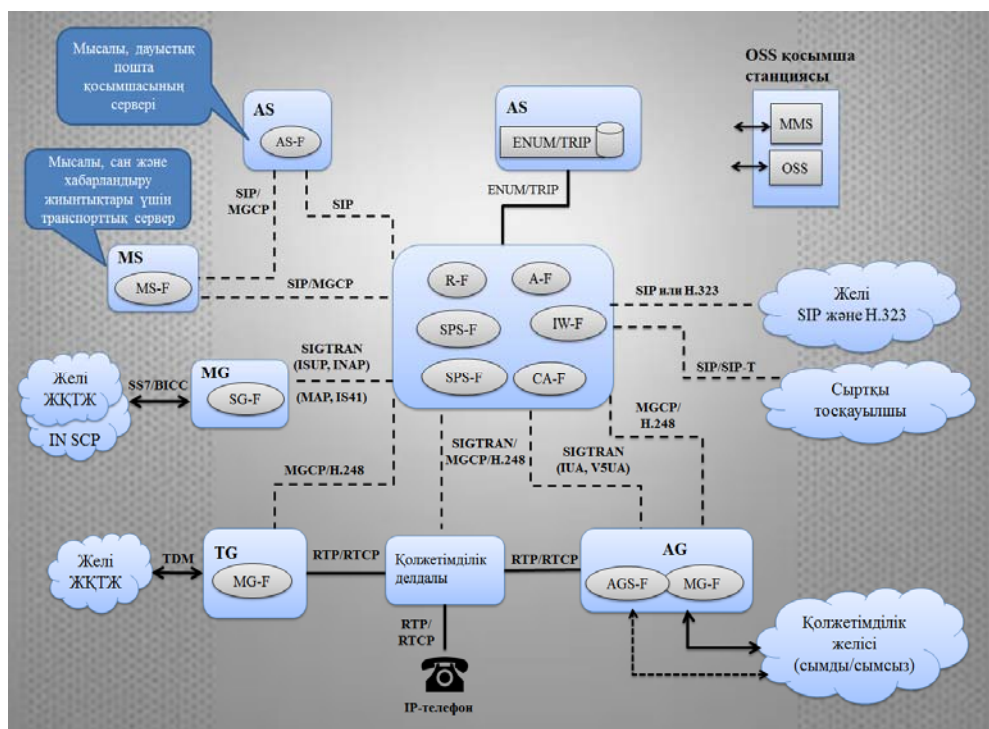


Сурет 3. ISC эталондық архитектурасында тасымалдау шлюздерінің контроллерінің модульдері

3-суретте көрініп тұрғандай, MGC-F бөтен басқа функционалдық объектілері және MGC заманауи контроллерлердің көбінде MGC медиа шлюздері жүзеге асырылған. Шындығында, суретте көрсетілінген MGC контроллеріне келесі функционалдық блоктар кіреді: Connection Session Manager (MGC-F) қосылу сеанстарының менеджерлері, (CA-F) дабылы мен қонырауларды басқару, Interworking/Border Connection Manager (IW-F) өзара әрекеттесу менеджерлері, Access Session Manager (R-F/A-F) қолжеткізу сеанстарының менеджерлері, Open Service Access Gateway ашық қызметтерге қолжеткізу шлюзі, (Proxies) қосымшасының делдал-модульдері, OSS және OEM эксплуатациялық қолда жүйесінің агенттері, олар техникалық қызмет көрсету, желі мен жұмыс қызметіне дайындалу, желілік басқару қызметімен қамтамасыз ету үшін және т.б. эксплуатациялық қолда орталығында орналасқан, OSS/OEM сыртқы менеджерлерге қосылады.

3-суретте айтылған барлық CA-F, IW-F, R-F және A-F функционалдық объектілер бір физикалық платформада сияды немесе әртүрлі құрылғылар бойынша таратыла алады, олар шың мәнінде MGC техникалық шешімнің қортындысын береді. Өз кезегінде, сенімділік және/немесе жүктемені бөлу түйсінуінен MGC әрқайсысында барлық тізілген функциялармен параллельді жұмыс атқаратын құрылғыларда жүзеге асырыла алады. Жоғарыда айтып өткенді көрсету үшін Softswitch (4-сурет) функциясының жүзеге асырылу мысалын қарастырамыз.





Сурет 4. ISG эталондық архитектурасында тасымалдау шлюзінің контроллерінің жүзеге асырылуы

Бұл мысалда Softswitch сәйкес шлюздерді басқару хаттамаларын пайдаланып, өзінің MGC-F функционалдық объектісі арқылы тасымалдау серверлері мен тасымалдау шлюздерімен, ЖҚТЖ/IN және IP-желісі арасында шлюздерді басқарады. Бұдан басқа, MGC басқа сыртқы желілер мен Softswitch, порттардан сигналдық хабарламаларды қабылдайды және жібереді. Бұл қызметті дабыл (CA-F) мен қоңырауларды басқару модулі орындайды және де ол әрбір қоңыраудың күйін сақтайды. 4-те көрсетілген схемада Softswitch және басқада функционалдық объектілер, соның ішінде: (R-F/A-F) қоңыраулар құнын есептеу және бағдарлаулар, SIP (SPS-F) прокси-серверлері және шекаралық (IW-F) байанысу менеджерлері жүзеге асырылған. Осыдан басқа, қызметтерді қолдау үшін қосымшаның серверлерімен Open Service Gateway Block ашық қызмет шлюзінің модулі арқылы Softswitch өзге әрекеттеседі, олар Softswitch «туыс» болып табылмайды, ал SIP, JAIN және Parlay сияқты API мен түрлі қызметтерді басқару хаттамалары арқылы қосылады.

