



ISSN 2308-9865

№3,  
2018

# МЕХАНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Ғылыми журналды



Научный журнал

## МЕХАНИКА И ТЕХНОЛОГИИ



Scientific Journal

## MECHANICS & TECHNOLOGIES





ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

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



## МЕХАНИКА ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ISSN 2308-9865

Ғылыми журнал  
1994 жылдың қаңтарынан бастап шығады  
Жылына төрт рет шығады

№ 3 (61)  
Шілде-қыркүйек  
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 04.10.2018. Форматы 70×180/16. Шартты баспа  
табағы 16,9. Тираж 300 дана. Тапсырыс 542.

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

№ 3 (61)  
Июль-сентябрь  
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. Атенов

*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 04.10.2018. Формат 70×180/16. Усл. печ. л. 16,9. Тираж  
300 экз. Заявка 542.

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

**№ 3 (61)**

July-September  
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 04.10.2018. Form 70×180/16. Cond. print. sh. 16,9. Edition 300 copies. Application 542.

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., Доненбаев Б.С.</b> Исследование распределения температуры и скорости деформации при ротационно-фрикционном растачивании отверстий больших размеров ..	7
<b>Габдысалык Р., Шеров К.Т.</b> Создание расчетной модели специальной конусной фрезы методом конечных элементов .....	20
<b>Шеров К.Т., Доненбаев Б.С., Тусупова С.О.</b> Исследование способа ротационно-фрикционного растачивания отверстий больших размеров .....	32
<b>Ходжибергенов Д.Т., Шеров К.Т., Орынбасаров А.К., Ибрагимов З.А.</b> Исследование и анализ конструкции бурильных инструментов .....	42
<b>Абдигалиев М., Алиев С.</b> Разработка общей методики формирования структуры землеройных машин и их классификация .....	53
<b>Сазамбаева Б.Т., Тогизбаева Б.Б., Маханов М., Сарсенбаев Б.</b> К расчету многоцелевых рабочих органов гидравлического экскаватора	60
<b>Мардонов Б.Т.</b> Экспериментальное исследование обработки зубьев прямозубых цилиндрических зубчатых колес обкатным инструментом «Шевером-прикатником» .....	64
<b>Сазамбаева Б.Т., Тогизбаева Б.Б., Маханов М.</b> К вопросу компьютерного моделирования процесса резания грунта фрезой гидравлического экскаватора .....	71
<b>Сазамбаева Б.Т., Маханов М.</b> Моделирование нагрузок на конвейере с трубчатой лентой .....	76
<b>ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ</b>	
<b>Жакупова Г.Н., Элтайұлы С., Айляз Ж.Т., Даутханқызы Ж.</b> Биологиялық белсенді заттармен байытылған сүзбе өндіру технологиясын жетілдіру .....	80
<b>Zhanabayeva K.K., Ongarbayeva N., Rukshan L.V., Eroshenko Ya.I.</b> Qualitative characteristics of cookies received from the "Taza" triticle grain flour .....	86
<b>Жанабаева К.К., Онгарбаева Н., Рукшан Л.В., Ерошенко Я.И.</b> Оптимальные режимы холодного кондиционирования зерна тритикале озимых сортов Казахстана .....	94
<b>Zhanabayeva K.K., Ongarbayeva N., Rukshan L.V., Eroshenko Ya.I.</b> Middling-forming process of triticle grain of Kazakhstan breeding .....	101

## ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

<b>Унайбаев Б.Ж., Шегай В.М., Унайбаев Б.Б.</b> Эффективность применения стен из грунтовых материалов .....	105
<b>Унайбаев Б.Ж., Шегай В.М., Унайбаев Б.Б., Канаева Т.А.</b> Обоснование технологии возведения дешевого жилья .....	112
<b>Баялиева Г.М., Алтынбекова А.Д.</b> Технология получения стеновых изделий на основе барханного песка ...	125
<b>Баялиева Г.М., Алтынбекова А.Д.</b> Безобжиговые стеновые материалы на основе композиционных вяжущих .....	128

## ЭНЕРГЕТИКА

<b>Мехтиев А.Д., Югай В.В., Калиаскаров Н.Б., Есенжолов У.С., Алькина А.Д., Федорова А.В.</b> Пути решения проблемы эффективного электроснабжения сельских потребителей через внедрение многотопливных тепловых электростанций сверхмалой мощности .....	133
---	-----

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Орманбекова А.А., Жеңісбек А., Мырзатай А.</b> Аралас сымсыз желілерді басқару алгоритмдері .....	144
---	-----





---

---

## Механика и машиностроение

---

---

УДК 621.09.1

**К.Т. Шеров<sup>1</sup>, Б.С. Доненбаев<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](mailto:shkt1965@mail.ru), <sup>2</sup>[bahytshan09@mail.ru](mailto:bahytshan09@mail.ru)

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РОТАЦИОННО-ФРИКЦИОННОМ РАСТАЧИВАНИИ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ

В работе приводятся результаты исследования температурно-деформационных процессов, протекающих при ротационно-фрикционном растачивании отверстий больших размеров, которые решаются путем моделирования процесса обработки методом конечных элементов с помощью компьютерной программы ANSYS WB. Проведенные авторами исследования показали, что самым узким местом при изготовлении крупногабаритных деталей является обеспечение точности и качества обработки отверстий больших размеров. Для решения данной проблемы ими предлагается способ ротационно-фрикционного растачивания и конструкция специального инструмента. Исследование распределения температуры и деформации при ротационно-фрикционном растачивании выполнена для обработки материалов: сталь 60, сталь 45, сталь 30ХГСА, сталь АК-25, сталь 12Х18Н10Т. В качестве физического критерия разрушения пластически деформируемого материала принят критерий накопленных пластических деформаций в форме Джонсона-Кука. Полученные в исследовании распределения температур в теле заготовки в полной мере отвечают современным представлениям о распределении температуры на контактной границе между стружкой и инструментом.

**Ключевые слова:** ротационно-фрикционное растачивание, метод конечных элементов, температура, деформация, глубина резания, чашечный резец, угол установки.

**Введение и актуальность исследования.** Современное тяжелое машиностроение характеризуется значительным удельным весом мелкосерийных и единичных форм производства. Машины и технологическое оборудование, производимые для металлургической, энергетической, горнодобывающей, химической отраслей промышленности, характеризуются большой металлоемкостью и высокой трудоемкостью их изготовления. Основными задачами при обработке тяжелых и крупногабаритных деталей являются: достижение требуемой геометрии и точности, шероховатости поверхностей и физико-механических свойств поверхностного слоя. Чистовые и отделочные операции, в процессе выполнения которых формируются физико-механические свойства поверхностного слоя массивных деталей, а следовательно, и их эксплуатационные качества, основаны на резании материалов.

Проведенные исследования показали, что самым узким местом при изготовлении крупногабаритных деталей является обеспечение точности и качества обработки отверстий больших размеров. Для решения данной проблемы был разработан способ ротационно-фрикционного растачивания и конструкция специального ротационно-фрикционного инструмента [1-4]. В работах [5,6] были выполнены исследования по оптимизации параметров специального ротационно-фрикционного инструмента. Для обеспечения качества обработки необходимо исследование температурно-деформационных процессов протекающих при ротационно-фрикционном растачивании отверстий больших размеров, который решается путем моделирования процесса обработки методом конечных элементов с помощью компьютерных программ. Известно, что моделирование процесса резания методом конечных элементов с использованием компьютерных программ (ABAQUS, DEFORM, ANSYS и др.) является актуальным направлением современных научных исследований в области металлообработки. Значительный вклад в развитие указанного научного направления внесли проф. Usui E., Strenkovski J.S., Shih A.J., Childs T.H. C., Altan T., Jawahir I.S., Klocke F, Остафьев В. А. и др.

Рассмотрим схему возникновения и распространения тепловых потоков при обработке заготовки лезвийным инструментом (рис. 1) [7]. В качестве основных источников тепла в зоне резания можно выделить деформирование материала, трение стружки о переднюю поверхность инструмента и заготовки о заднюю его поверхность. Распределяется образующееся тепло в три основных элемента системы резания: заготовку, стружку, инструмент, а также в окружающую среду. Таким образом, для зоны резания предложено уравнение теплового баланса в виде

$$Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4,$$

где:  $Q'_1$  - количество теплоты, эквивалентное энергии, затраченной на деформирование и разрушение при стружкообразовании поверхностного слоя;  $Q'_2$  - количество теплоты, эквивалентное работе сил трения при контакте передней поверхности лезвия и деформированного материала;  $Q'_3$  - количество теплоты, эквивалентное работе сил трения на задней поверхности лезвия при переходе деформированного материала в поверхностный слой изделия;  $Q_1$  - количество теплоты, уходящее в стружку;  $Q_2$  - количество теплоты, уходящее в заготовку;  $Q_3$  - количество теплоты, уходящее в инструмент;  $Q_4$  - количество теплоты, уходящее в окружающую среду.

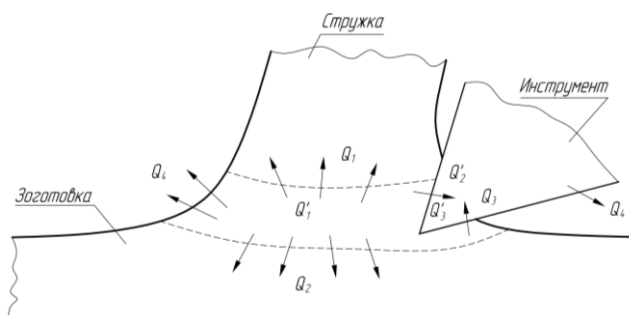


Рис. 1. Схема возникновения и распределения тепловых потоков в технологической системе резания

Известно [8], что наибольшее количество тепла переходит в стружку (для стали 60-80% от общего количества тепла), а также с увеличением скорости резания доля тепла, уходящего в стружку, увеличивается, а ее средняя температура растет.

Экспериментальные исследования А. Н. Резникова [9], P.L.V. Oxley [10] и др. показали, что температура на поверхности инструмента вдоль поверхности его контакта со стружкой также распределена неравномерно, имея максимум вблизи центра этой области (рис. 2).

В.Д. Кузнецовым установлено [11], что в одном и том же месте поверхности контакта температура поверхностных слоев стружки и инструмента отличается, поскольку нагреванию подлежат все время одни и те же слои инструмента, а контактные поверхности стружки и заготовки непрерывно обновляются. Поэтому когда в реальных условиях максимальная температура на поверхности инструмента может достигать значений теплостойкости инструментального материала, то максимальная температура в поверхностных слоях стружки может достигать температуры плавления обрабатываемого материала.

На рисунке 2 показана схема распределение температуры и скорости деформации на контактной поверхности инструмента [12].

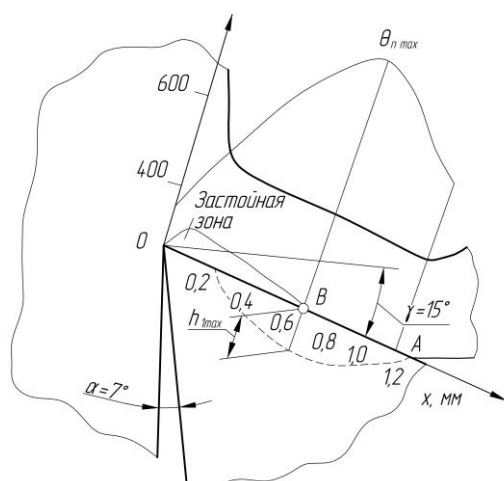


Рис. 2. Распределение температуры и скорости деформации на контактной поверхности инструмента

Между механической мощностью процесса  $N$  [ $\text{Н} \cdot (\text{м}/\text{с})$ ] и ее тепловым эквивалентом  $Q$  ( $\text{Дж}/\text{с}$ ) теоретически нет полной количественной идентичности, т. к. часть механической энергии переходит в поглощенную энергию деформации кристаллической решетки обрабатываемого материала. Однако, ряд исследований показал, что при больших степенях деформации, характерных для процессов механической обработки, поглощенная энергия незначительна ( $\sim 0,5 \div 3 \%$ ), и с достаточной для практики точностью можно полагать, что вся механическая мощность переходит в теплоту. Известно [13,14], что максимальный путь резания (ресурс инструмента) будет обеспечен, если в процессе обработки температура резания будет равна характерной для заданной пары «обрабатываемый-инструментальный» материал величине – оптимальной температуре резания. Достаточно

объемные исследования оптимальной температуры резания и весьма большое количество экспериментальных данных относительно величины оптимальной температуры для разных пар «обрабатываемый-инструментальный» материал (например [13, 14]), дают возможность прогнозирования оптимального режима резания для заданной операции даже на стадии проектирования режущего инструмента сравнением рассчитанной и оптимальной температуры резания. Определение оптимальных режимов резания инструментами со сложной геометрической формой с помощью известных аналитических моделей и методов практически невозможно без значительных допущений, а проведение экспериментальных исследований связано с большими затратами времени. В этих условиях решение задачи прогнозирования оптимального режима резания может быть выполнено путем моделирования рабочего процесса методом конечных элементов.

В связи с этим исследование распределения температуры и деформации при ротационно-фрикционном растачивании отверстий больших размеров является актуальным и представляет научный и практический интерес.

**Численное исследование распределения температуры и деформации при ротационно-фрикционном растачивании.** Распределение температуры и деформации при ротационно-фрикционном растачивании рассмотрим на примере обработки следующих материалов: сталь 60, сталь 45, сталь 30ХГСА, сталь АК-25, сталь 12Х18Н10Т. Исследования проводим с помощью программы ANSYS. Среди исходных данных для компьютерного моделирования одними из наиболее важных являются данные о механических свойствах обрабатываемого материала, т.е. данные о связи между деформациями и напряжениями в нем. Эти свойства описываются определяющим уравнением и уравнением состояния. В качестве определяющего уравнения в работах, посвященных изучению процессов пластической деформации различных материалов с помощью МКЭ, широко используется известная модель Джонсона-Кука [15, 16, 17, 2]. Коэффициенты уравнения Джонсона-Кука приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры модели Джонсона-Кука для материалов

Материалы	A, МПа	B, МПа	n	C	m
Ст. 60	350	275	0.36	0.022	1
Ст. 45	410	280	0.47	0.0037	1.1
30ХГСА	1680	500	0.5	0.015	1
АК-25	700	475	0.297	0.015	1
12Х18Н10Т	280	1215	0.43	0.031	1.15

В качестве физического критерия разрушения пластически деформируемого материала принят критерий накопленных пластических деформаций в форме Джонсона-Кука [15, 2]:

$$\omega = \sum \frac{\Delta \varepsilon}{\Delta \varepsilon_f} \geq 1,$$

где  $\Delta \varepsilon$  - инкремент результирующей пластической деформации;  
 $\varepsilon_f = [D_1 + D_2 \cdot \exp(D_3 \cdot \sigma^*)] \cdot [1 + D_4 \cdot \ln \varepsilon^*] \cdot [1 + D_5 \cdot T^*]$  - результирующая

деформация разрушения материала [13];  $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5$  - эмпирические коэффициенты.

Коэффициенты для выражения, определяющего критерий разрушения, получаются с использованием тестов на растяжение-сжатие либо по литературным данным. Они приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры пластической деформации разрушения заготовок

Материалы	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$
Ст. 60	-0.8	2.1	-0.5	0.002	0.61
Ст. 45	0	1.3	-0.17	0.063	2.8
30ХГСА	0.54	4.89	-3.03	0.014	1.12
АК-25	0.54	4.89	-3.03	0.014	1.12
12Х18Н10Т	0	1.15	-0.1	-0.015	-0.5

При решении термомеханической задачи граничные условия состояли в ограничении почти всех 5-и компонентов кроме вращения заготовки (тело вращения) относительно осевой линии  $n = 660$  об/мин и ограничены движения и повороты инструмента вдоль и относительно осей  $Y, Z$  и даны перемещение по оси  $X$  с постоянной подачей  $s = 0,42$  мм/об и глубиной резания  $t = 0,5 \div 2,0$  мм. На рисунке 3 показаны положения чашечного резца при различных углах установки.

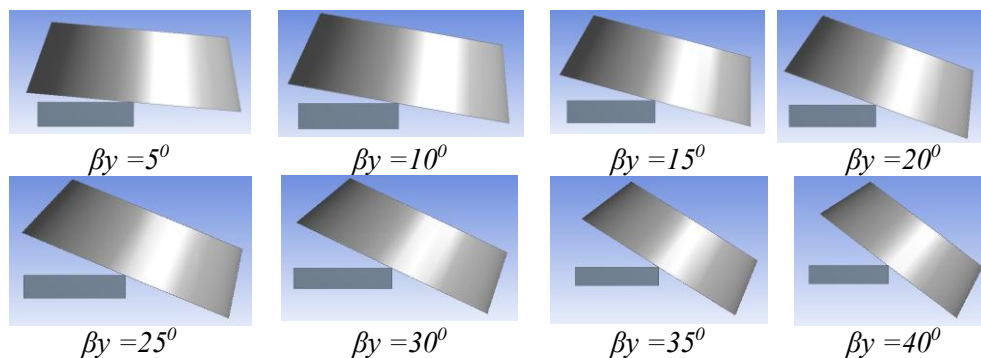


Рис. 3. Положения чашечного резца при различных углах установки

Кроме угла установки инструмента будет изменяться глубина резания (рис. 4) в пределах 0,5-2,0 мм.

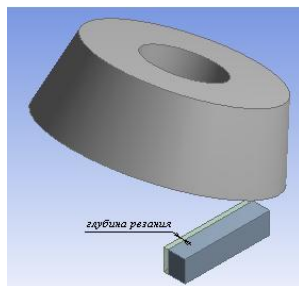


Рис. 4. Глубина резания при растачивании отверстия

При составлении расчетной схемы (см. рис. 1) приняты следующие допущения: так как диаметр отверстия является крупным (350-4000 мм) при растачивании сегментом (кусок) обрабатываемого материала, он принят не полукруглой призмой, а прямоугольной призмой, а также вращательное движение преобразовано в поступательное через линейную скорость. Вся эта процедура делалась для уменьшения машинного времени.

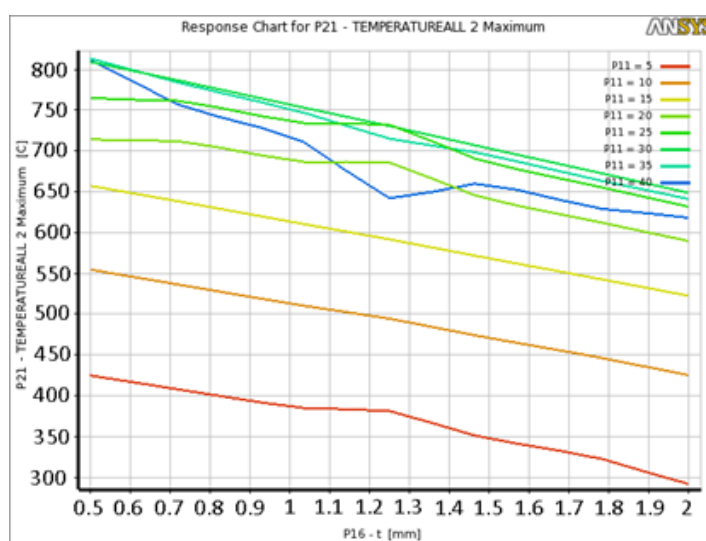
Физические свойства обрабатываемого материала и режущей чашки ротационно-фрикционного инструмента (9XC), используемые в модели, представлены в таблице 3.

Таблица 3

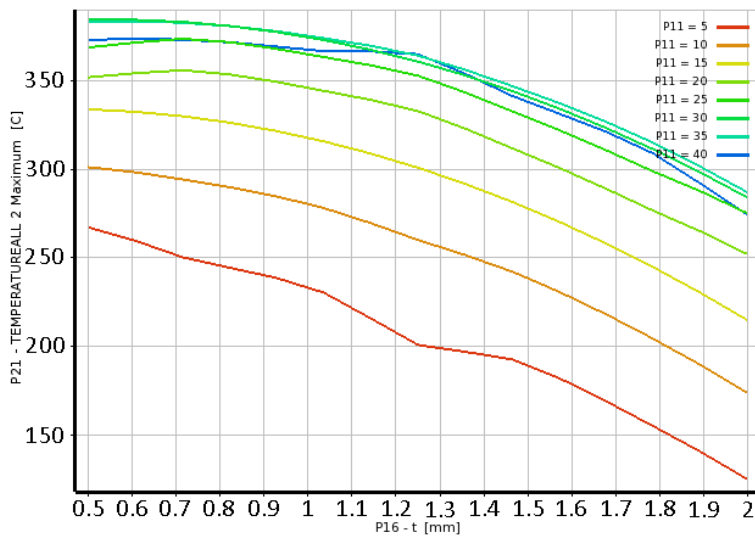
Физические свойства материалов

Материалы	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Модуль Юнга $E$ , ГПа	Коэффициент Пуассона, $\nu$	Удельная теплопроводность, ср, Дж/(кгС)	Теплопроводность, $\lambda$ , Вт/(мС)	Начальная Температура $T_0$ , °С	Температура плавления $T_f$ , °С
Ст. 60	7850	215	0.3	483	68	22	1500
Ст. 45	7850	215	0.3	642	40,2	22	1500
30ХГСА	7850	215	0.3	496	38	22	1030
АК-25	7850	215	0.3	470	51	22	1500
12Х18Н10Т	7850	215	0.3	575	27	22	1500
9XC	7850	215	0.3	490	53	22	1480

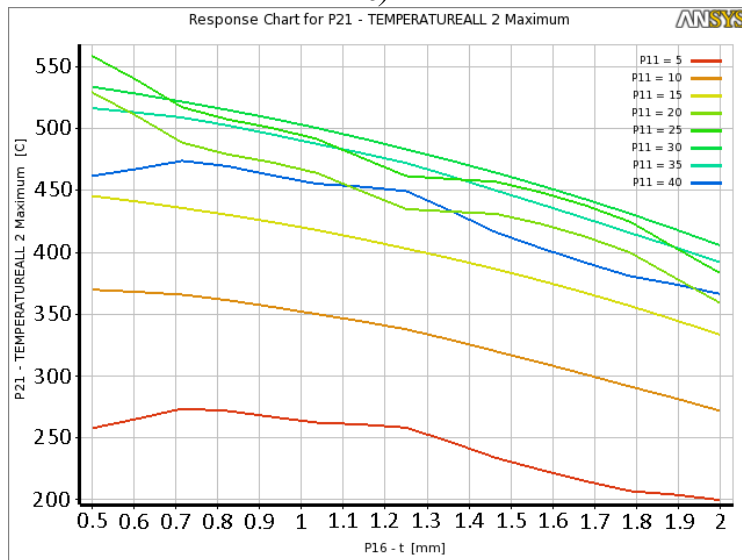
**Обсуждение результатов.** На рисунках 5, а, б очевидно, что увеличение толщины среза (припуска) при обработке стали 30ХГСА с 0,5 до 2 мм (то есть в 4 раз) приводит к уменьшению температуры почти 100°С, в то время как при обработке стали 12Х18Н10Т при таком же изменении толщины среза температура также уменьшается на 80°С.



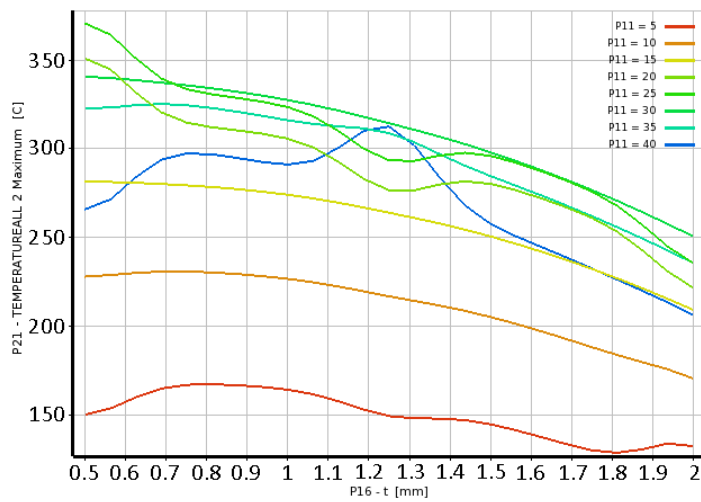
а)



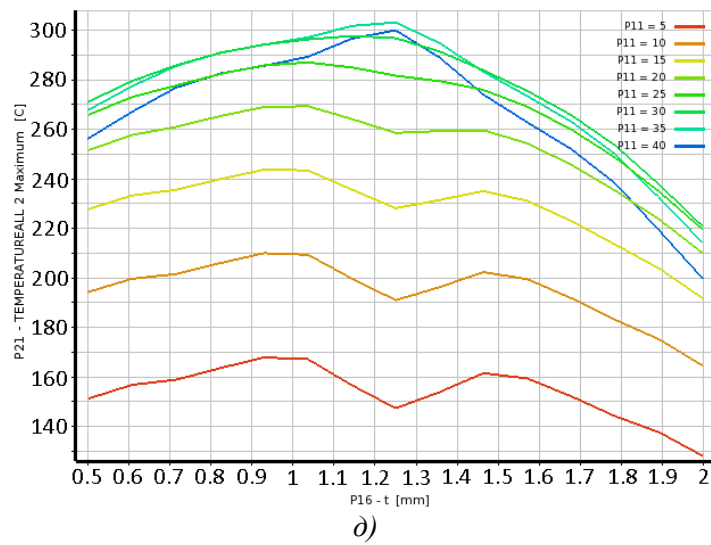
б)



в)



г)



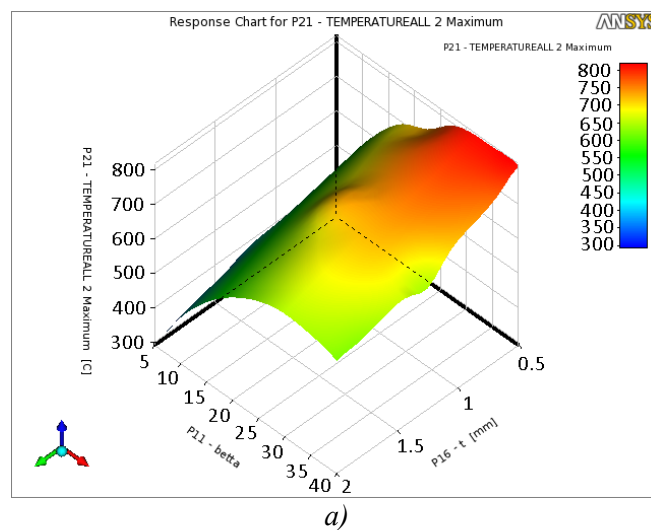
*a* - сталь 30ХГСА; *б* - сталь 12Х18Н10Т; *в* - для стали АК-25; *г* - для стали 45; *д* - для стали 60.

Рис. 5. Графики изменения температуры от глубины резания в разных углах установки инструмента

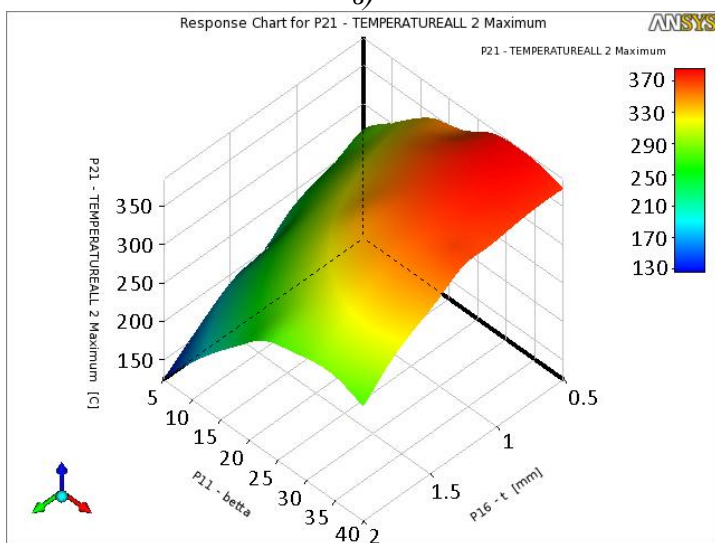
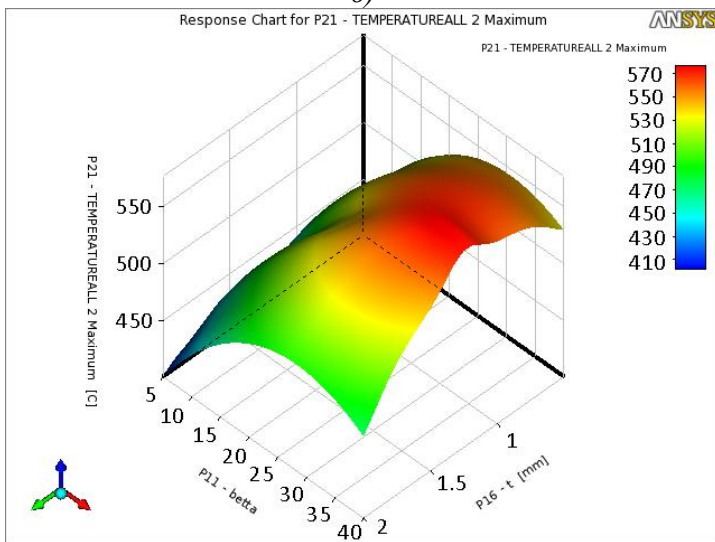
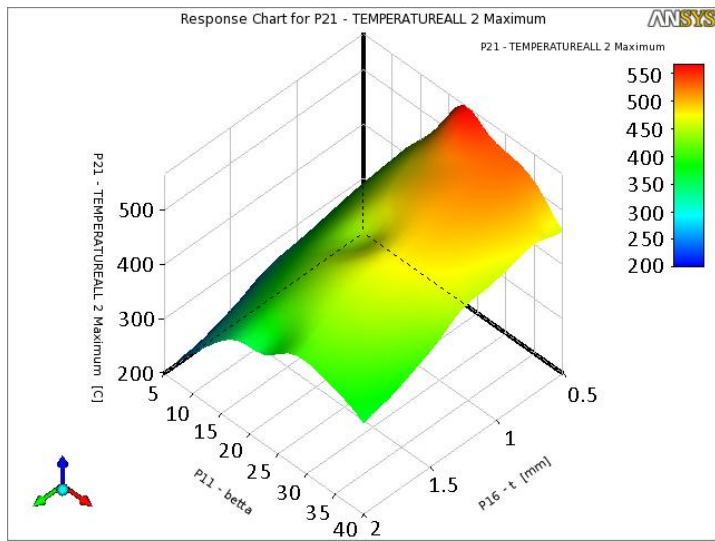
Также следует отметить, что изменение температуры для 30ХГСА носит практический линейный характер, а для другого параболический. Такая ситуация связана как с уменьшением пятна контакта при увеличении угла установки относительно обрабатываемого материала, так и с увеличением объема материала, подвергающегося деформации в зоне стружкообразования в текущий момент времени с увеличением толщины среза, а также ухудшением условий прогревания стружки, которое способствует уменьшению прочности ее материала.

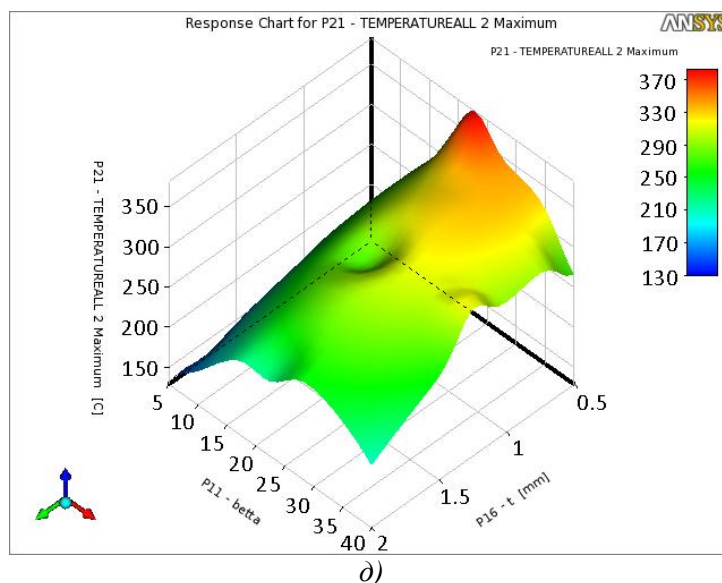
На рисунке 5, *в* наблюдается схожая картина, как при обработке 30ХГСА, но максимальные температуры в разных углах установки уменьшаются на 175-300<sup>0</sup>С, чем на рисунке 5, *г*.

На рисунке 6 показаны поверхности отклика для исследуемых материалов.









*a* - для стали 30ХГСА; *б* - для стали АК-25; *в* - для стали 60; *г* - для стали 12Х18Н10Т; *д* - для стали 45.

Рис. 6. Поверхности отклика для исследуемых материалов

На распределение тепла между стружкой, деталью и инструментом главное влияние оказывают механические и теплофизические свойства материала детали и скорость резания.

В таблице 4 приводятся значения температуры распределенной между стружкой, деталью и инструментом при ротационном растачивании.

Таблица 4

Распределение тепла между стружкой, деталью и инструментом при ротационном растачивании ( $t = 0,5$  мин;  $S = 0,14$  мм/об;  $V = 160$  м/мин)

Материал обрабатываемой детали	$\lambda$ , Вт/(м·К)	Температура, °С		
		в стружке	в детали	в резце
30ХГСА	38	800	202	84
Сталь 25	51	550	120	96
Сталь 60	68	270	110	127
Сталь 45	40,2	370	113	65
12Х18Н10Т	27	390	85	56

Из таблицы 4, видно, что распределение тепла между стружкой, деталью и резцом сильно зависит от коэффициента теплопроводности  $\lambda$  обрабатываемого материала.

Полученные в исследовании распределения температур в теле заготовки в полной мере отвечают современным представлениям о распределении температуры на контактной границе между стружкой и инструментом. Как видно из рисунков 5, *a, б, в, г, д* максимальные температуры всегда уменьшаются с увеличением глубины резания, а с ростом угла установки инструмента наоборот увеличивается при  $15^\circ \div 35^\circ$ . Имеет место экстремальное распределение контактной температуры для материалов

сталей, сталь 45, сталь 60 при значении припуска  $t = 1,2 - 1,3$  мм, а для остальных при  $t = 0,5$  мм.

**Выводы:**

1. Для исследования распределения температуры и деформации при ротационно-фрикционном растачивании, в качестве физического критерия разрушения пластически деформируемого материала был принят критерий накопленных пластических деформаций в форме Джонсона-Кука.

2. Выявлено, что изменение температуры резания чувствительны к изменению скорости резания в соответствии с современными представлениями: с увеличением скорости резания сила резания уменьшается, а температура повышается.

3. Установлено, что с увеличением деформации увеличение объема приводит к уменьшению плотности и объемной теплоемкости, которая при высоких скоростях деформации вызывает повышение скорости, увеличение температуры и преждевременную потерю устойчивости деформирования.

4. Установлено, что увеличение глубины резания приводит к уменьшению температуры в зоне резания, а увеличение угла установки инструмента  $\beta$ , наоборот увеличению. Также выявлено, что экстремальное распределение контактной температуры наблюдается для материалов сталь 45, сталь 60 при значении припуска  $t = 1,2 - 1,3$  мм, а для остальных материалов при  $t = 0,5$  мм.

5. Исследование распределения температуры и деформации при ротационно-фрикционном растачивании выполнено для обработки материалов: сталь 60, сталь 45, сталь 30ХГСА, сталь АК-25, сталь 12Х18Н10Т. Результаты исследования показали, что распределения температур в теле заготовки в полной мере отвечают современным представлениям о распределении температуры на контактной границе между стружкой и инструментом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Donenbayev B.S., Ainabekova S.S. and etc. Experimental Research of Rotational-and-Frictional Boring of Big Holes in Large Parts / Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, Vol. 47 No. 4 (2017) pp.23-36.
2. Sherov K.T., Sikhimbayev M.R. Sherov AK, Mazdubay AV, Rakishev AK and etc. Matematical modeling of thermofrictional milling process using ANSYS WB software / Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, Vol. 47 No. 2 (2017) pp. 24-33.
3. Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Donenbayev B.S. and etc. The research of the temperature impact in tool - workpiece contact on the quality of the cut at thermofrictional cutting / Mechanics and Mechanical Engineering, Lodz, Poland, Vol. 21, No. 3 (2017) pp.755-762.
4. Sherov K.T., Rakishev A.K. Chip formation rotational-frictional turning cylindrical surfaces of agricultural machinery parts / Modern science success journal, Belgorod, Vol. 1 No. 5 (2017) pp. 104-111.
5. Доненбаев, Б.С. Конечное-элементное исследование и оптимизация геометрических параметров деталей ротационно-фрикционного инструмента [Текст] / Б.С. Доненбаев, К.Т. Шеров // Механика и технологии. – 2018. – №1(59). – С.7-16.

6. Шеров, К.Т. Ротациялық-фрикциялық құралдың жүктелген «білік» торабын параметрлік оңтайландыру [Мәтін] / К.Т. Шеров, Б.С. Дөненбаев // Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – №2(71). – С.28-35.
7. Резников, А.Н. Тепловые процессы в технологических системах [Текст] / А.Н. Резников, Л.А. Резников. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
8. Бобров, В.Ф. Основы теории резания металлов [Текст] / В.Ф. Бобров. – М.:Машиностроение, 1975. – 343 с.
9. Shaw M. C. Metal Cutting Principles / M. C. Shaw. – Oxford: Clarendon Press, 1984. – 651 p.
10. Золоторевский, В.С. Механические свойства металлов [Текст]: учебник для вузов / В.С. Золоторевский. – М. : Металлургия, 1983. – 352 с.
11. Равська, Н.С. Теоретичні дослідження впливу параметрів процесу різання на силу різання при відрізанні фрезами [Текст] / Н.С. Равська, В.Г. Панчук, О.В. Рублюк // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – 2009. – № 57. – С. 5–10.
12. Sartkulvanich P., Altan T., Göcmen A. Effects Of Flow Stress And Friction Models In Finite Element Simulation Of Orthogonal Cutting – A Sensitivity Analysis / Machining Science and Technology. – 2005. № 9. – P.1–26.
13. Klocke F., Raedt H., Hoppe S. 2D-fem simulation of the orthogonal high speed cutting process / Machining Science and Technology. – 2001. – № 5. – P. 323–340.
14. Rhim S.H., Oh S.I. Prediction of serrated chip formation in metal cutting process with new flow stress model for AISI 1045 steel / Journal of Material Processing Technology. – 2006. – Vol. 171. – P. 417–422.
15. Бруяка, В.А. Инженерный анализ в Ansys Workbench [Текст]: учебное пособие / В.А. Бруяка, В.Г. Фокин, Я.В. Курвева. – Самара: СГТУ, 2013. – 148 с.
16. Криворучко, Д.В. Моделирование процессов резания методом конечных элементов: методологические основы [Текст]: монография / Д.В. Криворучко, В.О. Залого. – Сумы: Университетская книга, 2012. – 496 с.
17. Криворучко, Д.В. Основи 3D - моделювання процесів механічної обробки методом скінченних елементів [Текст] / Д.В. Криворучко, В.О. Залого, В.Г. Корбач. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 209 с.

*Матеріал посту́пил в редакцію 12.06.18.*

**К.Т. Шеров, Б.С. Дөненбаев**

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

### **ҮЛКЕН ӨЛШЕМДІ ТЕСІКТЕРДІ РОТАЦИЯЛЫҚ-ФРИКЦИЯЛЫҚ КЕҢЕЙТЕ ЖОНУ КЕЗІНДЕ ТЕМПЕРАТУРА ТАРҚАЛУЫ МЕН ДЕФОРМАЦИЯ ЖЫЛДАМДЫҒЫН ЗЕРТТЕУ**

Мақалада ANSYS WB компьютерлік бағдарламасының көмегімен, соңғы элементтер әдісі арқылы өңдеу процесін модельдеу жолымен шешілген, үлкен өлшемді тесіктерді ротациялық-фрикциялық өңдеу кезінде пайда болатын температуралық-деформациялық процестерді зерттеу

нәтижелері берілген. Авторлар жүргізген зерттеулер нәтижесінде, ірі габаритті тетіктерді даярлауда ең өзекті мәселе болып үлкен өлшемді тесіктерді өңдеу табылатындығы анықталған. Бұл мәселені шешу үшін ротациялық-фрикциялық өңдеу әдісі мен арнайы кесуші құрал құрылымы ұсынылған. Ротациялық-фрикциялық өңдеу кезінде температура мен деформацияның тарқалуы келесі материалдарды өңдеу барысында зерттелген: болат 60, болат 45, болат 30ХГСА, болат АК-25, болат 12Х18Н10Т. Пластикалық деформацияланушы материалдың қирауының физикалық критерийсі ретінде Джонсон-Кук формасындағы жинақталған пластикалық деформациялар критерийсі қабылданған. Зерттеу кезінде анықталған, температураның дайындама бойымен тарқалу процесі қазіргі уақыттағы жоңқа мен кесуші құрал түйісу аймағындағы температура тарқалуы туралы түсінікке сәйкес келетіндігі мәлім болды.

**Тірек сөздер:** ротациялық-фрикциялық кеңейтежону, соңғы элементтер әдісі, температура, деформация, кесу тереңдігі, табақшалы кескіш, орнату бұрышы.

**К.Т. Sherov, B.S. Donenbaev**

*Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

#### **INVESTIGATION OF THE DISTRIBUTION OF TEMPERATURE AND SPEED OF DEFORMATION IN THE ROTATION-FRICTION LENGTH OF HOLES OF LARGE SIZES**

In this paper, we present the results of a study of the temperature-deformation processes of large-sized holes that occur during rotational friction boring, which is solved by modeling the finite element processing by means of the computer program ANSYS WB. The research conducted by the authors showed that the bottleneck in the manufacture of large-sized parts is to ensure the accuracy and quality of machining holes of large dimensions. To solve this problem, we propose a method of rotational-friction boring and the construction of a special tool. The study of the distribution of temperature and deformation during rotational friction boring is performed for the processing of materials: steel 60, steel 45, steel 30ХГСА, steel АК-25, steel 12Х18Н10Т. As a physical criterion for the destruction of plastically deformable material, the criterion of accumulated plastic deformations in the form of Johnson-Cook. The temperature distributions in the workpiece body obtained in the study fully correspond to modern concepts of the temperature distribution at the contact boundary between the chips and the tool.

**Keywords:** rotational friction boring, finite element method, temperature, deformation, cutting depth, cup cutter, installation angle.

УДК 621. 914. 2

Р. Габдысалык<sup>1</sup>, К.Т. Шеров<sup>2</sup><sup>1</sup>Ст. преподаватель, <sup>2</sup>Д-р техн. наук, профессор<sup>1</sup>Восточно-Казахстанский государственный технический университет,  
г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан<sup>2</sup>Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, Республика КазахстанЭлектронная почта: <sup>1</sup>[riza.gabdyssalyk@mail.ru](mailto:riza.gabdyssalyk@mail.ru), <sup>2</sup>[shkt1965@mail.ru](mailto:shkt1965@mail.ru)

### СОЗДАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ СПЕЦИАЛЬНОЙ КОНУСНОЙ ФРЕЗЫ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Авторами разработаны конструкции конусных фрез для обработки криволинейной поверхности отверстий коробки корпуса шиберной задвижки. В данной статье приводятся последовательность расчета конструкции конусной фрезы оснащенной пластинками из твердых сплавов при различных нагрузках (центробежной, температурной, осевой деформации) путем создания расчетной модели. Подробно описаны этапы создания расчетной модели, которые включают создание идеализированной геометрической модели, конечно-элементной (КЭ) модели, расчетной модели, численного решения задач, анализа полученных результатов. Выполнение расчета конструкций инструмента методом конечных элементов в NX Advanced Simulation позволяет определять прочностные характеристики режущей пластинки и откорректировать конструктивные параметры инструмента на стадий проектирования.

**Ключевые слова:** шиберная задвижка, конусная фреза, расчетная модель, тепловой поток, геометрический модель, осевая деформация.

**Актуальность исследования.** Казахстан обладает огромными подтвержденными запасами нефти и газа. Для транспортировки углеводородов в республике используется более 20 тыс. км магистральных трубопроводов [1].

Современное состояние газовой трубопроводной инфраструктуры Казахстана характеризуется устаревшей производственно-технической базой, нарастающим уровнем непригодности магистральных трубопроводов, отсталостью ремонтного оборудования и применяемых технологий. Среди проблемных вопросов развития казахстанского содержания являются отсутствие в Казахстане мощностей по производству других видов оборудования для трубопроводов, высокая стоимость, а также несоответствие производимого на отечественных предприятиях оборудования и техники мировым стандартам качества для трубопроводной инфраструктуры. В этой связи целесообразно особо рассмотреть вопросы организации таких производств и обеспечения качества производимого оборудования с тем, чтобы повысить уровень Казахстанского содержания.

Высокая значимость развития трубопроводной инфраструктуры для экономики Казахстана предъявляет особые требования к научному обеспечению ее развития [1].

Одним из ответственных элементов магистральных трубопроводов являются задвижки. Задвижки, в частности шиберные, предназначены для установки в качестве запорных устройств на технологических

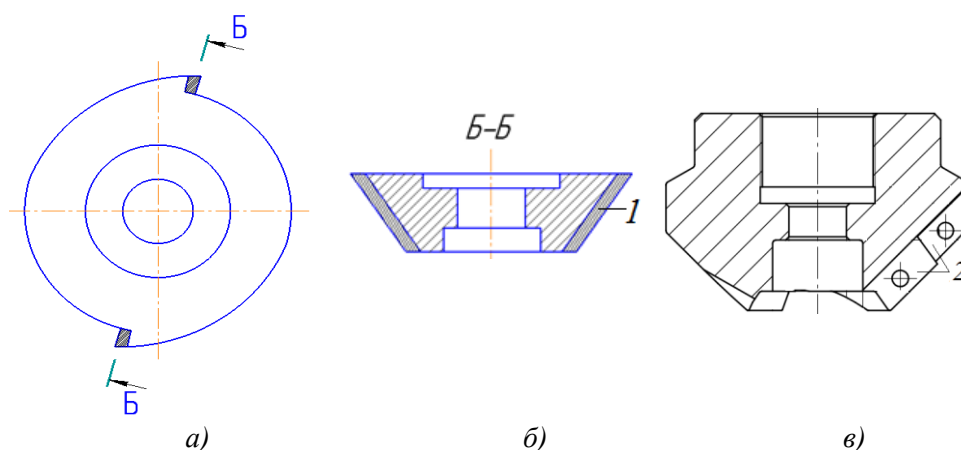
трубопроводах, транспортирующих жидкие и газообразные рабочие среды, в том числе взрывоопасные, нейтральные по отношению к основным деталям (сырая нефть, нефтепродукты, кислые среды, природный газ, коксовый газ, углекислый газ, пищевые масла, суспензии, вода).

АО «Усть-Каменогорский арматурный завод» (г. Усть-Каменогорск) имеет большой опыт производства трубопроводной арматуры, в частности задвижек (шиберные, клиновые и затворы обратные).

В работах [2-4] были раскрыты существующие проблемы при производстве задвижек, в частности при изготовлении крупных шиберных задвижек. Было установлено, что для обеспечения точности соединения коробки корпуса шиберной задвижки и патрубка необходимо фрезерование отверстия с криволинейной поверхностью с обеспечением шероховатости поверхности  $R_a = 12,5$  мкм.

Для решения данной задачи нами предлагается конусная фреза трения и конусная фреза оснащенная пластинками из твердых сплавов.

На рисунке 1 показан эскиз конструкции конусной фрезы трения и конусной фрезы оснащенной пластинками из твердых сплавов.



*а* - конусная фреза трения; *б* – разрез Б-Б; *в* - конусная фрезы оснащенная пластинками из твердых сплавов; 1 – наплавка; 2-пластинки.

Рис. 1. Эскиз конструкции конусной фрезы трения и конусной фрезы оснащенной пластинками из твердых сплавов

Для обеспечения бесперебойной работы конструкции инструментов необходимы исследования конструкции при различных нагрузках (центробежной, температурной, осевой деформации) путем создания расчетной модели.

В связи с чем создание расчетной модели предлагаемого инструмента методом конечных элементов является актуальной задачей.

**Структура и этапы создания расчетной модели.** Выполним работу по созданию расчетной модели конусной фрезы оснащенной пластинками из твердых сплавов.

На рисунке 2 показаны этапы создания расчетной модели [5].



Рис. 2. Этапы создания расчетной модели

**Создание идеализированной геометрической модели (Idealized Part).** Для эффективного применения метода КЭ должна быть построена корректная и максимально простая геометрическая модель (рис. 3). Для этого необходимо провести идеализацию исходной геометрии – мастер-модели. Рекомендуется исключить все геометрические элементы, которые приводят к усложнению расчетной модели (технологические отверстия, скругления, фаски), но не оказывают влияния на ожидаемые результаты выполняемого расчета. Если в исходной геометрии присутствуют видимые поверхностные дефекты, то следует перестроить соответствующие геометрические элементы, для этого в NX присутствуют соответствующие инструменты. Выполнение идеализации геометрии (то есть изменение или упрощение) реализуется без изменения мастер-модели. Система автоматически создает идеализированную геометрическую модель, которой соответствует файл «имя\_fem\_i.prt». Этот файл создается одновременно с созданием файла КЭ модели FEM или файла симуляции SIM.

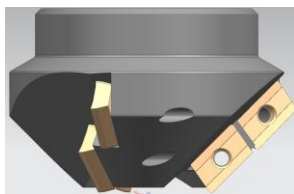


Рис. 3. Геометрическая 3D – модель

**Создание КЭ модели (FEM Part).** Для КЭ модели создается файл «имя\_fem.fem». Помимо построения непосредственно КЭ сетки, в данном файле задаются и хранятся физические свойства частей модели, такие как свойства материалов или параметры оболочечных и стержневых элементов. Геометрия в созданном файле FEM является полигональной, то есть состоит из фасетов, вершин и ребер. В дальнейшем именно полигональная геометрия используется для задания специализированных правил генерации сетки, таких как количество или размер элементов на геометрическом объекте, абстракция геометрии. При этом файл FEM ассоциативно связан с идеализированной геометрией, то есть может быть обновлен автоматически в случае внесения изменений в исходную или идеализированную геометрию. Приложение «NX Расширенная симуляция» (NX Advanced Simulation) (рис. 4) позволяет проводить численное моделирование не только для отдельных



элементов конструкций, но и для нескольких деталей, объединенных в единую сборку.

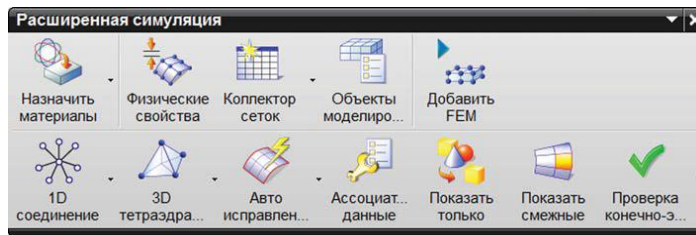


Рис. 4. Команды панели Расширенная симуляция (Advanced Simulation), КЭ модель

Для создания 3D тетраэдральных конечных элементов в выбранных телах необходимо вызвать диалоговое окно *3D тетраэдральная сетка (3D Tetrahedral)* и указать ряд обязательных параметров (рис. 5):

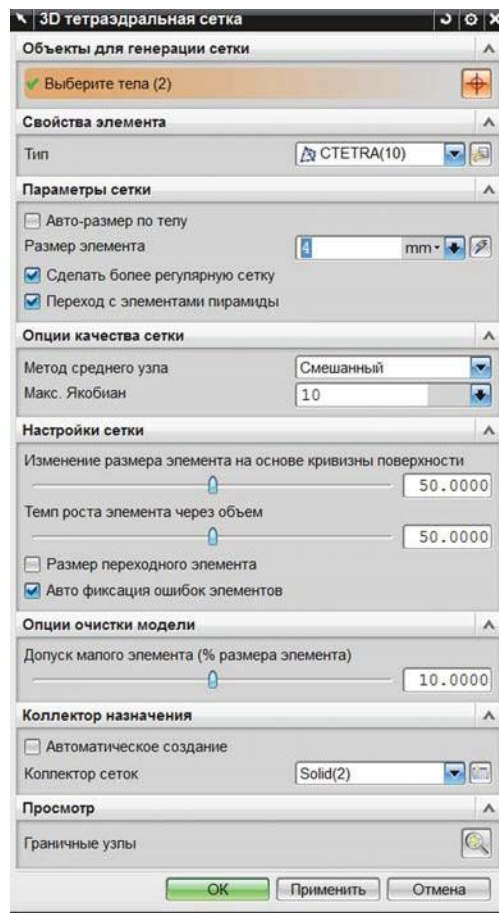


Рис. 5. Создание тетраэдральной сетки

- *Выберите тела (Select Bodies)* – необходимо выбрать не разбитые на элементы тела;
- *Тип/Type (Свойства элемента/Element Properties)* – задается тип элемента, например квадратичный тетраэдральный *CTETRA(10)*;

- *Размер элемента (Element Size)* – вводится характерный размер элемента для выбранной единицы измерения;
- в группе *Коллектор назначения (Destination Collector)* указывается существующий коллектор из списка, либо опция автоматического создания коллектора (установить флажок *Автоматическое создание (Automatic Creation)*), либо создается *Новый коллектор (New Collector)*, не выходя из текущего диалогового окна.

На рисунке 6 показано конусная фреза после наложения 3D тетраэдральной сетки.

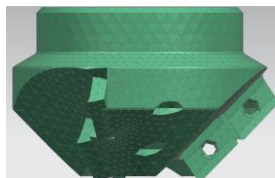


Рис. 6. Конусная фреза после наложения 3D тетраэдральной сетки

**Создание расчетной модели (Simulation Part).** Файл SIM содержит информацию о постановке задачи. То есть на данном этапе для разработанной КЭ модели определяются граничные и начальные условия, условия возможного контактного взаимодействия, один или несколько типов анализа, а также опции решателя. Созданный файл симуляции «имя\_sim.sim» содержит все параметры и свойства поведения конструкции, расчетных случаев, настройки решателя, такие как тип решения, шаг решения, объекты симуляции (контактные граничные условия и др.), нагрузки, ограничения, физические свойства, созданные при перезаписи таблиц физических свойств.

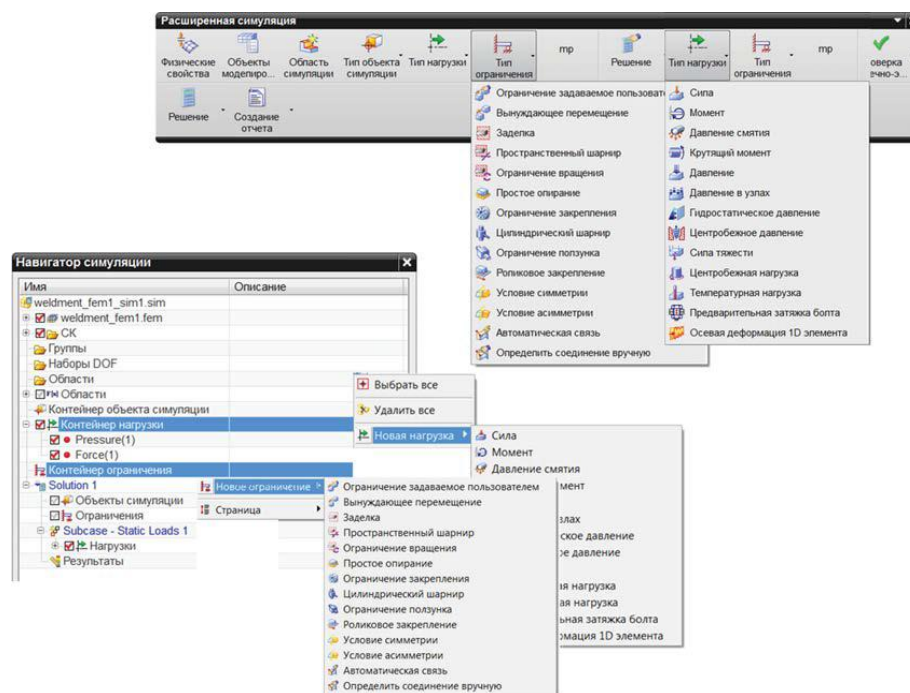


Рис. 7. Вызов команд приложения нагрузок и ограничений

Нагрузки и граничные условия разделим на силовые (усилия и моменты) и условия закрепления (ограничение степеней свободы). Вызов команды, отвечающей за приложение той или иной нагрузки, происходит (рис. 7):

- через панель инструментов Расширенная симуляция (Advanced Simulation);
- через дерево модели панели Навигатора симуляции (Simulation Navigator) нажатием правой клавиши мыши на узел *Контейнера нагрузки* (Load Container) или *Контейнера ограничений* (Constraint Container) – вызвать выпадающее меню и выбрать *Новое ограничение* (New Constraint) или *Новая нагрузка* (New Load) соответственно (рис. 8).

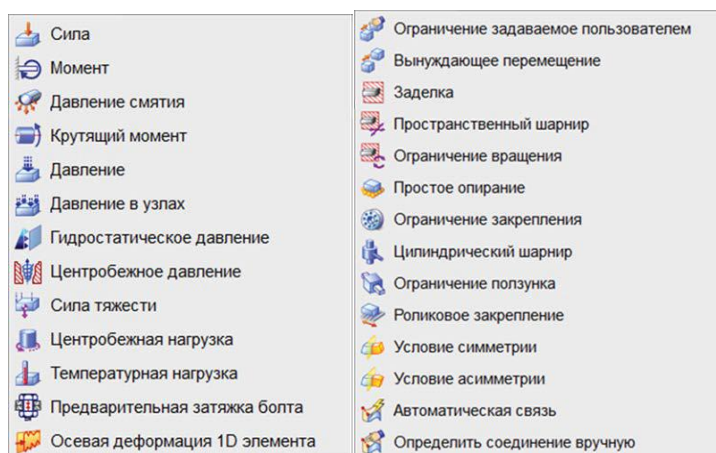
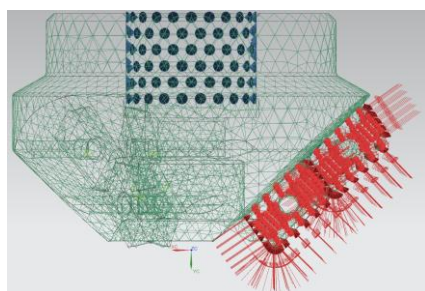


Рис. 8. Типы нагрузок и ограничений

Далее накладываем нагрузки и ограничения на модель (рис. 9).



красный цвет – нагрузки; синий цвет – ограничения

Рис. 9. Модель конусной фрезы

**Численное решение задачи (Solution).** Этот этап обычно сопровождается так называемым мониторингом хода решения. Для выявления проблем с решением на раннем этапе необходимо следить за сходимостью решателя, за сходимостью контактного алгоритма, за нелинейной или нестационарной историей решения. В случае обнаружения расхождения решения или других проблем задачу можно прервать и внести коррективы в файлы FEM или SIM. Для создания необходимого решения и

задания типа анализа достаточно через дерево модели панели Навигатора симуляции (Simulation Navigator) нажатием правой клавиши мыши на название расчетной модели вызвать выпадающее меню и выбрать *Новое решение* (New Solution). В появившемся диалоговом меню задать имя нового решения, выбрать *Решатель* (Solver), *Тип анализа* (Analysis Type) и *Тип решения* (Solution Type). При необходимости установить параметры решения, отличные от установленных по умолчанию (рис. 10).

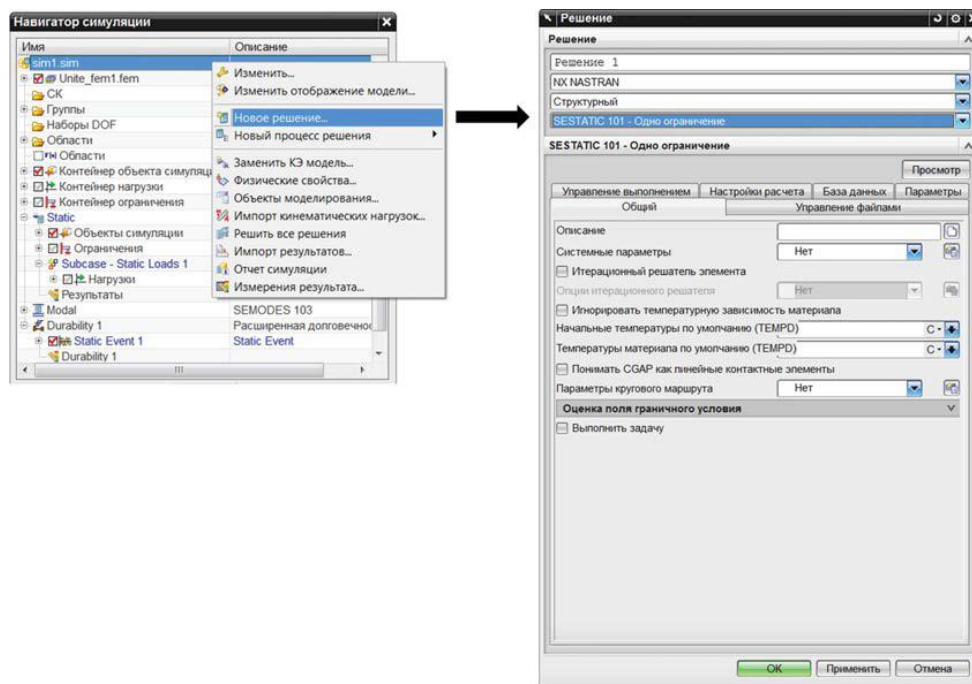


Рис. 10. Создание решения

Для расчета модели симуляции необходимо в Навигаторе симуляции (Simulation Navigator) нажать правой клавишей мыши на имени решения и выбрать *Решение...* (Solve...) или на панели инструментов Расширенная симуляция (Advanced Simulation) выбрать команду *Решение* (Solve). В диалоговом окне *Решение* (Solve) рекомендуется установить флажок *Проверка настройки модели* (Model Setup Check) для исключения ошибок в расчетной модели (рис. 9). Эта опция позволит избежать таких ошибок, как, например, не задан материал, полностью отсутствуют граничные условия, физические свойства определены не полностью и т.п. Также перед запуском на расчет могут устанавливаться параметры решения, решателя и опции создания файла данных расчетной модели для решателя.

Стоит обратить внимание, что сразу после запуска на решение при использовании решателей NX (NX Nastran, NX Thermal/Flow и т. д.) появляется так называемый Монитор анализа (Analysis Job Monitor), в котором можно следить за выполненными решениями, и Монитор решения (Solution Monitor), который в реальном времени отображает процесс решения.

Отображаемая информация в виде графиков в отдельных вкладках монитора решения дает возможность оценить стадию расчета, сходимости

алгоритмов нелинейных задач, изменение значений предварительно заданных величин динамического анализа и многое другое (рис. 11).

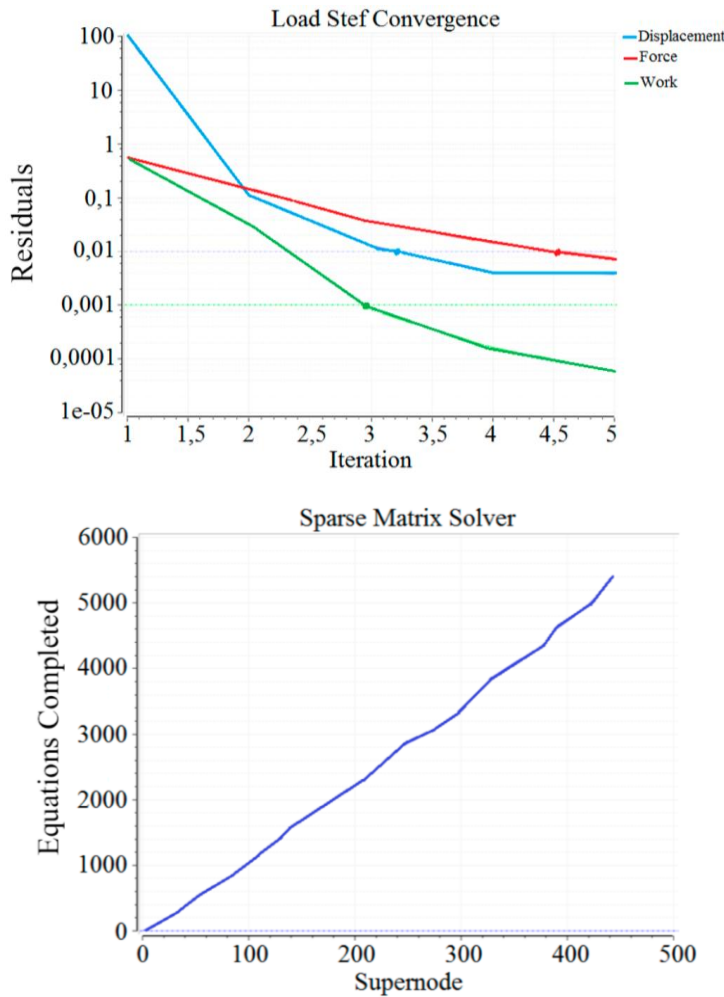
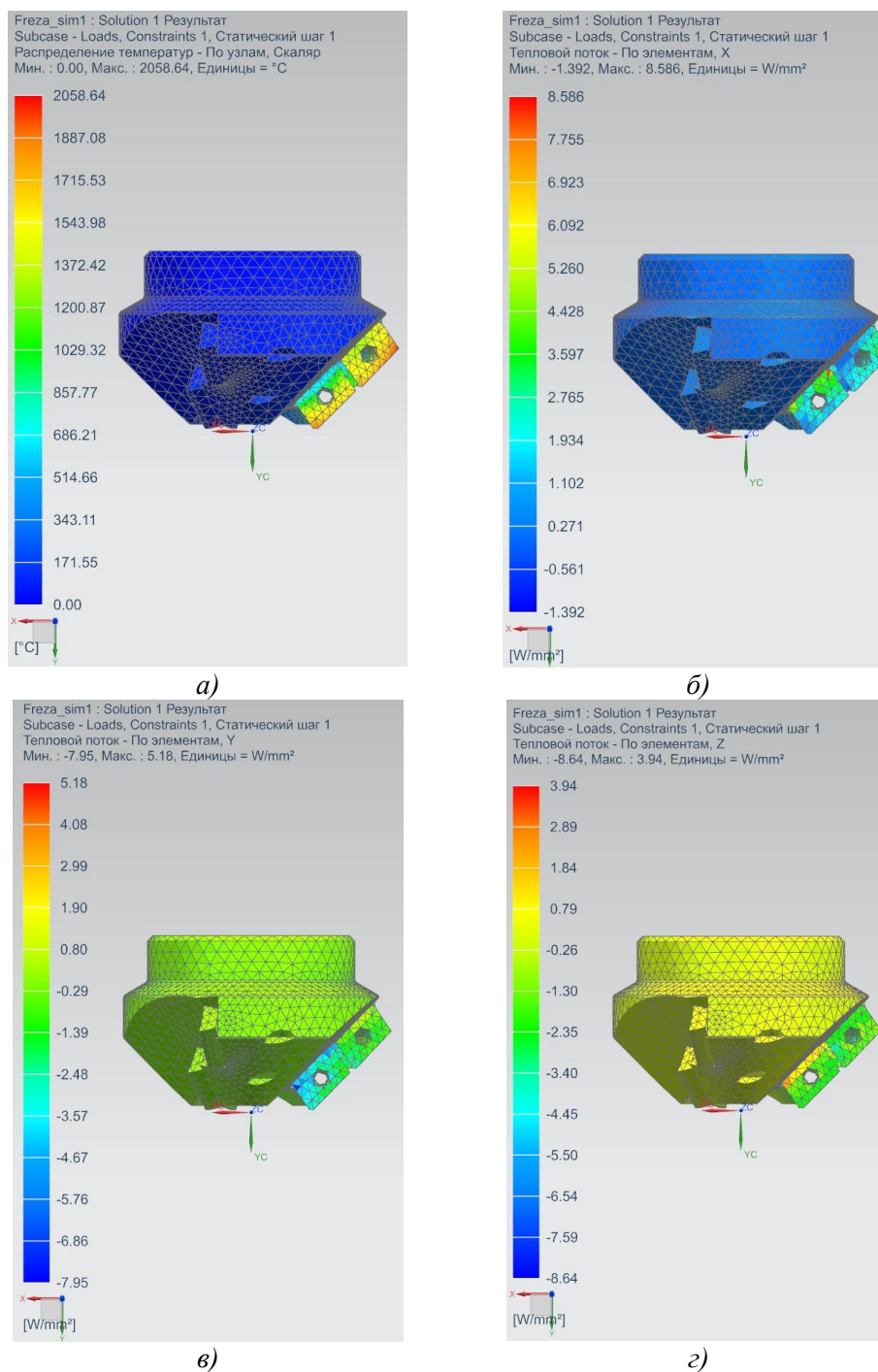


Рис. 11. Мониторинг решения

Анализ графиков позволяет оценить скорость решения и степень сходимости задач и, возможно, приведет к необходимости изменить параметры расчетной модели для улучшения производительности процесса решения.

Об окончании выполнения расчета сигнализирует надпись «Законченный (Completed)» в мониторе анализа и «Задача выполнена (Job Finished)» в мониторе решения.

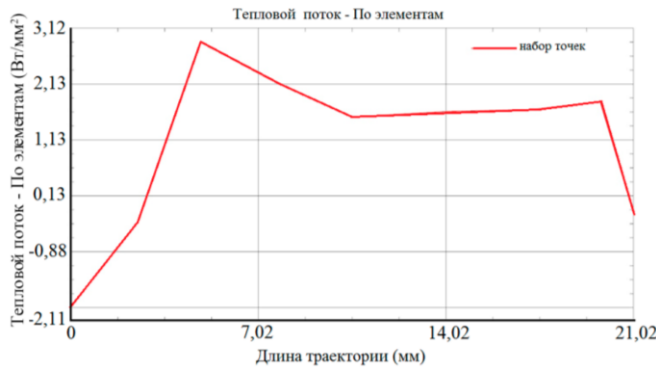
При этом в узле выполненного решения дерева модели вкладки Навигатора симуляции (Simulation Navigator) появляется узел *Результаты (Results)*, двойное нажатие левой клавишей мыши на который открывает вкладку Навигатор постпроцессора (Post Processing Navigator) с загруженными результатами (рис. 12).



а - распределение температур по узлам; б - тепловой поток по элементам X; в - тепловой поток по элементам Y; з - тепловой поток по элементам Z.

Рис. 12. Загруженные результаты проведенных расчетов

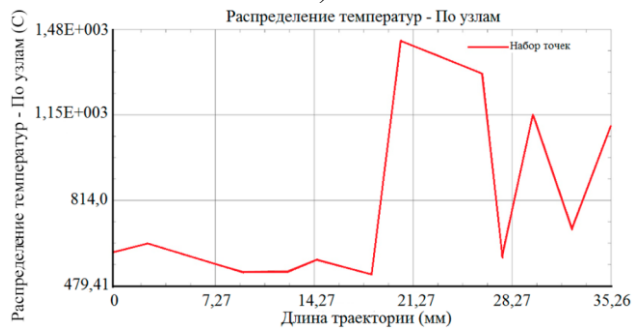
На рисунке 13 показаны графики теплового потока по узлам и элементам X,Y,Z.



а)



б)



в)



з)

а - график распределение теплового потока по узлам; б - график распределение теплового потока по элементам X; в - график распределение теплового потока по элементам Y; з - график распределение теплового потока по элементам Z.

Рис. 13. Графики теплового потока по узлам и элементам X,Y,Z

**Анализ полученных результатов (Results).** После получения корректных результатов, которые записываются в файл OP2 (для решателя NX Nastran), они анализируются, строятся необходимые графики и распределения, составляется отчет. После успешного решения задачи создается файл результатов с расширением «\*.OP2». Загрузка результатов решения для их отображения и анализа выполняется одним из следующих способов: в дереве модели во вкладке Навигатор симуляции (Simulation Navigator) двойным щелчком мыши по узлу результатов *Results*. После этого происходит автоматический переход в Навигатор постпроцессора (Post Processing Navigator) с загруженными результатами (рис. 14, а); во вкладке Навигатор постпроцессора (Post Processing Navigator) двойным щелчком мыши по узлу с названием проведенного решения (рис. 14, б).

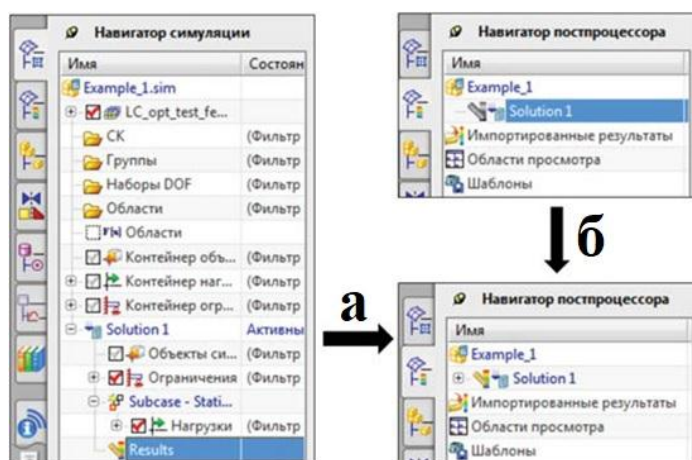


Рис. 14. Загрузка результатов расчета в постпроцессор

При успешном выполнении загрузки результатов появится дерево результатов (рис. 15).

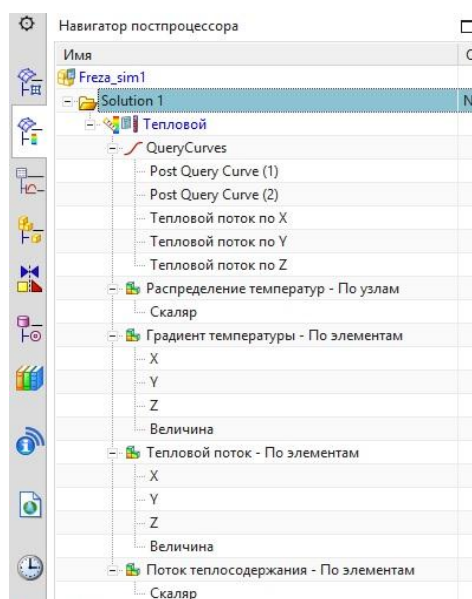


Рис. 15. Дерево результатов



Таким образом, в результате выполнения расчета модели конусной фрезы по изложенной последовательности получим данные описывающие явления протекающих в теле и режущей пластинке инструмента при воздействии различных нагрузок (центробежной, температурной, осевой деформации). Анализ полученных данных позволяет определять прочностные характеристики режущей части инструмента и откорректировать конструктивные параметры инструмента в целом на этапе проектирования.

**Выводы:**

1. Показана последовательность выполнения расчета конструкции конусной фрезы методом конечных элементов в NX Advanced Simulation. Создание расчетной модели инструмента на этапе проектирования позволяет определять прочностные характеристики режущей части инструмента и откорректировать конструктивные параметры инструмента, которые обеспечивают бесперебойную и качественную работу инструмента.

2. Данную методику можно применить для расчета конструкции и создания расчетной модели различных металлорежущих инструментов, в частности конусной фрезы трения.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Трубопроводный транспорт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://studwood.ru/1679710/tehnika /problemy perspektivy\\_razvitiya\\_truboprovodnogo\\_transporta](http://studwood.ru/1679710/tehnika/problemy_perspektivy_razvitiya_truboprovodnogo_transporta).
2. Шеров, К.Т. Анализ и исследование проблемы изготовления крупных задвижек для магистральных трубопроводов [Текст] / К.Т. Шеров, Р. Габдысалык // Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. - №1(70). - С.13-17.
3. Габдысалык, Р. Повышение износостойкости сопрягаемых поверхностей узла «седло-шибер» крупных шиберных задвижек [Текст] / Р. Габдысалык, К.Т. Шеров, Ю.И. Лопухов // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. - Алматы: Изд-во КазАТК, 2018. - №1(104). - С.67-76.
4. Габдысалык, Р. Проблемы обработки и сборки узла «корпус» крупных шиберных задвижек [Текст] / Р. Габдысалык, К.Т. Шеров // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10), Часть 5. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – С.92-94.
5. Гончарев, П.С. NX Advanced Simulation. Инженерный анализ [Текст] / П.С. Гончарев, И.А. Артамонов, Т.Ф. Халитов, С.В. Денисихин, Д.Е. Сотник. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 504 с.

*Материал поступил в редакцию 14.06.18.*

**Р. Габдысалык<sup>1</sup>, К.Т. Шеров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Шығыс-Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен қ., Қазақстан

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

**АҚЫРҒЫ ЭЛЕМЕНТТЕР ӘДІСІМЕН АРНАЙЫ КОНУСТЫҚ  
ФРЕЗАНЫҢ ЕСЕПТІК МОДЕЛІН ЖАСАУ**

Авторлар шиберлік ысырманың корпус қорабы тесігінің қисық сызықты бетін өңдеуге арналған конустық фрезаларды жобалаған. Бұл мақалада қатты қорытпалы пластинкалармен жабдықталған конустық фрезаны әртүрлі жүктелу кезінде (температуралық, остік деформация, орталықтан соғу) есептік моделін жарату арқылы зерттеуді жүргізу бірізділігі көрсетілген. Мақалада идеал геометриялық моделді, соңғы элементтік моделін және есептік моделді жаратуды, мәселенің сандық шешімі мен алынған нәтижелердің талдауын өз ішіне алған есептік моделді жарату сатылары толық көрсетілген. NX Advanced Simulation бағдарламасында соңғы элементтік әдіспен есептеулерді орындау нәтижесінде кесуші пластинканың беріктігін және оның параметрлік оңтайлы өлшемдерін жобалаудың бастапқы сатыларында анықтауға қол жеткізуге болады.

**Тірек сөздер:** шиберлік ысырма, конустық фреза, есептік модель, жылулық ағын, геометриялық модель, остік деформация.

**P. Gabdysalik<sup>1</sup>, K.T. Sherov<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>East-Kazakhstan State Technical University, Ust-Kamenogorsk, Republic of Kazakhstan*

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

### **CREATION OF DESIGN MODEL OF SPECIAL CONE CUTTERS BY THE METHOD OF FINAL ELEMENTS**

The authors developed the design of cone milling cutters for processing the curved surface of the holes of the case of the slide gate body. In this paper, a sequence is given for calculating the design of a cone cutter equipped with plates of hard alloys under various loads (centrifugal, temperature, axial deformation) by creating a design model. The stages of creating a computational model are described in detail, which include the creation of an idealized geometric model, a finite-element (CE) model, a computational model, numerical solution of problems, and analysis of the results obtained. Performing the calculation of the tool design by the finite element method in NX Advanced Simulation allows to determine the strength characteristics of the cutting insert and to correct the design parameters of the tool at the design stages.

**Keywords:** sliding gate valve, cone milling cutter, design model, heat flow, geometric model, axial deformation.

УДК 621.09.1

**К.Т. Шеров<sup>1</sup>, Б.С. Доненбаев<sup>2</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](mailto:shkt1965@mail.ru), <sup>2</sup>[bahytshan09@mail.ru](mailto:bahytshan09@mail.ru), <sup>3</sup>[suleeva.s@inbox.ru](mailto:suleeva.s@inbox.ru)*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА РОТАЦИОННО-ФРИКЦИОННОГО РАСТАЧИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ**

В статье представлены результаты производственного испытания способа ротационно-фрикционного растачивания отверстий больших размеров крупногабаритных деталей в условиях АО «Алматинский завод тяжелого машиностроения». При проведении экспериментальных опытов использованы инструменты, оснащенные чашечным резцом изготовленный из стали 9ХС и чашечным резцом с наплавкой из наплавочного материала STOODYM7-G. При обработке образовалась сливная стружка и осуществилось её дробление. Достигнуты следующие показатели качества: шероховатость поверхности в пределах  $R_a = 10 \div 1,25$  мкм; твердость поверхности в пределах HB 150÷300. В результате производственного испытания данный способ рекомендован для производства тяжелого машиностроения, как способ обработки отверстий больших размеров крупногабаритных деталей.

**Ключевые слова:** чашечный резец, ротационно-фрикционное растачивание, крупногабаритные детали, сливная стружка, дробление стружки, отверстие большого размера, шероховатость.

**Введение и актуальность исследования.** При изготовлении крупногабаритных корпусных деталей тяжелых машин наибольший удельный вес в общей трудоемкости составляют операции, связанные с обработкой основных отверстий, т.е. отверстия весьма большого диаметра. В качестве заготовок крупногабаритных корпусных деталей обычно используют стальные либо чугунные отливки. В ряде случаев применяют сварные стальные заготовки, которые при прочих равных условиях отличаются значительно меньшим весом по сравнению с литыми заготовками. Для сварных заготовок используется прокат, либо они выполняются как сварно-литые или сварно-кованные конструкции [1,2].

В настоящее время изготовлением и ремонтом крупногабаритных деталей технологического оборудования горной, нефтяной, угольной и др. промышленности РК, в основном занимаются, заводы тяжелого машиностроения, в частности АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения» и АО «Алматинский завод тяжелого машиностроения». Большинство крупногабаритных деталей технологического оборудования имеют отверстия больших размеров. Обработка этих отверстий производится в основном растачиванием, что требует дополнительного изготовления технологической и инструментальной оснастки. В большинстве случаев механическая операция состоит из двух переходов: черновое и чистовое растачивание. При больших размерах отверстий обеспечение точности затруднительно, а иногда вовсе сложно обеспечить. Это связано с появлением больших вибраций, сложностью взаимосвязанной точной установки технологической и инструментальной оснастки, быстрым износом режущего инструмента, который сопровождается переналадкой технологической операции. Все эти проблемы приводят к снижению точности и качества обработки, а также повышению себестоимости изготовления детали. Для решения данной проблемы в рамках выполнения грантовой темы № 2162/ГФ4(рег. №0215РК02401) авторами были исследованы и разработаны ресурсосберегающие термофрикционные способы обработки на малых скоростях [3-6] и на их основе комбинированные способы ротационно-фрикционной обработки наружных цилиндрических и внутренних поверхностей [7-9]. Выполненная работа по исследованию и разработку ресурсосберегающих способов механической обработки и прогрессивных конструкций режущих инструментов, обеспечивающих повышение точности и качества обработки, является актуальной.

**Методика исследования.** Производственное испытание способа ротационно-фрикционного растачивания отверстий больших размеров осуществляется на токарно-винторезном станке 1М63БФ101. Было проведено 14 опытов. Для обработки при испытании была использована заготовка детали «стакан» станка-качалки. Материал детали – сталь 30ХГСА. Размеры обрабатываемого отверстия:  $\varnothing 305$  мм,  $L=56$  мм. На рисунке 1 показано специальные ротационно-фрикционные инструменты.