Қазіргі таңда NGN жабдығы Қазақстанда көбіне бөлек зоналарда қолданғанына қарамастан, 1-2 жыл аралығында түрлі өндірушілер жабдықтарында NGN құрылуы мен жалпы қолданудың байланыс желілерінде Softswitch коммутация жүйесін белсенді ендіру күтіледі. Міне сондықтан байланыс операторларына қазірдің өзінде түрлі Softswitch сигналдық коммутаторлар жүйесі негізінде ірі желілерді жасау технологияларын меңгерулері керек.

NGN таралудың салмақтылығы жаңғырту үрдісін бірнеше кезеңдерге бөлумен қамтамасыз етіледі.



Бірінші кезеңде екі басты тапсырмалар – жұмыс жасаушы желімен орнатылушы жабдықтың үйлесімділігімен қоттамасыз ету және жұмыс жасаушы ресурстарды сақтаумен толық жарамды NGN тұрақты ауысу мүмкіндіктері шешілуі керек.

Ол Softswitch сигналдық коммутатор мен желінің транзиттік деңгейінің екі түйінінде тасымалдау медиашлюзінен тұратын, коммутацияның ірі орталықтарын орнатудан басталады. Қоңыраулар коммутациясының қызметтері мен функциялары транзиттік деңгейге ауысады. Алмастырылған TDM транзиттік станцияларды жергілікті ретінде пайдаланса болады. Екі түйін dual-home (екі байланысты қосылу) резервтеуді жүзеге асыру үшін екі түйін керек, ол операторлық кластың желісі үшін қажетті шарты болып табылады.

Жергілікті станциялардың өзі шындығында коммутацияның іріленген түйіндердің шығарылуы болады. «әрқайсысы әрқайсысымен» жергілікті АТС аяқасқан байланысты ликвидациялағаннан кейін екі байланысты қосылу әдісімен коммутация орталығымен қосылады. Абоненттер жайында ақпаратты сақтау үшін мобильдік байланыс үшін HLR ұқсас SHLR мәліметтер базасы серверін пайдаланады. Мұндай желілік шешімі Smart Network – «ақылды желі» атауына ие болды, себебі алдын ала интеллектуалды платформақажет болғандар үшін, ол айтарлықтай қызметтердің енгізілуін жеңілдетеді.

Екінші кезең IP/MPLS - желісінің жасалуын тұспалдайды немесе жұмыс жасап тұрған IP-желісін MPLS деңгейіне дейін жаңғырту және TDM тасымалдау желісін жеңілдету мақсатымен сөздік трафикті бұру үшін оны пайдалану. Базалық сөздік қызметтерді ұсынуды басқару Softswitch сигналдық коммутаторымен жүзеге асырылады.

Жаңғыртудың үшінші кезеңіне кірісу қолжеткізу деңгейінде өз ресурсын қалыптастырған және ескірген жергілікті АТС – желінің транзиттік деңгейін қайта құруының аяқталуы бойынша немесе онымен (вертикалды шоғырландырудың сценарийі) бір мезетте жасауға болады.

Бұл мәселені түрлі жолдармен шешуге болады. Біріншіден, қолжетімділік желісін оптикалық дамыта, IP-желісі арқылы сигналдық коммутатордан басқару үшін N.248 IP-хаттамасын қолдауға дейін оларды жаңғыртумен V5.2 интерфейсі бойынша ТТС қосылған. Екіншіден, UMG әмбебап медиашлюздерге абоненттік қолжетімділік модульдерін қосылу жолымен. Үшіншіден, AMG қолжеткізу медиашлюздерін N.248 хаттамасы бойынша IP-желіге тікелей қосу. Осы кезеңде номерлік сыйымдылықты енгізу алмасушы АТС сияқты, сол номерлік сегментте үлкен сыйымдылықтағы медиашлюздерді орнату есебінен жүргізіледі.

NGN бағытындағы байланыс операторының желісін жаңғырту кезеңдері:

1. Желінің транзиттік/қала аралық деңгейінде Softswitch+UMG коммутацияның транзиттік түйіндерін орнату. Желінің абоненттік базасын сақтау үшін жетілдірілген HLR (Smart HLR) енгізу.

2. IP-желісі (TDM тасымалдау желісінің арналарының өткізу қабілетін ұлғайтудың орнына) бойынша сөздік трафикті бұру. Softswitch басқарумен IP-желісі бойынша 4 және 5 кластарының базалық сөздік қызметтерін ұсыну.