1-чашечный резец изготовленный из стали 9ХС; 2 – чашечный резец наплавленный материалом STOODYM7-G; 3 – корпус; 4 – державка.

Рис. 1. Специальные ротационно-фрикционные инструменты

Измерения шероховатости и твердости осуществлялся в отделе технического контроля научно-исследовательской лабораторий завода.

**Экспериментальные исследования и обсуждения результатов.** Обработка производится чашечным резцом изготовленный из стали 9ХС и чашечным резцом наплавленный материал STOODYM7-G. Режимы растачивания варьировались в следующих пределах:  $n_{шп} = 10 \div 1250$  об/мин;  $\beta_y = 7^\circ \div 35^\circ$ ;  $S = 0,07 \div 1,3$  мм/об;  $t = 1 \div 3$  мм.

Скорость вращения инструмента определяется из следующих зависимостей:

при однократным растачивании

при многократным растачивании с одной установкой

где:  $D_{зар}$  – диаметр заготовки;  $D_{шп}$  – диаметр чашечного резца;  $n_{шп}$  – частота вращения шпинделя;  $n$  – количество проходов;  $t$  – припуск;  $\beta$  – угол установки инструмента.

На рисунке 2 показан процесс ротационно-фрикционного растачивания отверстий заготовки детали «стакан».



а)

б)

а – растачивание чашечным резцом изготовленной из стали 9ХС; б – растачивание чашечным резцом наплавленной материалом STOODYM7-G.

Рис. 2. Ротационно-фрикционное растачивание отверстий

На рисунке 3 показаны некоторые обработанные поверхности при различных режимах резания и различными инструментами.



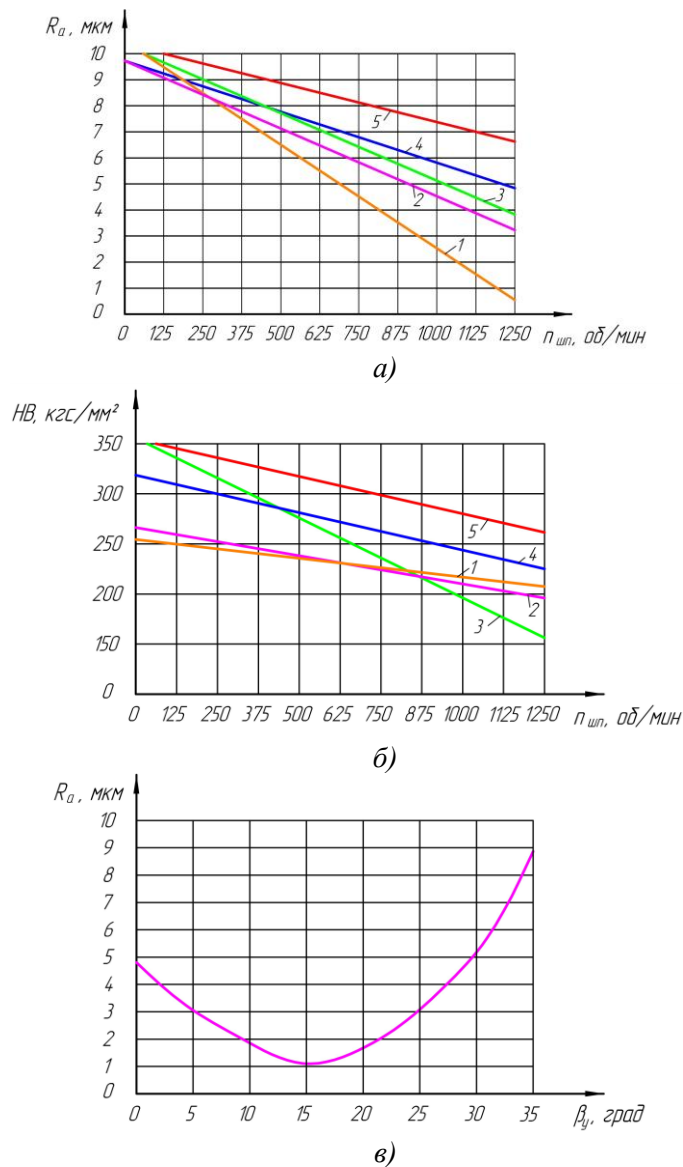
а)

б)

а – заготовка обработанная двумя инструментами; б – заготовка обработанная чашечным резцом из стали 9ХС; 1 – поверхность обработанная чашечным резцом изготовленной из стали 9ХС; 2 – поверхность обработанная чашечным резцом наплавленной материалом STOODYM7-G; А – поверхность обработанная с большей шероховатостью и твердостью.

Рис. 3. Поверхности заготовки обработанные при различных режимах резания и различными инструментами

На рисунке 4 показаны графики зависимости шероховатости и твердости поверхности от частоты вращения шпинделя и угла установки инструмента с чашечным резцом изготовленной из стали 9ХС.



*а* - графики зависимости шероховатости поверхности от частоты вращения шпинделя; *б* - графики зависимости твердости поверхности от частоты вращения шпинделя; *в* - графики зависимости шероховатости поверхности от угла установки инструмента;  $t = 1$  мм;  $\beta_y = 15^\circ$ ; 1- $S=0,07$  мм/об; 2- $S=0,26$  мм/об; 3- $S=0,4$  мм/об; 4- $S=0,7$  мм/об; 5- $S=1,3$  мм/об.

Рис. 4. Графики зависимости шероховатости и твердости поверхности от частоты вращения шпинделя и угла установки инструмента оснащенный чашечным резцом изготовленной из стали 9ХС

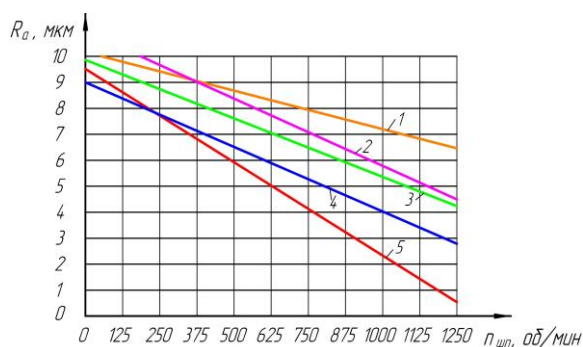
Результаты исследования шероховатости и твердости поверхности при различных частотах вращения шпинделя показали, что с увеличением частоты вращения шпинделя шероховатость и твердость поверхности уменьшаются (см. рис. 4 *а, б*). Влияние подачи на показатели качества оказались также однозначно монотонными. Самая низкая шероховатость поверхности  $R_a \approx 1$  мкм (см. рис. 4 *а* прямая 1) и удовлетворительное значение

твёрдости HB212÷248 для стали 30ХГСА (см.рис. 4 б прямой 1) получены при самом низком значении подачи  $S=0,07$  мм/об. С увеличением подачи ухудшается качество обработанной поверхности, а твёрдость поверхности повышается. Самая шероховатая поверхность  $R_a > 10$  мкм (см.рис. 6а прямой 5) и высокая твёрдость поверхности HB>350 (см.рис. 4 б прямой 5) получены при максимальном значении подачи  $S=1,3$  мм/об (см. рис.3 б, поверхность А).

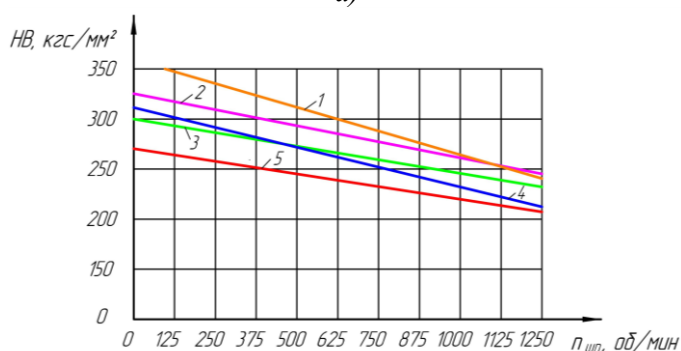
В результате анализа и обработки полученных данных были определены следующие оптимальные режимы резания для обработки стали 30ХГСА -  $S=0,4$  мм/об;  $n_{шт}=875$  об/мин;  $t=1$  мм. Угол установки инструмента был выбран  $\beta_y=15^\circ$  на основании результатов исследования полученных в работах [7,10,11].

Для проведения исследования влияние угла установки инструмента на шероховатость поверхности (см. рис. 4 в) были заданы вышеопределенные оптимальные режимы резания:  $S=0,4$  мм/об;  $n_{шт}=875$  об/мин;  $t=1$  мм. При различных углах установки инструмента шероховатость поверхности получился в пределах  $R_a=9 \div 1,25$  мкм. Из графика видно (см. рис. 4 в), что увеличение угла установки отрицательно влияет на шероховатость поверхности. Самая качественная обработка поверхности  $R_a=1,25$  мкм было обеспечено при обработке чашечным резцом установленной под углом  $\beta_y=15^\circ$ .

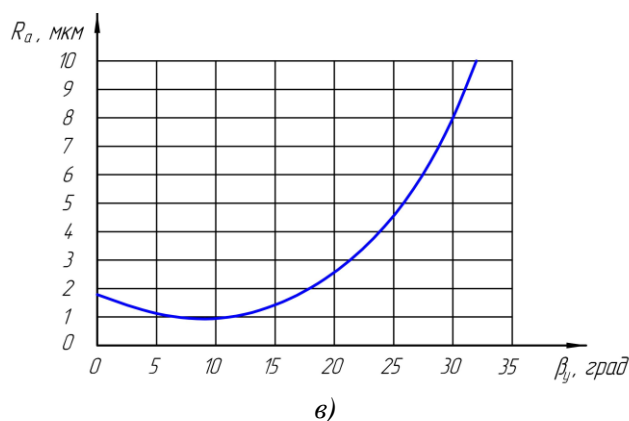
На рисунке 5 показаны графики зависимости шероховатости и твёрдости поверхности от частоты вращения и угла установки инструмента, с чашечным резцом наплавленной материалом STOODYM7-G.



а)



б)



*a* - графики зависимости шероховатости поверхности от частоты вращения шпинделя; *б* - графики зависимости твердости поверхности от частоты вращения шпинделя; *в* - графики зависимости шероховатости поверхности от угла установки инструмента;  $t = 1$  мм;  $\beta_y = 10^\circ$ ; 1- $S=0,07$  мм/об; 2- $S=0,26$  мм/об; 3- $S=0,4$  мм/об; 4- $S=0,7$  мм/об; 5- $S=1,3$  мм/об.

Рис. 5. Графики зависимости шероховатости и твердости поверхности от частоты вращения шпинделя и угла установки инструмента оснащенный чашечным резцом наплавленный материалом STOODYM7-G

При обработке инструментом оснащенным чашечным резцом с наплавкой из материала STOODYM7-G для исследования влияния частоты вращения шпинделя на показатели качества обработанной поверхности были заданы те же режимы резания, которые были использованы при обработке инструментом, оснащенным с чашечным резцом изготовленного из стали 9ХС.

В результате исследования влияния частоты вращения шпинделя и подачи на показатели качества было установлено, что увеличение частоты вращения шпинделя и подачи благоприятно сказывается на шероховатость и твердость обработанной поверхности (см. рис. 5 *а, б*, прямой 5). При максимальных значениях частоты вращения шпинделя и подачи была обеспечено высокое качество обработанной поверхности: шероховатость поверхности  $R_a \leq 1$  мкм (см.рис. 5 *а* прямой 5); твердость поверхности HB212÷248 для стали 30ХГСА (см.рис. 5 *б* прямой 5).

Однако благоприятное влияние увеличения подачи на показатели качества обработанной поверхности противоречит гипотезе о механизме резания ротационно-фрикционного резания. Его можно объяснить тем, что наплавочный материал STOODYM7-G использованный для наплавки периферии чашечного резца имеет твердость HRC58-66 [12]. Значит можно предполагать, что механизм резания при обработке данным чашечным резцом соответствует механизму традиционного резания или близко к нему. Уточнение данного процесса требует дополнительных исследований.

В результате анализа и обработки полученных данных были определены следующие оптимальные режимы резания для обработки стали 30ХГСА инструментом, оснащенным чашечным резцом с наплавкой из материала STOODYM7-G-  $S=1,3$  мм/об;  $n_{min}=1250$  об/мин;  $t=1$  мм.

Оптимальные режимы резания были использованы для проведения исследования влияние угла установки инструмента на шероховатость



поверхности (см. рис. 5 в). В результате исследования установлено, что оптимальным углом установки инструмента является  $\beta_y=10^0$ . При обработке с углом установки инструмента  $\beta_y=10^0$  достигается шероховатость поверхности  $R_a \leq 1 \text{ мкм}$  (см.рис. 5 в). Увеличение угла установки инструмента резко ухудшает качество обработки. Из графика видно (см. рис. 5 в), что при обработке с углом установки инструмента  $\beta_y=35^0$  шероховатость обработанной поверхности получается  $R_a > 10 \text{ мкм}$ .

На рисунке 6 показано стружки, полученные при обработке отверстий инструментом, оснащенный чашечным резцом с наплавкой из материала STOODYM7-G.

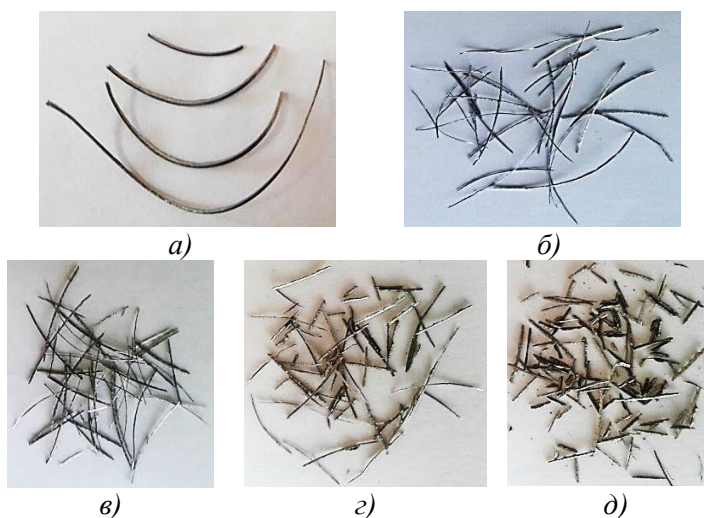


Рис. 6. Стружки полученные при обработке отверстий инструментом, оснащенный чашечным резцом с наплавкой из материала STOODYM7-G

В процессе обработки отверстий детали «стакан» инструментом, оснащенный чашечным резцом с наплавкой из материала STOODYM7-G были получены сливные стружки различного размера и длины. При малых значениях частоты вращения шпинделя и подачи, а также при  $\beta_y=35^0 \div 30^0$  были получены стружки больших размеров и длины (см. рис. 6 а,б). С увеличением частоты вращения шпинделя и подачи, а также угла установки инструмента размеры и длина стружек уменьшались (см. рис. 6 в,г,д). На всех режимах резания и угла установки инструмента осуществлялось качественное дробление стружки.

Полученные результаты показывают, что шероховатость и твердость обработанной поверхности отверстия детали после ротационно-фрикционного растачивания соответствуют качеству чистового растачивания расточными резцами оснащенными пластинками из твердых сплавов.

#### Выводы:

1. Используемые чашечный резец изготовленный из стали 9ХС и чашечный резец наплавленный материалом STOODYM7-G являются пригодными для применения при растачивании отверстий больших размеров. При визуальной проверке чашечных резцов, после испытания, следов износа (царапины, сколы, трещины) не были обнаружено.

2. При обработке стали 30ХГСА ротационно-фрикционным инструментом, оснащенный чашечным резцом из стали 9ХС установлено,

что увеличение частоты вращения шпинделя благоприятно сказывается на шероховатости и твердости поверхности, а увеличение подачи наоборот влияет отрицательно.

3. При обработке стали 30ХГСА ротационно-фрикционным инструментом, оснащенным чашечным резцом наплавленной материалом STOODYM7-G установлено, что с увеличением частоты вращения шпинделя и подачи улучшаются показатели качества: шероховатость и твердость обработанной поверхности. А также улучшается качество процесса дробления стружки.

4. Установлено оптимальные режимы резания при растачивании отверстия детали изготовленного из стали 30ХГСА:

- с использованием чашечного резца из стали 9ХС:  $S=0,4\text{мм/об}$ ;  $n_{\text{min}}=875\text{ об/мин}$ ;  $t=1\text{ мм}$ ;  $\beta_y=15^\circ$ ;

- с использованием чашечного резца наплавленного материалом STOODYM7-G:  $S=1,3\text{мм/об}$ ;  $n_{\text{min}}=1250\text{ об/мин}$ ;  $t=1\text{ мм}$ ;  $\beta_y=10^\circ$ .

5. В результате производственных испытаний было достигнуто следующие показатели качества:

- шероховатость поверхности в пределах  $R_a=10\div 1,25\text{ мкм}$ ;

- твердость поверхности в пределах HB 212-248.

Полученные результаты показывают, что шероховатость и твердость обработанной поверхности отверстия детали после ротационно-фрикционного растачивания соответствуют качеству чистового растачивания расточными резцами оснащенными пластинками из твердых сплавов.

6. Предварительные расчеты показали, что изготовление чашечных резцов из неинструментальных материалов, снижает расходы на режущий инструмент в порядке 5-7 раз и себестоимость операции в 1,5-2 раза.

7. На основе полученных результатов производственного испытания, способ ротационно-фрикционного растачивания был рекомендован для применения в условиях производства АО «Алматинский завод тяжелого машиностроения» при обработке отверстий больших размеров крупногабаритных деталей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, Е.И. Технологическое обеспечение точности обработки отверстий большого диаметра [Текст] / Е.И. Иванов, И.Е. Иванов // Сборник научных трудов XI-ой Международной научно-практической конференции: Том. 2. – г. Мариуполь: Изд-во ПГТУ, 2014. – С.113-117.
2. Шеров, К.Т. Проблемы контроля отверстий больших диаметров при обработке крупногабаритных деталей [Текст] / К.Т. Шеров, Б.С. Доненбаев, Р. Габдысальк, Н.Ж. Карсакова // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10). Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – С. 285-287.
3. Шеров, К.Т. Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения [Текст] / К.Т. Шеров [и др.] // Инновационный патент РК №22998. 2010. Бюл. №10.
4. Шеров, К.Т. Способ термофрикционной режуще-упрочняющей обработки цилиндрических поверхностей и конструкция диска трения [Текст] / К.Т. Шеров, Т.М. Бузауова, К.И. Имашева [и др.] // Патент РК №25649. 2012. Бюл. №4.

5. Шеров, К.Т. Способ термофрикционной отрезки металлических заготовок с охлаждением и конструкция дисковой пилы [Текст] / К.Т. Шеров, Б.С. Доненбаев, А.В. Маздубай и др. [и др.] // Патент РК №31934. 2017. Бюл. №6.
6. Шеров, К.Т. Способ термофрикционнофрезоточения и фреза трения [Текст] / К.Т. Шеров, М.М. Мусаев, М.М. Коккоз // Патент РК №32933. 2018. Бюл. №25.
7. Sherov K.T., Donenbayev B.S., Ainabekova S.S. and etc. Experimental Research of Rotational-and-Frictional Boring of Big Holes in Large Parts // Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 2017. Vol. 47, No. 4.P. 75-85.
8. Rakishev A.K., Sherov K.T. Chip formation rotational-frictional turning cylindrical surfaces of agricultural machinery parts / Modern science success journal, Belgorod, Vol. 1 No. 5 (2017) pp. 104-111.
9. Ракишев, А.К. Исследование ротационно-фрикционного способа точения цветных материалов [Текст] / А.К. Ракишев, К.Т. Шеров // Механика и технологии. – 2017.- №2. - С.16-24.
10. Шеров, К.Т. Многолезвийное ротационно-фрикционное растачивание отверстий крупногабаритных деталей [Текст] / К.Т. Шеров, Б.С. Доненбаев // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №9). Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2017. – С.250-252.
11. Ракишев, А.К. Исследование и разработка комбинированного способа ротационно-фрикционного точения [Текст]: дисс... PhD. Караганда – 2017. – 150 с.
12. Тусупова С.О., Шеров К.Т. Наплавка - как технологический метод повышения износостойкости термофрикционных инструментов [Текст] / С.О. Тусупова, К.Т. Шеров // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10). Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – С.263-265.

*Материал поступил в редакцию 15.08.18.*

**К.Т. Шеров, Б.С. Доненбаев, С.О. Тусупова**

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

### **ҮЛКЕН ӨЛШЕМДІ ТЕСІКТЕРДІ РОТАЦИЯЛЫҚ-ФРИКЦИЯЛЫҚ КЕҢЕЙТЕЖОНУ ТӘСІЛІН ЗЕРТТЕУ**

Мақалада «Алматы ауыр машинажасау зауыты» АҚ жағдайында ірі габаритті тетіктердің үлкен өлшемді тесіктерін ротациялық-фрикциялық кеңейтежону тәсілін өндірістік сынақтан өткізу нәтижелері берілген. Тәжірибелік сынақтарды жүргізу кезінде болат 9ХС материалынан жасалған табақша кескіш, сондай-ақ, STOODYM7-G материалымен қапталған табақша кескішпен жабдықталған құралдар қолданылған. Өңдеу барысында иірмелі жоңқа пайда болып, оны ұнтақтау кедергісіз жүзеге асты. Келесі сапа көрсеткіштеріне қол жеткізілді: бет кедір-бұдырлығы  $R_a = 10 \div 1,25$  мкмшегінде; бет қаттылығы HB 150÷300 шегінде.

Өндірістік сынақ нәтижесі бойынша бұл тәсіл, ауыр машинажасау өндірісі үшін, ірі габаритті тетіктердің үлкен өлшемді тесіктерінөндеу тәсілі ретінде ұсынылды.

**Тірек сөздер:** табақшалы кескіш, ротациялық-фрикциялық кеңейтежону, ірі габаритті тетіктер, иіркелі жоңқа, жоңқаның ұнтақталуы, үлкен өлшемді тесік, кедір-бұдырлық.

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

*Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

### INVESTIGATION OF THE METHOD OF ROTATION-FRACTIONAL BREAKING OF HOLES OF LARGE SIZES

This article presents the results of a production test of the method of rotational friction boring of large-sized holes in large parts in the conditions of JSC "Almaty Heavy Machinery Plant". During the experimental experiments, tools equipped with cup cutters made of steel 9XC, and a cup cutter welded with STOODY M7-G material were used. During processing, the chip was formed and the chip was crushed. The following quality indicators were achieved: surface roughness within  $Ra = 10 \div 1,25 \mu\text{m}$ ; hardness of the surface within the limits of NV 150÷300. As a result of the production test, this method is recommended for the production of heavy engineering, as a method for machining large-sized holes in large-sized parts.

**Keywords:** cup cutter, rotational frictional boring, large parts, chip shavings, chip shavings, large hole, roughness.

УДК 622.24.05

**Д.Т. Ходжибергенов<sup>1</sup>, К.Т. Шеров<sup>2</sup>, А.К. Орынбасаров<sup>3</sup>,  
З.А. Ибрагимова<sup>4</sup>**

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

<sup>4</sup>Доктор PhD, ст. преподаватель

<sup>1,3,4</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им.  
М. Ауезова, г. Шымкент, Казахстан

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

Электронная почта: <sup>1</sup>[had\\_ji@mail.ru](mailto:had_ji@mail.ru), <sup>2</sup>[shkt1965@mail.ru](mailto:shkt1965@mail.ru), <sup>3</sup>[arlan67@mail.ru](mailto:arlan67@mail.ru),

<sup>4</sup>[Zaure\\_1983\\_as@mail.ru](mailto:Zaure_1983_as@mail.ru)

### ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ БУРИЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

В статье представлены результаты исследования, выполненные в рамках грантовой темы: «AP0513118 Создание бурильных инструментов для бурения скважин в добыче твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых (договор №164 от 15.03.2018 г.)».

В результате исследования конструкции бурильных инструментов были выявлены факторы, отрицательно влияющие на эффективность процесса бурения и

на стойкость бурильных инструментов. А также определены их недостатки. Предполагается, что износ режущей кромки бурильного инструмента носит абразивный характер и в процессе дальнейшей эксплуатации будет, носит характер критического износа, который приведет к поломке бурильного инструмента.

**Ключевые слова:** бурильный инструмент, износ, долото, твердый сплав, стойкость, бурения скважин.

**Введение и актуальность исследования.** Добыча полезных ископаемых - это извлечение из недр земли природных ресурсов. Для добычи жидких и газообразных природных ресурсов бурят скважины. Способы бурения можно квалифицировать по характеру воздействия на горные породы: механические, термическое, физико-химическое, электроискровое и т.д. Широко применяются только способы, связанные с механическим воздействием на горные породы. Механическое бурение осуществляется ударным, вращательным и ударно-вращательными способами (последний способ имеет пока весьма ограниченное применение). Ударное бурение нефтяных и газовых скважин, еще распространённое во многих странах, уже много лет не применяется на нефтяных и газовых промыслах Республики Казахстан (РК). При бурении нефтяных и газовых скважин в РК применяют исключительно вращательный способ бурения. При этом способе бурения скважина как бы высверливается непрерывно вращающимся долотом.

При механическом бурении буровой инструмент непосредственно воздействует на горную породу, разрушая ее, а при немеханическом разрушение происходит без непосредственного контакта с породой источника воздействия на нее. Немеханические способы (гидравлический, термический, электрофизический) находятся в стадии разработки и для бурения нефтяных и газовых скважин в настоящее время не применяются.

На рисунке 1 показана схема классификации способов бурения нефтяных и газовых скважин.

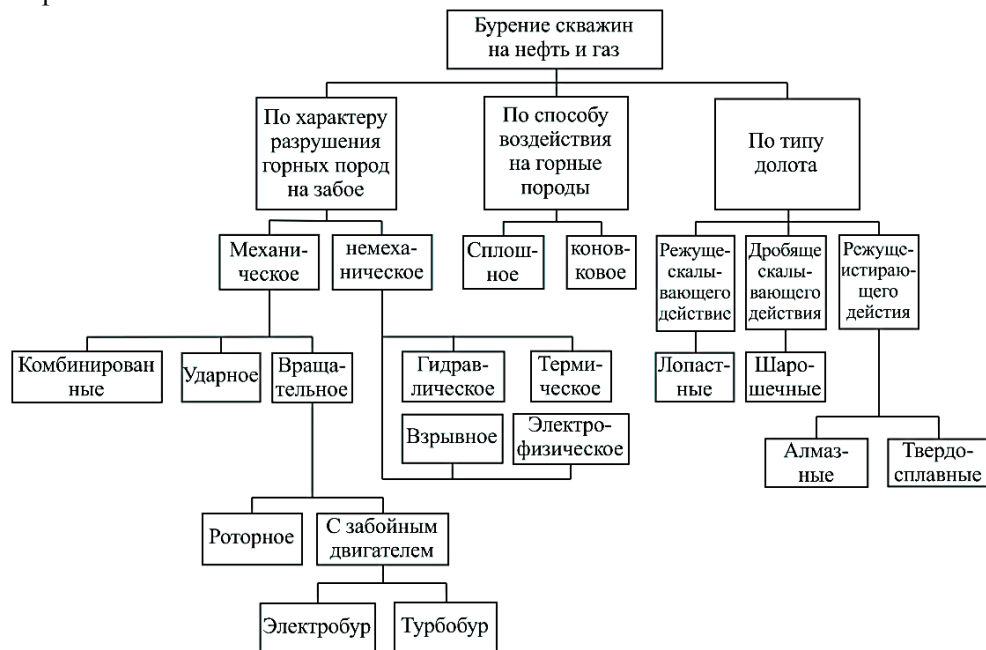


Рис. 1. Схема классификации способов бурения скважин для нефти и газа

В шарошечных бурильных инструментах в основном используются твердые сплавы или алмазы [1-3]. Известно что, твердые сплавы считается хрупким материалом и не выдерживает удары [4-6]. Режущие кромки скалываются, и начинается процесс крошения, не истерания. После определенного уровня крошения режущей кромки, начнется критический износ, что приводит к поломке бурильного инструмента. На рисунке 2 показаны изношенные шарошечные бурильные инструменты.



1 – износ; 2 – сколы

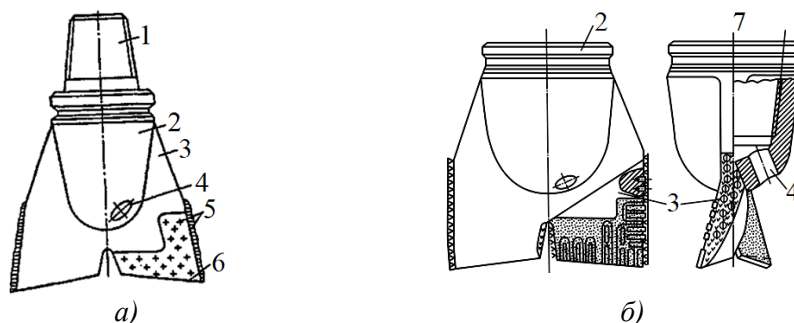
Рис. 2. Износ шарошечных бурильных инструментов

В первых бурильных инструментах, которые работают по принципу сверла, срезанный грунт скользит по поверхности лезвий, образуя прихват срезанного грунта. Вследствие прихвата резко увеличивается нагрузка на бурильные трубы, что приводит к возникновению трещин в разъемных соединениях. Интенсивность образования трещин во время бурения определить затруднительно. На практике в большинстве случаев буроголовка с определенной частью бурильной трубы отламывается и остается в скважине. В связи с этим создание ресурсосберегающего способа бурения и конструкции бурильного инструмента является актуальной задачей.

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

Нефтяные и газовые скважины сооружаются методом вращательного бурения. При данном способе породы дробятся не ударами, а разрушаются вращающимся долотом, на которое действует осевая нагрузка. Крутящий момент передается на долото или с поверхности от вращателя (ротора) через колонну бурильных труб (роторное бурение) или от забойного двигателя (турбобура, электробура, винтового двигателя), установленного непосредственно над долотом. Все буровые долота классифицируются на три типа: долота режуще-скалывающего действия, разрушающие породу лопастями (лопастные долота); долота дробяще-скалывающего действия, разрушающие породу зубьями, расположенными на шарошках (шарошечные долота); долота режуще-истирающего действия, разрушающие породу алмазными зернами или твердосплавными штырями, которые расположены в торцевой части долота (алмазные и твердосплавные долота).

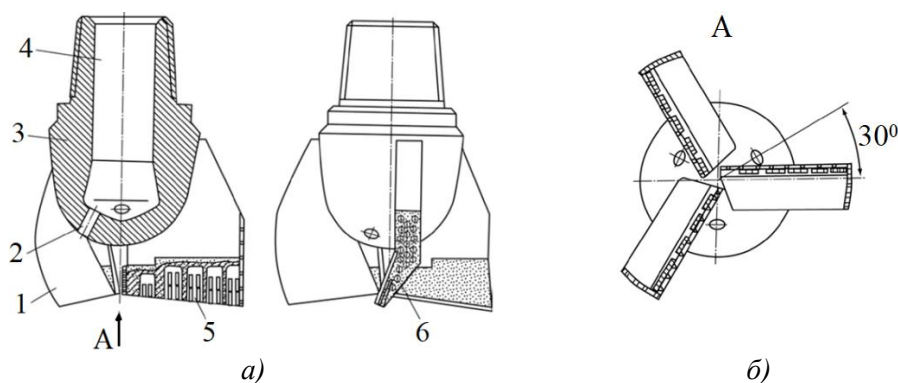
Лопастные долота выпускаются трех типов: двухлопастные, трехлопастные и многолопастные. Под действием нагрузки на забой их лопасти врезаются в породу, а под влиянием вращающего момента - скалывают ее. В корпусе долота имеются отверстия, через которые жидкость из бурильной колонны направляется к забою скважины со скоростью не менее 80 м/с. Лопастные долота применяются при бурении в мягких высокопластичных горных породах с ограниченными окружными скоростями (обычно при роторном бурении). На рисунке 3 показана конструкция лопастного долота.



*a* – с наружной присоединительной резьбой; *б* – с внутренней присоединительной резьбой; 1 – головка с присоединительной резьбой; 2 – корпус; 3 – лопасть; 4 – промывочное отверстие; 5 – твердосплавное покрытие; 6 – режущая кромка; 7 – присоединительная резьба.

Рис. 3. Лопастное долото

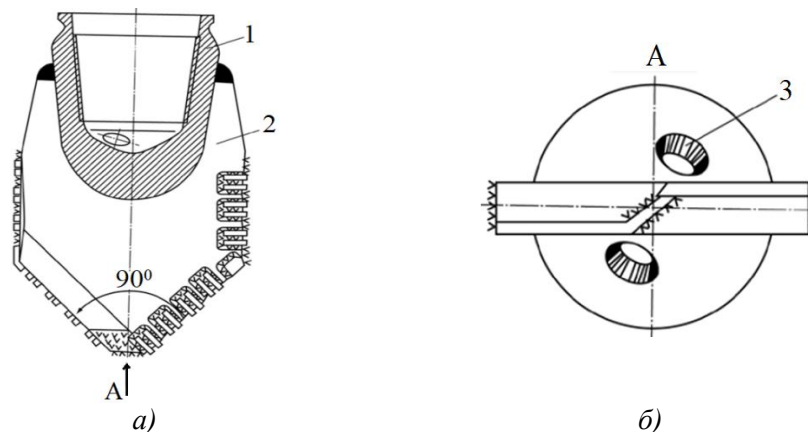
Лопастные долота истирающего типа представляют собой жесткую неразъемную конструкцию, которая состоит из корпуса и лопастей, изготовленную из сплошного материала с высококачественной стали по ГОСТ 4543-71. Данные долота в основном используются для бурения рыхлых, мягких, слабоцементированных пород [7,8]. На рисунке 4 показана конструкция трехлопастного долота.



*a* – вид сбоку; *б* – вид А; 1 – лопасть; 2 – промывочное отверстие; 3 – корпус; 4 – присоединительная резьба; 5 – твердосплавные пластины; 6 – армирование торца лопасти.

Рис. 4. Трехлопастное долото

Лопастные долотарежущеистирающего типа представляют собой сварную конструкцию, которая состоит из корпуса и лопастей. Данные долота в основном используются для бурения мягких и средних пород. Возможно их использование для бурения абразивных и средних пород [7-10]. Они бывают: шестилопастные истирающе-режущие - БИР; пикообразные (однолопастные) - П. На рисунке 5 показана конструкция пикообразного долота для разбуривания цементных стаканов в обсадной колонне.

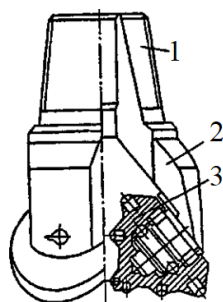


*а* – вид сбоку; *б* – вид А; 1 - корпус; 2 - лопасть; 3 - промывочные отверстия.

Рис. 5. Пикообразное долото для разбуривания цементных стаканов в обсадной колонне

Пикообразные породоразрушающие бурильные инструменты изготовляют двух типов: для разбуривания цементных пробок и металлических деталей низа обсадных колонн - ПЦ; ПР - для расширения ствола скважины. Согласно ОСТ 26-02-1282-75 все лопастные породоразрушающие инструменты должны изготавливаться только с ниппельной присоединительной резьбой, выполненной в соответствии с ГОСТ 20692-75, диаметром от 94,4 до 469,9 мм. По способу соединения корпуса с лопастями выделяются цельнокованные породоразрушающие инструменты и инструменты сварные, т.е. с приварными к корпусу лопастями. По конструкции промывочного устройства выделяются породоразрушающие инструменты с обычной и гидромониторной промывкой. Шарошечные долота выпускаются с одной, двумя, тремя, четырьмя и даже с шестью шарошками. Однако наибольшее распространение получили трехшарошечные долота. При вращении долота шарошки, перекатываясь по забою, совершают сложное вращательное движение со скольжением. При этом зубцы шарошек наносят удары по породе, дробят и скалывают ее. Шарошечные долота успешно применяются при вращательном бурении пород самых разнообразных физико-механических свойств. Изготавливают их из высококачественных сталей с последующей химико-термической обработкой наиболее ответственных и быстроизнашивающихся деталей, а сами зубки изготавливаются из твердого сплава. На рисунке 6 показана конструкция шарошечного долота.

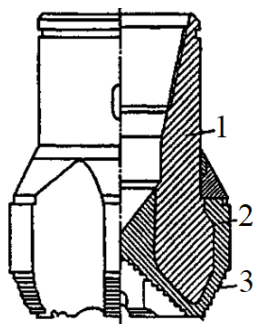




1 - корпус с резьбовой головкой; 2 - лапа с опорой; 3 - шарошка

Рис. 6. Шарошечное долото

На рисунке 7 показана конструкция алмазного долота.



1 - корпус; 2 - матрица; 3 - алмазные зерна.

Рис. 7. Алмазное долото

Алмазные долота состоят из стального корпуса и алмазнесущей головки, выполненной из порошкообразной твердосплавной шихты. Центральная часть долота представляет собой вогнутую поверхность в форме конуса с каналами для промывочной жидкости, а периферийная зона - шаровую поверхность, переходящую на боковых сторонах в цилиндрическую. Алмазные долота бывают трех типов: спиральные, радиальные и ступенчатые. В спиральных алмазных долотах рабочая часть имеет спирали, оснащенные алмазами и промывочные отверстия. Долота этого типа предназначены для турбинного бурения малоабразивных и среднеабразивных пород. Радиальные алмазные долота имеют рабочую поверхность в виде радиальных выступов в форме сектора, оснащенных алмазами и между ними размещены промывочные каналы. Долота данного типа предназначены для бурения малоабразивных пород средней твердости и твердых пород как при роторном, так и при турбинном способах бурения. Ступенчатые алмазные долота имеют рабочую поверхность ступенчатой формы. Они применяются как при роторном, так и турбинном способах бурения при проходке малоабразивных мягких и средней твердости пород.

Применение алмазных долот обеспечивает высокие скорости бурения, снижение кривизны скважин. Отсутствие опор качения и высокая износостойкость алмазов повышают их срок службы до 200...250 ч непрерывной работы. Благодаря этому сокращается число спуско-подъемных

операций. Одним алмазным долотом можно пробурить столько же, сколько 15...20 шарошечными долотами. Недостаткам алмазных бурильных инструментов можно отнести дороговизну, податливость режущей части к сколам, а также критический износ при скачкообразных нагрузках.

Более доступными бурильными инструментами являются - породоразрушающий буровой инструмент, армированный твердыми сплавами, которых в настоящее время применяют при бурении практически всех разновидностей горных пород [11,12]. В коронках для армирования используются двухкарбидные твердосплавные резцы марки ВК8 с небольшой площадью поперечного сечения около  $1,8 \times 1,8$  мм, собранные в специальные пакеты на опорных пластинах, и установленные на режущей части коронок, что позволяет обеспечивать самозатачивание резцов в процессе бурения и эффективно разрушать породу, несмотря на затупление режущих граней. На рисунке 8 приведено изображение износа режущего клина резца из твердого сплава марки ВК8 [13].

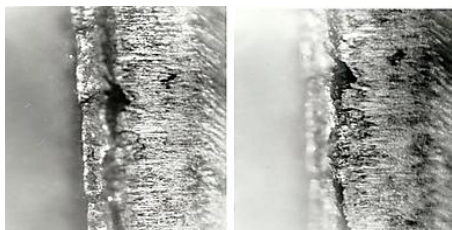


Рис. 8. Износ ротационного инструмента из ВК8 при обработке специального сплава "СС" твердостью по HRC 60...62

В геометрии рабочего торца корпуса предусмотрен промывочные окна, которые обеспечивают свободный вынос частичек выбуренной породы, а на наружной поверхности корпусов прорезаны шламовые пазы, предназначенные для эффективного удаления шлама в затрубное пространство. Перечисленные конструктивные решения обеспечивают твердосплавному бурению высокие технико-экономические показатели, в результате чего оно успешно сочетается с высокопроизводительным алмазным бурением. Несмотря на указанные преимущества самозатачиваемость бурильных инструментов с твердосплавными пластинами не дает нужного эффекта. Режущий инструмент обрабатывает материал с твердостью приблизительно одинаковой с буримыми горными породами. Режущий инструмент является ротационным и самовращающимся. По изображению можно наблюдать, что после работы всего  $T=20$  мин начинается микровыкрашивание лезвия по передней поверхности. Износ охватывает всю режущую кромку и происходит повсеместное крошение режущего лезвия по передней поверхности. При  $\alpha_c = 0^\circ$  осыпание режущего лезвия происходит по задней поверхности резца. Таким образом, развитие износа твердосплавного РИ при точении показывает, что выход его из строя происходит не вследствие нормального износа, а как результат выкрашивания режущих поверхностей, вследствие усталости [13].

Следует отметить, что согласно ГОСТ 3882-74 твердый сплав представляет собой смесь зерен карбида, вольфрама и кобальта, выступающего в качестве связующего звена, и является продуктом порошковой металлургии. При заточке режущего клина обычно для черновой

заточки используют абразивные круги, а затем правляют на алмазных кругах [14].

Исходя, из этого можно предположить, что износ режущей кромки бурильного инструмента носить абразивный характер. Это значит, что изношенное лезвие не может быть острым и самозатачиваемым. Режущее лезвие имеет абразивный износ, в процессе дальнейшей эксплуатации приобретет характер критического износа. В последствие это приведет к поломке бурильного инструмента. Кроме этого, армированные пластины из твердого сплава с небольшой площадью поперечного сечения, являются очень хрупкими, нежесткими и не теплостойкими.

Рынок буровых инструментов стремительно занимает бурильные инструменты с твердосплавными коронками типа СА (СА5, СА6) [15]. Различие этих коронок с предыдущими в том, что в качестве армирования бурового породоразрушающего инструмента используют спеченные вольфрамкобальтовые сплавы марки ВК широкого спектра.

На практике эти буры применяются в узком направлении, к примеру при бурении геологоразведочных и инженерно-геологических скважин. Эти буры предназначены для бурения абразивных пород средней твердости IV-VIII, частично IX категорий по буримости (аргиллиты, алевролиты, сланцы, диориты, порфириты, габбро). Недостатками являются: малый предел прочности на изгиб и растяжение, небольшая ударная вязкость.

Для дополнительных процессов бурения в узком направлении применяются зарезные долота, предназначены для обеспечения срезки на необсаженном участке скважины и бурения интервала набора угла с промывкой водой или буровым раствором в нефтяных и газовых скважинах [15].

Зарезные долота имеют несколько вариантов конструктивного исполнения. В зависимости от литологических условий проведения работ долота могут оснащаться PDC-резцами, алмазосодержащими композитными материалами или твердосплавными пластинами. Все долота имеют стальной фрезерованный корпус.

Основными мировыми производителями породоразрушающих инструментов PDC являются фирмы США, Китая и России: ООО «Азимут», ООО НПП Буринтех», ОАО НПП «Бурсервис», ОАО «Волга бурмаш», ЗАО «Проммашсервис», СП ЗАО «Удол» где еще производятся и шарошечные и алмазные породоразрушающие буровые инструменты [16-19].

При проектировании PDC-долот большое внимание уделяется обеспечению стойкости калибрующей части. Это позволяет производить плановую реставрацию с заменой вооружения. Долота эффективно заменяют шарошечные при проведении срезки и бурения участка ствола с набором параметров кривизны. Самыми высокоскоростными для большинства месторождений на сегодняшний день являются четырехлопастные PDC-долота [16]. Они наиболее полно соответствуют требованию, предъявляемому к PDC-долотам: обеспечение проводки секции скважины одним долблением с максимально возможной механической скоростью.

На рисунке 9 показана конструкция долота PDC. Отличие от других конструкций, в том, что лопасти имеют кривую форму. Кривизна лопастей вогнута в направлении резания, что усложняет выход срезанного грунта. Коснувшись грунта режущий зуб, начинает отодвигать срезаемый слой, тем самым сжимая срезанный слой вниз перегораживая путь срезанному слою. Так как срезанный грунт застревает между вогнутой части режущего зуба и стеной буримой скважины.



Рис. 9. Долота PDC

Если расположить кривизну лопастей в обратном направлении, по режущей кромке срезаемый слой направлялся бы на вверх, освобождая путь следующему срезаемому слою.

**Выводы:**

1. В результате исследования конструкции бурильных инструментов были выявлены факторы, отрицательно влияющие на эффективность процесса бурения и на стойкость бурильных инструментов:

- прерывистость процесса резания каждым зубом в лопастях вносит дополнительные возмущения сил бурения, а также зачастую приводит к упрочнению срезаемого грунта;

- срезаемый в процессе грунт контактной стороной трется по передней поверхности, а обработанная поверхность - по задней поверхности бурильного инструмента. При этом бурильный инструмент работает в особо тяжелых условиях;

- необходимость больших энергетических затрат на работу-сдвигание срезаемого грунта. В виду того, что направление схода срезаемого грунта оказывается противоположным относительно главной скорости бурения.

2. Выявлены следующие недостатки бурильных инструментов:

- лопастные бурильные инструменты - прерывистость процесса резания каждым зубом в лопастях вносит дополнительные возмущения сил бурения, а также зачастую приводит к упрочнению срезаемого грунта;

- алмазные бурильные инструменты - дороговизна, податливость режущей части к сколам, а также критический износ при скачкообразных нагрузках;

- бурильные инструменты с твердосплавными коронками - малый предел прочности на изгиб и растяжение и небольшая ударная вязкость.

3. Несмотря на то, что модели взаимодействия породоразрушающего инструмента для вращательного и вращательно-ударного бурения достаточно глубоко исследованы, универсального метода расчета режимных параметров, позволяющего однозначно определять область применения различных способов бурения на данный момент не существует.

4. Предполагается, что износ режущей кромки бурильного инструмента носит абразивный характер и в процессе дальнейшей эксплуатации будет носить характер критического износа, который приведет к поломке бурильного инструмента. Кроме этого, армированные пластины из твердого сплава с небольшой площадью поперечного сечения, являются очень хрупкими, нежесткими и не теплостойкими.

5. Результаты исследования показали, что нынешнее состояние бурильных работ уровень эксплуатационных показателей бурильных инструментов, в частности буровых долот, показали необходимость разработки ресурсосберегающих технологии бурения и конструкции бурильных инструментов для разрушения пород в добыче твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буткин, В.Д. Буровые машины и инструменты [Текст] / В.Д. Буткин, И.И. Демченко. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. – 120 с.
2. Волик, Д.А. Буровые породоразрушающие инструменты [Текст] / Д.А. Волик. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2014. - 94 с.
3. Юнин, Е.К. Основы механики глубокого бурения [Текст] / Е.К. Юнин, В.К. Хегай. – С-Пб.: Недра, 2010. - 168 с.
4. Самойлов, С. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент [Текст]: справочник / В.С. Самойлов, Э.Ф. Эйхманс, В.А. Фальковский [и др.]. – М.: Машиностроение, 1988. - 368 с.
6. ГОСТ 3882-74. Сплавы твердые спеченные. Физико-механические свойства твердых сплавов. Свойства.
7. Волик, Д.А. Бурение скважин на жидкие и газообразные полезные ископаемые [Текст] / Д.А. Волик. – М.: Изд-во МГОУ, 2009. - 136 с.
8. Волик, Д.А. Породоразрушающий инструмент [Текст] / Д.А. Волик, В.П. Логунов. – М.: МИНГ, 1988. - 56 с.
9. Масленников, И.К. Буровой инструмент [Текст]: справочник / И.К. Масленников. М.: Недра, 1989. - 430 с.
10. Кершенбаум, В.Я. Шарошечные долота [Текст] / В.Я. Кершенбаум // Междунар. транслятор-справочник: Междунар. инженерная энциклопедия / Сер. Нефтегазовая техника и технология / Под научной ред. акад. РИА В.Я. Кершенбаума, акад. РАПК А.В. Торгашова. – М.: АНО «Технонефтегаз», 2000. - 245 с.
11. Каталог «Буровой инструмент» Российское Промышленное Бурение (ООО «РПБ») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosprombur.ru/>
12. Ходжибергенов, Д.Т. Разработка научных основ, технологии и режущих инструментов для ротационной обработки изделий на металлорежущих станках [Текст]: дисс... докт. техн. наук. – Бишкек, 2013. – 262 с.
13. Белецкий, Д.Г. Справочник токаря-универсала [Текст] / Д.Г. Белецкий, В.Г. Моисеев, М.Г. Шеметов. – М.: Изд-во Машиностроение, 1987. – 560 с.
14. Каталог «Твердосплавные коронки типа СА СА5 СА6». ОАО Транс ТЭК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://trans-tek.ru/koronki-sa.htm>.
15. Каталог «Композиционные наплавочные сплавы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.drillings.ru/tverdsplav>.
16. Чулкова, В.В. Разработка методических и технологических ешений по выбору долот рдс с усиленным антивибрационным вооружением [Текст] / В.В. Чулкова. [?].
17. Буринтех [Текст]: каталог продукции. [?]. – 2016. – 94 с.

18. BakerHughes [Текст]: каталог продукции. [?]. - 2011. - 34 с.  
19. Графический метод оценки эффективности работы бурения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://studwood.ru/1045722/geografiya/geologo\\_fizicheskaya\\_harakteristik](https://studwood.ru/1045722/geografiya/geologo_fizicheskaya_harakteristik).

Материал поступил в редакцию 29.08.18.

Д.Т. Ходжибергенов<sup>1</sup>, К.Т. Шеров<sup>2</sup>, А.К. Орынбасаров<sup>1</sup>,  
З.А. Ибрагимова<sup>1</sup>

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

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

### БҰРҒЫЛАУ ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДАРЫН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Мақалада «AP0513118 Қатты, сұйық және газ тәрізді пайдалы қазбаларды алуда ұңғымалар бұрғылау үшін бұрғылау құралдарын жарату (келісім-шарт №164, 15.03.2018 ж.)» гранттық тақырыбының аясында орындалған зерттеу жұмыстарының нәтижелері берілген.

Бұрғылау құралдарының құрылымдарын зерттеу нәтижесінде олардың беріктілігіне және бұрғылау процесіне кері әсер етуші факторлар анықталған.

Сондай-ақ, олардың кемшіліктері де анықталған. Бұрғылау құралының кесуші жиегінің тозуы абразивтік сипатқа ие және оны одан әрі пайдалану процесінде оның сынуына алып келетін шекті тозу сипатына ие болады деп болжам жасалды.

**Тірек сөздер:** бұрғылау құралы, тозу, қашау, қатты қорытпа, беріктілік, ұңғыма бұрғылау.

D.T. Hodzhibergenov<sup>1</sup>, K.T. Sherov<sup>2</sup>, A.K. Orynbasarov<sup>1</sup>, Z.A. Ibragimova<sup>1</sup>

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

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

### RESEARCH AND ANALYSIS OF THE DESIGN OF TOURISM INSTRUMENTS

This article presents the results of the research carried out within the framework of the grant theme: "AP0513118 Creation of drilling tools for drilling wells in the production of solid, liquid and gaseous minerals (contract No. 164 dated March 15, 2018)."

As a result of research on the design of drilling tools, factors that adversely affected the efficiency of the drilling process and the resistance of the drilling tools were identified. And their shortcomings are also identified. It is assumed that the wear of the cutting edge of the drilling tool is of an abrasive nature and, in the course of further operation, will be of the nature of critical wear, which will lead to breakage of the drilling tool.

**Keywords:** drilling tools, wear, chisel, hard alloy, durability, drilling wells.

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***РАЗРАБОТКА ОБЩЕЙ МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ  
СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ**

Рассмотрены общая структура некоторых технологических машин, а также общая структура землеройных машин и особенности их компоновки.

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

В предыдущие годы нами разработаны теоретическое и конструктивное обоснование принципов создания самоприспосабливающихся рабочих органов землеройных машин и обоснование их параметров.

Землеройные машины соединяются со своими рабочими органами механической системой связи, называемой рабочим оборудованием. Однако четких признаков этой связи, которые лежали бы в основу формирования структуры землеройных машин нет.

Целью предлагаемой научно – исследовательской работы является решение этого вопроса и на его основе выявление нового классификационного признака.

**1. Общая структура землеройных машин как мобильной технологической машины.****1.1. Общие структуры некоторых технологических машин**

По определению И.И.Артоболевского [1] машина есть устройство, выполняющее механическое движение для преобразования энергии, материалов и информации в целях замены или облегчения физического и умственного труда человека. С точки зрения выполняемых машинами функций их можно разделить на следующие классы: а) энергетические машины, б) рабочие машины, в) информационные машины, г) кибернетические машины.

Рабочие машины предназначены для преобразования материалов. Они подразделяются на транспортные и технологические машины.

Технологической машиной называется рабочая машина, в которой преобразование материала состоит в изменении формы, свойства и состояния материала.

Многообразен класс технологических машин. К ним принадлежат станки, текстильные машины, машины, используемые в сельском хозяйстве, металлургические, полиграфические, пищевые и другие машины.

В сельскохозяйственном производстве тракторы используют главным образом в агрегате с сельскохозяйственными машинами, на транспортных работах, а также на легких строительных и мелиоративных работах.

У большинства типов тракторов отдельные части расположены в единой последовательности и имеют одинаковое назначение. В общем случае трактор состоит из таких основных частей, как двигатель, трансмиссия,

ходовая система, механизмы управления, рабочее оборудование и вспомогательное оборудование [2].

В работах, направленных на совершенствование конструкций тракторов, проблемными в настоящее время являются вопросы их компоновки. Наряду с широко распространенной компоновкой трактора появляются и новые компоновки, обеспечивающие рациональное выполнение технологических процессов в сельскохозяйственном производстве.

Классическая компоновка трактора является исторически сложившейся. Появившиеся вместе с трактором прицепные машины по сути явились автономными механизмами с собственной ходовой частью, использующими лишь тягу трактора. Машино- тракторные агрегаты с прицепными устройствами обладают высокой металлоемкостью и повышенным тяговым сопротивлением и в ряде случаев требуют участия рабочего – прицеппщика. Поэтому новым этапом в развитии компоновок тракторов явились навесные машины. Тракторные агрегаты с навесными машинами обладают следующими преимуществами:

- масса навесных машин значительно меньше массы соответствующих прицепных машин;
- конструкция навесных машин проще, а надежность выше, так как меньше изнашиваемых деталей;
- значительно упрощается управление машинами в результате использования гидронавесных устройств;
- повышается маневренность тракторного агрегата;
- уменьшается тяговое сопротивление за счет снижения массы машин и перераспределения ее на трактор;
- упрощаются обслуживание и ремонт.

Тракторы могут иметь навесные устройства универсального или специального типа, позволяющие осуществлять фронтальную (переднюю), межсезонную (среднюю) или заднюю навески машин и орудий. Возможно сочетание нескольких навесок. В последнем случае возрастает универсальность тракторов: использование межсезонной навески позволяет качественно проводить обработку узких междурядий овощных культур; передняя навеска волокуш и погрузчиков в отличие от трактора позволяет обойтись без механизма реверса; а наличие дополнительной задней навески при определенных условиях допускает возможность агрегатирования трактора с навесными машинами универсального типа. Сочетание нескольких навесок позволяет применять эшелонированное агрегатирование, характерное для выполнения совмещенных операций [3]. Повышается в этом случае и производительность машины на транспортных работах за счет агрегатирования одновременно с навесной платформой и прицепом. Использование навесной платформы повышает маневренность транспортного агрегата на базе самоходного шасси по сравнению с тракторным агрегатом, составленным из трактора и прицепа. Это позволяет более эффективно использовать самоходное шасси для выполнения транспортных и других работ на животноводческих фермах, где применение трактора с прицепом ограничено.

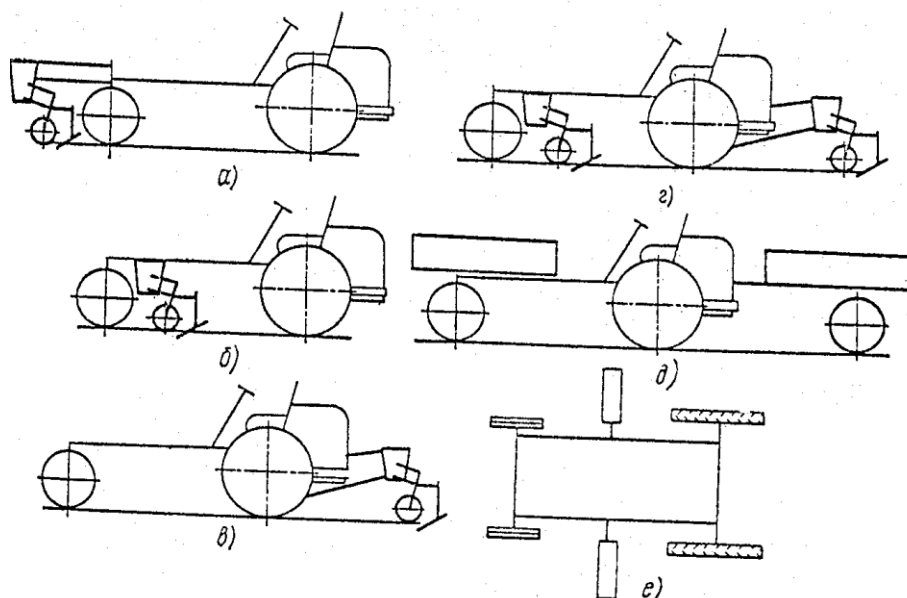
Применительно к мобильным сельскохозяйственным агрегатам модуль – это составная часть мобильного сельскохозяйственного агрегата, законченная в монтажном и функциональном (на уровне основных функций) отношении.



Энергетические модули могут быть двух типов: двухосные с колесной формулой КК4 и 2К2.

Агрегаты, образуемые стыковкой энергомодуля с четырьмя ведущими колесами и технологического модуля, обеспечивают высокие тягово-цепные показатели и умеренные давления на почву. К недостаткам двухосного энергетического модуля следует отнести повышенную сложность (а следовательно, и стоимость) конструкции и ограниченную маневренность. Они могут быть рекомендованы для создания широкозахватных высокопроизводительных агрегатов.

Конструкционная масса одноосного энергетического модуля по сравнению с двухосной модификацией на 10 - 15 % ниже. Как преимущество одноосного модуля следует отметить возможность комплектования со сложной технологической схемой машин. К его недостаткам следует отнести затрудненность самостоятельного переезда от одного технологического модуля к другому без дополнительных вспомогательных колес [4-5].



а - фронтальная навеска; б - межосевая (средняя) навеска; в - задняя навеска; г- эшелонированная навеска; д- эшелонированный транспортный агрегат; е - боковая навеска

Рис. 1. Схемы размещения машин на самоходном шасси

## 1.2. Общая структура землеройных машин и особенности их компоновки

Любая землеройная машина состоит из следующих элементов:

- рабочего оборудования, непосредственно осуществляющего технологическую операцию и взаимодействующего с внешней (обрабатываемой) средой;
- силового оборудования, являющегося источником или преобразователем энергии в механическую работу;
- трансмиссии, передающей движение от двигателя к рабочему органу, ходовому оборудованию и другим сборочным единицам машины, то есть различных передаточных механизмов, преобразующих режим работы

двигателя в требуемый по мощности, характеру движения и скоростному режиму исполнительного органа;

- системы управления, обеспечивающей управление и регулирование режима работы силовой установки, рабочего органа и других устройств, осуществляющей запуск и остановку силового оборудования, соединяющей и разъединяющей силовое оборудование с трансмиссией, а также предусматривающей автоматизацию управления всеми производственными операциями машины;

- ходового оборудования, служащего для передвижения машины в рабочем и транспортном режиме, передачи нагрузок от сил тяжести машины и реакций со стороны внешней среды на рабочий орган, основание, а также для поддержания всех элементов машины к сохранения их взаимного расположения; в стационарных машинах роль ходового оборудования выполняют рамы и станины, объединяющие все сборочные единицы в одно целое.

Взаимодействие отдельных сборочных единиц и агрегатов машины, их взаимное расположение, по которому можно понять общее устройство, характеризуют конструктивно-компоновочные схемы.

Материал, накопленный по исследованию сельскохозяйственных машин, не может быть принят полностью для рабочих органов землеройных машин по следующим причинам: например, плуги только отделяют пласт грунта от массива и переворачивают его, не производя транспортирования; по технологическим требованиям плуги должны обеспечивать определенное крошение пласта, что для большинства землеройных машин является отрицательным фактором; сельскохозяйственные машины, как правило, используются на многократно обрабатываемых площадях, а рабочие органы землеройных машин разрабатывают грунты ненарушенной структуры; разрабатываемая среда – верхний растительный слой по своим физико-механическим свойствам существенно отличается от свойств материковых пород. В связи с этим компоновка землеройных машин отличается от компоновки сельскохозяйственных машин.

Землеройные машины применяются со сменным оборудованием различных видов на самых разнообразных работах: при разработке грунта, погрузке и разгрузке сыпучих и мелкокусковых материалов, на вскрышных работах, при добыче полезных ископаемых открытым способом, разработке песчано-гравийных карьеров, транспортировке грунта, породы и дорожно-строительных материалов на небольшие расстояния, монтажных, такелажных и других работах. Базовые машины будут иметь гидрообъемную или гидромеханическую трансмиссию, усиленную ходовую часть, гидросистему, обеспечивающую необходимое быстродействие рабочего оборудования, на них будут предусмотрены специальные привязочные места для монтажа рабочего оборудования.

В этой связи, как и для сельхозмашин, будет широко использоваться принцип модульного проектирования. Для этого основная конструкция машины будет расчленена на ряд групп. Каждая группа будет содержать агрегаты, передачи, основные и вспомогательные системы и элементы их соединения, объединенные общим функциональным назначением. Каждая группа – модуль будет достаточно компактна и обеспечит облегченный монтаж, обслуживание, ремонт, регулирование и диагностику неисправностей. Одним из достоинств модульной конструкции является то, что она позволяет создавать конструктивно-подобные машины с высокой

степенью унификации. Применение модульного принципа формирования структурных схем машин позволяет при создании новых использовать проверенные и отработанные конструктивно узлы и агрегаты крупносерийного производства [6-8].

**Вывод:** любая землеройная машина состоит из 6 элементов: энергетического оборудования, ходового оборудования, рабочего оборудования, системы привода энергии, системы управления движениями и системы жизнеобеспечения оператора.

## **2. Существующая классификация землеройных машин**

### **2.1. Существующие системы классификации некоторых технологических машин**

Классификацией данного множества предметов производства называется систематизация этого множества путем последовательного разделения этих предметов по определенным признакам. В качестве главных признаков деления любой технологической машины приняты признаки, наиболее существенные при проектировании; назначение машины, т.е. выполняемая ею технологическая работа, и конструктивные особенности машины.

Классификаций тракторов, например, по назначению осуществляется на сельскохозяйственные и промышленные. А классификация сельскохозяйственных тракторов по конструктивным признакам часто ограничивается характеризующими движитель. С развитием номенклатуры тракторных средств, включающий собственно тракторы, несущие тракторы и тракторные самоходные шасси, а также тягово-приводные агрегаты из других групп машин, их классификация по типу ходовых систем становится недостаточной и должна дополняться другими признаками. Хороший пример классификации тракторов по компоновочным схемам приведен в работе [9].

Особенностью отрасли сельскохозяйственного машиностроения является исключительное разнообразие изделий этой отрасли по их назначению и конструкции. Назначение изделий определяется сельскохозяйственными операциями, для выполнения которых они сконструированы. Поэтому в основу деления их на группы, подгруппы и виды в качестве главного признака деления принято назначение изделия.

При делении изделий сельскохозяйственного машиностроения по конструктивным признакам важно знать, к какой категории относится изделие: машине, орудью, оборудованию, инвентарю, приспособлению, аппарату и т.д. Кроме того, для машин и орудий необходимо знать, являются они мобильными или стационарными.

Машины и орудия мобильные, т.е. передвигающиеся в процессе своей работы, могут быть разделены, например, по способу их агрегатирования с трактором на прицепные, навесные, полунавесные. Для стационарных машин этот признак деления не имеет смысла, а существенным является деление по источнику энергии для привода рабочих органов машин.

Что касается оборудования (например, кормушек, емкостей) и инвентаря (например, серпов, кос, садоводческих ручных изделий), то для них не имеет смысла обо вышеназванных признака деления (способ агрегатирования и вид энергии). Поэтому приводится определение понятий каждой категории изделия: машин, орудие, оборудование, инвентарь, установка, станция, аппарат, приспособление, комплект, агрегат.

Универсальная десятичная классификация предназначена для учета, систематизации и группировки изданий по всем вопросам науки и техники на

различных языках мира. Сельское хозяйство и сельскохозяйственные машины входят в УДК по классу 63, землеройные машины – 62.

В универсальной десятичной классификации применяются специальные определители: для характеристики определенных понятий, например для отличий деталей машин от самых машин, к которому эти детали или рабочие органы относятся; для различия машин по виду привода или тяги; для отличия комбинированных машин и орудий.

Международная патентная классификация (МПК) систематизирует и учитывает объекты изобретений и рационализаторских предложений и по технологическим процессам, методам производства продукции, а также по машинам, оборудованию элементам конструкций.

Система обозначения – буквенно – цифровая. Разделов к настоящему времени восемь: А- предметы потребления; В- различные производственные процессы; С- химия и металлургия; Д- текстиль и бумага; Е – строительное дело; F- механика, освещение и отопление; G – физика; H- электричество.

Сельское хозяйство и сельскохозяйственные машины входят в раздел А, а землеройные машины- Е. Каждый на разделов рассчитан на максимальное количество- 99 классов.

Групп по МПК обозначаются нечетными числами, а подгруппы – только двухзначными четными числами.

## **2.2. Классификационные признаки землеройных машин**

Основные землеройные машины классифицируются по главному признаку – назначению, на машины для подготовительных работ (рыхлителя, корчеватели), землеройно- транспортные машины (бульдозеры, скреперы, грейдеры), землеройные машины (экскаваторы одноковшовые и многоковшовые) и машины для гидравлической разработки грунта земснаряды и гидромониторы).

По типу рабочего органа землеройные машины делятся на машин с ножевыми, отвальными, ковшовыми и комбинированными рабочими органами. По типу воздействия на грунт- механические, гидравлические и комбинированные машины. По режиму работы – машины циклического и непрерывного действия. По направлению движения рабочего органа- продольного копания, поперечного копания и радиального копания машины. По типу ходового оборудования – машины с гусеничным, пневмоколесном, шагающим, плавучим ходом и на железнодорожном ходу. По типу механизма управления – машины с ручным, гидравлическими, пневматическим, электрическим, комбинированным управлением. По типу привода рабочего органа – машины с механическим, гидравлическим, электрическим, комбинированным приводом. По типу расположения рабочего органа относительно базы машины – машины с внебазовым (спереди, сзади, справа и слева) расположением и внутрибазовым расположением рабочих органов. По типу связи рабочего органа с машиной – машины канатно – блочным, гидравлическим и телескопическим рабочим оборудованием.

Кроме рме приведенных много имеется несущественные классификационные признаки, которые присуще и другим машинам, такие, как: формы рабочих органов, направление движению машины, степень автоматизации управления, расположение кабины и других вспомогательных устройств, типу двигателя привода в движение рабочих органов и самой машины, рабочие размеры, мощность двигателя, масса машины и т. п.

Несмотря на многочисленные классификационные признаки делений землеройных машин в литературе не обнаружены вопросы, связанные со

степенью свободы рабочих органов относительно самой машины и возносимого объекта, а также вопросы определения степени свобода рабочих органов.

**Вывод:** нет классификационного признака деления землеройных машин по степени свободы ее рабочих органов и нет методики определения самой степени свободы.

#### **Заключение**

Рассмотрены общая структура некоторых технологических машин, а также общая структура землеройных машин, особенности их компоновки. Анализированы классификационные признаки землеройных машин, приведены связи конструктивного исполнения от признаков классификации.

Перечислены элементы, составляющие общую конструкцию землеройной машины. Сделан вывод о том что нет классификации землеройных машин по степени свободы их рабочих органов.

Любая землеройная машина состоит из 6 элементов: энергетического оборудования, ходового оборудования, рабочего оборудования, системы привода энергии, системы управления движениями и системы жизнеобеспечения оператора.

Полученные результаты внедряются в учебный процесс при изложении курса строительных машин и создании новых машин

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин [Текст] / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1988. – 640 с.
2. Семенов, В.М. Трактор [Текст] / В.М. Семенов, В.Н. Власенко. – М.: Агропромиздат, 1989. – 352 с.
3. Либсис, С.Е. Универсально-пропашные самоходные шасси. Теория и расчет [Текст] / С.Е. Либсис. – М.: Машиностроение. 1976. – 216 с.
4. Петров, Г.Д. Создание самоходных сельхозмашин на базе высвобождаемого энергетического модуля [Текст] / Г.Д. Петров, В.А. Хвостов, И.Н. Серебряков [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 1987. – №12. – С.12-17.
5. Хвостов, В.А. Модульное построение машин для фермерских хозяйств [Текст] / В.А. Хвостов, С.Е. Селифаков // Тракторы и сельхозмашины. – 1990. – №10. – С.4-7.
6. Строительные машины для механизации гидромелиоративных работ [Текст] / Под ред. В.В.Сурикова. – М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
7. Баловнев, В.И. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве [Текст] / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара. – М.: Транспорт, 1983. – 183 с.
8. Проблемы повышения технического уровня строительных и дорожных машин [Текст] // Сб. научных трудов. - М: ВНИИстройдормаш, 1984. - 121 с.
9. Либсис, С.Е. Систематизация компоновочных схем с.-х. тракторов [Текст] / С.Е. Либсис // Тракторы и сельхозмашины. – 1984. – №2. – С. 4-8.
10. Изаксон, С.С. Классификация сельскохозяйственных машин и их частей [Текст] / С.С. Изаксон. – М.: Машиностроение, 1968. - 240 с.

*Материал поступил в редакцию 14.06.18.*

М. Абдигалиев, С. Алиев

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

### РАЗРАБОТКА ОБЩЕЙ МЕТОДИКИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Кейбір технологиялық машиналардың жалпы құрылысы, және жерқазғыш машиналарының жалпы құрылысы мен олардың орналасу ерекшеліктері қарастырылған.

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

М. Абдигалиев, С. Алиев

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

### DEVELOPMENT OF GENERAL METHODS OF FORMATION STRUCTURES DIGGER MACHINES AND THEIR CLASSIFICATION

The general structure of some technological machines, as well as the general structure of earth-moving machines and features of their layout are considered.

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

УДК 621.864

Б.Т. Сазамбаева<sup>1</sup>, Б.Б. Тогизбаева<sup>1</sup>, М. Маханов<sup>2</sup>, Б. Сарсенбаев<sup>3</sup>

*<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>3</sup>Канд. техн. наук, доцент  
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>a.sazambaeva\_t@mail.ru, <sup>2</sup>m.mahanoff@yandex.ru*

### К РАСЧЕТУ МНОГОЦЕЛЕВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА

В статье рассматривается конструкция дополнительного рабочего органа гидравлического экскаватора в виде фрезы для нарезания твердой породы, отработанного асфальта, мерзлых грунтов и расчеты параметров фрезы.

**Ключевые слова:** рабочее оборудование, фреза, стрела, рукоять.

В настоящее время имеется множество строительных дорожных машин с различными многоцелевыми рабочими органами для выполнения земляных работ. Известно, что сменные рабочие органы с обычным шарнирно-пальцевым креплением продолжают применять на дорожно-строительных машинах. Такое оборудование обычно применяется на погрузчиках, где их закрепляют на стреле и механизме поворота ковша, на экскаваторах – на рукояти и гидроцилиндре ковша. При замене рабочего оборудования

соединительные пальцы сначала вынимают из проушин, а затем снова вставляют в проушины нового оборудования, что приводит к существенным потерям рабочего времени (до 30 мин на одну замену). Но масса рабочего оборудования и его креплений в этом варианте наименьшая, не нужны дополнительные гидроцилиндры. Этим компенсируются издержки от потери времени.

Применяемые на погрузчиках наборы сменных рабочих органов в этом варианте меньше, чем с быстросменным и многоцелевым рабочим оборудованием, и используются в основном на машинах среднего и большого типоразмера. На экскаваторах всех типоразмеров этот вариант применяется чаще [1].

На практике часто используются также машины с двойным, независимым одно от другого постоянно установленным рабочим оборудованием: бульдозеры-экскаваторы, погрузчики-экскаваторы, бульдозеры-рыхлители и др. (тип 4 по классификации рис. 1). Такие машины без замены рабочего оборудования выполняют два вида работ.

Рабочее оборудование, предлагаемое кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии» ЕНУ им. Л.Н. Гумилева показано на рисунке 1. Это оборудование можно использовать для взламывания старых асфальтно-бетонных покрытий, разрушения скальных пород, нарезания мерзлых грунтов, разборки старых зданий и т.д.

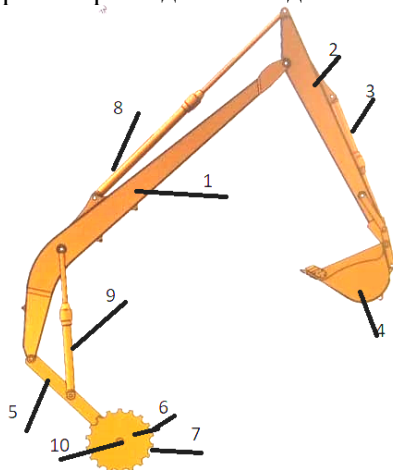


Рис. 1. Рабочее оборудование гидравлического экскаватора с обратной лопатой и дополнительным рабочим органом в виде диска

Рабочее оборудование состоит из стрелы 1, гидроцилиндра стрелы 8, рукояти ковша 2, с гидроцилиндром 3 и ковшом 4, и дополнительным рабочим органом, состоящим из рычага 5, поднимающегося и опускающегося за счет гидроцилиндра 9, диска (фрезы) 6 вращательного действия с приводом от общего двигателя или с индивидуальным приводом, с зубьями 7, прикрепленному к рычагу 5 для механического нарезания щелей в асфальте или в твердой породе грунта.

Рычаг 5 поворачивается гидроцилиндром 9 относительно стрелы 1. С помощью гидромотора 10, прикрепленному к фрезе для вращения, фреза с помощью зубьев врезается в грунт или асфальт и делает нарезки. Вращение может быть в одну также в другую сторону. Структурно рабочий цикл такого оборудования такой же, как у гидравлического экскаватора с обратной

лопатой, но отличается характером рабочих движений. После нарезания щели фрезу поворачивают вместе с рычагом гидроцилиндром 9 в положение транспортировки, рычаг 5 уходит вверх во внутреннюю полость стрелы, не создавая помехи работе ковша.

Увеличение момента вращения, автоматически приводит к уменьшению усилия подачи, и наоборот уменьшение момента вызывает увеличение усилия подачи. Теоретически этот процесс для адаптивной машины рассмотрен в работе [2], в которой изложен вопрос саморегулирования на основе положений теории резания.

Положение фрезы в пространстве определяется сочетанием следующих движений: его выдвижения из полости стрелы, упора в разрезаемую плоскость, поворота неподвижной секции стрелы относительно собственной продольной оси, поворота фрезы в вертикальной плоскости, вращения и нарезки асфальта или грунта.

Объем взломанного грунта с дополнительным рабочим оборудованием в виде фрезы можно определить следующим образом:

$$V = \frac{SLk_p k_b}{Ln} \quad (1)$$

где:  $S$  – площадь сечения нарезаемого грунта режущей фрезой,  $m^2$ ;  $L$  – коэффициент учитывающий потери грунта;  $k_b$  – коэффициент использования по времени;  $n$  – скорость вращения фрезы.

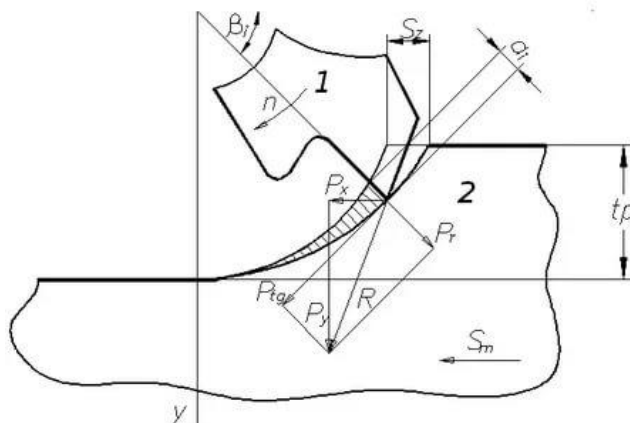


Рис. 2. Усилия, возникаемые при работе режущего грунт диска

$$R = P_r + P_{tg}, \quad (2)$$

где  $R$  – усилие резания диском, Н;  $P_r$  – нормальное усилие резания, Н;  $P_{tg}$  – касательное усилие резания, Н;  $P_y$  – радиальная сила, равная  $(0,6-0,8)R$ , изгибает вал, на которой сидит диск и оказывает давление на подшипники;  $P_x$  – сила подачи, равная  $(1-1,1)P_z$ ,  $P_z = R$ ;

Скорость резания

$$v = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/мин} \quad (3)$$

где:  $D$  – диаметр диска, м;  $n$  – число оборотов диска, об/мин  $\pi = 3,14$ .



При имеющихся условиях закрепления и нагружения рабочего органа ГЭ заданными продольными и поперечными силами, приложенными к диску расчетный случай-1, деформации сечения будут различны, что приведет к проявлению дополнительных, нормальных и касательных напряжений сечениях, которые могут достигать величин, соизмеримых с основными напряжениями изгиба.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин, М.И. Строительные машины [Текст] / М.И. Гальперин, Н.Г. Домбровский. – М.: Машиностроение, 1980. – 295 с.
2. Лемешко, М.А. Адаптивная бурильная машина вращательного типа [Текст] / М.А. Лемешко, Р.Ю. Волков // Молодой ученый. – 2016. – №16. – С. 97-99.

*Материал поступил в редакцию 28.08.18.*

**Б.Т. Сазамбаева, Б.Б. Тогизбаева, М. Маханов, Б. Сарсенбаев**

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан*

#### **ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЭКСКАВАТОРДЫҢ КӨП МАҚСАТТЫ ЖҰМЫС ОРГАНДАРЫН ЕСЕПТЕУ**

Мақалада гидравликалық экскаватордың қатты жердің қыртысын, ескі асфальт төсенішін, мұзды жерді кесетін қосымша жонғыш кескіш істейтін жұмыс жабдығы қарастырылған.

**Тірек сөздер:** жұмыс жабдығы, жонғыш кескіш, жебе, сабы.

**B.T. Sazambayeva, B.B. Togizbayeva, M. Makhanov, B. Sarsenbayev**

*L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

#### **CALCULATE MULTIPLE-PURPOSE WORKING BODIES OF HYDRAULIC EXCAVATOR**

In this article a working equipment of hydraulic excavator, which arrows increasing the efficiency of operation and competitiveness on the market which based on the of innovative technical approaches.

**Keywords:** Working equipment, milling cutter, Lever, Arron.

УДК 621.09.1

**Б.Т. Мардонов***Канд. техн. наук, доцент**Навоийский государственный горный институт, г. Навои, Узбекистан**Электронная почта: mbt69@mail.ru***ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБОТКИ ЗУБЬЕВ  
ПРЯМОЗУБЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС  
ОБКАТНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ «ШЕВЕРОМ-ПРИКАТНИКОМ»**

В статье приводятся результаты экспериментального исследования способа финишной обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес в условиях ПО «Навоийский машиностроительный завод» (Узбекистан). Обработка проводилась на токарно-винторезном станке с использованием обкатных инструментов «шеверов-прикатников» изготовленных из стали Р6М5 и ШХ15. Результаты экспериментальных исследований подтвердили возможность применения предлагаемого способа для финишной обработки боковых поверхностей зубьев цилиндрических зубчатых колес, была достигнута низкая шероховатость ( $R_a = 0,32$  мкм) обработанных поверхностей.

**Ключевые слова:** шевер-прикатник, цилиндрическое зубчатое колесо, шероховатость, микротвердость, метод обкатки.

**Введение и актуальность исследования.** Интенсивное развитие машиностроения неразрывно связано с ускорением технического прогресса и повышением производительности труда при создании новых конструкций машин и разработке современных технологических процессов их производства. Повышение эффективности машиностроительного производства может быть осуществлено за счет использования прогрессивного оборудования и инструментов, позволяющих в широких масштабах внедрять высокопроизводительные ресурсосберегающие технологии. Наибольшую актуальность указанные пути имеют в производстве сложных деталей, к которым можно отнести зубчатые колеса. Это объясняется специфическими особенностями как конструкции самих зубчатых колес, так и технологии их изготовления [1].

Современное состояние машиностроительной отрасли, в частности производства зубчатых колес, диктует необходимость разработки и внедрения прогрессивного технологического оборудования, режущих инструментов и высокопроизводительных ресурсосберегающих технологий механической обработки.

Проведенные исследования показали, что градообразующие промышленности СНГ, в частности Республики Узбекистан испытывают большую потребность в зубчатых колесах, из которых более 60% составляют прямозубые цилиндрические зубчатые колеса с внешним зацеплением. Среди цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями особое место занимают среднемодульные зубчатые колеса, которые нашли широкое применение в станкостроении, тракторостроении, автомобилестроении и других отраслях промышленности.

Несмотря на непрерывное совершенствование технологических процессов изготовления зубчатых колес, трудоемкость операций

зубообразования остается очень высокой и составляет 50-60% общей трудоемкости механической обработки зубчатых колес [2,3].

Зубчатые колеса характеризуются не только сложностью геометрической формы, но и взаимозависимостью размерных параметров, которые должны выполняться с высокой точностью даже для колес неотвественных передач. Поэтому при их изготовлении наиболее трудоемкой и ответственной специфической операцией является процесс формообразования зубьев. При формообразовании зубьев зубчатых колес основную роль играют методы окончательной финишной обработки. На рисунке 1 показана классификация методов финишной обработки зубьев зубчатых колес [3].



Рис. 1. Классификация методов финишной обработки зубьев зубчатых колес

Анализ основных направлений повышения качества изготовления среднемодульных цилиндрических зубчатых колес показывает, что несмотря на большой объем фундаментальных исследований, проведенных в течение последних 20-30 лет и полученные важные результаты, вопросы обеспечения точности и качества рабочих поверхностей зубчатых колес, в частности при формообразовании зубьев на финишных операциях, остается проблемой.

В связи с этим исследование и разработка ресурсосберегающего способа и конструкции инструмента для окончательной обработки зубьев прямозубых цилиндрических зубчатых колес является актуальной задачей.

**Методика и планирование эксперимента.** Методика исследования основана на научных положениях таких наук как основы технологии машиностроения, технология машиностроения, теория резания металлов и зубообработки, методы планирования и математической статистики. Эксперименты проводились на натуральных образцах в условиях ПО «Навоийский машиностроительный завод» (Узбекистан) с применением заготовок реально используемых на производстве. Измерение и контроль показателей качества проводились отделом технического контроля и научно-исследовательской лабораторией завода.

Планирование эксперимента выполнено по методике [4-6]. Для планирования эксперимента в качестве факторов были использованы: скорость резания ( $V$ ), подача ( $S$ ) и глубина резания ( $t$ ).