3. Желінің жергілікті деңгейін қайта құруды жоғары сыйымдылықтың қолжеткізу медиашлюздеріне жергілікті АТС алмастыру, кіші және орташа сыйымдылықта медиашлюздердің негізінде қолжетімділіктің оптикалық

желісінің дамуы, кең жолақты интерфейстердің xDSL қолжетімділігін енгізу. MSAN негізінде IMS мультимедиялық шешімдерді ендірудің бастамасы.

4. Қызметтік платформаның дамуы.

5. FMC мобилдік байланыспен интеграция.

Қолжетімділік деңгейінің қайта құруда MSAN (Multiservice Access Node) мультисервистік қолжеткізу түйінің концепциясы маңызды рөл атқарады. Абоненттерге оптиканы жеткізу үшін BPON/EPON/GPON пассивтік оптикалық желісінің режимдері сигналдық коммутатордан VoIP басқару хаттамалары әртүрлі желілік интерфейстерді (ET, STM, GE, FE, ATM) аттас құрылғы қолдайды. Бұдан басқа, MSAN түрлі шлюздер: TDM to IF TDM to ATM, TDM/ATM to IP режимінде жұмыс жасай алады.

Төртінші кезеңде ескірген жергілікті АТС MSAN (UA5000 және т.б.) алмастыру және қызметтік платформаларды (сурет 8) жазу аяқталынады, Parlay қызметтерді көлденең жеткізушілер, интерфейс бойынша корпоративтік абоненттер үшін IP-TV, Vol, VSC, IP-Centrex және де желілік операторының платформасынан UC (Unified Communication) корпоративтік байланыстың аутсорсинг қызметі мультимедиялық қызметтерді ендіру жасалынады. NGN қызметін сәтті енгізу үшін IAD қолжетімділік интегралданған құрылғыларды және кең жолақты интеллектуалдық терминалдарды қолдану қажет болады.

Қорытынды, бесінші кезең FMC (Fix-Mobile Convergence) – мобилдік желімен бірігу тұспалдайды, бірінші кезеңде орналасқан SHLR қайта құру 3G ұялы байланыс желісінің HLR функциясын қолдауға дейін, ал SCP – мобилдік және тіркелген желілердің біріктіру қызметін қолдауға дейін жаңғыртылынады.

Басты себептердің бірі – елде кең жолақты қолжетімділік желілерінің жеткіліксіз таралуы. Жоғары жылдамдықты пакеттік желілер баламалы сияқты және әдеттегідей барлық ірі операторларды құрады. Егер де бірінші топтағы жағдайы өте жеңіл (олардың көбісінде жас желілер), онда «нүктелерге» олардың масштабтары мен ескірген қолжеткізу желілерімен жақын арада міндетті бөліктей-толығымен жаңғырту бір ғана жылды алмайды. NGN базасын жасау үшін ауқымды инвестиция жасалуында – қиындық туындайды, себебі қолжетімділік желісі үшін жабдыққа кеткен шығындар Softswitch өзінің құнынан жоғары. Бәлкім, жұмыс жасаушы инфрақұрылымнан бас тарту және жаңасын нөлден бастау мүмкін емес шығар. Сондықтан әдеттегі операторлар (және кейбір баламалар) Softswitch басқарылатын, транзитті-тірек станцияларын транктік медиашлюздерге алмастыра, транзиттік деңгейден жаңғыртуды бастайды. Сол мезетте де соңғы АТС алмасуы болған жобалар бар.

Осылайша, Қазақстан эволюциялық әдісті таңдады. Ол жаңа буын желісінің толықтай қызмет етуі үшін қажетті QoS қамтамасыз ететін, АТС 4 класының аса белсенді жаңғыртуын және бір мезетте қолжетімділік желісінің дамуы кезінде ары қарай 5 кластың (кезеңдер бір бірін бөлшектеп жабады) NGN жәймен дамуын тұспалдайды. Кезеңдік әдіс құралдарды жәйменен жұмсауға мүмкіндік береді және қандай да бір өлшемде нәтижесіз даму жолынан операторларды сақтандырады, бірақ соңғы шешімде толық көлемдегі инвестицияны талап етеді, дегенмен үлкен «бөліп төлеу» - NGN түпкілікті ауысу мерзімдерін әртүрлі деп атайды.

Жақын арада барлық қызметтердің жуықтауымен әмбебап желілерге жаппай ауысуды күту қажеттілігі туындамайды. Алайда таяу уақытта біз шағын «таза» NGN құрылысының куәгері болуымыз мүмкін. Жаңа тұрғын

аудандарында және коттедждік ауылдарда олар жаңғыртылынған желілерге қарағанда аздау болады.

NGN ауысудың кідіруінің тағы бір себебі – кадрлік қиындылық. Жаңа желілерге (мұнда жабдықты өндірушілердің өнімді күш салулары) қызмет көрсете алатындай, операторларда мамандар жетіспейді. Аса маңызды емес мәселе – кейбір жетекшілердің консервативтілігі, олар жаңа технологиялық ағымды (вендорлар дайындау жайында бірнеше мәрте айтылған және бұл қиындық шешілмелі) қабылдауға дайын емес. Аса серпінді альтернативтік операторлар тәжірибиенің өзінде NGN артықшылықтарын бағалап қойған, ал туынды компанияларда NGN енгізу жайында директивті шешім қабылдайтын «байланыс инвест» саясты бөлшектеп қиындықтарды шешеді.

Бұдан басқа, 2006 жылы Қазақстанның бірыңғай байланыс желісінде Softswitch қолдануы бойынша ҒЗОБИ ұсыныстар дайындады. Тағы да бір фактор жаңа қызметтерге белгісіз сұранысы - NGN жағының миграциясына артық дүрлігусіз операторларды қарауға мәжбүрлейді. Тек қана базалық сервистер – телефония, Интернетке қол жеткізу, мәліметтерді жіберу және сірә, VPN жаппай сұранысқа ие. Үлкен сұраныстың тіркелінген желілерде жаңа қызметтер әлі алмады, жақын арада жағдайдың өзгеретіндігінде нарық ойыншыларының көбісі сенімді емес. Нәтижесінде Қазақстанда Softswitch ендіруден нәтижесі көбінесе оператордың өзімен ғана байқалынады, жаңа технологиялар абоненттерге айтылуы сирек.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бабаков, В.Ю. Сети мобильной связи. Частотно-территориальное планирование [Текст]: учебное пособие для вузов / В.Ю. Бабаков, М.А. Вознюк, П.А. Михайлов. – М: Горячая линия – Телеком, 2007. – 256 с.
2. Вишневский, В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G [Текст] / В.М. Вишневский, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2009. – 378 с.
3. Гельгор, А.Л. Технология 4G мобильной передачи данных [Текст]: учебное пособие / А.Л. Гельгор. – СПб.: Изд-во Политехнический университет, 2011. – 125 с.

*Материал редакцияға 04.05.18 түсті.*

**А.А. Орманбекова, Ә. Дидарұлы, Ә.С. Лес**

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

#### ПРЕДПОСЫЛКИ ВНЕДРЕНИЯ SOFTSWITCH

В статье представлена предпосылки внедрения SoftSwitch, протоколы в архитектуре SoftSwitch, эталонная архитектура SoftSwitch.

**Ключевые слова:** протоколы, функциональные объекты, IP-телефония, эталон, шлюз.

**A.A. Ormanbekova, A.Didaruly, A.S. Les**

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

#### SOFTSWITCH PREREQUISITES

The article presents the prerequisites for implementing SoftSwitch, protocols in the SoftSwitch architecture, the reference architecture of SoftSwitch.

**Keywords:** protocols, functional objects, IP-telephony, standard, gateway.

ӘОЖ 621.39-027.31

**А.А. Орманбекова<sup>1</sup>, Ә.С. Лес<sup>2</sup>, Ә. Дидарұлы<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Магистрант, аға оқытушы. <sup>2</sup>Студенттер*

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан  
Электрондық пошта: <sup>1</sup>ain\_25@mail.ru*

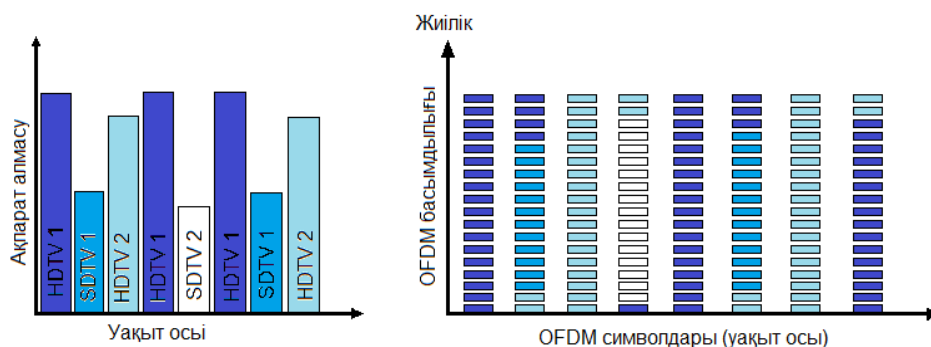
### **ЦИФРЛЫҚ ТАРАТУДА ТАСЫМАЛДАУ АҒЫМДАРЫН ЖІБЕРУ**

Мақалада DVB-T2 жүйесінің артықшылықтары мен интерфейстері, LDPC және СК кодтауларды салыстыру, QPSK шоғырлануы және осы шоғырланудың бұрылуы, DVB-T және DVB-T2 жүйелерінің максималды өткізу қабілеттілігі қарастырылған.

**Тірек сөздер:** код, интерфейс, модуляция, эталон, шлюз, режим.

DVB-T алдыңғы стандартта MPEG-2 тасымалдау ағымдары ASI не болмаса IP интерфейстері арқылы қолданылған. Тасымалдау ағымдарының саны екіге дейін шектелінген болатын. Қателіктерді жөндеу үшін Конволюциялық код және Рид-Соломон коды қолданылы. Бұл параметрлер келесі стандарттың қоздырушылардың жаңа мүмкіндіктері үшін қажетті бөгетке тұрақтылықпен қамтамасыз ете алмады. Сонымен қатар алдыңғы стандартта уақыт бойынша кезектесу мен айналушы шоғырлану сияқты параметрлер болмаған болатын. Бұл параметрлердің болмауы бөгеттен жіберу жүйесінің қорғалуына кері әсерін тигізді. Бұл пункте DVB-T2 жіберу жүйесінің артықшылықтары қарастырылған және де DVB-T параметрлерімен салыстырмалы мәліметтер келтірілген. Жіберу жүйелерінің (BER) қателерінің параметрлеріне ерекше көңіл бөлінеді. Кейбір сигнал/шуыл қатынасының көрсеткіші кезінде BER параметрі ақпаратты жіберу сапасының көрсеткіштері үшін маңызды рөл ойнайды.