Измерения будут проводиться с варьированием трех параметров на двух уровнях рекомендуемого диапазона, как указано в таблице 1.

Таблица 1

Параметры резания и их уровни

Факторы	Уровни		Интервал варьирования
	+1	-1	
Скорость резания ( $V$ ) [об/мин]	200	400	100
Подача ( $S$ ) [мм/об]	0,07	0,15	0,03
Глубина резания ( $t$ ) [мм]	0,015	0,035	0,010

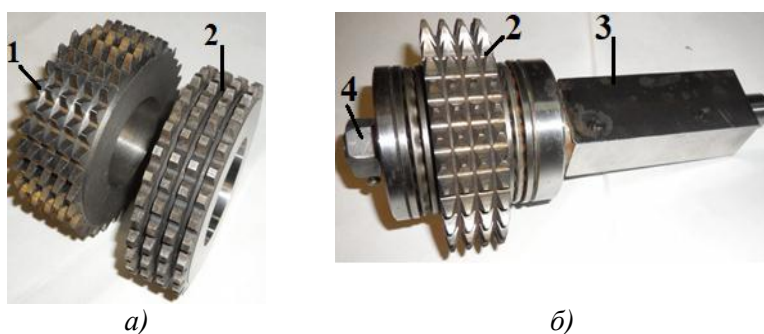
Проводился эксперимент типа  $2^3$ , где число факторов  $k=3$ , число уровней  $p=2$ , число опытов  $N=8$ , число повторных опытов  $n=5$ . Матрица планирования приведена в таблице 2.

Таблица 2 – План эксперимент типа  $2^3$ 

Номер опыта	Матрица планирования							$y_u$	$y_j$
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$		
1	+	+	-	+	-	-	-	0,53	<b>0,502</b>
								0,52	
								0,5	
								0,48	
								0,48	
2	-	+	-	-	+	-	+	1	<b>1</b>
								1,02	
								1,01	
								0,98	
								0,98	
3	+	-	-	-	-	+	+	0,3	<b>0,32</b>
								0,31	
								0,3	
								0,32	
								0,32	
4	-	-	-	+	+	+	-	0,6	<b>0,6</b>
								0,61	
								0,6	
								0,59	
								0,6	
5	+	+	+	+	+	+	+	0,71	<b>0,7</b>
								0,7	
								0,72	
								0,69	
								0,68	
6	-	+	+	-	-	+	-	1,25	<b>1,25</b>
								1,23	
								1,25	
								1,27	
								1,25	
7	+	-	+	-	+	-	-	0,52	<b>0,55</b>
								0,54	
								0,55	
								0,56	
								0,56	

8	-	-	+	+	-	-	+	0,98	1,07
								0,99	
								1,1	
								1,1	
								1,2	

На рисунке 2 показан инструмент «шевер-прикатник».



*a* – шевер-прикатники; *б* – инструмент в сборе; 1–шевер-прикатник Р6М5; 2–шевер-прикатник ШХ15; 3–державка; 4–гайка для зажима

Рис. 2. Инструмент «шевер-прикатник»

Шевер-прикатник был изготовлен из материала сталь Р6М5 ( $m=3$ ;  $z=33$ ; канавка винтовая; пяти рядная) и сталь ШХ15 ( $m=3$ ;  $z=33$ ; канавка винтовая; четырех рядная).

Для обработки в качестве заготовки использованы зубчатые колеса из материала сталь 40Х,  $m=3$ ;  $z=33$ ; смещение исходного контура 0,45мм. Термообработка улучшение НВ240÷280. Шероховатость боковых поверхностей зубьев зубчатых колес составляет  $R_a=2,5$  мкм.

**Экспериментальное исследование и обсуждения результатов.** Экспериментальное исследование обработки зубчатых колес обкатным инструментом «шевер-прикатник» проводился на станке НТ250И.

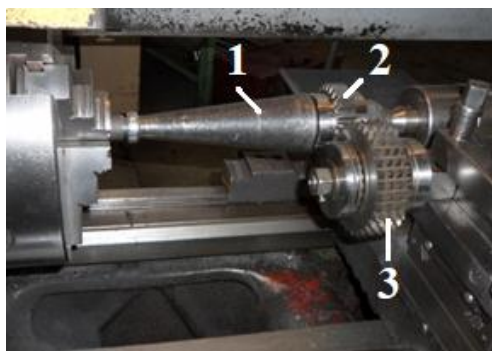
На рисунке 3 показан процесс обработки зубьев зубчатого колеса инструментом «шевер-прикатник».

Для установки заготовки была изготовлена специальная оправка (см. рис. 3 б). Обрабатываемое зубчатое колесо 2 находится в безззорном зацеплении с шевером-прикатником 3.

При внеполюсном зацеплении по боковым поверхностям зубьев колеса имеется относительное скольжение по рабочей высоте боковых поверхностей зубьев. Сочетание геометрических параметров инструмента обеспечивает на входной стороне положительные задние углы, и материал заготовки срезается (удаляется припуск).

На выходной стороне задние углы принимают отрицательное значение, поэтому инструмент выглаживает материал заготовки, производя поверхностное упрочнение. Для выравнивания условий обработки по обеим сторонам зуба обработку ведем с реверсированием. После каждого из 3-4 рабочих ходов, включающих вращение шевера-прикатника в прямом и обратном направлениях на количество оборотов, равное числу зубьев обрабатываемого колеса, осуществляют периодическую радиальную подачу

$S$ , а в конце обработки следует выхаживание в течение 1-2 ходов без радиальной подачи.



а)



б)

а – процесс обкатки; б – заготовка, установленная на оправке, в сборе; 1-оправка для установки заготовки; 2-заготовка; 3-шевер-прикатник ШХ15

Рис. 3. Процесс обработки зубьев зубчатого колеса инструментом «шевер-прикатник»

За счет подачи сближения  $S$  между инструментом и заготовкой возникает сила  $P$ . Составляющая сила  $P_N$  вдавливает инструмент по нормали к профилю зуба, а составляющая  $P_t$  сдвигает материал зуба, срезая или выглаживая его. На рисунке 4 показаны обработанные зубчатые колеса.

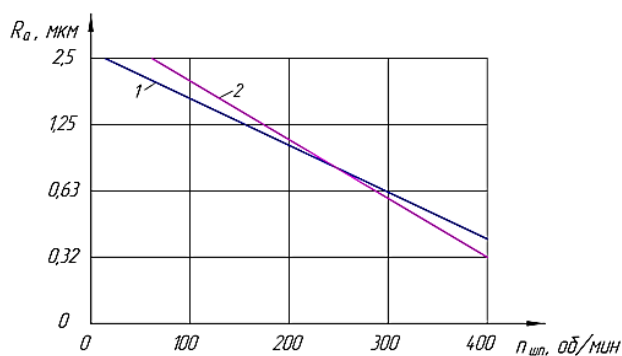


1-зубчатое колесо, обработанное при режимах:  $n=200$  об/мин;  $S=0,1$  мм/об;  $t=0,025$  мм. 2-зубчатое колесо, обработанное при режимах:  $n=400$  об/мин;  $S=0,1$  мм/об;  $t=0,025$  мм

Рис. 4. Обработанные зубчатые колеса

В результате анализа полученных результатов было определено влияние частоты вращения шпинделя на шероховатость обработанных боковых поверхностей.

На рисунке 5 показан график зависимости шероховатости боковых поверхностей зубьев зубчатых колес от частоты вращения шпинделя.



1 – обработка шевером-прикатником из стали Р6М5; 2– обработка шевером-прикатником из стали ШХ15;  $S=0,1\text{мм/об}$ ;  $t=0,025\text{ мм}$

Рис. 5. График зависимости шероховатости боковых поверхностей зубьев зубчатых колес от частоты вращения шпинделя

Из графика видно, что при обработке обоими шеверами-прикатниками увеличение частоты вращения шпинделя благоприятно сказывается на шероховатости обработанных боковых поверхностей зубьев цилиндрических зубчатых колес. При значениях частоты вращения шпинделя  $n=200\div 400\text{ об/мин}$  была обеспечена шероховатость  $R_a = 1,25 \div 0,32\text{ мкм}$  обработанных боковых поверхностей зубьев цилиндрических зубчатых колес.

Также была исследована микротвердость боковых поверхностей зубьев зубчатых колес после обработки «шеверами-прикатниками».

Был зафиксирован прирост микротвердости после обработки «шеверами-прикатниками». После обработки шевером-прикатником из стали Р6М5 прирост микротвердости при нагрузке 0,5Н зафиксирован на уровне 17% и при нагрузке 1Н зафиксирован на уровне 11%. После обработки шевером-прикатником из стали ШХ15 прирост микротвердости при нагрузке 0,5Н зафиксирован на уровне 16% и при нагрузке 1Н зафиксирован на уровне 9%.

Полученные данные показывают возможность применения предлагаемого способа обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес, с использованием обкатных инструментов изготовленных из стали Р6М5 и ШХ15. А также был зафиксирован наименьший уровень прироста микротвердости при обработке шевером-прикатником изготовленным из стали ШХ15. Что позволяет утверждать об уменьшении остаточных напряжений в поверхностном слое боковых поверхностей зубьев зубчатого колеса. Полученные результаты подтверждают возможность использования стали ШХ15 в качестве материала для шевера-прикатника при обработке зубьев цилиндрических зубчатых колес.

В целом результаты исследования показали возможность применения разработанного способа финишной обработки и обкатного инструмента «шевера-прикатника» для финишной обработки боковых поверхностей цилиндрических зубчатых колес.

#### Выводы:

1. Установлено, что при обработке обоими шеверами-прикатниками увеличение частоты вращения шпинделя благоприятно сказывается на шероховатости обработанных боковых поверхностей зубьев цилиндрических зубчатых колес.

2. Результаты экспериментальных исследований подтверждают возможность применения предлагаемого способа для финишной обработки боковых поверхностей зубьев цилиндрических зубчатых колес, при этом была достигнута шероховатость  $R_a = 1,25 \pm 0,32$  мкм.

3. При обработке шевером-прикатником изготовленного из стали ШХ15 был зафиксирован меньший уровень прироста микротвердости на боковых поверхностях зубьев, которые показывают уменьшение остаточных напряжений в поверхностном слое боковых поверхностей зубьев зубчатого колеса. Эти результаты подтверждают возможность использования стали ШХ15 в качестве материала для шевера-прикатника при обработке зубьев цилиндрических зубчатых колес.

4. Преимуществом предлагаемого способа является выполнение его на универсальных токарно-винторезных станках, что исключает необходимость использования (или приобретения) дорогостоящих зубошлифовальных и зубошевинговальных станков, наладка которых является трудоемкой и сопровождается дополнительными затратами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппов, К.В. Технологические возможности процессов зубонарезания цилиндрических колес [Текст]: автореферат дисс... канд. техн. наук. – Тула, 2003. – 20 с.
2. Абросимова, А.Р. К вопросу повышения качества обработки сложнопольных деталей на фрезерных станках [Текст] / А.Р. Абросимова, Д.Л. Кузьминский, Ю.В. Максимов, А.Ю. Мокринская // Материалы 77-й международной научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://mami.ru/science/aai77/scientific/article/s07/s07\\_01.pdf](http://mami.ru/science/aai77/scientific/article/s07/s07_01.pdf).
3. Печенкин, М.В. Многокоординатное формообразование фрезерованием зубьев гиперболических зубчатых колес двойной кривизны [Текст]: дисс... канд. техн. наук: 05.02.07 / Печенкин Михаил Владимирович. – Казань, 2016. - 132 с.
4. Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов [Текст] / А.А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1991. - 184 с.
5. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1986. - 280 с.
6. Тихомиров, В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности) [Текст] / Тихомиров, В.Б. – М.: Легкая индустрия, 1984. – 264 с.

*Материал поступил в редакцию 06.09.18.*

**Б.Т. Мардонов**

*Науаи мемлекеттік тау-кен институты, Науаи қ., Өзбекстан Республикасы*



**ТІК ТІСТІ ЦИЛИНДРЛІК ТІСТІ ДОҢҒАЛАҚТАРДЫҢ ТІСТЕРІН  
«ШЕВЕР-ЫСҚЫЛАҒЫШ» ДОМАЛАТУ ҚҰРАЛЫМЕН ӨНДЕУДІ  
ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУ**

Мақалада «Науаи машинажасау зауыты» ӨБ (Өзбекстан) жағдайында цилиндрлік тісті доңғалақтардың тістерін аяқтаушы өңдеу тәсілінің тәжірибелік зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Р6М5 және ШХ15 болаттардан жасалған «шевер-ысқылағыш» домалату құралын пайдалану арқылы токарлық-винткесуші білдекте өңдеу жүргізілді. Тәжірибелік зерттеулердің нәтижесі ұсынылып отырған тәсілді цилиндрлік тісті доңғалақтар тістерінің бүйір беттерін аяқтаушы өңдеу үшін қолдануға мүмкін екендігін дәлелдеді және өңделген беттерінің төмен кедір-бұдырлығына ( $R_a = 0,32$  мкм) қол жеткізілді.

**Тірек сөздер:** «Шевер-ысқылағыш», цилиндрлік тісті доңғалақ, кедір-бұдырлық, микроқаттылық, домалату әдісі.

**B. T. Mardonov**

*Navoi State Mining Institute, Navoi, Uzbekistan*

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF PROTECTION OF TEETH OF  
DIRECTLY CYLINDRICAL GEAR WHEELS WITH ROLLING TOOLS  
"NECK-PURCHASER"**

This article presents the results of an experimental study of the method of finishing the teeth of cylindrical gears in the conditions of the "Navoi Machine-Building Plant" (Uzbekistan). The processing was carried out on the lathe-screw-cutting machine with the use of the rolling tools "shiver-drawers" made of steel R6M5 and SHKh15. The results of experimental studies confirmed the possibility of using the proposed method for finishing the lateral surfaces of the teeth of cylindrical gears and a low roughness ( $R_a = 0.32$  mm) of the treated surfaces was achieved.

**Keywords:** Shaver-pin, cylindrical cogwheel, roughness, microhardness, break-in method.

УДК 621.864

**Б.Т. Сазамбаева<sup>1</sup>, Б.Б. Тогизбаева<sup>1</sup>, М. Маханов<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, профессор  
Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, г.Астана, Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>a.sazambaeva\_t@mail.ru, <sup>2</sup>m.mahanoff@yandex.ru*

**К ВОПРОСУ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА  
РЕЗАНИЯ ГРУНТА ФРЕЗОЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ЭКСКАВАТОРА**

В работе рассматривается компьютерное моделирование процесса резания грунта фрезой гидравлического экскаватора, при этом определяются параметры режущей фрезы. Рассмотрен характер взаимодействия двух моделей: компьютерного

моделирования и характера изменения во времени суммарного момента сопротивления резанию грунта фрезой при движении фрезерного органа гидравлического экскаватора. Рассмотрен алгоритм определения параметров фрезерования: суммарного момента сопротивления фрезерованию от колебания фрезы.

**Ключевые слова:** рабочее оборудование, гидравлический экскаватор, режущая фреза, компьютерное моделирование.

Машины для земляных работ используются на всех этапах строительного производства, в технологических процессах возведении зданий и сооружений, строительстве дорог и коммуникаций, объектов гидротехнического, энергетического и др. видов строительства [1]. В связи с этим интерес к вопросам исследования этих машин закономерен. Также известно, что в механике грунтов в теории резания существует три подхода к решению задач: реологический, теоретический и экспериментальный [2]. Первый метод служит для анализа деформации грунта и осадков оснований, определяет упругость, вязкость и пластичность грунта.

При теоретических исследованиях определяется механика сплошной среды, экспериментальные исследования, основанные на приближенных исследованиях позволяют определить параметры нагружения и режима работы землеройных машин.

Проектирование любой конструкции начинается с проведения геометрических, кинематических, динамических, прочностных и технологических расчетов. Для установления размеров и деталей несложной конфигурации расчеты можно вести и по упрощенной схеме сил и моментов. На рисунке 1 приведена упрощенная схема вала, на которой сидит режущий диск. Очевидно, что для определения фрезерования грунтов корректней определить методы установления сил сопротивления грунта разрушению.

В связи с этим в данной работе рассматривается компьютерное моделирование процесса резания грунта фрезой гидравлического экскаватора. Для компьютерного моделирования процесса резания грунта фрезой гидравлического экскаватора рассмотрим его моделирование компьютерным путем, при этом определим параметры режущей фрезы: ширину, диаметр, тип, число, геометрические размеры, шаг резцов, а также энергетические параметры, мощность привода и механической передачи, параметры грунта, подлежащие резанию.

Компьютерное моделирование включает программный модуль, манипулирование пространственными объектами и программный модуль привода режущей фрезы.

Первый модуль включает выполнение следующих функций:

- построение пространственной модели срезаемого грунта;
- построение модели фрезы;
- размещение этих виртуальных объектов в едином координатном пространстве;
- размещение фрезы в едином координатном пространстве и обеспечение ее перемещения;
- исключение объема грунта, отработанного фрезой;
- вычисление площади контакта фрезы со срезаемым грунтом.

За основу модели привода возьмем 2-х массовую динамическую систему, рисунок 1, описывающее рабочее оборудование гидравлического экскаватора в дифференциальных уравнениях.

Рассмотрим характер взаимодействия двух моделей: компьютерного моделирования и характера изменения во времени суммарного момента сопротивления резанию грунта фрезой  $M_{сопр}$  при движении фрезерного органа гидравлического экскаватора. Также рассмотрим алгоритм определения параметров фрезерования: суммарного момента сопротивления фрезерованию  $M_{сопр}$  от колебания фрезы.

$$M_{сопр} = f(\omega) \quad (1)$$

$$N = f(\omega_{фр}) \quad (2)$$

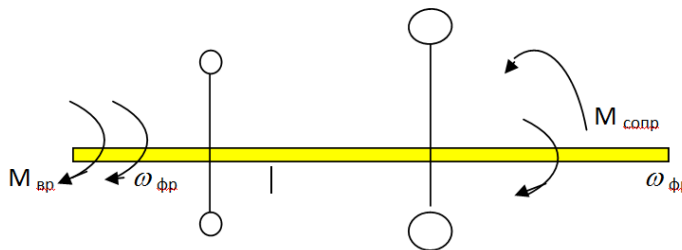


Рис. 1. Упрощенная математическая модель рабочего оборудования гидравлического экскаватора, включающего дополнительную фрезу для резания грунта

Фрезерный рабочий орган предназначен для проходки траншеи.  
 Усилия, возникаемые при работе режущего грунт диска

$$R = P_r + P_{tg} \quad (3)$$

где  $R$  - усилие резания диском, Н;  $P_r$  - нормальное усилие резания, Н;  $P_{tg}$  - касательное усилие резания, Н.

Площадь контакта фрезы с грунтом определяется положением реза.  
 Уравнение движения фрезера опишем следующим уравнением:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_u = Q_n + 2P + P_{фр} + P_p - 2Q \\ M_u = M_{кр} - M - M_{дон} \end{array} \right\} \quad (4)$$

где  $P_u$  и  $M_u$  - соответственно сила инерции и момент сил инерции;  $Q_n$  и  $M_{кр}$  - усилие подачи и крутящий момент на валу фрезерного диска;  $P_{фр}$  - вес фрезы с приводом.

Алгоритм проектирования и определения параметров фрезы многоцелевого гидравлического экскаватора приведен на рисунке 2.

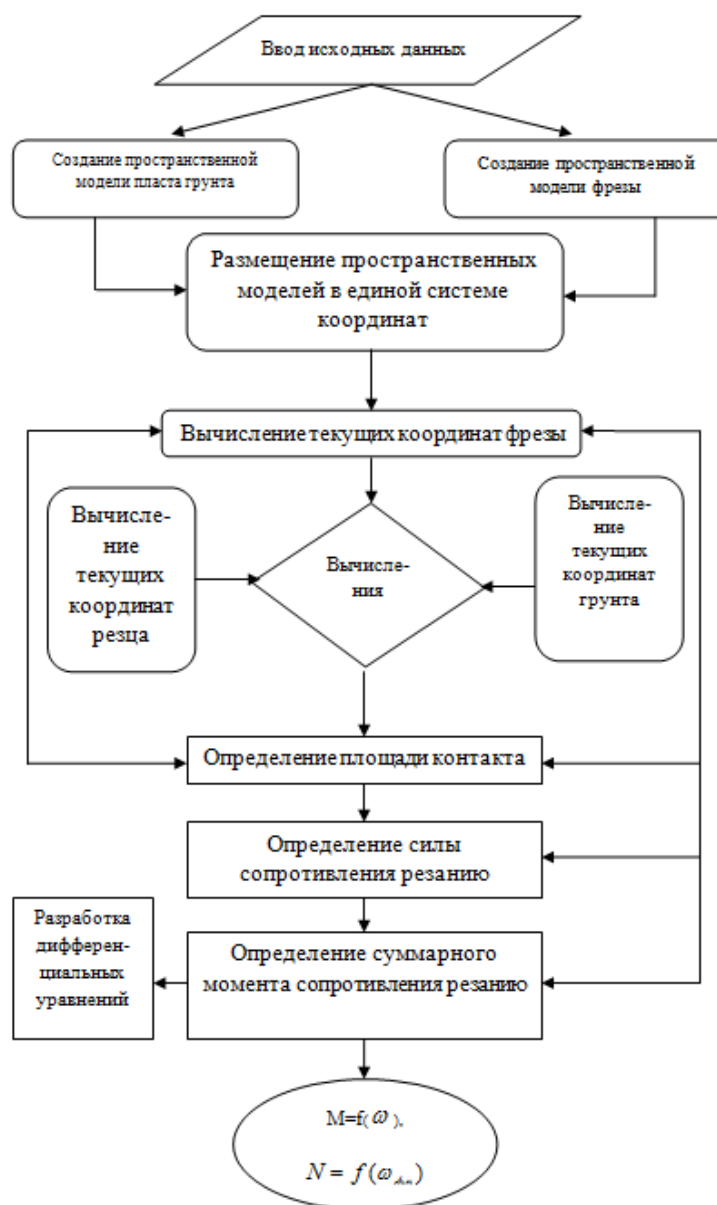


Рис. 2. Алгоритм проектирования и определения параметров фрезы

Выводы:

Рассмотрены вопросы компьютерного моделирования процесса резания грунта фрезой гидравлического экскаватора с целью определения параметров режущей фрезы.

Применение режущей фрезы для разрушения твердого грунта и асфальтового покрытия дорог в гидравлических экскаваторах позволяет повысить его производительность и эффективность эксплуатации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добронравов, С.С. Строительные машины [Текст] / С.С. Добронравов, В.Г. Дронов. – М.: Высшая школа, 2006. – 575 с.

2. Белецкий, Б.Ф. Справочное пособие для производителей-механизаторов, инженерно-технических работников, студентов строительных вузов [Текст] / Б.Ф. Белецкий, И.Г. Булгакова. – Р-в на Д-у. Феликс. – 2005 – 608 с.

*Материал поступил в редакцию 17.09.18.*

**Б.Т. Сазамбаева, Б.Б. Тогизбаева, М. Маханов**

*Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан*

### **ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЭКСКОВАТОРДЫҢ ЖОҢҒЫШ КЕСКІШПЕН ГРУНТТЫ КЕСУ ҮРДСІН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ МӘСЕЛЕСІ**

Мақалада гидравликалық эксковатордың жоңғыш кескішпен грунтты кесу үрдісін компьютерлік модельдеуі, бұл кезде жоңғыш кескіштің параметрлері анықталуы қарастырылады. Екі модельдің өзара әрекет ету сипаты: компьютерлік модельдеу және гидравликалық эксковатордың жоңғыш кескіш органының қозғалысы кезінде жоңғыш кескішпен грунтты кесуге жиынтық момент кедергісінің уақыт бойынша өзгеру сипаты қарастырылған. Жоңғыш кескіштің жонуына жиынтық момент кедергілерінің ауытқу параметрлерін анықтаудың алгоритмі қарастырылған.

**Тірек сөздер:** жұмыс жабдығы, гидравликалық эксковатор, жоңғыш кескіш, компьютерлік модельдеу.

**B.T. Sazambayeva, B.B. Togizbayeva, M. Makhanov**

*L.N.Gumilyov Eurasian National University*

### **PROBLEM OF COMPUTER MODELING OF THE GROUND CUTTING PROCESS OF THE HYDRAULIC EXCAVATOR MILL**

In this article a computer simulation of the cutting process of a soil by a milling hydraulic excavator is considered, and the parameters of the cutting mill are determined. The nature of the interaction of two models is considered: computer simulation and the character of the change in time of the total moment of resistance to cutting the soil by a milling cutter when the milling organ of a hydraulic excavator moves. The algorithm of determining the milling parameters is considered: the total moment of resistance to milling from milling vibrations.

**Keywords:** working equipment, hydraulic excavator, cutting milling cutter, computer simulation.

УДК 621.869

Б.Т. Сазамбаева<sup>1</sup>, М. Маханов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, профессор  
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>a.sazambaeva\_t@mail.ru, <sup>2</sup>m.mahanoff@yandex.ru

### МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗОК НА КОНВЕЙЕРЕ С ТРУБЧАТОЙ ЛЕНТОЙ

В работе показан процесс моделирования нагружения ленты на физической модели ленточного трубчатого конвейера, напряженное состояние ленты и нагрузки на роlikоопоры.

**Ключевые слова:** трубчатый ленточный конвейер, лента, заворачивание в трубу, роlikоопора.

Обзор научно-технической литературы в области конвейеров с трубчатой лентой показал, что отсутствуют какие-либо научно-обоснованные рекомендации по расчету конвейеров с трубчатой лентой, исследованию устойчивости движения, по выбору конструктивных параметров конвейеров с трубчатой лентой. Результаты исследований, приведенные в данной работе и направленные на решение некоторых из отмеченных выше задач, могли бы стать основой для обоснования основных конструктивных решений при создании конструкций конвейеров с трубчатой лентой.

Ленточный трубчатый конвейер (рис. 1), позволяет транспортировать сыпучий груз, предохраняя его от воздействия окружающей среды, как атмосферные осадки, ветер, а также его конструкция позволяет защищать окружающее пространство от ядовитых вредных веществ, от выделяющейся пыли.

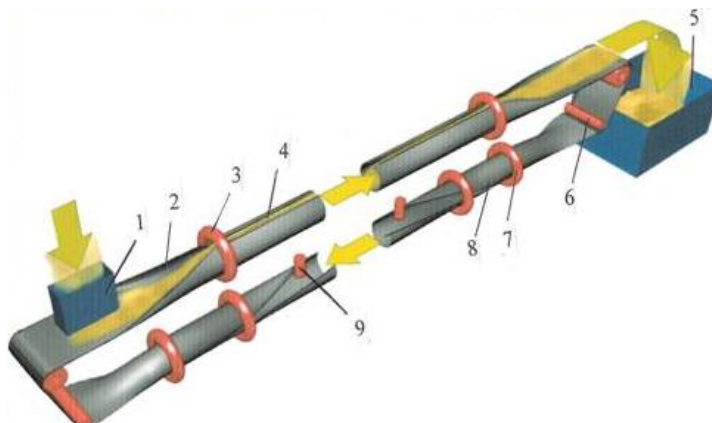


Рис. 1. Ленточный трубчатый конвейер

Необходимо отметить, что у трубчатых ленточных конвейеров наружный диаметр ленты  $D_{tr}$  (рис. 2) является одним из исходных параметров расчета, от величины которого зависят такие конструктивные параметры, как длины переходных участков, на которых происходит сворачивание ленты в трубу и ее разворачивание; радиусы криволинейных

участков конвейеров в плане, профиле, а также радиусы криволинейных участков при пространственной трассе конвейера; геометрические параметры линейных секций, диаметры роликоопор, величина зоны перекрытия краев ленты. Отметим, что в работе величина зоны перекрытия краев ленты может быть определена из соотношения  $v = 0,5d_{тр}$ , мм.

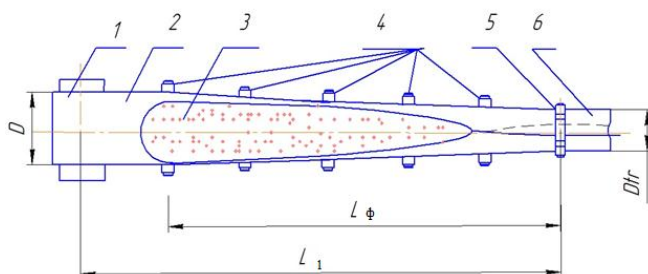


Рис. 2. Схема трубчатого ленточного конвейера

Конечно-элементная сетка была рассмотрена как оболочка (рис. 3) силы тяжести в противоположном направлении оси Y.

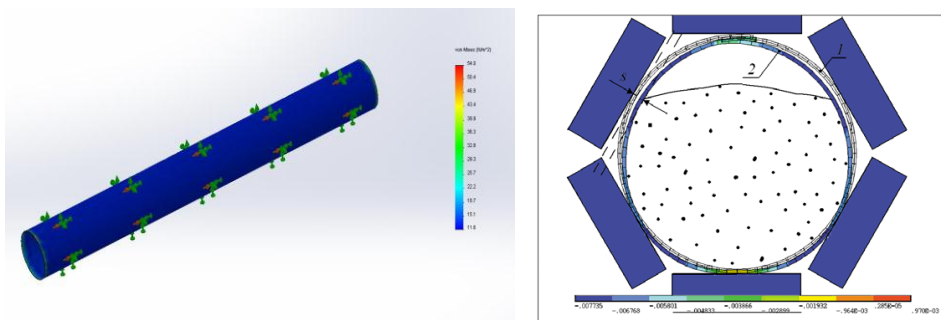


Рис. 3. Напряженное состояние ленты в местах расположения роликоопор

Показано напряженно-деформированное состояние ленты шириной 800 мм скорости транспортирования 2,5 м/с. Из рисунков видно, что средняя часть под лентой является наиболее нагруженной. Построенная модель ЛТК нагружена при различных грузах, плотность материала 1.1-1.6 т/м<sup>3</sup>. Для того, чтобы поддерживать свернутую форму ленты, распределенные моменты остались равны своим конечным значениям во время второго шага (см. рис. 3). Карта напряженности трубчатой ленты приведена на рисунке 4.

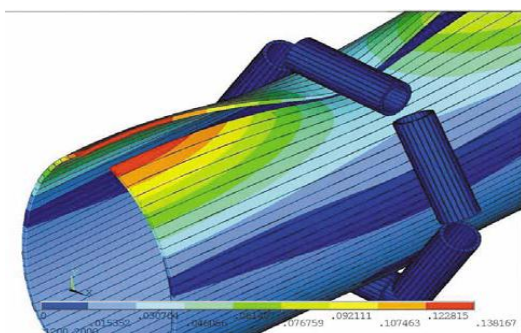


Рис. 4. Карта напряженности трубчатой ленты

На третьем шаге анализа свернутая лента постепенно разворачивается, так что конечная форма остается в рамке роликпор (рис. 5). В то же время узлы в плоскости конвейерной ленты были освобождены от всех заданных степеней свободы. Во время этого шага присутствует нагрузка. Например, для ЛТК с лентой шириной 800 мм, минимальным натяжением на грузовой ветви 100 кН и производительностью 540 т/ч ( $\varphi = 30^\circ$ ) модуль упругости ленты  $E1$  согласно формуле не должен быть меньше величины  $E^* = 0,6 \cdot 1 \sqrt{100} \cdot 10^8 = 6 \cdot 10^8 \text{ Па}$ .

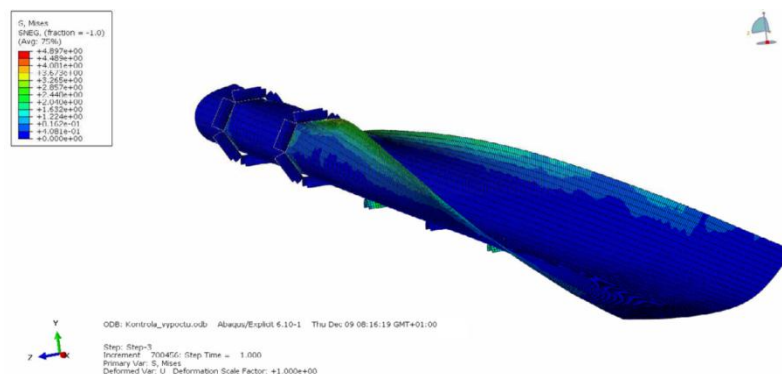


Рис. 5. Процесс раскрытия ленты (продольные и поперечные силы, действующие на ленту)

Таким образом, моделированием было установлено, что при выборе типа ленты для ЛТК, кроме тягового расчета, необходимо определить модуль упругости ленты по критерию обеспечения герметичности внутреннего объема. Если модуль  $E1 > E^*$ , то герметичность не будет нарушена, если  $E1 \leq E^*$ , то может произойти раскрытие бортов ленты, потеря трубообразной формы или отрыв ленты от верхних роликов. В этом случае требуется принимать ленту с модулем упругости не менее  $E^*$ . Анализ состояния ленты показывает, что наибольшее напряжение достигается в местах раскрытия ленты, которая зависит от шага роликпор (шестироликовой опоры).

Трехмерная модель ТЛК выполнена в среде SolidWorks. Модель ТЛК была импортирована в visuaNASTRAN, где оценивалось напряженно деформированное состояние ленты и роликпор.

При имеющихся условиях закрепления опор и нагружения ленты ЛТК заданными продольными и поперечными силами, приложенными к ленте расчетный случай-1, деформации сечения будут различны, что приведет к проявлению дополнительных, нормальных и касательных напряжений сечениях, которые могут достигать величин, соизмеримых с основными напряжениями изгиба. Изменением нагрузки (Load factor) и движением ленты с грузом получаем нагруженность ленты, между роликпорами на рисунке 4.

Деформация, которая происходит в основном при взвешенном состоянии груза и не изменяет существенно давление груза на ленту. При приближении поперечного сечения к следующей роликпоре (примерно в середине пролета) груз переходит в пассивное состояние, и появляются дополнительные сжимающие нагрузки. При этом на ленту действует не только вес груза, но и дополнительные распорные силы реакции со стороны груза при его пластическом сжатии. Работа этих сил приводит к



необратимому расходу энергии и определяет величину силы сопротивления движению ленты от деформирования груза и ленты в пролете между роликоопорами. По определенной силе сопротивления движению может быть рассчитан коэффициент сопротивления движению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяченко, А.В. Обоснование метода расчета напряженного состояния сыпучего груза и нагрузок на опорные элементы при формировании желоба трубчатого ленточного конвейера [Текст]: дисс... канд. техн. наук / А.В. Дьяченко. – М.: МГГУ, 2006. – 135 с.
2. Галкин, В.И. Особенности эксплуатации ленточных трубчатых конвейеров и ленточных конвейеров с пространственной трассой [Текст] / В.И. Галкин. – М.: МГГУ, 2014. – 152 с.
3. Сазамбаева, Б.Т. К вопросу исследования трубчатых ленточных конвейеров для транспортирования экологически вредных грузов [Текст] / Б.Т. Сазамбаева, Г.И. Куанышев, Г.И. Хадеев, М.А. Жуманов // Материалы XI международной научно-практической конференции SCIENCE WITHOUT BORDERS-2015, Technikal sciences. Sheffield, ENGLAND S1 4LR, 2015- Vol.23, p.60-66.
4. Сазамбаева, Б.Т. К вопросу моделирования ленточных трубчатых конвейеров [Текст] / Б.Т. Сазамбаева, Г.И. Куанышев, М.А. Жуманов // Вестник КазНИТУ. – Алматы, 2017. – №1. – С.75-78.
5. Сазамбаева, Б.Т. Расчет ленточных трубчатых конвейеров [Текст] / Б.Т. Сазамбаева, М. Маханов // Журнал «Механика и технологии». – 2018. – №1. – С.45-50.

*Материал поступил в редакцию 28.09.18.*

**Б.Т. Сазамбаева, М. Маханов**

*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан*

#### ҚҰБЫРЛЫ ЛЕНТАЛЫ КОНВЕЙЕРДЕ ЖҮКТЕМЕЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ

Мақалада таспалы құбыр тәріздес конвейердің физикалық нұсқасының таспасын жүктемелеудің модельдеу процесі, таспаның кернеулік күйі және роликті тірекке жүктеме көрсетілген.

**Тірек сөздер:** құбырлы таспалы конвейер, таспа, құбырдағы орау, роликті мойынтірек.

**B.T. Sazambayeva, M. Makhanov**

*Eurasian National University named L.N. Gumilev, Astana, Kazakhstan*

#### MODELING LOADS ON THE CONVEYOR WITH TUBULAR TAPE

In this paper we show the process of modeling the loading of a tape on the physical model of a belt conveyor belt, the stress state of the belt and the load on the rollers.

**Keywords:** tubular conveyor belt, tape, wrapping in pipe, roller bearing.

## Технология продовольственных продуктов

ӘОЖ 637.14:664.002

**Г.Н. Жақұпова<sup>1</sup>, С. Әлтайұлы<sup>2</sup>, Ж.Т. Айляз<sup>3</sup>, Ж. Даутханқызы<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Техн. ғылымд. канд., доцент, <sup>2</sup>Техн. ғылымд. д-ры, профессор м.а., <sup>3</sup>Магистранттар  
С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,  
Астана қаласы, Қазақстан Республикасы

### **БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРМЕН БАЙЫТЫЛҒАН СҮЗБЕ ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ**

Мақалада бидай кебекемен байытылған сүзбе өндіру технологиясы ұсынылған. Жұмыста жаңа өнімнің сапасы мен органолептикалық қасиеттерінің жақсаруын көрсететін тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

**Тірек сөздер:** сүзбе, бидай кебегі, сүт, сәбіз шырыны.

Қазақстан өндірісте киберфизикалық жүйелерді жаппай енгізумен сипатталатын Төртінші өндірістік революция немесе 4.0 Индустрия қарсаңында тұрып, әлемдік қауымдастықпен үйлесімді ілесу үшін, болып жатқан өзгерістерге және алдағы жаһандық шақыруларға жауап беруге міндетті [1]. Осыған байланысты президент Н.Ә. Назарбаев өзінің халқына жолдауында елдің Үшінші жаңғыруына бастама берді және 30 озық елдің санына ілгерілеуге тұрақтылығын, экономиканың өсу қарқыны орта әлемдіктен жоғарылығын қамтамасыз етуге тиісті басымдылықтарын нақты белгілеп берді. Осындай басымдылықтардың бірі цифрлық технологияларды қолдана отырып құрылатын, жаңа индустрияның өсуі есебінен жеделдетілген технологиялық экономиканың жаңғыруы болды және тамақ өнеркәсібі, агроөнеркәсіп кешені және басқалар секілді дәстүрлі базалық салалардың дамуына түрткі болды. Бұл ретте, Төртінші өнеркәсіптік революция элементтері - автоматтандыру, роботтандыру, жасанды интеллект, деректермен алмасу, сүт өнеркәсібі саласында қолданыстағы технологияларды жетілдіру мақсатын қоса алғанда, жаппай енгізудің негізгі факторы болуы тиіс [2].

Қазақстанның сүт индустриясы өнімнің негізгі түрлерін өндіруден ТМД республикалар арасында алдыңғы орындарға ие. Мысалы, республика ТМД көлемінде қаймағын алмаған сүт өнімдері мен балмұздақ өндіруден – III, сүзбе өндіруден – IV, май өндіруден – IV-орынға ие болды.

Соңғы жылдары басты назар сүт өнімін өндіру қуатын дамытумен қатар, өнім сапасына, өндіріс тиімділігіне, өнімнің қоректік заттарын толық пайдалануға аударылды. Бірақ, бұл мәселелерді шешу үшін шикізаттың өндіріске түсу тәжірибесін қайта қарау, шаруашылықтардан келіп түсетін сүт сапасын жақсарту жолдарын іздеу керек болды. Себебі, шикізат сапасы, ең алдымен, дайындайтын өнім сапасы мен өндіріс тиімділігіне әсер етеді.

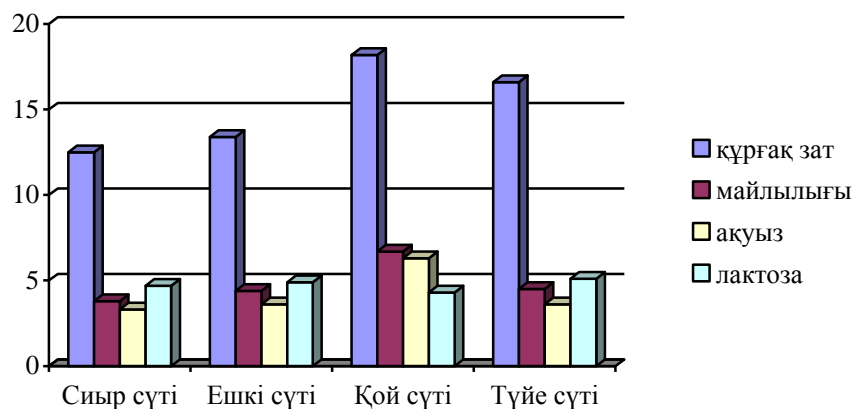
«Сүт өнімдері» нарығындағы бәсекелестіктің көтерілуі жағдайында елімізге импортталатын өнімдер үлесі де арта түсіп, бұл отандық тауар өндірушілердің өндірісін төмендетуге соқтыруы мүмкін. Бұның өзі еліміздің азық-түлік қауіпсіздігіне, мал шаруашылығы мен шағын өңдеуші салалардың дамуына теріс әсер етуі ықтимал. Сондықтан да, біздің негізгі мақсатымыз отандық тауар өндірушілердің бәсекеге қабілеттілігін арттырып, нарықтағы олардың имиджін көтеру. Ең бастысы, бұл бағытта отандық сүт өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігіне баса назар аудару қажет», деді.