DVB-T2 жіберу жүйесінде TS MPEG-2 ағымын жіберуде ескірген принципіне ASI және IP интерфейстер көмегімен T2-MI интерфейс келді. Ол өздігімен DVB A136 консорциумының «көк кітабында» сипатталынған ұсыну форматымен тізбектелінген цифрлық интерфейсін ұсынады. Бұл интерфейсінде сигнал «T2 шлюзімен» деп аталынатын арнайы құрылғымен DVB-T-дағындай мультиплексорсыз қалыптасады. Бұл құрылғы кірісте тасымалдау ағымдарын қабылдайды, ал шығыста T2-MI ағымын қалыптастырады. Сонымен қатар «T2 шлюзі» модулятордың құраушы бөлігі болуы мүмкін. 1-суретте PLP қолдану мысалы келтірілген.



Сурет 1. PLP қолдану мысалы

DVB-T стандартында барлық жолақ бір ғана тасымалдау ағымын жіберу үшін қолданылады. Жаңа стандартта PLP (physical layer pipes – физикалық деңгейдегі арналар) деп аталынатын концепция қолданылады: бір физикалық арнада бірнеше логикалықтарды жіберу. Екі режим мүмкін: бір ғана PLP жіберумен – «А» режимі, бірнеше PLP (multiPLP) жіберуімен – «В» режимі. «В» режимінде бірнеше тасымалдау ағымдары бір мезетте беріледі, сонымен қоса олардың әрқайсысы өзінің PLP сияды. Бұл бөгетке қарсы тұрақтылықтың түрлі деңгейімен жіберілетін, бір радиожілікті арна қызметінде болуын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді: модуляция режимі мен бөгетке қарсы тұрақты кодтау режимі әрбір PLP үшін жеке дара таңдалына алады (1-сурет), яғни қалыптасушы пакетте әрбір бағдарлама үшін жақсы бөгетке қарсы тұрақтылық немесе үлкен жіберу жылдамдығын оператор таңдай алады. энергетикалық үнемділікті қамтамасыз ететін, абонентті қықтырмайтын, қабылдағыш тек қана таңдалынған PLP декодтайды және PLP жіберу уақытына өшіп қалады.

DVB-T2 стандартында кезектесу жүйесі күрделенілген. Биттік, жиілікті және де қосымша – уақыт бойынша кезектесу қолданылады. Ол тек қана бір модуляциялық символдың ішінде жүзеге асырылынбай, супер кадр ішінде де асырылынады, ол жіберу трактісінің сипаттамаларының өзгеруі мен импульстық бөгеттерге сигналдың тұрақтылығын үлкейтуге мүмкіндік береді.

Қосымша бір жиілікті желілерде Аламоутикодталуын қолданатын, MISO (multiple input – single output) технологиясы қолданыла алады. бұл жағдайда бір жиілікті желіде жібергіштер бір сигналды нақтырақ емес жібереді, ол қабылдаушы жақтағы «құрдым» деп аталынатыннан құтылуға мүмкіндік береді.

DVB-T2 стандарты пилот-сигналдарды орналастырудың сегіз нұсқасын қарастыратындығын ескерген жөн. Егер DVB-T жүйесінде пилот-сигналдар саны жалпы негізгі сандардан 8% - ды құраса, онда DVB-T2 жүйесінде бұл мән 1; 2; 4 және 8% түрлене алады. Орналастыру схемасын таңдау қорғау интервалының шамасына байланысты.

Өткізу қабілеттілігін ұлғайту үшін қосымша 256-QAM модуляция режимі және Фурье (FFT) 16k және 32k түрленуінің жылдам өлшемділігі еңгізілінген, сонымен қатар қорғалушы интервалдардың: 1/128, 19/128, 19/256 жаңа мәндері қосылынған.

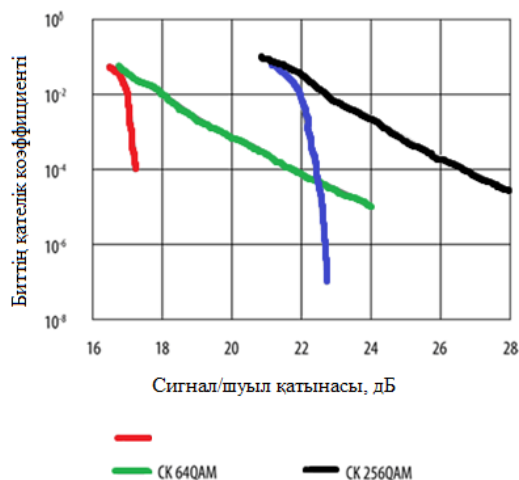
DVB-T стандартында 256-QAM модуляциясы қолданылмады. Себебі оны қолдану жүйенің өткізу қабілеттілігін 30–50%-ға ұлғайтуға мүмкіндік

береді. Жауабы қарапайым. Үйірткілі код (ҮК) және Рид-Соломон кодтары қателерден керекті қорғаумен қамтамасыз ете алмайтын еді. Бұл қиындық DVB-T2 стандартында шешілінген. Жүйенің кедергіге төзімділігін көтеруге мүмкіндік беретін, басты механизмдер сигналдық шоғырланудың айналуы мен жаңа кодтау алгоритмдері болып табылынады.