Сүт өнімдерінің тағамдық құндылығын жоғарылып, оларды өсімдіктің биологиялық белсенді компоненттермен байытып және әр түрлі мал сүтінің композициясынан дайындау өндірісінің технологиясын жетілдіру өзекті болып табылады [3]. Дамыған технологиялар бәсекеге қабілетті, бұл олардың өзектілігі, ғылыми және экономикалық негіздемесі бойынша дәлелденеді.

Сүзбе – сүтті концертраттар арқылы өндірілген өнім болып есептеледі. Мұнда май (9-18%), ақуыз (14-16%) белгіленген түрде болады. Күкірт ұстағыш аминқышқыл – метионин және мезин кездеседі. Сүзбе диетикалық және емдік өнім болып есептеледі. Ол минералды заттарменде (кальций, фосфор, темір, магний және тағыда басқаға) бағалы. Оның қоректілігінің жоғары болуы, құрамында барлық мүлде алмаспайтын аминқышқылдарының болуы. Сүзбе құрамында кальций мен фосфор өте көп (1-1,5%) және олар организмнің қорытуына қолайлы қатынаста кездеседі. Сүзбе сүтқышқылды дәмі бар және бөгде иістермен ластанбаған болуы керек. Консистенциясы - нәзік, бірқалыпты, майлы сүзбе - өз-мөз жағылғыш, майсыздары – бірқалыпты емес, сарысуы бөлінген кесек – кесек. Түсі – ақ, крем тәрізді сарғыш, массасы тегіс, өнім құрамындайшек таяқшалары 0,00001 г және патогенді микроорганизмдер сальмонелл өнімде 25 г көп болмау тиіс. Сүзбені тек жаңа түрінде ғана қолданып қоймай, көптеген дәмді тағамдар дайындауда қолданады. Сүзбеден 100 түрлі тағам дайындауға болады. Сонымен қатар олар: диеталық, емге және балалар тағамдарына да қолдануға болады. Жаңа сүзбені пастерленген сүттен өңдейді және оған кефир, сүт, кілегей, қаймақ қосады.

Сүзбе тағамдық құндылығы жағынан өте тамаша өнім. Ол құрамындағы ақуыз және оның қорытылу деңгейі бойынша барлық сүт өнімдерінен асып түседі. Сүзбенің құрамындағы ақуыз адамға қажет бауыр мен бүйректің жұмысын жақсартатын, холестериннің деңгейін төмендететін және ең бастысы бауыр тінін жаңартып отыратын, бауырдың май басуын алдын алатын холин, метионин тектес аминқышқылдарына тез ыдырайды. Сүзбенің майлылық пайызына қарай майсыз 1,8%-ға дейін, майлылығы төмен 2-3%, майлылығы орташа 4-18% және майлы 19-23% құрайтын түрлері бар. 100 г майлы сүзбенің қуаттылығы 250 килокалорияға тең, майлылығы орташа – 165 ккал, майлылығы төмен – 105 ккал. Сонымен қатар, сүзбе сүйек тінінің дамуына, тістің дұрыс қалыптасуына өте қажет кальцийдің көзі болып келеді. Осыған байланысты сүзбенің балалар мен жүкті әйелдерге пайдасы шексіз. Есте сақтау қабілетін жақсартатындықтан сүзбені студенттер мен оқушылардың таңғы асына да беруге болады. Сүзбе жақсы үйлесімді және жеңіл сіңірілетін өнім болғандықтан егде жастағы адамдарға да пайдалы [4].

Осы жұмыстың мақсаты құрамында биологиялық белсенді компоненттермен байтылған, тағамдық және биологиялық құндылықтары жоғарылатылған сүзбе өндіру технологиясын жетілдіру болып табылады және әр түрлі мал сүтінің құрамы 1-суретте көрсетілген.



Сурет 1. Әртүрлі мал сүтінің құрамы

**Зерттеу нысаны және әдісі.** Осы жұмыста зерттеу объектілері: нан кебегі, сәбіз шырыны, теңіз қырыққабаты, көк өсімдікті және сиыр сүтті. Осы қоспаларды қоса отырып, сүзбенің биологиялық белсенділігін жоғарлатып, ассортиментін кеңейту жолдарын қарастырамыз.

**Жұмыстың мақсаты:** Дәстүрлі емес қоспаны қолдану арқылы сүзбе технологиясын жетілдіру.

**Зерттеу объектілері ретінде:** майлылығы 3,2 % пастерленген сиыр сүті, 9 % кілегей, мезофильді стрептококк, бидай кебегі, сәбіз шырыны.

**Сүзбенің сапасына қойылатын талаптар.** Сүзбе жұмсақ біртекті нәзік консистенцияны иемдену қажет, майлы емес және майлылығы 9% сүзбеде ол жағылатын, жұмсақ іріленіп ұнтақталған, сарысудың азғантай бөлінісі болуы мүмкін. Сүзбенің түрі барлық масса бойынша бірдей ақ сары түсті. Дәмі мен иісі бөгде дәмдерсіз және иістерсіз таза, қышқылды сүтті. Жеңіл ащы дәм және аз дәнді дәм тек қана күзгі – қысқы уақыттарда болуы мүмкін. Шаруашылық сүзбеде жұмсақ, ірілетін ұнтақталған немесе үгілгіш консистенцияда болуы мүмкін, жұмсақ ірілетін ұнтақталғанның біртекті емесі рұхсат етіледі. Дәмі мен иісі таза, қышқылды сүтті. Шамамен азықтық дәм, қораптың дәмі және шамалы ащы дәмнің бары рұхсат етіледі. Түсі барлық масса бойынша бірдей ақ сары түсті, түрі – ақ. Ылғалдылық массалық үлесі 75% артық емес, қышқылдығы 200°Т артық емес (кесте 7). Асханалық сүзбе шаруашылық сүзбеге тән сапаның көрсеткіштерімен сипатталады. Консистенцияда сүзбелік жарманың бары және сарысудың азғантай бөлінуі рұхсат етіледі. Сүзбенің түсі ақ. Ылғалдылық массалық үлесі 75% артық емес, қышқылдығы 220 °Т артық емес.

**Зерттеу нәтижесі.** Тәжірибелік зерттеу С.Сейфуллин атындағы ҚазАТУ-нің технологиялық зертханасында және эксперименталды-өнеркәсіптік цехында дайын сүзбе өнімдерінің тәжірибелік партиясы алынып зерттеулер жүргізілді.

Шикізаттың сапасын анықтау үшін сүттің физикалық-химиялық параметрлері анықталды. Талдау деректері 1-кестеде келтірілген.

Өнеркәсіпке қабылданған сүт стерильді жағдайда ұйытылды. Органолептикалық сипаттамалар бойынша алынған сүзбе талаптарға сай. Талдау нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

Кесте 1

## Сүттің физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Түсі	Иісі және дәмі	Консистенциясы
Сүзбе	Ашық сары, ашық жасыл емес	Өзіне тән иісі және таза қышқылды-тәтті дәмі бар	Біртекті консистенциясы

Кесте 2

## Сүзбенің органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Түсі	Иісі және дәмі	Консистенциясы
Сүзбе	Ашық сары, ашық жасыл емес	Өзіне тән иісі және таза қышқылды-тәтті дәмі бар	Біртекті консистенциясы

Органолептикалық талдаудан кейін алынған сүзбе физика-химиялық құрамы үшін зерттелді. Анықтау жалпы қабылданған стандартты талдау әдістерін қолданды. Талдау деректері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

## Өңделген сүзбенің физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш және оның мөлшері	Шикізат	
	Бақылау үлгісі	Тәжірибелік үлгісі
Қышқылдығы, °Т	255	200
Құрғақ заттардың массалық үлесі, %	29	12
Ақуыздың массалық үлесі, %	16,7	18

Бақылау үлгісі ретінде сүт қышқылдары бактерияларымен ашытылған сүзбені, ал тәжірибелік үлгі үшін мезофильді стрептококк қолданылды. Жаңа өнімнің негізі ретінде, 9 % сүзбе өндіру туралы шешім қабылданды.

Дайын өнімге зерттеулер жүргізілді. 3-кесте бойынша сүзбеге биологиялық активті компоненттер (кебек, теңіз қырыққабаты, сәбіз шырыны) қосып, оған физика-химиялық зерттеулер жүргіздік.

Кебек А, В, Е тобының дәрумендеріне бай. 100 г кебекте 150-200 ккал (53-55 % жасұнық) энергия болады. Ол диеталық өсімдік. Оның құрамында сонымен бірге микроэлементтер: мырыш, мыс, калий, магний болады. Кебек жүрек-қан тамырлары, қан қысымы кесілдерінің алдын алу үшін, артық салмақ тастау үшін, организмнің иммундық жүйесін реттейді және оны күнделікті азық рационына пайдалану өте тиімді.

Сәбіз – шатыр гүлділер тұқымдасына жататын өсімдік туысы. Оның құрамында 88,8% су, 1,1% азотты заттар, 0,2% май, 9,2% көмірсу мен дәрумендер бар. Сәбіз – каротиннің көзі. Онда кальций, калий, темір, фосфор, микроэлементтерге бар. Теңіз қырыққабатының химиялық құрамына; көмірсулар - 0,9 г, майлар-0,2 г, тағамдық құндылығы 5,4 ккал болады.

Зертханада түрлі композициялар жасалды. Органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштердің нәтижесі бойынша ең оңтайлысы таңдап алынды. 4-кестеде органолептикалық талдау нәтижелері келтірілген.

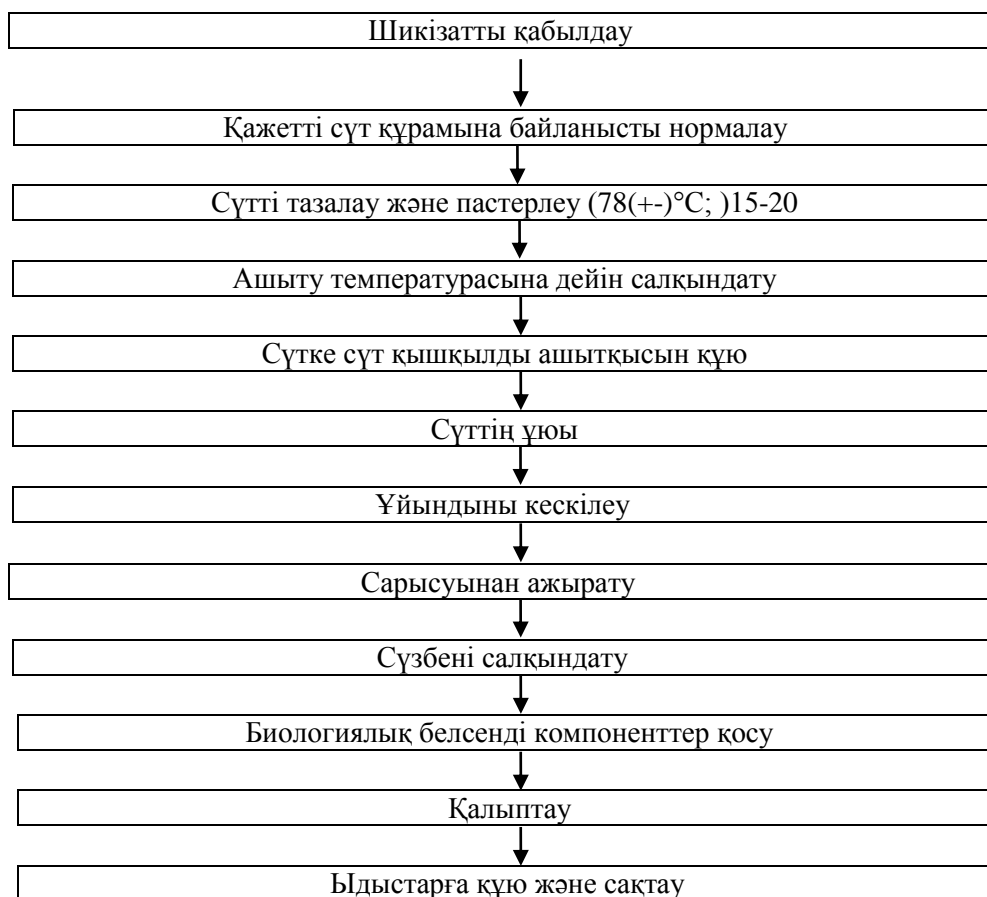
Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде сүзбенің бірнеше түрлері шығарылды. Ол өзінің ерекше дәмімен, консистенциясымен, түсі және дәмімен ерекшеленеді. Осының ішінде ең жақсысы кебекті және сәбіз шырыны қосылғаны болып табылады.

Кесте 4

Сүзбе ассортименттерінің органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Ассортиментер	
	“Кебекті” сүзбесі	“Сәбіз шырынды” сүзбесі
Консистенциясы мен сыртқы көрінісі	Біртекті, қою	Біртекті, қоймалжын
Иісі мен дәмі	Өзіне тән жағымды иісті, тәтті-кебектің дәмі бар	Жағымды, дәмді
Түсі	Қоңыр түсті	Сарғыш

Сүзбе өндірудің әртүрлі технологиялық схемаларын қарастыра келіп, биологиялық белсенді компоненттер қосып сүзбе өндіру үшін келесі аппараттық-технологиялық схема жасалды. Сүзбе өндірудің дәстүрлі технологиялық схемасы төмендегі 1-сұлбада берілген.



Сұлба 1. Сүзбе өндірудің дәстүрлі технологиялық сұлбасы

Зерттеу нәтижесінде бидай кебек және сәбіз шырынын байытатын сүзбе өндіру технологиясы ұсынылып., ашытылған сүт өнімдерін алу мүмкіндігі эксперименталды түрде жасалды. Алынған өнімдер үйлесімді дәмге ие, химиялық құрамы МемСт талаптарына сәйкес келеді. Бидай кебекімен байытылған сүзбе өндіруің жетілдірілген технологиясы ұсынылған. Тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері бойынша жаңа дайын өнімнің сапасы мен органолептикалық қасиеттері жақсарды. Биологиялық белсенді ингредиенттерді қосу сүтқышқылды өнімдерінің түрлерін кеңейті.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Schwab, Klaus (2017). The Fourth Industrial Revolution. New York: Crown Publishing Group. ISBN 9781524758875.
2. Послание Президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность» от 31 января 2017 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses\\_of\\_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvaryu-2017-g](http://www.akorda.kz/ru/addresses/addresses_of_president/poslanie-prezidenta-respubliki-kazahstan-nnazarbaeva-narodu-kazahstana-31-yanvaryu-2017-g) [Дата обращения: 01.10.2017].
3. Ramos LR, Santos JS, Daguer H, Valesse AC, Cruz AG, Granato D: Analytical optimization of a phenolic-rich herbal extract and supplementation in fermented milk containing sweet potato pulp. Food Chem 2017, 221:950-958.
4. Нуржанова, А. Сүт және сүт өнімдерін өңдеу технологиясы [Мәтін] / А. Нуржанова. – Астана: Фолиант баспасы, 2010. – 63 б.
5. Bonisch M.P., Lauber S. and Kulozik U. Improvement of enzymatic cross-linking of casein micelles with transglutaminase by glutathione addition// International Dairy Journal, 2007. № 17. P. 3-11.

*Материал редакцияға 02.04.18 түсті.*

**Г.Н. Жакупова, С. Алтайулы, Ж.Т. Айляз, Ж. Даутханкызы**

*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллин*

#### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТВОРОГА ОБОГАЩЕННЫМИ БИОЛОГИЧЕСКИМИ АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ**

В статье представлена технология производства творога, обогащенного пшеничными отрубями и морковным соком. В работе приводятся результаты экспериментальных исследований, которые свидетельствуют о повышении качества и органолептических свойств, нового продукта. Добавление биологически активных компонентов расширит ассортимент творожных изделий.

**Ключевые слова:** творог, пшеничный отруб, молоко, морковный сок.

**G.N. Zhakupova, S. Altayuly, Zh.T. Alyaz, J. Dautkhankyzy**

*Kazakh Agrotechnical University S. Seifullin*

#### **IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF THE CURVE WITH ENRICHED BIOLOGICAL ACTIVE SUBSTANCES**

The article presents the technology of production of cottage cheese enriched with wheat bran and carrot juice. The paper presents the results of experimental studies that indicate an improvement in the quality and organoleptic properties of a new product. The adding biologically active ingredients will expand the range of curd products.

**Keywords:** cottage cheese, wheat cut, milk, carrot juice.

UDC 664.681.1

**K.K. Zhanabayeva<sup>1</sup>, N.Ongarbayeva<sup>2</sup>, L.V. Rukshan<sup>3</sup>, Ya.I. Eroshenko<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>PhD student, <sup>2</sup>Doctor of technical sciences, Professor,

<sup>3</sup>Candidate of technical sciences, Professor, <sup>4</sup>Master

<sup>1,2</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

<sup>3</sup>Mogilev State University of Food, Mogilev, Republic of Belarus

E-mail: <sup>1</sup>karoline-91@mail.ru, <sup>2</sup>o.nurlaim@mail.ru

#### **QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF COOKIES RECEIVED FROM THE "TAZA" TRITICLE GRAIN FLOUR**

In this article, the effect of applying 100% of the amount of a triticale oil flour obtained as a result of laboratory grinding on the quality of a lingering and sugar cookie is investigated. Control samples were cookies made from wheat flour of the highest grade. The results of the analysis of a sample of triticale flour obtained during laboratory grinding from the grain of triticale of the grade "Taza" of productivity of 2015 are given. Quality indicators of the finished product, consumer properties, chemical composition of cookies are determined. It is noted that 100% replacement of wheat flour with flour of triticale grade "Taza", according to physicochemical parameters is not inferior to the liver baked from wheat flour. Trial baking showed the possibility of obtaining a long and sugar cookie of good quality from triticale flour. The obtained samples of cookies have high consumer properties and functional orientation.

**Keywords:** triticale, flour, biscuits, quality, formulation, influence.

The development of the food market envisages the production of own grain raw materials due to the increase in the yield of agricultural crops, ensuring their safety, improving the quality of processing and introducing more productive varieties and hybrids into production [1].

Particular attention is paid to the creation of hybrids of wheat and rye, called triticale. The problem of hybridization of these two important cereals consisted in obtaining a new type of grain culture combining the positive properties of both parents, well adapted to various conditions, capable of improving the quality of nutrition and economically more profitable [1].

Studies of grain triticale, as raw materials for the food industry, are conducted in our country and abroad for many years. Grain triticale, grown in the republic, is characterized by a number of features, due to specific soil and climatic conditions of Kazakhstan [2]. Domestic breeders have created and introduced into production new varieties that have high productivity, drought resistance, winter hardiness, immunity to a number of diseases.



Until now, the advantages of grain triticale as a biologically valuable raw material for the needs of the food industry are underestimated. This is due to the lack and inconsistency of information about new triticale varieties created by Kazakhstan breeders [2].

The main indicators that determine the use of flour in confectionery production include grind size, quantity and quality of gluten, the color of flour. For the production of certain groups of flour confectionery products (biscuits, sugar cookies, sandy semifinished products, etc.), the use of low-protein flour is recommended, with a low content of gluten. According to physical properties, the gluten of some triticale varieties is inferior to that of wheat, and can be classified as weak. This characteristic corresponds to the requirements for the quality of raw materials for the preparation of flour confectionery products [3].

In connection with this, a trial baking of a long and sugar cookie from triticale flour of "Taza" grade was carried out. As a control sample were products from wheat flour of higher grade.

For the study, flour was used from the grain of triticale of "Taza" variety, which was cultivated on the territory of the Republic of Kazakhstan in 2015. The flour was obtained as a result of grinding on a laboratory mill miller MLU-202.

Methods of research are generally accepted. The experiments were carried out in the laboratory of the department "Technology of bread products" of the Mogilev State University of Food on the modern equipment of foreign producers such as Sweden, France, Italy, Poland and Russia.

The quality indices of the triticale flour obtained as a result of grinding on a laboratory mill of MDR-202 from grain grade "Taza" are presented in Table 1 in comparison with wheat flour of the 1<sup>st</sup> grade.

Table 1

Quality indices of the triticale flour obtained as a result of grinding in a laboratory mill mill-202 from the grain of "Taza" (in comparison with wheat)

Indicatorname	Characteristics and significance of triticale flour	Characteristics and importance of wheat flour
Colour	White, with cream tint	White
Taste	Characteristic of flour, without foreign taste, not sour, not bitter	Characteristic of wheat flour, without foreign flavors, not sour, not bitter
Smell	Smell peculiar to flour, without mustiness	Characteristic of wheat flour, without foreign odors, not musty, not moldy
Crunch	Not available when chewing	Not available when chewing
Humidity, %, not more than	10.4	14.5
Ash content,%	0.49	1.25
Whiteness, appliances.	62	57
Contamination and contamination by pests	absent	absent
Mineral admixture	absent	absent
Mass fraction of gluten,%	21.0	25
Quality of gluten (group)	69 units. pr. / 1 (good)	

From this table 1 it can be seen that the quality of gluten of flour from the "Taza" variety is 69 units, which is characteristic of group 1. And according to the organoleptic estimates corresponds to the highest grade of wheat flour.

The chemical composition of the obtained triticale flour in comparison with wheat flour is shown in Table 2.

Table 2

Chemical composition of triticale flour, g per 100 g of flour in comparison with wheat flour

	Triticale flour	Wheat flour
Protein	13,1	10,8
Starch	67,6	66,0
Fat	0,7	0,9
Cellulose	0,5	0,2
Ash	0,5	0,5

The influence of triticale flour on the quality of the test is presented in Table 3:

Table 3

Quality evaluation of semi-finished product based on triticale flour

Quality in dicators	The normalized value	Actual result
Appearance	Elastic	Elastic
Colour	From light. up to yellow	White
Temperature	38-40	38
Moisture content	22-27	25,3
Mass fraction of gluten,%	25-30	6,3

The basis for the preparation of lingering cookies served as a uniform recipe for cookies "Volzhskaya smes'" (Table 4).

Table 4

Cookie recipe " Volzhskaya smes'" with 100% addition of wheat flour

Name of raw material	W dm, %	Raw materials consumption			
		For 1 tcookies, kg		For loading ing	
		In kind	InDI	In kind	In DI
Wheat flour	85,50	770,28	658,59	calculate	171,00
Sugar	99,85	154,06	153,83	calculate	calculate
Invert syrup	70,00	34,66	24,26	calculate	calculate
Syrup	78,00	15,41	12,02	calculate	calculate
Margarine	84,00	100,14	84,12	calculate	calculate
Salt	96,50	5,78	5,58	calculate	calculate
Soda	50,00	7,70	3,85	calculate	calculate
Ammonium carbonate	-	0,77	-	calculate	calculate
Aromatizer	-	0,92	-	calculate	calculate
Total	-	1089,72	942,25	calculate	calculate
Yield	93,00	1000,0	930,00	calculate	calculate

Table 5

Cookie Recipe " Volzhskaya smes'" with 100%  
 replacement of wheat flour with flour of triticale

Name of raw material	W dm, %	Raw materials consumption			
		For 1 tcookies, kg		For loading in g	
		In kind	In DI	In kind	In DI
Triticale flour	89,6	770,28	658,59	190,85	171,00
Sugar	99,85	154,06	153,83	40,00	9,39,94
Invert syrup/syrup	70,00	34,66	24,26	8,08	6,30
Syrup	78,00	15,41	12,02	4,00	3,12
Margarine	84,00	100,14	84,12	26,00	21,84
Salt	96,50	5,78	5,58	1,50	1,45
Soda	50,00	7,70	3,85	2,00	1,00
Ammonium carbonate	-	0,77	-	0,20	-
Aromatizer	-	0,92	-	0,24	-
Total	-	1089,72	942,25	272,87	244,65
Yield	93,00	1000,0	930,00	261,49	243,19

The conversion factor was 0,259.

$$\epsilon = \frac{930}{942,25} = 1,006$$

The yield in the DI was 243.19.

Output in kind for the download was 261.49.

The amount of water needed for kneading the test was:

$$G_b = \frac{100 - 244,65}{100 - 27} - 272,87 = 62,26$$

27%- the desired dough moisture for a lingering cookie.

The results of the quality indicators for a lingering cookie are given in table 6.

Table 6

Indicators for the quality of a lingering cookie

Quality indicators	Adding 100% wheat flour	Adding 100% triticale flour
Taste and smell	Pleasant, pronounced taste	Pleasant, pronounced taste
Colour	Peculiar to this type of product	Characteristic of this type of product, without foreign smell
Surface	smooth, without cracks	Smooth, without cracks
The form	Complies with this product, without damage	Complies with this product, without damage
View of the fracture	The porosity is developed, uniform	The porosity is developed, uniform
Humidity	7,0	6,8
Alkalinity, deg.	1,8	1,1
Water absorption, %	180	195

Fat content,%	25	29,0
Total sugar, no more than, 27%	24	27,2

It is noted that 100% replacement of wheat flour with flour of triticale grade "Taza", according to physicochemical parameters is not inferior to the liver baked from wheat flour.

Appearance of a lingering cookie with the addition of wheat (control) and triticale flour is shown in Figure 1.



a – Stretching cookies with 100% wheat flour

b – A long biscuit with the addition of 100% triticale flour

Figure 1. A long biscuit with 100% wheat and 100% triticale flour added

The basis for the preparation of sugar cookies was the uniform recipe for cookies "Leningrad" (table 7).

Table 7

"Leningrad" cookie recipe with 100% addition of wheat flour

Name of raw materials	W dm, %	Raw materials consumption			
		For 1 tcookies, kg		For loading in g	
		In kind	In DI	In kind	In DI
Wheat flour	85,50	668,55	571,61	calculate	171,00
Maize starch	87,00	514	43,62	calculate	calculate
Invert syrup	99,85	223,95	223,61	calculate	calculate
Margarine	70,00	30,75	21,53	calculate	calculate
Melange	84,00	106,96	59,85	calculate	calculate
Vanilla Powder	84,00	24,73	6,68	calculate	calculate
Salt	99,85	5,34	5,93	calculate	calculate
Soda	96,50	5,01	4,01	calculate	calculate
Ammonium carbonate	50,00	4,95	2,48	calculate	calculate
Aromatizer	-	0,60	-	calculate	calculate
Total	-	2,10	-	calculate	calculate
Yield	-	1123,08	969,54	calculate	calculate
Powdered sugar	95,50	1000,0	955,00	calculate	calculate

The conversion factor was 0,299.

$$\epsilon = \frac{955}{969,54} = 0,985.$$

The yield in the DI was 294,65.

Output in kind for the download was 308,53.

The amount of water needed for kneading the test was:

$$G_b = \frac{100 - 290,24}{100 - 18} - 330,51 = 23,44ml$$

18%- the desired dough moisture for a lingering cookie.

Table 8

Cookies "Leningrad with 100% replacement of wheat flour with flour triticale

Name of raw materials	Wdm, %	Raw materials consumption			
		For 1 t cookies, kg		For loading in g	
		In kind	In DI	In kind	In DI
Wheat flour	87,6	668,55	571,61	195,2	171,00
Maizestarch	87,00	514	43,62	15	13,04
Invert syrup	99,85	223,95	223,61	67	66,85
Margarine	70,00	30,75	21,53	8,26	6,44
Melange	84,00	106,96	59,85	32,09	26,96
Vanilla Powder	84,00	24,73	6,68	7,41	2
Salt	99,85	5,34	5,93	1,77	1,77
Soda	96,50	5,01	4,01	1,49	1,44
Ammonium carbonate	50,00	4,95	2,48	1,48	0,74
Aromatizer	-	0,60	-	0,18	-
Total	-	2,10	-	0,63	-
Yield	-	1123,08	969,54	330,51	290,24
Powdered sugar	95,50	1000,0	955,00	308,53	294,65

Table 9

Quality evaluation of the semi-finished sugar cookie

Quality indicators	Normalized value	Actual result
Appearance	Elastic	Elastic
Colour	From light up to yellow	Light yellow
Temperature	38-40	38
Moisture content	22-27	25.3
Mass fraction of gluten,%	25-30	It was not possible to wash

Table 10

Quality indicators of sugar cookies

Quality indicators	Adding 100% wheat flour	Adding 100% triticale flour
Colour	Peculiar to this type of product	Characteristic of this type of product, without foreign smell
Taste and smell	Characteristic of this type of product, there is no crunch	Characteristic of this type of product, there is no crunch

Surface	smooth	Smooth
The form	flat	Flat
Moisture content	3,5	3,8
Alkalinity, deg.	2,0	0,1
Water absorption,%	155	174
Fat content,%	21	27
Total sugar, no more than, 27%	25	27,1

It is noted that 100% replacement of wheat flour with flour of triticale grade "Taza", on physical and chemical parameters is not inferior to the liver baked from wheat flour.



a – Sugar biscuits with 100% wheat flour  
b – Sugar biscuits with 100% triticale flour

Figure 1. Sugar biscuits with the addition of 100% wheat and 100% triticale flour

In conclusion, the obtained samples of cookies from triticale flour have high consumer properties and a functional orientation. The nutritional value of triticale flour is quite high. Trial baking showed the possibility of obtaining a long and sugar semi-finished product of good quality from triticale flour, which is clearly seen in Figures 1 and 2. In a number of indices, products obtained from triticale flour are superior to those made from wheat flour. It can be concluded that from the triticale flour it is possible to produce flour confectionery products with the complete replacement of wheat flour without deteriorating the quality of finished products.

#### REFERENCES

1. L.A. Kasyanova, E.N. Urbanchik "Increasing the efficiency of grain use triticale for food purposes" - Minsk: BSU Publishing Center, 2008.-255 p. ISBN 978-985-476-675-1.
2. Zhanabaeva K.K., Ongarbaeva N., Yeroshenko Ya.I. "Comparative characteristics of grain triticale varieties" Taza "and" Orda "// Technique and technology of food production: thes. sci. Conf., Mogilev, 20-21 April 2017./MSUP. -Mogilev, 2017.- p. 81.
3. Roslyakov M.G., Batyrbaeva N.B. "The effect of replacing wheat flour with triticale flour with wheat genotype in the production of a long cookie." Food technology and service № 4, 2010
4. Kondratenko R.G. Use of new grades of triticale flour in bakery / R.G. Kondratenko, E.N. Urbanchik // Technique and technology of food

production: thes. sci. Conf., Mogilev, May 29-31 2007./Mog. tech. in-t. - Mogilev, 2007.- p. 56-57.

*Material received at 28.08.18.*

**К.К. Жанабаева<sup>1</sup>, Н. Онгарбаева<sup>1</sup>, Л.В. Рукшан<sup>2</sup>, Я.И. Ерошенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Могилев азық-түлік мемлекеттік университеті, Могилев қ., Беларусь Республикасы

### **«ТАЗА» СҰРЫПТЫ ТРИТИКАЛЕ ҰНЫНАН ДАЙЫНДАЛҒАН ПЕЧЕНЬЕНЫҢ САПАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ**

Мақалада зертханалық ұнтақтау нәтижесінде созылмалы және қант печеньеінің сапасы бойынша алынған тритикале ұнының 100% мөлшерін қолданудың әсері зерттелді. Бақылау үшін жоғары сапалы бидай ұнынан жасалған печенье үлгілері қолданылды. 2015 жылғы «Таза» сұрыпты бидай өнімінің тритикале дәнінен зертханалық ұнтақтау кезінде алынатын тритикале ұнының үлгілерін талдау нәтижелері келтірілген. Дайын өнімнің сапалық көрсеткіштері, тұтыну қасиеттері, печеньеелердің химиялық құрамы анықталды. Бидай ұнының 100%-дық «Таза» сұрыпты тритикале ұнымен алмастырылуы физикалық-химиялық көрсеткіштер бойынша бидай ұнынан пісірілген печеньеден кем емес екені атап көрсетілген. Сынама пісіру тритикале ұнынан ұзын созылмалы және қант печеньеіні алу мүмкіндігі көрсетілді. Алынған печеньеелердің үлгілері жоғары тұтынушылық қасиеттерге және функционалды бағдарға ие.

**Тірек сөздер:** тритикале, ұн, печенье, сапасы, рецепт (құрамы), әсері.

**К.К. Жанабаева<sup>1</sup>, Н. Онгарбаева<sup>1</sup>, Л.В. Рукшан<sup>2</sup>, Я.И. Ерошенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Могилевский государственный университет продовольствия, г. Могилев, Беларусь

### **КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕЧЕНЬЯ, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ МУКИ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ СОРТА «ТАЗА»**

В данной статье исследовано влияние внесения 100% количества муки тритикалевой, полученной в результате лабораторного помола, на качество затыжного и сахарного печенья. Контролем служили пробы печенья, приготовленного из пшеничной муки высшего сорта. Приведены результаты анализа пробы тритикалевой муки, полученной при лабораторном помоле из зерна тритикале сорта «Таза» урожайности 2015 года. Определены показатели качества готового продукта, потребительские свойства, химический состав печенья. Отмечено, что 100% замена пшеничной муки мукой из зерна тритикале сорта «Таза», по физико-химическим показателям не уступает печенье, выпеченного из пшеничной муки. Пробная выпечка показала возможность получения затыжного и сахарного печенья хорошего качества из тритикалевой муки. Полученные образцы печенья имеют высокие потребительские свойства и функциональную направленность.

**Ключевые слова:** тритикале, мука, печенье, качество, рецептура, влияние.

УДК 664.6/.7

**К.К. Жанабаева<sup>1</sup>, Н. Онгарбаева<sup>2</sup>, Л.В. Рукшан<sup>3</sup>, Я.И. Ерошенко<sup>4</sup>**<sup>1</sup>PhD докторант, <sup>2</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>3</sup>Канд. техн. наук, профессор,  
<sup>4</sup>Магистр<sup>1,2,4</sup>Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан<sup>3</sup>Могилевский государственный университет продовольствия,  
г. Могилев, Республика БеларусьE-mail: <sup>1</sup>karoline-91@mail.ru. <sup>2</sup>o.nurlaim@mail.ru

### ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ХОЛОДНОГО КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ ОЗИМЫХ СОРТОВ КАЗАХСТАНА

В статье приведены результаты исследования гидротермической обработки зерна тритикале казахстанской селекции, урожайности 2015 года. Отмечены наилучшие результаты по мукомольным свойствам муки получены для определенных сортов тритикале. Результаты исследования подтверждают гипотезу о том, что исходная стекловидность зерна оказывает существенное влияние на выход и качества муки и, как следствие, на значения технологического коэффициента. Представлены рекомендуемые ориентировочные режимы холодного кондиционирования зерна тритикале для ведения технологического процесса подготовки зерна к помолу на мукомольных заводах. Показано, что технологический эффект холодного кондиционирования зерна тритикале приводит к значительному снижению зольности муки и отмечена его оптимальная технологическая влажность для исследуемых. Кроме того, в результате проведенных исследований отмечается, что изменение выхода муки от времени отволаживания носит волнообразный характер и отражает особенности проникновения влаги в зерно тритикале.

**Ключевые слова:** тритикале, кондиционирование, режимы, мукомольные свойства, ГТО.

**Введение.** Применение ГТО позволяет улучшить потенциальные возможности зерна в процессе его переработки и обеспечивает получение более высокого выхода низзолных крупок и дунстов. Средневзвешенная зольность всей муки при правильном подборе режимов может быть значительно снижена, выход высоких сортов и общий выход муки может быть увеличен [1].

В Республике Казахстан наиболее распространенным способом гидротермической обработки зерна считается холодное кондиционирование.

Зерно тритикале обладает повышенной гигроскопичностью. Это объясняется более развитой пористостью структуры поверхностных слоев и эндосперма. Прирост влаги у тритикале при погружении в воду почти в два раза выше, чем у пшеницы. Наружные покровы зерна тритикале имеют шероховатую волнистую поверхность, поэтому можно предположить, что это значительно увеличивает активную поверхность при контактировании с водой, а повышенный захват влаги наружными покровами тритикале может оказать существенное влияние на процесс увлажнения [2].

**Объекты и методы исследования.** Для исследований были выбраны 12 образцов зерна тритикале следующих сортов: Орда, Таза, Балауса. Данные сорта тритикале наиболее распространены в республике, обладают различными показателями качества, среди которых определяющим



показателем является стекловидность. Значения стекловидности у исследуемых образцов составили в пределах от 39 до 97%.

Влияние степени увлажнения и длительности отволаживания на структурные изменения эндосперма определяли по изменению плотности и стекловидности зерна, так как эти показатели отражают его структуру. Для количественной оценки происходящих изменений в зерне в процессе ГТО использовали удельный объём зерна. При этом приращение удельного объёма служило мерой степени разрыхления его эндосперма.

Мукомольные характеристики исследуемых образцов оценивали в соответствии общепринятым методам. Помолы проводили на лабораторной мельничной установке МЛУ-202.

**Результаты и их обсуждения.** При проведении исследований образцы зерна увлажняли до влажности 17% с интервалом в 0,5% при длительности отволаживания 3 часа и отволаживали в течение от 1 до 10 часов с интервалом в 1 час. Результаты исследований приведены в таблицах 1,2.

При этом оценку мукомольных свойств определяли по общему выходу муки, её зольности, а также технологическому коэффициенту  $K$ . Полученные результаты экспериментов приведены в таблицах 1 и 2.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что с увеличением влажности зерна с 12 до 17% происходит снижение выхода муки, выход же отрубей при этом возрастает.

Уменьшение выхода муки сопровождается изменением её качества. Происходит уменьшение зольности муки и увеличение её белизны. Снижение зольности муки и соответствующее возрастание её белизны у всех сортов наблюдается в интервале влажности от 12 до 16,0%, а при влажности 14,5-16,0 % зольность имеет минимальное значение. Дальнейшее увлажнение зерна несколько снижает качество муки – зольность её возрастает, и уменьшается показатель белизны. Такой характер воздействия влаги на зерно тритикале можно объяснить особенностями структурно-механических свойств зерна тритикале.

Таким образом, анализ влияния степени увлажнения зерна на мукомольные свойства показал: технологический эффект холодного кондиционирования зерна тритикале приводит к значительному снижению зольности муки и что оптимальной технологической влажностью для исследуемых тритикале является 14,5-16,0%. Об этом свидетельствует величина технологического показателя  $K$ , которая при этой влажности у исследуемых сортов максимальна.

Помимо влажности, другим не менее важным фактором холодного кондиционирования является его продолжительность.