DVB-T2 стандартында үйірткілі кодтың орнына жұптыққа (LDPC) төмен тығыздылықпен тексеру кодтары қолданылады, ал Рид – Соломон кодының орнына Боуз – Чоудхури – Хоквенгем (BCH) қысқа коды қолданылады. Биттік (BER) қателіктердің «сигнал/шуыл» қатынасынан тәуелділік коэффициенті сурет 2-де көрсетілінген.

LDPC + BCH кодтауын қолдану кезінде сипаттамаларды қортындылау мінсіздікке жақындаған. Сәйкесінше PC және СК кодтарына қарағанда LDPC және BCH кодтары аса жоғары бөгетке тұратылықпен қамтамасыз етеді, ол қолданушы арнада үлкен ақпарат көлемін жіберуге мүмкіндік береді. Қосымша кодтаудың 3/5 және 4/5 жылдамдықтары еңгізілінген.

Бірыңғай BER кезінде DVB-T2 стандарты үшін бөгетке тұрақты кодтаудың жаңа әдістерін қолдану есебінен «сигнал/шуыл» қатынасындағы ұтыс 5дБ құрайды.



Сурет 2. LDPC және СК кодтауларды салыстыру

DVB-T2 стандартында тағы да бір жаңашылдық жүйенің бөгетке тұрақтылығын жақсартуға мүмкіндік беретін, сигналдық шоғырланудың айналуы болып табылады. 1-кестеде модуляция типіне тәуелді шоғырланудың бұрылу бұрышы келтірілген.

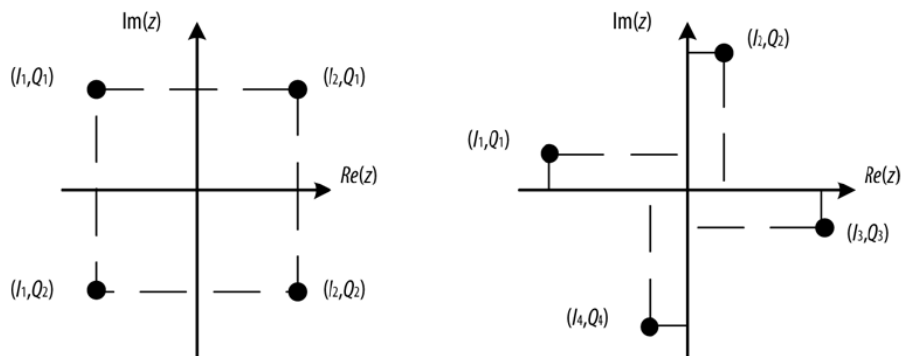
Кесте 1

Түрлі модуляция типтері үшін шоғырланудың бұрылу бұрышының мәні

Модуляция типі	QPSK	16 QAM	64 QAM	256 QAM
Шоғырланудың бұрылу бұрышы	29°	16,8°	8,6°	arctg(1/16)

3-суретте QPSK шоғырлануы және осы шоғырланудың бұрылуы бейнеленген. Осындай шоғырлануың әрбір векторы өзіндік жекеменшік I және Q координаттарына ие болатындығын байқау қиын емес. Сәйкесінше оның координаттарының бірі жоғалды деген жағдайда оны қалпына

келтіруге болады. Кезектесу нәтижесінде I және Q компоненттері бөлек жіберіледі, ол олардың бір мезеттегі жоюылу ықтималдылығын төмендетеді. DVB-T жүйесінде әрбір координата бірнеше мәрте кездеседі, сондықтан олардың бірі жайында ақпараттың жоғалуы кезінде қандай квадрантқа нүкте тиесілі екені қиынырақ болады. Сәйкесінше шоғырланудың бұрылуы «сигнал/шуыл» қатынасында бірнеше децибилге ұтыс береді.



Сурет 3. QPSK шоғырлануы және осы шоғырланудың бұрылуы

Жіберу параметрлерін таңдау жіберу жүйесінің өткізу қабілеттілігі мен бөгетке тұрақтылықтың оптималды қатынасын таңдаумен тығыз байланысты. DVB-T және DVB-T2 жүйелерінің жіберу параметрлерін және де олардың өткізу қабілеттілігін салыстыру үшін келесі салыстыруларды жүргіземіз [1].

Тіркелінген «сигнал/шуыл» қатынасында жіберу жылдамдығын салыстырайық. Мәліметтерді жіберудің максималды жылдамдығын қарастырайық. DVB-T стандарты үшін: 8k, 1/32, 64-QAM, DVB-T2 стандарты үшін: 32k, 1/128, 256-QAM.