Таблица 1

Влияние длительности отволаживания на мукомольные свойства зерна тритикале

Показатели качества	Длительность отволаживания, ч										
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Орда (Алматы 1)											
Выход муки (В), %	69	68	65	63	66	65	62	61	62	62	61
Зольность муки (Z), %	0,85	0,74	0,66	0,68	0,60	0,57	0,71	0,73	0,78	0,84	0,79
Технологический коэфф. $K$ ( $K=V/Z$ )	81	92	98	93	112	113	87	84	79	74	77

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Орда (Алматы богара)											
Выход муки (В), %	68	67	66	64	64	64	64	63	63	63	63
Зольность муки (Z), %	0,91	0,82	0,79	0,74	0,73	0,66	0,67	0,71	0,70	0,75	0,78
Технологический коэффициент К	75	77	78	86	88	97	96	88	90	84	81
Орда (Жамбыл)											
Выход муки (В), %	71	70	64	64	63	66	65	68	67	67	63
Зольность муки (Z), %	0,83	0,77	0,74	0,78	0,80	0,67	0,74	0,64	0,61	0,64	0,80
Технологический коэффициент К	86	91	87	82	79	99	88	107	109	105	79
Орда (Юг (Шымкент))											
Выход муки (В), %	66	66	64	63	63	61	61	63	62	62	61
Зольность муки (Z), %	0,87	0,85	0,8	0,77	0,76	0,66	0,64	0,72	0,69	0,67	0,66
Технологический коэффициент К	76	78	80	82	83	94	95	88	90	93	92
Таза (Алматы 1)											
Выход муки (В), %	67	67	66	64	62	62	64	63	61	61	62
Зольность муки (Z), %	0,92	0,90	0,85	0,78	0,63	0,65	0,76	0,66	0,64	0,65	0,67
Технологический коэффициент К	73	74	78	82	99	96	84	96	96	94	92
Таза (Алматы богара)											
Выход муки (В), %	74	72	72	71	66	68	70	65	64	65	64
Зольность муки (Z), %	0,88	0,79	0,77	0,72	0,65	0,65	0,66	0,67	0,69	0,75	0,75
Технологический коэффициент К	84	91	93	99	102	105	106	97	92	87	85
Таза (Жамбыл)											
Выход муки (В), %	69	69	67	66	62	62	64	64	66	65	63
Зольность муки (Z), %	0,84	0,79	0,73	0,67	0,63	0,70	0,63	0,65	0,63	0,61	0,73
Технологический коэффициент К	82	87	92	99	98	88	102	98	104	107	86
Таза (Юг (Шымкент))											
Выход муки (В), %	69	69	68	67	65	64	64	67	66	65	65
Зольность муки (Z), %	0,87	0,82	0,76	0,70	0,69	0,69	0,71	0,67	0,64	0,64	0,77
Технологический коэффициент К	79	84	89	96	94	92	90	100	103	101	85
Балауса (Алматы 1)											
Выход муки (В), %	67	67	66	66	63	62	64	63	61	62	62
Зольность муки (Z), %	0,83	0,80	0,77	0,73	0,62	0,63	0,68	0,65	0,69	0,71	0,75
Технологический коэфф. К (К=В/Z)	81	84	86	91	101	99	94	97	88	87	83
Балауса (Алматы богара)											
Выход муки (В), %	72	66	64	65	65	67	71	71	68	67	66
Зольность муки (Z), %	0,80	0,69	0,68	0,70	0,71	0,67	0,70	0,65	0,60	0,64	0,76
Технологический коэффициент К	90	95	94	93	91	100	101	109	114	104	87
Балауса (Жамбыл)											
Выход муки (В), %	65	64	63	63	62	61	61	60	60	59	59
Зольность муки (Z), %	0,83	0,8	0,79	0,75	0,71	0,69	0,68	0,66	0,66	0,63	0,65
Технологический коэффициент К	78	80	80	84	87	88	89	91	91	93	91

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Балауса (Юг (Шымкент))											
Выход муки (В), %	65	64	63	63	62	61	61	60	60	59	59
Зольность муки (Z), %	0,83	0,8	0,79	0,75	0,71	0,69	0,68	0,66	0,66	0,63	0,65
Технологический коэфф. К (K=B/Z)	78	80	80	84	87	88	89	91	91	93	91

Таблица 2

Влияние влажности зерна на мукомольные свойства зерна тритикале

Показатели качества	Влажность зерна, %										
	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Орда (Алматы 1)											
Выход муки (В), %	69	69	68	66	65	68	67	64	63	62	61
Зольность муки (Z), %	0,78	0,73	0,71	0,67	0,66	0,68	0,60	0,68	0,68	0,67	0,68
Технологический коэфф. К (K=B/Z)	89	94	96	98	98	100	112	94	92	92	90
Орда (Алматы богара)											
Выход муки (В), %	67	67	66	65	65	64	64	63	62	61	60
Зольность муки (Z), %	0,92	0,86	0,80	0,74	0,69	0,65	0,62	0,62	0,67	0,71	0,71
Технологический коэфф. К (K=B/Z)	73	78	82	88	94	99	103	101	92	86	84
Орда (Жамбыл)											
Выход муки (В), %	71	71	70	66	65	68	68	67	66	63	61
Зольность муки (Z), %	0,81	0,79	0,74	0,70	0,72	0,67	0,62	0,63	0,63	0,74	0,74
Технологический коэфф. К (K=B/Z)	88	90	94	94	90	102	109	107	104	85	86
Орда (Юг (Шымкент))											
Выход муки (В), %	66	65	64	64	63	62	62	62	62	61	60
Зольность муки (Z), %	0,89	0,83	0,78	0,74	0,72	0,66	0,64	0,63	0,65	0,65	0,64
Технологический коэффициент К	74	78	82	86	88	94	97	98	96	94	94
Таза (Алматы 1)											
Выход муки (В), %	66	65	65	64	64	63	62	63	61	59	59
Зольность муки (Z), %	0,77	0,73	0,73	0,68	0,63	0,61	0,61	0,61	0,62	0,63	0,63
Технологический коэфф. К (K=B/Z)	86	89	89	94	96	104	101	100	98	94	93
Таза (Алматы богара)											
Выход муки (В), %	69	68	67	67	66	66	65	64	62	61	60
Зольность муки (Z), %	0,82	0,76	0,71	0,68	0,65	0,60	0,61	0,63	0,63	0,66	0,67
Технологический коэффициент К	84	90	94	98	102	110	106	102	98	92	90
Таза (Жамбыл)											
Выход муки (В), %	68	68	67	66	64	62	61	66	65	64	60
Зольность муки (Z), %	0,82	0,78	0,73	0,67	0,65	0,63	0,69	0,63	0,60	0,63	0,70
Технологический коэфф. К (K=B/Z)	82	87	92	99	98	98	88	104	108	102	86
Таза (Юг (Шымкент))											
Выход муки (В), %	69	69	68	67	65	63	63	67	66	65	61
Зольность муки (Z), %	0,83	0,82	0,76	0,70	0,69	0,68	0,70	0,64	0,62	0,64	0,72
Технологический коэфф. К (K=B/Z)	82	84	89	96	94	92	90	105	107	101	85

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Балауса (Алматы 1)											
Выход муки (В), %	66	65	63	63	61	64	64	63	61	61	59
Зольность муки (Z), %	0,83	0,82	0,62	0,64	0,69	0,76	0,70	0,64	0,68	0,70	0,72
Технологический коэффициент К (K=B/Z)	78	79	105	106	104	84	86	94	96	89	84
Балауса (Алматы богара)											
Выход муки (В), %	69	68	66	64	68	66	67	68	67	62	62
Зольность муки (Z), %	0,77	0,72	0,70	0,68	0,67	0,65	0,59	0,64	0,61	0,70	0,71
Технологический коэффициент К (K=B/Z)	90	94	94	94	102	101	113	106	110	89	88
Балауса (Жамбыл)											
Выход муки (В), %	67	66	66	65	65	65	63	62	64	64	65
Зольность муки (Z), %	0,89	0,79	0,72	0,74	0,71	0,69	0,72	0,74	0,68	0,67	0,71
Технологический коэффициент К (K=B/Z)	75	84	92	88	92	94	88	84	94	96	92
Балауса (Юг (Шымкент))											
Выход муки (В), %	67	66	66	65	65	65	63	62	64	64	63
Зольность муки (Z), %	0,89	0,79	0,72	0,74	0,71	0,69	0,72	0,74	0,68	0,67	0,67
Технологический коэффициент К (K=B/Z)	75	84	92	88	92	94	88	84	94	96	94

Из данных таблиц 1 и 2 следует, что изменение выхода муки от времени отволаживания носит волнообразный характер и отражает особенности проникновения влаги в зерно тритикале. В начальный момент отволаживания, когда время отволаживания равно нулю, вся влага находится на поверхности зерна и наблюдается лишь его смачивание.

На основании полученных результатов установлены ориентировочные режимы гидротермической обработки зерна тритикале (холодного кондиционирования) рассматриваемых образцов (табл. 3).

Выход муки при этом высокий, но качество её низкое, так как оболочки при помолё такого зерна сильно измельчаются и в большом количестве попадают в муку. С течением времени влага с поверхности зерна начинает проникать внутрь зерна. В результате сопротивляемость оболочек измельчению возрастает и количество тонкодиспергированных частиц оболочек в муке уменьшается, следствием чего является снижение выхода и зольности муки.

Таблица 3

Ориентировочные режимы холодного кондиционирования зерна тритикале

Исходная влажность зерна, %	Общая стекловидность, %	Основное увлажнение зерна		Увлажнение оболочек зерна перед I др.с.		Влажность зерна на I др.с., %
		увлажнение, %	Отволаживание, час	увлажнение, %	отволаживание, мин	
До 14,0	До 50	14,5-15,0	4-5	0,3-0,5	20-30	14,5-15,0
До 14,0	51-80	15,0-15,5	6-7	0,3-0,5	20-30	15,0-15,5
До 14,0	более 80	15,5-16,5	8-9	0,3-0,5	20-30	15,5-16,5
Более 14,0	Не производится			0,5-0,8	20-30	14,0-14,5

При дальнейшем отволаживании, когда вода распределяется по всему объему зерновки, а новых физико-механических изменений не происходит, выход муки и отрубей, а также их зольность изменяются в меньшей степени.

Результаты исследования подтвердили гипотезу о том, что исходная стекловидность зерна оказывает существенное влияние на выход и качества муки и, как следствие, на значения технологического коэффициента. В таблице представлены рекомендуемые ориентировочные режимы холодного кондиционирования зерна тритикале исследуемых сортов.

Полученные режимы гидротермической обработки рекомендуются для ведения технологического процесса подготовки зерна тритикале к помолу на мукомольных заводах.

Таким образом снижение зольности муки и соответствующее возрастание её белизны у всех сортов наблюдается в интервале влажности от 12 до 16,0%, а при влажности 14,5-16,0 % зольность имеет минимальное значение. Дальнейшее увлажнение зерна несколько снижает качество муки – зольность её возрастает, и уменьшается показатель белизны. Такой характер воздействия влаги на зерно тритикале можно объяснить особенностями структурно-механических свойств зерна тритикале. Зерно тритикале, имеющее влажность 12-13% - сухое. Такое зерно дает достаточно высокий выход муки. Можно сделать вывод, что наилучшие результаты по мукомольным свойствам муки получены для тритикале сортов Таза (Алматы богара), Орда (Алматы богара), Балауса (Алматы богара) – при 4-5 часах, для сортов Таза (Алматы богара), Орда (Алматы богара), Орда (Юг (Шымкент)) – при 5-6 часах, для сортов Таза (Жамбыл), Таза (Юг (Шымкент)), Орда (Жамбыл), Балауса (Алматы богара), Балауса (Жамбыл), Балауса (Юг (Шымкент)) – при 8-9 часах. При этом технологический коэффициент К максимален.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кандроков, Р.Х. Технология переработки зерна тритикале в крупу типа «манная» [Текст] / Р.Х. Кандроков, Г.Н. Панкратов. // ФГБНУ «ВНИИЗ» Хлебопродукты. – 2017. – №1. – С.52-53.
2. Кондратенко, Р.Г. Использование новых сортов тритикалевой муки в хлебопечении [Текст] / Р.Г. Кондратенко, Е.Н. Урбанчик // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. науч. конф., Могилев, 29-31 мая 2007./Мог. техн. ин-т. – Могилев, 2007. – С. 56-57.
3. Урбанчик, Е.Н. Разработка технологии получения муки из зерна тритикале [Текст] / Е.Н. Урбанчик, Л.А. Касьянова // Тез. докл. науч. конф. «Техника и технология пищевых производств», Могилев, 21-24 ноября 2000./Мог. техн. ин-т. – Могилев, 2000. – С. 128-132.

*Материал поступил в редакцию 28.08.18.*

**К.К. Жанабаева<sup>1</sup>, Н. Онгарбаева<sup>1</sup>, Л.В. Рукшан<sup>2</sup>, Я.И. Ерошенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

<sup>2</sup>Могилев азық- түлік мемлекеттік университеті, Могилев қ., Беларусь Республикасы

**ҚАЗАҚСТАН КҮЗДІК ТРИТИКАЛЕ СОРТТАРЫНЫҢ  
ОҢТАЙЛЫ РЕЖИМДЕРІН ГИДРОТЕРМАЛДЫҚ ӨНДЕУ**

Мақалада қазақстандық асыл тұқымды астықтың гидротермалдық өңдеудің 2015 жылғы өнім бойынша зерттеудің нәтижелері келтірілген. Ұнның ұнтақталу қасиеттері бойынша ең жақсы нәтижелер белгілі бір тритикалді сорттар үшін көрсетілген. Зерттеудің нәтижелері дәннің бастапқы шыны тәрізділігі ұнның өнімділігі мен сапасына, соның салдарынан технологиялық коэффициент мәндеріне айтарлықтай әсер етеді дейтін гипотезаны растайды. Ұн өндіретін зауыттарға астықты ұнтақтауға дайындаудың технологиялық процесін жүргізу үшін тритикалық астықты салқындатуға болжамдық режимдер ұсынылған. Тритикалді астықты салқындатудың технологиялық әсері ұнның күл сияқтануын айтарлықтай төмендетуге алып келеді және оның оңтайлы технологиялық ылғалдылығын атап көрсетеді. Сонымен қатар, өткізілген зерттеулер нәтижесінде ұнның шығымын шоғырландыру уақытының өзгеруі толқындық сипатқа ие болып және ылғалдың тритикалді дәнге ену ерекшеліктерін көрсетеді.

**Тірек сөздер:** тритикале, кондициялау, режимдер, ұн тарту қасиеттері, ГТО.

**К.К. Zhanabayeva<sup>1</sup>, N.Ongarbayeva<sup>1</sup>, L.V. Rukshan<sup>2</sup>, Ya.I. Eroshenko<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup>*Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan*

<sup>3</sup>*Mogilev State University of Food, Mogilev, Republic of Belarus*

#### **OPTIMAL MODES OF COLD AIR CONDITIONING OF WINTER VARIETIES TRITICALE GRAIN OF KAZAKHSTAN**

This article presents the results of hydrothermal processing of triticale grain of Kazakhstan breeding, yields of 2015. The best results on flour milling properties for certain triticale grades are obtained. The results of the study confirm the hypothesis that the initial vitreousness of the grains has a significant effect on the yield and quality of the flour and, as a consequence, on the values of the technological coefficient. The recommended approximate regimes for cold conditioning of triticale grain for conducting the technological process of grain preparation for grinding in flour mills are presented. It is shown that the technological effect of cold conditioning of triticale grain leads to a significant decrease in the ash content of flour and indicates its optimum technological moisture for the studied. In addition, as a result of the conducted studies it is noted that the change in the yield of flour from the time of consolidation is wavy in nature and reflects the peculiarities of the penetration of moisture into the triticale grain.

**Keywords:** triticale, conditioning, regimes, flour-milling properties, hydrothermal process.

UDC 664.681.1

**K.K. Zhanabayeva<sup>1</sup>, N.Ongarbayeva<sup>2</sup>, L.V. Rukshan<sup>3</sup>, Ya.I. Eroshenko<sup>4</sup>***<sup>1</sup>PhD student, <sup>2</sup>Doctor of technical sciences, Professor,  
<sup>3</sup>Candidate of technical sciences, Professor, <sup>4</sup>Master**<sup>1,2</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan  
<sup>3</sup>Mogilev State University of Food, Mogilev, Republic of Belarus  
E-mail: <sup>1</sup>karoline-91@mail.ru, <sup>2</sup>o.nurlaim@mail.ru***MIDLING-FORMING PROCESS OF TRITICALE GRAIN  
OF KAZAKHSTAN BREEDING**

In this article, the middling-forming ability of 12 samples of Kazakhstan selection triticale grain with different index of vitreosity was studied. In the process of carrying out the experimental grinds, the investigated triticale samples from the first three ternary systems, the quantitative and qualitative characteristics of the grinding products were determined. On the basis of the laboratory tests, optimal grinding regimes were determined when grinding grain samples.

**Keywords:** triticale, cereal formation, grinding, extraction, samples.

Nowadays, the use of such an unconventional grain culture as triticale in various branches of the food industry is an actual task and attracts the attention of scientists and producers. This is due to the increase in crop areas and the creation of new varieties, the presence of numerous results of research on the technological and biological potential of triticale grain [1].

Triticale grain researches, as raw materials for the food industry, in our country and abroad for many years are conducted. Grown in our country triticale grain is characterized by a number of features due to specific soil and climatic conditions in the southern regions of Kazakhstan. Domestic breeders have created new varieties with high productivity, drought resistance, winter hardiness, immunity to a number of diseases [2].

Currently, the advantages of grain triticale as a biologically valuable raw material for the needs of the food industry are underestimated. This is due to the lack and inconsistency of information on new triticale varieties created by Kazakhstan breeders [3].

The products of grain grinding in the case of varietal grinds, sorted in size cuts, are usually called intermediate products. Sorted products of crushed grain vary significantly not only in particle size, but also in quality factor, i.e. on the contents of endosperm [4].

In addition, flour properties of grain are characterized by a set of indicators, of which the most important are the quantity and quality of cereals obtained on the systems of cereal formation, the grinding of grain, the specific energy consumption, the total yield of flour and its quality.

One of the main stages in the grading is the process of cereal formation, the task of which is to obtain the maximum quantity of intermediate products of high quality.

The total extraction by individual systems and throughout the breaking process is affected by many factors: the structural and mechanical properties of grain and its parts, the moisture content of the grain, the mechanical and kinematic

parameters of the working organs of the roller machine, and the number of systems.

Groats and dunsts products are obtained on I-III systems by a breaking process. The technological goal of these systems is the maximum extraction of endosperm from the grain in the form of Groats and dunsts, which are further used to produce high-grade flour. In connection with the determining influence of the technological efficiency of the stage of obtaining the first quality grits on the final grinding results, this stage is considered the primary object of optimization in the process of grinding grain.

The step of obtaining the first quality groats as an optimization object, is a multidimensional object with interrelated control variables.

On the head breaking systems, it is necessary to ensure the maximum transfer of the starch endosperm from the grain to the total flow of cereals and dunsts. In this formulation of the goal of the step of obtaining products of the first quality, its technological efficiency can be fully characterized by the degree of extraction of the starch endosperm in groats and dunsts products with respect to its content in the original grain before the I breaking system.

To determine the partial extraction, the sample of the crushed product was screened on sieves of different sizes and intermediate products were obtained for all classes of coarse size (coarse, medium and fine grits, dunst and flour).

To study the groats and dunst -forming ability, 12 samples of triticale grain of Kazakhstan selection with different vitreous index were taken.

The grinding was carried out on a laboratory roller machine QC-104.

Extraction according to the systems was maintained in accordance with the Rules for varietal grinding of wheat. The preparation of grain for grinding, the so-called cold conditioning, was carried out in accordance with the Rules for the organization and maintenance of the technological process in mills.

The test samples were moistened in two stages. All samples of grain after laying down before the direction were additionally moistened by 0.3-0.5% and laid aside for 20-30 minutes. The size of the extraction was determined by grinding the grain samples with an approximately established gap between the rollers.

In the process of carrying out the experimental milling, the investigated triticale samples for each of the first three torn systems, the quantitative and qualitative characteristics of the grinding products presented were determined in Table 1.

From the table 1, it can be seen that the highest number of good quality crouppods was obtained from samples of triticale grain No. 3 and No. 7 with the lowest ash content of 0.94 and 0.97%, respectively.

Depending on the initial properties of the grain, the yield of groats and dunsts products varied from 66.9% to 77.2%. At the same time, the maximum extraction of groats and dunsts products - 77.2% was obtained from sample No. 3, and the minimum - 66.9% from sample No. 11.

The nature of the change in the yield of groats and dunsts products depends more on the grinding regimes on all torn systems (in the range under consideration) than on changes in grain quality indicators. However, for all samples with different recovery values, the fractional composition of the grinding products is not the same - with increasing glass vitreous content of large and small grains increases somewhat. The dependence of the yield of grits on the grinding regime on I-III breaking systems has a decreasing character and decreases with increasing total extraction in the investigated range.



Table 1

Groats and dunst -forming ability of the samples of triticale grain

№ of the samples	Vitreousness, %	Extraction with I-III breaking systems					General Extraction, %	The average ash content, %
		coarse groats, %	medium and small grain, %	dunsts, %	total number of groats and dunsts, %	flour, %		
1	39	19,5	32,6	8,5	60,6	9,3	69,9	1,04
2	59	22,2	34,2	8,2	64,6	9,4	74,0	1,05
3	76	27,2	32	9,2	69,0	8,2	77,2	0,94
4	77	27,4	30,9	9,3	67,6	8,8	76,4	1,00
5	45	20,9	29,7	7,9	58,5	10,0	68,5	1,02
6	58	22,0	27,4	8,4	57,8	10,1	67,9	1,06
7	74	25,9	32,7	8,5	67,1	9,4	76,5	0,97
8	53	21,9	29,1	7,9	58,9	10,0	68,9	1,01
9	44	20,3	28,2	10,0	58,5	9,5	68,0	1,09
10	67	25,9	22,3	9,5	57,7	10,2	67,9	1,15
11	48	21,5	26,1	9,1	56,7	10,2	66,9	1,08
12	55	23,9	26,4	9,8	60,0	9,7	69,7	1,16

When studying the process of groats formation, great importance is not only the quantity of groats and dunsts products obtained, but also their quality. One of the important qualitative indicators of the efficiency of the process of grain refinement is the ash content of the extracted products.

The weighted average ash content of the samples under study lies in the range of 0.94-1.16%.

Analysis of the ash content of the intermediate products of the croup systems (I-III br.s) made it possible to reveal some regularities. As the yield of intermediate products increases, their ash content decreases. The lowest ash content is observed at 77,2 and 76,5% extracts and is 0,94 and 0,97% respectively for 3 and 7 samples.

The ash content of the groats and dunsts products obtained after grinding on the 3rd breaking system will increase in comparison with the I and II breaking system, which indicates a decrease in their quality, since the inner part of the endosperm of the triticale grain is extracted on the first two breaking systems. When recovering more than 45.0%, the weighted average ash content of groats and dunsts products and flour sharply increases.

It is established that the grain quality helps to influence the optimal grinding regimes. At the level of the laboratory studies, decent grinding regimes breaking torn system.

#### REFERENCES

1. Ongarbayeva, N. The groats-forming ability of wheat of different hardness. Storage and processing of grain. Scientific and practical portal. 2008.
2. Urbanchik, E.N. Development of technology for obtaining flour from triticale grain / Urbanchik EN, Kasyanova LA // Technology and technology of food production thes. sci. Conf., Mogilev, November 21-24, 2000./Mog. tech. in-t. -Mogilev, 2000.- p. 128

3. Technology of processing of triticale in the croup of "manna" type R.H. Kandrov, G.N. Pankratov, FGBNU "VNIIZ" Bakery products. - 2017. №1. - P.52-53.

*Material received at 28.08.18.*

**К.К. Жанабаева<sup>1</sup>, Н. Онгарбаева<sup>1</sup>, Л.В. Рукшан<sup>2</sup>, Я.И. Ерошенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан*

<sup>2</sup>*Могилев азық- түлік мемлекеттік университеті, Могилев қ., Беларусь Республикасы*

### **ҚАЗАҚСТАНДЫҚ СЕЛЕКЦИЯЛЫ ТРИТИКАЛДІ АСТЫҒЫНЫҢ ТАЛҚАНДАЛУ ҚАБІЛЕТІ**

Мақалада қазақстандық тандаудың тритикалді астығының 12 түрлі үлгілерін талқандалу қабілеті зерттелді. Тәжірибелік ұнтақтауды жүргізу барысында алғашқы үш жүйелерде зерттелген тритикал үлгілері, ұнтақталатын өнімдердің сандық және сапалық сипаттамаларын анықтады. Зертханалық сынақтар негізінде астық үлгілерін ұнтақтау кезінде оңтайлы ұнтақтау режимдері анықталды.

**Тірек сөздер:** тритикале, дәнді дақылдың қалыптасуы, анықтау, үлгілер.

**К.К. Жанабаева<sup>1</sup>, Н. Онгарбаева<sup>1</sup>, Л.В. Рукшан<sup>2</sup>, Я.И. Ерошенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан*

<sup>2</sup>*Могилевский государственный университет продовольствия, г. Могилев, Беларусь*

### **КРУПООБРАЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ЗЕРНА ТРИТИКАЛЕ КАЗАХСТАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ**

В статье изучена крупобразующая способность 12 образцов зерна тритикале казахстанской селекции с разным показателем стекловидности. В процессе проведения опытных помолов, исследуемых образцов тритикале из первых трех драных систем, определяли количественно-качественные характеристики продуктов помола. На основании проведенных лабораторных исследований определены оптимальные режимы измельчения при помол образцов зерна.

**Ключевые слова:** тритикале, крупобразование, помол, извлечение, образцы.

---

## Технологии в сфере \_\_\_\_\_строительства\_\_\_\_\_

---

УДК 624.016

**Б.Ж. Унайбаев<sup>1</sup>, В.М. Шегай<sup>2</sup>, Б.Б. Унайбаев<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Магистр, преподаватель, <sup>3</sup>Канд. техн. наук, доцент  
Екибастузский инженерно-технический институт  
имени академика К.Сатпаева, г. Екибастуз, Казахстан

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТЕН ИЗ ГРУНТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рассмотрены вопросы применения грунтовых материалов в малоэтажном строительстве.

**Ключевые слова:** грунтовый материал, саман, малоэтажное строительство, кирпич.

Первые построенные человечеством дома были сделаны из “забытого” в настоящее время грунтового материала – самана, рациональность, экологическая чистота, прочность и дешевизна которого вполне оправдана в малоэтажном строительстве. Саман является древним строительным материалом. Из него возводились не только малоэтажные здания, но и сложные сооружения, о чем свидетельствует его применение при строительстве Великой Китайской стены, пирамид в Египте и Перу. Постройки из самана распространены в странах с сухим и жарким климатом в Казахстане, Средней Азии, Иране, Монголии, Турции и др. В состав грунтового материала входят глинистый грунт, различные добавки и вода. Сам процесс изготовления грунтового материала сводится к разжижению глинистого грунта при помощи добавления в него воды. После этого грунт разминают в заранее подготовленных ящиках, ямах или же на специальных ровных площадках. Далее к этой смеси добавляют различные добавки повышающие прочность и водостойкость, после чего тщательно перемешивают смесь до однородного состояния. Приступая к строительству, всегда есть выбор – делать грунтоблоки либо отлить готовую стену. Оба варианта после высыхания затвердеют и приобретают прочность, достаточную для малоэтажного здания.

Стены из грунтовых материалов бывают саманные, грунтолитные, глинобитные, грунтобетонные и др. Стены из самана выкладываются с соблюдением тех же правил и в том же порядке, как и стены из кирпича [1].

Глинолитные стены готовят литым способом в щитовой опалубке из смеси жирной глины, мятой соломы и воды.

Глинобитные стены возводят из той же смеси, что и глинолитные. При возведении глинобитных стен подготовленную массу накладывают между щитами опалубки, слоем 15-18 см, разравнивают и трамбуют щитов к середине. Трамбовать смесь продолжают до «отказа».

Грунтобетон представляет собой цементно-грунтовую смесь. Для приготовления грунтобетона пригодны супеси, лесс, лессовидные суглинки и супеси. В качестве вяжущего применяют портландцемент марки не ниже 300 для наружных стен и низкомарочный цемент для внутренних. Расход цемента составляет 120-150 кг на 1 м<sup>3</sup> смеси. Стены из грунтобетона возводят монолитными в опалубке или кладут из блоков, которые готовят на специальных станках.

Саман – один из самых доступных, экологически чистых и дешевых строительных материалов, обладающих малой теплопроводностью, повышенной звукопоглощающей и звукоизолирующей способностью, высокой огнестойкостью, огромным запасом сырья. Если на застраиваемом участке есть глина и вода, то стоимость возведения стен из самана незначительная, не считая трудозатрат. Дополнительные затраты могут понадобиться для приобретения форм или, постройки навеса для сушки самана. Средняя стоимость самана – 10-30 тенге / шт, что зависит от региона, и размеров самана. Саман размером 40×20×20 заменяет 8 стандартных обожжённых строительных кирпича размером 25×12×6,5 (стоимость 1 стандартного обожженного кирпича составляет 45-50 тенге). Стены, возведенные из грунтовых материалов нуждаются в тщательной защите от увлажнения.

При самостоятельном возведении стен из грунтового материала, без привлечения дорогостоящей грузоподъемной и транспортной техники, можно сэкономить до 70-80% от стоимости дома возведенного традиционным способом (из кирпича). На приобретение остальных материалов при строительстве дома площадью 80 -100 м<sup>2</sup> потребуется: на фундамент – 1000 у. е., на крышу, перекрытие, двери, окна – 4000 у. е., на отделку – 200 у. е.

Услуги строительной бригады добавят еще 50-100% от стоимости материалов. Выгода зависит и от фактора времени. Традиционный кирпичный дом строят несколько лет, асаманный дом один сезон. Время – деньги. Сколько их будет потеряно за этот период и чем возместятся потери – зависит от конкретной ситуации.

Саман для возведение ограждающих конструкций предлагаем различать следующим образом:

**Тяжёлый саман** - преобладает глина, солома (80:20) находится в нём разряжено, выступает в качестве арматуры. В теле самана отсутствуют воздушные полости, за исключением внутренних полостей соломин. Пригоден в качестве несущих стен. Предпочтительно применять для южных регионов.

**Средний саман** - весь объём занимает солома, глина (56:44) полностью заполняет промежутки между соломинами. В теле самана отсутствуют воздушные полости, за исключением внутренних полостей соломин. Пригоден в качестве несущих стен. По применению универсален можно применять как в южных, так и в северных регионах.

**Лёгкий саман** - весь объём занимает солома, глина (80:20) лишь обволакивает соломины и частично заполняет промежутки между ними. В теле самана имеются воздушные полости, между соломинами. Пригоден в качестве утеплителя в каркасных стенах в частности, при возведении дома из ЛСТК (легких стальных конструкции). По применению менее пригоден в южных, в большей степени средней полосе и в северных районах.

Теплотехнический расчет наружных стен из среднего самана был выполнен для двух вариантов:

Вариант 1. Стена из саманного блока, толщиной 400 мм с утеплителем из минваты и облицовкой кирпичом.

Исходные данные к расчету приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Исходные данные

Наименование	Обозначение
Назначение здания	Жилое
Наружные ограждающие конструкции (стены)	Многослойная из саманных блоков
Район строительства	г. Экибастуз
Зона влажности	Сухая
Температура внутреннего воздуха	20°C (СНиП РК 3.02-43-2007)
Влажность внутреннего воздуха	55%




1) Определяем по таблице 2 СН РК 2.04-21-2004 «Тепловая защита зданий» условия эксплуатации ограждающих конструкций по зоне влажности 3 и влажности внутреннего воздуха 55% получим - тип А.

Для конструктивных слоев ограждающей конструкции определяем коэффициент теплопроводности материала  $\lambda$ , Вт/м°C и плотность слоя кг/м<sup>3</sup> материала по типу А из таблицы Приложения 3\*СН РК 2.04-04-2013 «Строительная теплотехника».

В таблице 2 приведены значения характеристик материалов стены проектируемого здания.

Таблица 2

## Значения характеристик материалов стены проектируемого здания

№ слоя	Материал слоя	Наглядное изображение материала слоя	Толщина слоя, $\delta$ ,	Плотность слоя, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м <sup>2</sup> °C
1	Облицовочный кирпич (керамический) на цементно-песчаном растворе		0,12	1300	0,37
2	Утеплитель – минеральная вата		$\delta_{\text{утеп}}$	100	0,044
3	Саманный блок на известково-песчаном растворе		0,400	1800	0,2-0,3
4	Штукатурка (или обшивка ГКЛ)	-	0,020	1600	0,81

Расчетные условия представлены в таблице 3.

Таблица 3

Расчетные условия		
Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Показатель
Расчетная температура внутреннего воздуха, °С	$t_{int}$	+20
Расчетная температура наружного воздуха, °С	$t_{ext}$	-37
1. Продолжительность отопительного периода, сут	$Z_{ht}$	212
2. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С	$t_{ht}$	-8,3
3. Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м °С)	$\alpha_{int}$	8,7
4. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода	$\alpha_{ext}$	23
5. Коэффициент, учитывающий положения наружной поверхности конструкций по отношению к наружному воздуху, Вт/(м °С)	$n$	1
6. Нормируемый температурный перепад, °С	$\Delta t_n$	4
7. Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) (СН РК 2.04-21-2004)	$D_d$	6212

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП)  $D_d$ , сут определяем по формуле (1):

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) Z_{ht}, \quad (1)$$

$$D_d = (20 + 8,3) \cdot 212 = 5999,6 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$$

**Нормируемые значения  $R_{req}$ ,  $\text{m}^2\text{C}/\text{Вт}$** , определяем по таблице 4 СНиП 2.04-21-2004 в зависимости от градусо-суток района строительства  $D_d$ ,  $^\circ\text{C} \cdot \text{сут.}$

По таблице В.3 ГСОП  $D_d=6212$  сут.

Значения  $R_{req}$  для величины  $D_d$  отличающейся от табличной, следует определять по формуле (2):

$$R_{req} = a D_d + b, \quad (2)$$

где:  $D_d$  - градусо-сутки отопительного периода в г. Экибастуз;  $a$  и  $b$  - коэффициенты, принимаемые по таблице 4 для стен жилых зданий (столбец 3).

для жилых зданий:  $a = 0,00035$  и  $b = 1,4$ .

$$R_{req} = 0,00035 \cdot 5999,6 + 1,4 = 3,5 \text{ } \text{m}^2\text{C}/\text{Вт.}$$

**Нормы тепловой защиты по санитарно-гигиеническим требованиям определяются по формуле (3):**

$$R_{req} = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \alpha_{int}}, \quad (3)$$

где:  $n$  - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;  $t_{int}$  – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005-88 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;  $t_{ext}$  – расчетная температура наружного воздуха, °С, принимаемая по таблице В.1;  $\Delta t_n$  – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по таблице 2;  $\alpha_{int}$  – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, принимаемый по таблице 3;

где  $n = 1$ ;  $t_b = 20^\circ\text{C}$ ;  $t_n = -37^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t_n = 4,0^\circ\text{C}$ .

$$R_{req} = 1 (20 + 37) / 4,0 \times 8,7 = 1,64 \text{ м}^2\text{C/Вт}.$$

**Вывод:** Из полученных расчетных значений сопротивления теплопередаче по требованиям энергосбережения гражданских зданий  $R_{req} = 3,5 \text{ м}^2\text{C/Вт}$  и санитарно-гигиеническим требованиям  $R_{req} = 1,64 \text{ м}^2\text{C/Вт}$  для расчета минимальной толщины утеплителя принимаем наибольшее из них.

#### **Расчет толщины утеплителя.**

Минимальная толщина утеплителя определяется из условия  $R_0 = R_{req}$ , формула (4):

$$R_0 = R_{si} + \sum R_k + R_{se} = 1/\alpha_{int} + \sum \delta/\lambda + 1/\alpha_{ext}, \quad (4)$$

$$R_0 = 1/\alpha_{int} + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + \delta_4/\lambda_4 + 1/\alpha_{ext} = R_{req},$$

где  $R_{req \text{ ут}} = \delta_{утеп} / \lambda_2$ ,

$$R_0 = 3,5 - (1/8,7 + 0,120/0,37 + \delta_2/0,044 + 0,400/0,25 + 0,020/0,81 + 1/23),$$

$$\delta_2 = (3,5 - 1/8,7 + 0,120/0,37 + 0,400/0,25 + 0,020/0,81 + 1/23) * 0,044,$$

$$\delta_2 = 2,503 * 0,044 = 0,110 \text{ м}.$$




Принимаем толщину утеплителя – минвата, равной 110 мм, с учетом воздушной прослойки, толщиной 20-40 мм.

*Вариант 2.* Стена, толщиной в 1,5 саманного блока (600 мм) без утеплителя с облицовкой кирпичом.

Значения характеристик материалов стены проектируемого здания приведены в таблице 4.

Таблица 4

Значения характеристик материалов стены проектируемого здания

№ слоя	Материал слоя	Наглядное изображение материала слоя	Толщина слоя, $\delta$ ,	Плотность слоя, $\text{кг/м}^3$	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , $\text{Вт/м}^2\text{°C}$
1	Облицовочный кирпич (керамический) на цементно-песчаном растворе		0,120	1300	0,37
2	Утеплитель – минеральная вата		$\delta_{\text{утеп}}$	100	0,044
3	Саманный блок на известково-песчаном растворе		0,600	1800	0,2

$$R_0 = 1/\alpha_{\text{int}} + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \delta_3/\lambda_3 + \delta_4/\lambda_4 + 1/\alpha_{\text{ext}} = R_{\text{req}},$$

$$R_0 = 3,5 - (1/8,7 + 0,120/0,37 + 0,600/0,2 + 0,020/0,81 + 1/23),$$

$$R_0 = 3,903 \text{ м}^2\text{C/Вт},$$

$$R_0 \geq R_{\text{req}},$$

3,903 м<sup>2</sup>С/Вт. > 3,5 м<sup>2</sup>С/Вт. Условие выполняется.

К положительным качествам “среднего самана” следует отнести:

1) Не продуваемость по сравнению с “соломенной стеной” и “легким саманом”, что является огромным плюсом. Известны примеры, когда не совсем грамотное исполнение соломенных стен полностью нивелировало её преимущества именно из-за продуваемости.

2) Экономичность, стена несущая, ей не требуется каркас.

К недостаткам “среднего самана” следует отнести:

1) Более низкое термосопротивление при сопоставлении с “соломенной стеной” и “легким саманом”.

2) Большая трудоёмкость возведения по сравнению с “соломенной стеной”.

Таким образом, применение “среднего самана” целесообразно при:

- строительстве домов (в южных регионах), там где летняя жара является большим злом, чем зимний мороз. Эта стена обладает большей теплоёмкостью и соответственно имеет более инерционный терморегим;

- строительстве любых хозяйственных построек (гаражей, сараев, теплиц, помещений для скота и т.д.) по причине своей экономичности и достаточности по термосопротивлению (в любых регионах);

- строительстве домов (в любых регионах), в тех случаях, когда застройщик вынужден экономить.



Сопоставление затрат на возведение стен из самана и традиционного кирпича 4 сблокированных домов показало, что стоимость возведение саманных стен в 14 раз дешевле, а трудоемкость в 1,3 раза ниже. При этом в расчетах было принято: стоимость стандартного кирпича 38т/шт, стоимость самана 30т/шт

Дальнейшая облицовка наружных саманных стен кирпичем, металлическим или виниловым сайдингом, евровагонкой или блок – хаусом придает фасаду дома вид классического коттеджа, традиционного бревенчатого или брусового сруба, современного дома.

#### **Заключение**

1. При выборе эффективного материала для ограждающих конструкций в малоэтажном жилищном строительстве наиболее экономичным, экологически чистым, обладающим малой теплопроводностью, простотой и низкой себестоимостью изготовления и возведения, повышенной звукопоглощающей и звукоизолирующей способностью, высокой огнестойкостью, огромным запасом сырья для изготовления в Казахстане предложен грунтовый материал, а именно саман.

2. Для возведения ограждающих конструкций из грунтового материала предложен тяжелый (80%/20%), средний (44%/56%) и легкий (80%/20%) саман в зависимости от соотношения в нем глины и соломы. При этом тяжелый саман предпочтительно применять в южных регионах, средний саман, как в южных, так и в северных регионах, а легкий саман рекомендован для применения в качестве утеплителя в каркасных стенах любых регионов, при возведении дома из “ЛСТК”.

3. Средний саман целесообразно применять при:

- строительстве домов (в южных регионах), там, где летняя жара является большим злом, чем зимний мороз (стена обладает большой теплоемкостью и соответственно имеет более лучший теплорежим);

- строительстве любых хозяйственных построек по причине своей экономичности и достаточности по термосопротивлению (в любых регионах);

- строительстве домов (в любых регионах), в тех случаях, когда застройщик вынужден экономить.

4. Возведение стен из самана (средний саман) при сопоставлении с возведением стен из традиционного кирпича (стандартного) позволяет снизить стоимость в 14 раз, а трудоемкость в 1,3 раза.

5. Несмотря на то, что 25-30% сельских построек в Казахстане возведено из грунтовых материалов до настоящего времени отсутствует нормативно-техническая документация на их строительство. Следовательно, разработка нормативов на изготовление и испытание самана, методов проектирования и строительство из самана, является актуальной задачей.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Унайбаев, Б.Б. Курс лекций по дисциплине «Технология строительного производства – 3» [Текст] / Б.Б. Унайбаев. – Экибастуз: ЕИТИ им. Сатпаева, 2012. – 18 с.
2. Унайбаев, Б.Ж. Научно-технические разработки ЕИТИ им. акад. К.Сатпаева для индустриально-инновационного развития Экибастузского топливно-энергетического региона [Текст] / Б.Ж. Унайбаев. – Экибастуз, 2016. – 75 с.

Материал поступил в редакцию 14.09.18.

**Б.Ж. Унайбаев, В.М. Шегай, Б.Б. Унайбаев**

*Академик Қ.Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты,  
Екібастұз қ., Қазақстан*

### ТОПЫРАҚ МАТЕРИАЛДАРЫНАН ТҮРҒЫЗЫЛҒАН ҚАБЫРҒАЛАРДЫ ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІ

Аз қабатты ғимараттар құрылысында топырақ материалдарын пайдалану мәселелері қарастырылған.

**Тірек сөздер:** топырақ материалы, саман, аз қабатты ғимараттар құрылысы, кірпіш.

**B.Zh. Unabayev, V.M. Shegai, B.B. Unabayev**

*Ekibastuz Institute of Engineering  
named after academician K.Satpayev, Ekibastuz, Kazakhstan*

### EFFICIENCY OF WALL APPLICATION FROM GROUND MATERIALS

Considered the use of soil materials in low-rise construction.

**Keywords:** soil material, adobe, low-rise construction, brick.

УДК 624.15

**Б.Ж. Унайбаев<sup>1</sup>, В.М. Шегай<sup>2</sup>, Б.Б. Унайбаев<sup>3</sup>, Т.А. Канаева<sup>4</sup>**

*<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Магистр, преподаватель,  
<sup>3</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>4</sup>Ст. преподаватель  
Екібастұзский инженерно-технический институт  
имени академика К. Сатпаева, г. Екібастұз, Казахстан*

### ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ДЕШЕВОГО ЖИЛЬЯ

Предложены простые и эффективные способы снижения стоимости жилищного строительства.

**Ключевые слова:** дешевый дом, саман, целевой фундамент, технология.

**1. Общие сведения.** Приобретение собственного жилья – один из основных вопросов в жизни семьи. Несмотря на многочисленные государственные программы по обеспечению населения Казахстана собственным жильем на сегодняшний день этот вопрос остается открытым для многих молодых семей. Молодые семьи, не имея собственного жилья,

вынуждены снимать квартиру либо комнату в общежитии, большую часть своего заработка, отдавая за аренду чужого имущества.

С выходом постановления РК за №726 2006 г. решена проблема приобретения бесплатного земельного участка под застройку малоэтажного частного дома. Однако многие молодые семьи не обладают необходимым объемом знаний и опыта строительства. К тому же традиционные технологии возведения индивидуального жилого дома обладают высокой трудоемкостью, не предусматривает применение местного материала, а потому обладают высокой стоимостью. Не каждая семья может позволить себе постройку дома по известным традиционным технологиям не залезая в кредит либо ипотеку, т.е. «кабалу».

Для решения обозначенной проблемы разработан инновационный проект «Дешевый дом» на основе сравнения двух технологий кирпичного и саманного строительства.

Дома из самана становятся все более востребованными, т.к. считаются экологически чистыми, энергосберегающими, теплыми и, главное, - малозатратными (рис. 1).