Теңдей «сигнал/шуыл» қатынасында DVB-T2 стандартында жіберу жылдамдығы алдындағысына қарағанда 40–50 %-ға өседі. Бұл сол қамту зонасының радиусында жіберуші бағдарламалар санын 50–60 %-ға өсіре болатындығын білдіреді.

Бірыңғай жіберу (64-QAM, кодтауға қатысты жылдамдық 3/4, қорғаушы интервал 1/4) параметрлері кезінде «сигнал/шуыл» қатынасы DVB-T стандартында 18,6 дБ құрайды, ал DVB-T2 стандартында 15,4 дБ құрайтындығын айту маңызды. Сәйкесінше сенімді қабылдау зонасы сондайға тең параметрлерде DVB-T2 стандартының желісін тұрғызу кезінде айтарлықтай үлкейеді. Бірдей «сигнал/шуыл» қатынасы үшін жіберу жылдамдығын салыстыру 2-кестеде келтірілген.

## Кесте 2

Бірдей «сигнал/шуыл» қатынасы үшін жіберу жылдамдығын салыстыру

DVB-T			DVB-T2		
Кодтаудың қатысты жылдамдығы	«Сигнал/шуыл» қатынасы, дБ	Жіберу жылдамдығы, Мбит/с	Кодтаудың қатысты жылдамдығы	«Сигнал/шуыл» қатынасы, дБ	Жіберу жылдамдығы, Мбит/с
3/4	18,6	27,14	2/3	18,4	40,23
5/6	20	30,16	3/4	20,6	45,24
7/8	21,1	31,67	4/5	22	48,27

Тура сол жіберу жылдамдығында «сигнал/шуыл» қатынасы DVB-T2 стандартында 5-6 дБ-ге төмен. Сәйкесінше сондай қызмет көрсету зонасының радиусында жіберушілердің қуатын 3-4 мәрте төмендетуге болады [2].

Егер DVB-T стандартында әртүрлі режимдер үшін жіберу жылдамдығы нақты анықталынған және оның мәні нормативтік құжаттардағы кестеде көрсетілген, онда DVB-T2 стандарты үшін мұндай кестелер тек максималды жіберу жылдамдығы үшін келтірілген. Жалпы жағдайда DVB-T2 стандартының жүйесінің өткізу қабілеті келесі параметрлерге тәуелді: FFT өлшем бірлігін, модуляция типіне, LDPC және BCH кодтарының параметрлеріне, қорғаушы интервалдың ұзақтығына, пилот-сигналдардың таңдалынған схемаларына, формулаға сәйкес есептелінетін кейбір басқада және PLP немесе multiPLP режимдерін қолдануға. Барлық сипатталынған параметрлердің комбинациясын дұрыс жинақтау берілген қамту зонасында шығындарды минимизациялауға, жүйенің бөгетке тұрақтылығы мен өткізу қабілеттілігін, жіберушілердің қуаттылығының мәнін оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар DVB-T стандартына қарағанда DVB-T2 стандартында параметрлердің түрлі комбинациялары айтарлықтай көп, ол оны цифрлық телевизиялық таратудың желісін жобалау үшін аса икемді етеді. Бірдей жылдамдықтағы «сигнал/шуыл» қатынасына салыстыру жүргізейік (3-кесте).

### Кесте 3

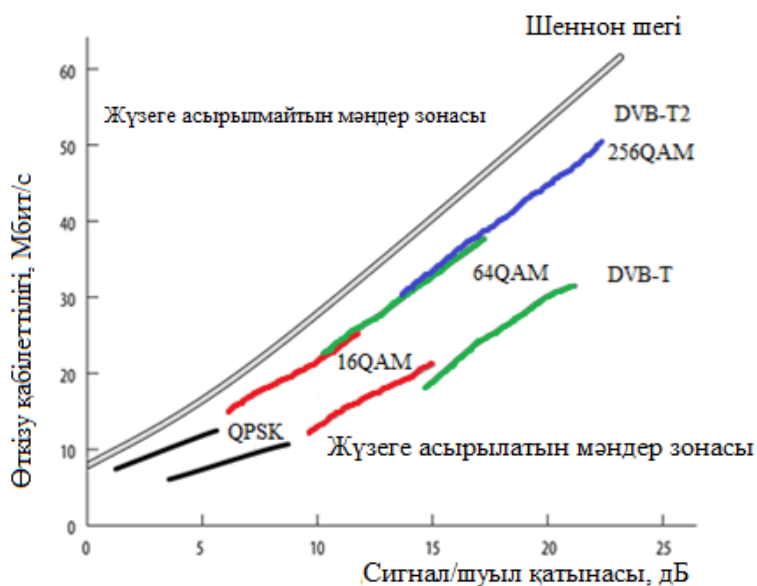
Бірдей жіберу жылдамдығы кезінде «сигнал/шуыл» қатынасын салыстыру

DVB-T			DVB-T2		
Кодтаудың салыстырмалы жылдамдығы	«сигнал/шу» қатынасы, дБ	Жіберу жылдамдығы, Мбит/с	Кодтаудың салыстырмалы жылдамдығы	«сигнал/шу» қатынасы, дБ	Жіберу жылдамдығы, Мбит/с
3/4	18,6	27,14	2/3	18,4	40,23
5/6	20	30,16	3/4	20,6	45,24
7/8	21,1	31,67	4/5	22	48,27

2-ші және 3-кестелерде минималды қорғаушы интервал мен модуляцияның ең жоғары қабатында FFT максималды өлшем бірлігі кезінде жететін, жүйенің максималды өткізу қабілеттілігін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін, жіберу режимдері үшін ұсынылған. Мұндай жағдайларда бір жиілікті желіде өзара жіберушілер арасында жалғанушылардың максималды қашықтығы 8,4 км құрайды. Желіні жобалау кезінде мұндай қашықтық жеткіліксіз болатындығы айдан анық болады. Сондықтан жүйенің өткізу қабілеттілігі кішірейгенге қарамастан, жіберушілер арасындағы қашықтықты ұлғайтуға мүмкіндік беретін басқа қорғау интервалдарын қолдану қажет [3].

Модуляцияның түрлі параметрлері кезінде өткізу қабілеті категориясында DVB-T2 жүйесінің артықшылықтарын келесі график өте көрнекті көрсетеді. 4-суретте DVB-T және DVB-T2 жүйелерінің максималды өткізу қабілеттілігі бейнеленген.





Сурет 4. DVB-T және DVB-T2 жүйелерінің максималды өткізу қабілеттілігі

DVB-T2 стандартының сипаттамалары Шеннон шекарасына жақындайды, сондықтан ары қарайғы бөгетке қарсы тұрақтылық пен өткізу қабілеттілігін ұлғайту цифрлық жер үсті телевизиялық тарату үлгісінің шегінде мүмкін болуы күмәнді. Жақын арада DVB топтамасының үшінші буындағы жерүсті телевиденяның стандарты пайда болады деген екі талай. Принциптік түрде эфирлік цифрлық таратудың жаңа үлгісі жақын арада жасалуы мүмкін, ал ол айтарлықтай уақыттық шығындарды қажет ететін, күрделі міндет болып табылады. Сондықтан екінші және содан кейінгі мультиплекстер үшін DVB-T2 стандартын енгізу ақталымды, яғни өтемді болады [4].

Жоғарыда келтірілінген мәліметтерді қорыта келе, біз бөгетке қарсы тұрақтылығы мен өткізу қабілеттілігі жоспарында жаңа стандарттың нәтижелілігі жайында шешім шығарсақ болады. Ары қарай егжей тегжейлі BCH және LDPC кодтауды және де биттік және уақыттық алмасуларды қарастырсақ болады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Нефедов, В.И. Основы радиоэлектроники и связи [Текст]: уч. пос. / В.И. Нефедов, А.С. Сигов, под ред. В.И. Нефедова. – М.: Высшая школа, 2009. – 735 с.
2. Гуменюк, А.Д. Основы электроники, радиотехники и связи [Текст]: уч. пос. для вузов / А.Д. Гуменюк, В.И. Журавлев, Ю.Ю. Мартюшев [и др.], под ред. Г.Д. Петрухина. – М.: Горячая линия - Телеком, 2008. – 480 с.
3. Баркун, М.А. Цифровые системы синхронной коммутации [Текст] / М.А. Баркун, О.Р. Ходасевич. – М.: Радио и связь, 2001.
4. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] / С.И. Баскаков. – М.: Высшая школа, 2000.

Материал редакцияға 29.05.18 түсті.

**А.А. Орманбекова, Ә. Дидарұлы, Ә.С. Лес**

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

### **ПЕРЕДАЧА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В ЦИФРОВОМ ВЕЩАНИИ**

В статье представлены преимущества и интерфейсы системы DVB-T2, сравнение кодирования LDPC и СК, максимальная пропускная способность систем DVB-T и DVB-T2.

**Ключевые слова:** код, интерфейс, модуляция, эталон, шлюз, режим.

**A.A. Ormanbekova, A.S. Les, A.Didaruly**

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

### **TRANSFER OF TRANSPORT FLOWS IN DIGITAL BROADCASTING**

The advantages and interfaces of DVB-T2 system, comparison of LDPC and SC coding, maximum bandwidth of DVB-T and DVB-T2 systems are presented in the article.

**Keywords:** code, interface, modulation, standard, gateway, mode.

*Журнал «Механика и технологии»:*

**IET InspecDirect**

*Входит в реферативную базу данных Information Service for Physics, Electronics and Computing (INSPEC DIRECT) Института Инжиниринга и Технологий Великобритании.*

<http://inspecdirect-service.theiet.org/private/home.aspx>

**eLIBRARY.RU**

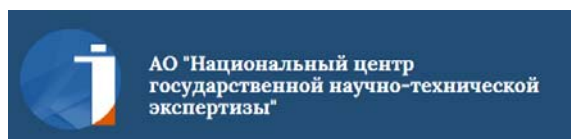
*Зарегистрирован в российской национальной библиографической базе данных научного цитирования РИНЦ*

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



*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.*

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



*Имеет импакт-фактор по Казахстанской базе цитирования –  $IF_{kaz} = 0,03$*

[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»)*