В результате проектирования выбор материала, конструкций и технологии производства работ был обоснован вариантным сравнением затрат по основным конструктивным элементам жилого дома (фундамент, стены, перекрытие, кровля) при рассмотрении трех вариантов объемно-планировочной компоновки идентичных домов (табл. 1), а именно:

- 1 вариант - отдельно стоящий дом на одну семью (рис. 2);
- 2 вариант - сблокированные 2 дома на 2 семьи (рис. 3);
- 3 вариант – сблокированные 4 дома на 4 семьи (рис. 4).

Размеры домов в плане соответственно 10х10 м (первый вариант), 10х20 м (второй вариант), 20х20 м (рис. 2, 3, 4, табл. 1).



Рис. 1. Строительство саманного дома

План этажа

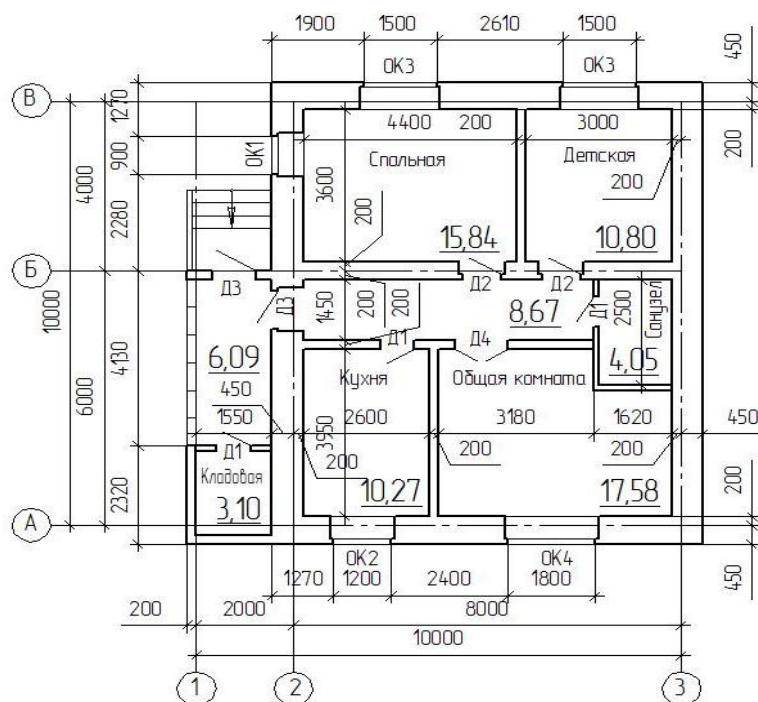


Рис. 2. Дом на одну семью

План этажа

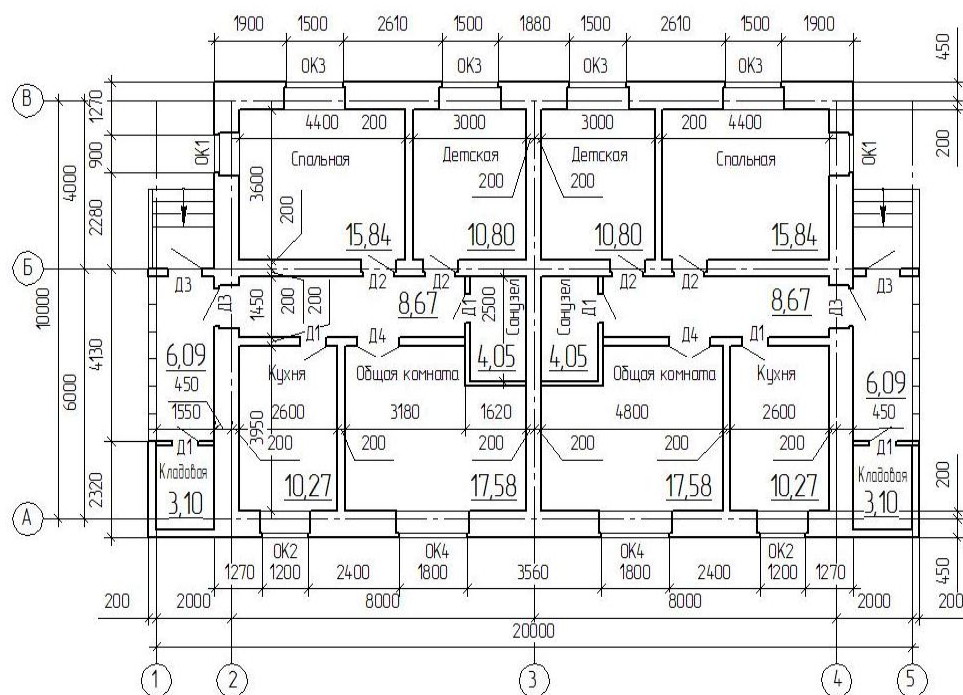


Рис. 3. Дом на две семьи

**2. Конструктивные элементы проектируемого здания.** Рассмотрим затраты основных конструктивных элементов дома.

**1) Фундамент.** Определяющим критерием устойчивости любой жилой постройки является прочность фундаментной конструкции. Именно фундамент принимает на себе основную массу нагрузок, а не стены, перекрытия и прочие элементы, как думают многие.

Стены всегда можно подвергнуть ремонтным мероприятиям в случае надобности, а фундамент после возведения дома сложно переделать. Конечно, сейчас существует огромный перечень технологий и способов укрепить фундамент после допущения ошибок в процессе строительства, но все равно они не могут сравниться с действительно качественно сделанным основанием под дом на нужном этапе возведения строения.

План этажа

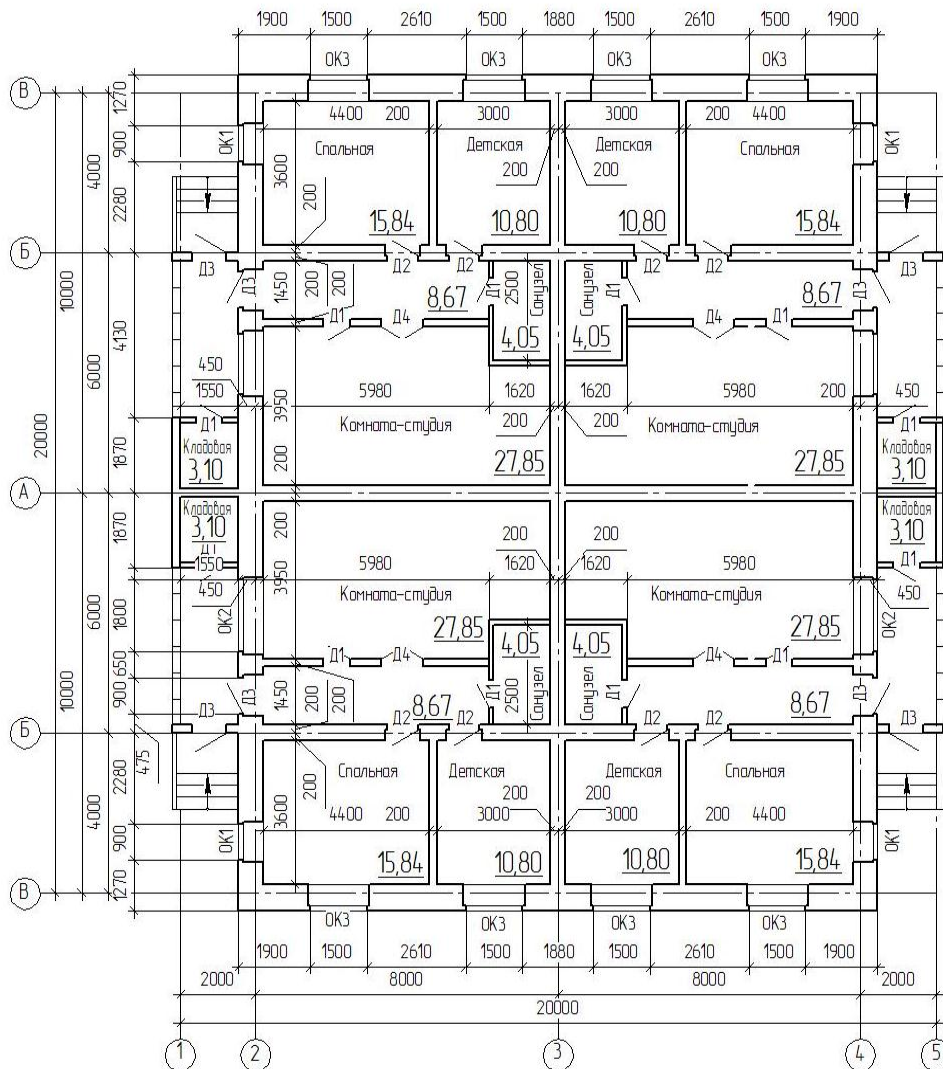


Рис. 4. Дом на четыре семьи

Проведенный анализ опыта проектирования и устройства фундаментов позволил выявить следующий парадоксальный факт.

Так, например, глубина заложения фундамента  $h$ , для зданий любой этажности (от 1 до 20 этажей) принимается равной или незначительно превышающей глубину промерзания грунта в регионе ( $h=1,8\div 2$  м, Центральный и Северный Казахстан). При этом назначается три ряда ФБС размером  $0,6\times 0,6\times 2,4$  м, на фундаментной подушке высотой 0,3 и шириной  $b=0,8$  м. На практике основные параметры фундамента ( $h:b$ ) определяются не действующей нагрузкой, а глубиной промерзания грунта в регионе и размерами стандартного фундаментного блока и фундаментной подушки. К тому же прочностные свойства бетона в блоках ФБС при малоэтажном строительстве практически не используются. Все перечисленное определяет большую материалоемкость и стоимость работ нулевого цикла.

На основании выше изложенного для устройства фундамента жилого дома были рассмотрены два варианта:

- 1 вариант: традиционный сборный ленточный фундамент из блоков ФБС (рис. 5, табл. 1);

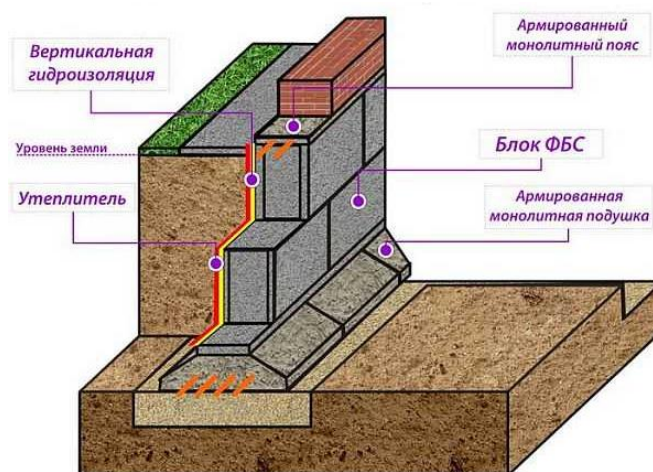


Рис. 5. Фундамент из ФБС

- 2 вариант: щелевой фундамент (табл. 1, рис. 6).

*Ленточный сборный фундамент.* Блочная основа имеет все преимущества железобетонной конструкции, строится быстрее, чем монолитное несущее основание. Кроме того, ленточный фундамент из блоков позволяет быстрее приступать к следующим этапам возведения дома, не дожидаясь затвердения бетона.

Однако, при всех достоинствах фундамент из ФБС требует дополнительных материальных и трудовых затрат исходя из следующих недостатков:

- большой объем земляных работ, обусловленный разработкой и обратной засыпкой котлована под все «пятно» здания с уплотнением;
- повышенной стоимостью работ нулевого цикла, обусловленного большой материалоемкостью конструктивных элементов, транспортными, погрузочно-разгрузочными и монтажными работами;

- потребностью в устройстве двойного гидроизолирующего слоя фундамента;

- ввиду того, что кладка ФБС (стыки) нуждается в качественном сцеплении для обеспечения единой и надежной работы фундамента, дополнительно устанавливается арматурная сетка между рядами ФБС.

- требуется привлечение дорогостоящей специализированной техники (землеройной, транспортной и грузоподъемной) для производства земляных работ (разработка и засыпка котлована с уплотнением), транспортировки, погрузки, разгрузки и установки ФБС.

*Щелевой фундамент.* Щелевой фундамент устраивается в грунте путем нарезки узкой щели (траншеи) глубиной до двух метров с последующим ее армированием (рис. 6) и заполнением бетонной смесью.



а) общий вид щелевого фундамента

б) траншея под фундамент и ее армирование

Рис. 6. Пример возведения щелевого фундамента

По верху щели устраивается ростверк, который объединяет стенки щели в единый ленточный фундамент и передает нагрузку от здания на грунт. Грунтовые стенки щели служат опалубкой при заливке бетоном нижней части щелевого фундамента.

Щелевой фундамент в сопоставлении с блочным фундаментом из ФБС позволяет сократить:

- объемы бетонирования на 60%;
- опалубочные работы на 80%;
- земляные работы на 90%.

Простота и доступность технологии позволяет производить работы нулевого цикла без привлечения рабочих высокой квалификации и специализированной техники.

Основное требование при использовании щелевого фундамента – грунт на участке должен быть преимущественно глинистым и плотным.

Схватывание бетона в щели и в неровностях стенки траншеи после заливки обеспечивает дополнительное сцепление щелевого фундамента с грунтом, и тем самым повышает его несущую способность.

**2) Стены.** К стенам жилого дома выдвигают сразу несколько важных требований. Во-первых, стены должны допускать минимальные теплопотери, а во-вторых, они должны быть достаточно прочными, особенно это касается несущих стен. Чем меньше уровень теплопотерь, тем меньше затрачивается энергии на прогрев и поддержание необходимой температуры в доме.

С этой точки зрения, идеальный вариант – своего рода дом-термос, где температура остается на одном и том же уровне очень долго. Однако этот вариант не допускает нормального проветривания жилого помещения. При выборе материала для стен жилого дома нужно достигнуть компромисса между вентиляцией, теплоизоляцией и прочностью стен.

Рассмотрим материал, подходящий для устройства стен проектируемого здания:

- стены из традиционного глиняного обожженного кирпича; (рис. 7, табл. 1);
- стены из саманных блоков (рис. 8, табл. 1).



Рис. 7. Стены из кирпича



Рис. 8. Стены из самана

*Кирпичный дом* является прочным, надежным и долговечным, а потому из кирпича строят дома и коттеджи больших размеров, и обычно в два или три этажа. Кирпич в силу своих стандартных размеров служит хорошим материалом для строительства коттеджей самой причудливой, сложной и прекрасной архитектуры.

Недостатками кирпичных стен являются:

- высокая теплопроводность;



- высокая стоимость строительства, обусловленная дороговизной кирпича, дополнительными транспортными, погрузочно-разгрузочными и монтажными работами;
- дефицит кирпича;
- высокая трудоемкость работ;
- большой вес кирпичных стен, что увеличивает нагрузку на фундамент.
- следует учесть, что прочностные качества кирпича в малоэтажном строительстве не доиспользуется;
- требует привлечения специальной (транспортной и погрузочно-разгрузочной) техники.

*Саманный дом.* Стена из самана (местный грунтовый материал) экономична, обладает достаточной для малоэтажного строительства прочностью и долговечностью. Однако в процессе возведения требует значительных затрат труда по сравнению со стенами из традиционных материалов (бетон, кирпич и дерево). Размеры саманного блока 20x20x40 см. Блоки укладывают на растворе толщиной 1 см из жидкого саманного теста в виде глинопесчаной смеси в пропорции 1:1, 4:3 с добавлением соломенной резки и воды. Для полного высыхания и схватывания раствора в день укладывается не более чем два ряда таких блоков. По периметру ниже оконных проемов, на уровне перемычек, а также в местах сопряжения стен через каждые 50 см по высоте в качестве своеобразной арматуры следует уложить армосетку из камыша. Стены дополнительно утепляют минеральной ватой или пенополистиролом, толщиной 100-150 мм и облицовывают многопустотным кирпичом (рис. 8).

Используя для облицовки саманных стен облицовочный кирпич, металлический или виниловый сайдинг, евровагонку или блок-хаус можно повысить влагостойкость саманных стен и придать дому вид современного классического кирпичного коттеджа.

Применение самана имеет ряд преимуществ в сопоставлении с традиционным обожженным кирпичем по следующим факторам:

- огромные запасы сырья для изготовления во всех регионах Казахстана;
- малая теплопроводность;
- простота и низкая себестоимость изготовления и возведения;
- экологическая чистота;
- хорошее теплоаккумулирующее свойство;
- огнестойкость;
- защищает древесину и другие органические материалы от коррозии;
- повышенная звукопоглощающая и звукоизолирующая способность;
- идеально подходит для строительства собственными силами;
- можно всегда повторно использовать.

**3) Цоколь.** Цоколь обязательно предусматривается на высоте не менее 30 см и отделывается, например, природным камнем. Под него подгоняется пол, обычно его располагают на 15 см ниже уровня цоколя.

**4) Перекрытие.** Перекрытие – несущая строительная конструкция, разделяющая смежные по высоте этажи в здании и сооружении или отделяющая этаж от подвала, подпола, чердака или крыши.

В основу классификации перекрытий могут быть положены самые различные классифицирующие признаки. Чаще всего перекрытия делят:

- по назначению (междуэтажные, чердачные, подвальные перекрытия);

- по материалу (деревянные, железобетонные, металлические и комбинированные перекрытия).

В работе были рассмотрены два вида перекрытий:

- деревянное перекрытие (рис. 9, табл. 1);
- железобетонное перекрытие (рис. 10, табл. ).



Рис. 9. Деревянное перекрытие



Рис. 10. Железобетонное перекрытие

*Деревянные перекрытия* устраивают при строительстве домов из практически любого строительного материала: дерева, кирпича, легкого бетона и саманных блоков и т.д. Концы балок должны ложиться на стены не менее 15 см с каждой стороны. В местах, где балки соприкасаются со стенами, их оборачивают гидроизоляционным материалом и закладывают. Стены, на которые опираются балки, рекомендуется армировать нержавеющей сеткой или тростником. В качестве перемычек над проемами применяют деревянные бруски толщиной 50 мм. Их также в местах прикосновения с глиной необходимо изолировать.

Основное преимущество деревянного перекрытия заключается в том, что оно быстро и просто монтируется в любом (даже сложном) месте, без использования каких-то специальных средств, то есть можно обойтись без крана и другой техники. Деревянное перекрытие лёгкое, сравнительно недорогое и имеет хорошие теплоизоляционные характеристики.

*Железобетонные перекрытия* устраивают в кирпичных домах. Для установки железобетонных перекрытий применяют две разновидности панелей сплошные (их производят в основном из легких бетонов) и многопустотные.

Последние имеют круглые отверстия своеобразные «ребра жесткости». Панели подбирают в зависимости от ширины перекрываемого пролета и несущей способности.

Недостатками железобетонных перекрытий является то, что для их транспортировки, складирования и монтажа требуется грузоподъемная и транспортная техника. Приобрести готовые плиты нужного размера не всегда возможно, так как на заводе их изготавливают стандартных размеров.

**5) Крыша.** Крыши частных домов делятся на несколько различных категорий, в зависимости от формы, конструктивных элементов, сложности устройства и прочего. Крыша дома выполняет сразу несколько важных функций: обеспечивает гидро- и шумоизоляцию; создает заслон от ветра; выступает в роли теплового барьера.

Крыши домов могут быть плоскими и скатными. Рассмотрим вариант скатной крыши.

*Односкатная крыша.* Крыша с одним скатом максимально проста конструктивно, имеет минимальное количество деталей. Простая по форме крыша с уклоном в одну сторону подвергается равномерному воздействию осадков, ультрафиолета и ветра. Снеговая нагрузка также распределяется равномерно. При прочих равных условиях односкатная крыша прослужит немного дольше. И стоить будет меньше: проще стропильная система, минимальное количество не всегда дешевых доборных элементов.

*Двускатная крыша.* Самая распространенная в мире форма крыши – двускатная (щипцовая) крыша. Соорудить несущую конструкцию для двух скатов ненамного сложнее, чем для одного. Она очень прочна, особенно если имеется возможность соорудить замкнутую стропильную систему, использовав затяжку (рис. 11, 12).

Двускатная крыша проста в исполнении, экономна по материалам, ее не сложно возвести самостоятельно. Фронтоны служат лучшим, чем скаты, местом размещения окон, несложно оборудовать мансарду.



Рис. 11. Крыша односкатная



Рис. 12. Крыша двускатная

**6) Кровля.** Существует два весьма популярных кровельных покрытия, сделанных из стальных профилированных листов. Выясним, что лучше для предлагаемого проекта – металлочерепица или профнастил, и для каких целей более пригодно каждое из покрытий (рис. 13).

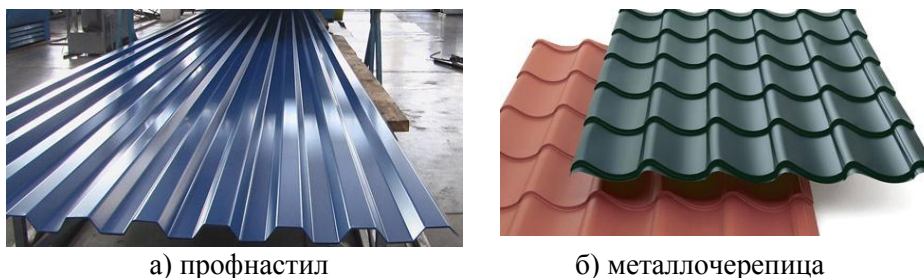


Рис. 13. Виды кровельного покрытия

*Профнастил* (профлист, гофролист, иногда профиль) сделан из холоднокатаной кровельной стали. Каждому ее листу придается волнообразная, прямоугольная или трапециевидная форма. Для достижения коррозионной стойкости сталь оцинковывается либо покрывается алюмоцинком. Сверху может быть нанесено также полимерное покрытие, улучшающее свойства материала. Профлист применяют в тех случаях, когда в первую очередь важны надежность и невысокая цена, а не внешний вид. Дополнительные ребра жесткости за счет геометрии профиля позволяют соорудить очень прочную крышу.

*Металлочерепица*. Для производства металлочерепицы, берется холоднокатаная сталь, которая подвергается профилированию. Только толщина ее меньше, чем у профнастила, а также рисунок профиля несколько другой. Отличие металлочерепицы от профнастила в том, что он призван имитировать натуральную керамическую черепицу. А потому она имеет схожий узор. Кроме того, металлочерепица выпускается с большим разнообразием полимерных покрытий, которые выполняют защитную функцию.

Имея одинаковые параметры и качественные характеристики (толщина, долговечность, надежность), эти два покрытия отличаются тем, что металлочерепица используется для придания большего акцента на внешний облик дома, а профнастил – даёт экономию в трудозатратах на монтаж и по цене (табл. 1).

**3. Объемно-планировочная компоновка дома. Казахстанский квадрохаус** – это сблокированные четыре дома, рассчитанные на четыре семьи (рис. 14). В «казахстанском квадрохаусе» несущие основные стены располагаются крестом, пересекаясь в центре. Каждый дом, входящий в «казахстанский квадрохаус», имеет отдельный вход, гараж или место для парковки и небольшой земельный участок, прилегающий к дому.



Рис. 14. Казахстанский квадрохаус

Казахстанский квадрохаус более предпочтителен нежели традиционный отдельно стоящий один дом, или линейный двойной дом, поскольку имеет ряд преимуществ:

1) Окна каждого дома выходят на две соседствующие стороны, что с одной стороны, позволяет более эффективно использовать прилегающий участок, который имеет ту же площадь, но не разбит на две части (фасадную и дворовую), а с другой – дает больше приватности жителям, участок которых просматривается со стороны только двух соседей;

2) Энергоэффективность квадратного по форме дома при прочих равных условиях выше, нежели вытянутых;

3) Экономия при строительстве и обеспечении дома инженерными сетями;

4) Планировка «Казахского квадрохауса» – зеркальная. По общей стене расположены санузел, кладовые, то есть инженерия и нежилые по функционалу помещения.

К числу преимуществ можно добавить факт, что каждый хозяин получает во владение земельный участок. По возможности его можно оформить как угодно: посадить сад, огород, сделать клумбу, организовать детскую или спортивную площадку, обустроить место для барбекю и пр.

**4. Технология возведения дома.** Конструктивно-технологическое и архитектурно-планировочное обоснование технологии, а также расчеты, представленные в таблице показали, что для строительства «дешевого дома», экономически целесообразно использование комплексной технологии, а именно:

- для устройства фундамента – щелевой фундамент;
- для возведении ограждающих конструкций – саман;
- для перекрытия – деревянные балки;
- для покрытия кровли – профнастил (табл. 1).

Таблица 1

Сопоставление затрат на возведение дома по традиционным и предлагаемым технологиям

Конструктивно-технологическое решение фундамента	Стоимость работ по устройству фундамента, тыс. тенге		
	Ленточный фундамент	1 368	2 270
Щелевой фундамент	762,7	1 286,8	2 561,3
Материал стен	Стоимость работ по устройству стены, тыс. тенге		
	дом 10x10	дом 20x10	дом 20x20
Саман	993,6	1 672,9	2 208
Обожженный кирпич	3 361,2	5 253,1	9 288
Материал перекрытия	Стоимость работ по устройству перекрытия, тыс. тенге		
	дом 10x10	дом 20x10	дом 20x20
Дерево	797	1 590	3 178
Железобетон	1 120	2 241	4 464
Материал покрытия (кровли)	Стоимость работ по устройству кровли, тыс. тенге		

	дом 10x10	дом 20x10	дом 20x20
Металлочерепица	822	1 647	3 252
Профнастил	547	1 091	2 148

Заклучени  
е  
Анализ  
конструктивно-

технологических и объемно-планировочных решений, а также выполненные расчёты (табл. 1) показали, что для возведения «дешёвого дома» эффективно применение давно забытых, доступных и экологически чистых (местных) материалов, таких как саман, глинобетон, либо лёгкие стальные конструкции (ЛСТК) с заполнением стен глинобетоном, легким саманом, соломенными или камышитовыми щитами. При устройстве нулевого цикла эффективно использование щелевого фундамента. Объемно-планировочная компоновка с блокировкой домов по типу «казахстанский квадрохаус» (рис. 14) позволяет дополнительно снизить затраты на строительство и эксплуатацию дома. Отсутствие сложных работ при возведении дома по предлагаемой комплексной технологии минимизирует использование дорогостоящей грузоподъёмной, землеройной и транспортной техники, а также позволяет задействовать низкоквалифицированную рабочую силу, что представляется особенно важным для молодых семей с низким уровнем дохода. Стоимость возведения дома по предложенной технологии в четыре раза ниже в сопоставлении с традиционной технологией.

Таким образом, «казахстанский квадрохаус» – удобное место для проживания нескольких семей. Ценовая политика, уникальность земельного участка, а также обособленность каждой социальной части формируют у покупателя положительные впечатления, подталкивающие к выбору такого дома.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шегай, В.М. Дешевый дом для молодой семьи [Текст]: дисс. академической степени магистр техники и технологии / В.М. Шегай. – Павлодар, 2017. – 102 с.

*Материал поступил в редакцию 14.09.18.*

**Б.Ж. Унайбаев, В.М. Шегай, Б.Б. Ұнайбаев, Т.А. Канаева**

*Академик Қ.Сәтбаев атындағы Екібастұз инженерлік-техникалық институты,  
Екібастұз қ., Қазақстан*

#### АРЗАН ТҰРҒЫН ҮЙ ҚҰРЫЛЫСЫ ТЕХНОЛОГИЯСЫН НЕГІЗДЕУ

Тұрғын үй құрылысының бағасын төмендетудің қарапайым және тиімді тәсілдері ұсынылған.

**Тірек сөздер:** саман, саңылаулы іргетас, арзан үй, технология.

**B.Zh. Unaibayev, V.M. Shegai, B.B. Unaibayev, T.A. Kanayeva**

*Ekibastuz Institute of Engineering  
named after academician K. Satpayev, Ekibastuz, Kazakhstan*

#### SUBSTANTIATION OF TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION

## CHEAP HOUSE

**Description:** Easy and efficient ways are given to young families to reduce expenditures for house building.

**Keywords:** adobe, slotted foundation, budget house, technology.

УДК 666.974.2

Г.М. Баялиева<sup>1</sup>, А.Д. Алтынбекова<sup>2</sup>

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

Таразский государственный университет им.М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>bayali@bk.ru, <sup>2</sup>kleo-14@mail.ru

### ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ БАРХАННОГО ПЕСКА

Представлена технология стеновых изделий на основе барханного песка с применением силикат-натриевого композиционного вяжущего. Приведена технологическая схема производства стеновых изделий.

**Ключевые слова:** силикат-натриевые композиционные вяжущие, барханный песок, вяжущие, наполнитель, сушка.

При получении стеновых изделий на основе силикат-натриевых композиционных вяжущих используются различные наполнители в виде песка, керамзита, глины, древесных опилок и отходов переработки сельскохозяйственной продукции (рисовая и пшеничная шелуха).

В качестве наполнителя можно использовать тот же барханный песок, который применяется для изготовления силикат-натриевого композиционного вяжущего. Полученные изделия на основе силикат-натриевого композиционного вяжущего и барханного песка в качестве наполнителя обладают высокой средней плотностью, которая находится в пределах 1970-2110 кг/м<sup>3</sup> [1].

С целью снижения средней плотности изделий в состав смесей вводятся следующие добавки: рисовая шелуха, древесные опилки и суглинок (Алмалинского месторождения). Добавки вводятся взамен на соответствующего количества наполнителя, т.е. барханного песка.

Одним из обязательных условий приготовления стекловяжущих на основе силикат-глыбы является совместный помол его с кремнезем содержащим компонентом. В качестве последнего могут быть использованы широко распространенные на территории Казахстана полиминеральные барханные пески, содержащие до 40 % свободного кварца.

Технология стеновых изделий на основе барханного песка с применением силикат-натриевого композиционного вяжущего состоит из двух этапов. На первом этапе идет процесс изготовления силикат-натриевого композиционного вяжущего и на втором этапе готовятся стеновые изделия по сушильной технологии.

Перед приготовлением вяжущего, барханный песок Асинского месторождения просеивают с помощью вибрационного грохота с ситом 1,25. Просеянный песок подвергается в сушильном барабане сушке до остаточной влажности не более 1 % и направляется в бункер-накопитель.

Силикат-глыба с кремнеземистым модулем 2,7-3 сначала дробится с помощью щековой дробилки на куски с размерами 10-40 мм, затем подвергается более тонкому измельчению в конусной дробилке и затем также направляется с помощью транспортера в бункер-накопитель.

Процесс приготовления силикат-натриевого композиционного вяжущего заключается в дозировании барханного песка и силика-глыбы в соотношении 70:30 и совместном их помоле в шаровой мельнице до удельной поверхности 2500-3000 см<sup>2</sup>/г. Приготовленное вяжущее с помощью закрытого скрепкового конвейера направляется в бункер запаса.

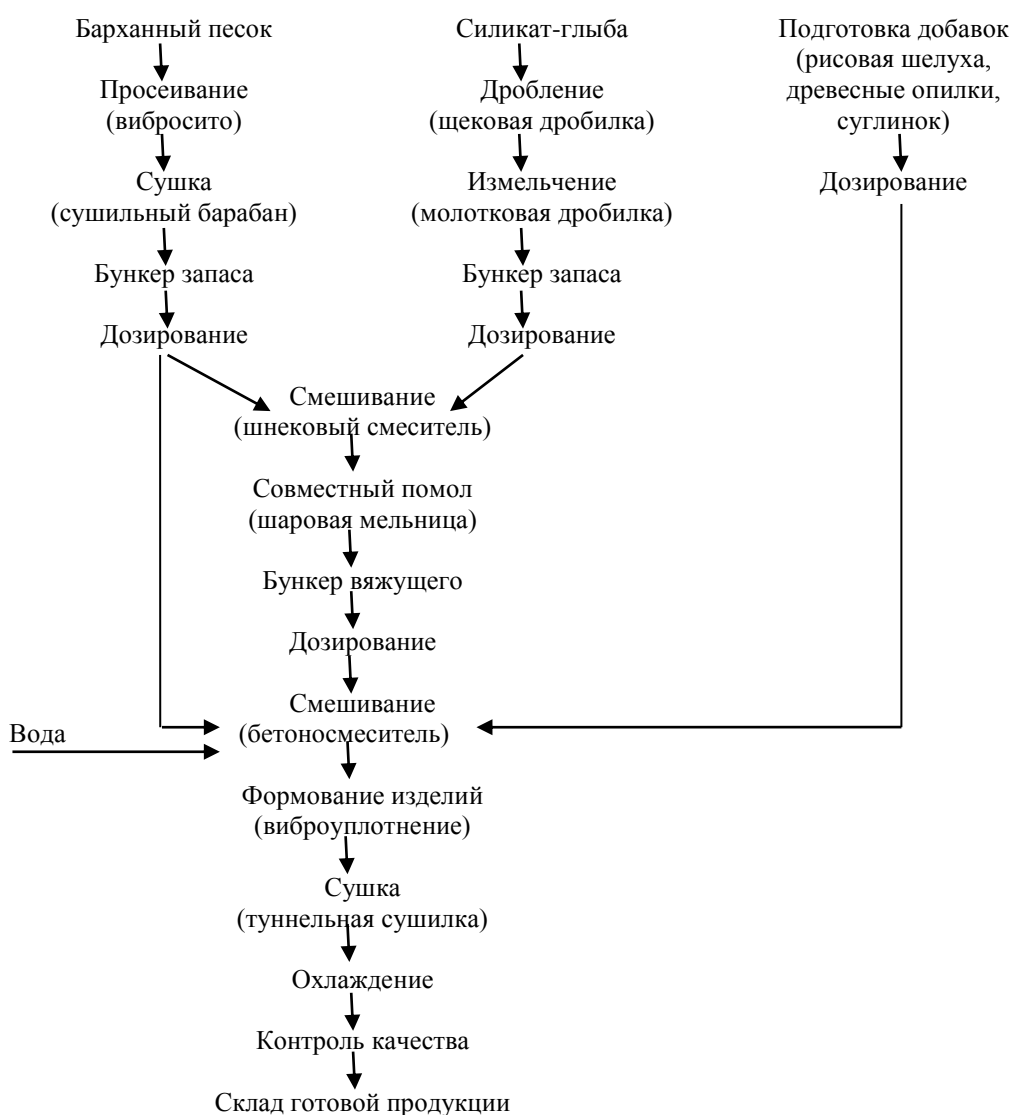


Рис. 1. Технологическая схема производства стеновых изделий



Суглинок, применяемый в качестве добавки пропускается через камневыделительные вальцы и подвергается тонкому измельчению на бегунах. Измельченный суглинок направляется в бункер дозатора.

При использовании в качестве добавок рисовой шелухи и древесных опилок, последние перед применением замачиваются в воде в течении 1-2 часов, с целью регулирования водопотребности сырьевой смеси. После процеживания они подаются в бункер дозатора.

Приготовленные сырьевые материалы: силикат-натриевое композиционное вяжущее, барханный песок и добавки, после дозирования, согласно данных таблицы 1, подаются в бетоносмеситель. После смешивания и увлажнения сырьевая смесь с влажностью 8-10% укладывается в разъемные металлические формы, установленные на виброплощадке и подвергаются виброуплотнению. Вибрирование при амплитуде 0,5 мм продолжают до тех пор, пока не начнется выделение на поверхности изделий вяжущего «молочка». После этого изделия освобождаются из форм и вместе с нижним поддоном загружаются в сушильные вагонетки.

В таблице 1 приведены оптимальные составы смесей на основе барханных песков и силикат-натриевого композиционного вяжущего СНБП-3 с добавками, а также свойства полученных изделий.

Таблица 1

Оптимальные составы сырьевых смесей и свойства изделий на их основе

Составы смесей, мас. %			Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Коэффициент размягчения
Барханный песок	Вяжущее	Добавка			
66-67	30	Рисовая шелуха 3-4	1820-1850	15-17	0,6-0,68
67-68	30	Древесные опилки 2-3	1700-1750	15-18	0,6-0,65
60-65	30	Суглинок 5-10	1900-1950	18-20	0,5-0,54

Как видно из таблицы средняя плотность изделий находится в пределах 1700-1900 кг/м<sup>3</sup>, что соответствует плотности керамического и силикатного кирпича. По пределу прочности на сжатие изделия соответствуют маркам 150, 175 и 200.

Сушка изделий производится в туннельной сушилке, работающей по принципу противотока. Сушку проводят по режиму аналогичному режиму сушки силикат-натриевого композиционного вяжущего, приведенного выше. Высушенные изделия вместе с вагонетками выгружаются из сушил и охлаждаются на воздухе.

После оценки качества стеновые изделия направляются на хранение или потребителю.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что значения показателей коэффициентов размягчения изделий позволяют рекомендовать их для производства стеновых материалов для возведения стен зданий с последующей гидроизоляционной штукатуркой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сулейменов, Ж.Т. Использование отходов и местного сырья для получения стекловяжущего [Текст] / Ж.Т. Сулейменов, М.Т. Жугинисов, Г.М. Баялиева // Комплексное использование минерального сырья. – 2000. – № 5-6. – С.82-84.

*Материал поступил в редакцию 25.09.18.*

**Г.М. Баялиева, А.Д. Алтынбекова**

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

### **БАРХАН ҚҰМЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ҚАБЫРҒА БҰЙЫМДАРЫН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

Силикат-натрий композиттік байланыстырғышты қолданып, бархан құмына негізделген қабырғалы өнімдердің технологиясы ұсынылған. Қабырғалық өнімдер өндірісінің технологиялық схемасы берілген.

**Түйін сөздер:** силикатты-натрий композиттік байланыстырғыш, барханды құм, біріктіргіш, толықтырғыш, кептіру.

**G.M. Bayaliev, A.D. Altynbekova**

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

### **THE TECHNOLOGY OF PRODUCING BUILDING PRODUCTS ON THE BASIS OF THE BARCHAN SANDS**

The technology is presented of wall products on the basis of the barchan sand with the use of silicate-sodium composite binder. The technological scheme of production of wall products is given.

**Keywords:** silicate-sodium composite binders, barchan sand, binders, filler, drying.

УДК 661.68:666.9:974:666.68

**Г.М. Баялиева<sup>1</sup>, А.Д. Алтынбекова<sup>2</sup>**

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

*Таразский государственный университет им.М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан  
Электронная почта: <sup>1</sup>bayali@bk.ru, <sup>2</sup>kleo-14@mail.ru*

### **БЕЗОБЖИГОВЫЕ СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ**

В статье рассматриваются технологический процесс изготовления жаростойких бетонов. В качестве мелкого заполнителя используется барханный песок. Приведена технологическая схема производства жаростойкого бетона на основе барханного песка. Представлены основные операции по изготовлению изделий из жаростойкого бетона, включающие приготовление вяжущего, подготовка

заполнителя, приготовление бетонной смеси, формование изделий, тепловая обработка изделий. Изготовлены образцы облицовочных изделий из жаростойкого бетона, полученного на силикат-натриевом композиционном вяжущем и заполнителе на основе барханного песка.

**Ключевые слова:** силикат-натриевые композиционные вяжущие, барханный песок, вяжущие, жаростойкий бетон, заполнитель, сушка.

Жидкое натриевое стекло широко используется для получения жаростойких и высокопрочных бетонов и композиций [1]. В последние годы в технической литературе все чаще появляются сведения об использовании твердого силиката натрия для получения различных строительных материалов, в частности, жаростойких бетонов [2-4]. Технология жаростойкого бетона заключается в получении композиционного вяжущего путем совместного помола силикат-глыбы с такими огнеупорными материалами как шамот, мел, корунд, динас, кварцит и др. В качестве заполнителей используются те же огнеупорные материалы определенного фракционного состава.

Использование барханного песка Асинского месторождения для получения силикат-натриевого композиционного вяжущего открывает возможность разработки технологии жаростойкого бетона.

При проектировании состава жаростойкого бетона необходимо применять близкие по своей природе и химическому составу сырьевые материалы [2]. Это объясняется тем, что в условиях высоких температур в жаростойком бетоне протекают физико-химические процессы, связанные с дегидратацией вяжущего и образованием новых химических соединений, полиморфными превращениями или жидкостным спеканием, которые сопровождаются уменьшением или увеличением объемов новообразований. Поэтому использование барханного песка в качестве заполнителя при изготовлении жаростойкого бетона будет способствовать снижению напряжений и появлению микротрещин в конгломерате при термическом воздействии.

Производство жаростойких бетонов состоит из следующих основных технологических процессов:

- приготовление силикат-натриевого композиционного вяжущего;
- приготовление бетонной смеси и формование изделий;
- сушка изделий.

Силикат-глыба хранится на складе в виде кусков размерами от 5 до 20 см. Для дробления на более мелкие куски силикат-глыба с помощью грейферного крана подается в щековую дробилку С-644, где она дробится на кусочки размерами 10-50 мм.

Для более тонкого измельчения силикат-глыба поступает в конусную дробилку КСД-600Б, где измельчается до размеров кусочков 1-3 мм. Затем скиповым подъемником подается в бункер запаса.

Барханный песок со склада сырья ленточным транспортером ТК-11А подается для просеивания в грохот С-388. После просеивания песок подается с помощью ленточного транспортера в сушильный барабан СМЦ-1013, где высушивается до остаточной влажности 0,5-1%. Высушенный песок скиповым подъемником подается в бункер запаса.

С бункеров запаса барханный песок и силикат-глыба дозируются в соотношении 90(80):10(20), с помощью дозатора типа С-864 подаются в винтовой конвейер (шнек). В шнековом конвейере происходит

перемешивание барханного песка и силикат-глыбы, и затем подача смеси в шаровую мельницу типа СМ-6004 (1,5×5,6 м).

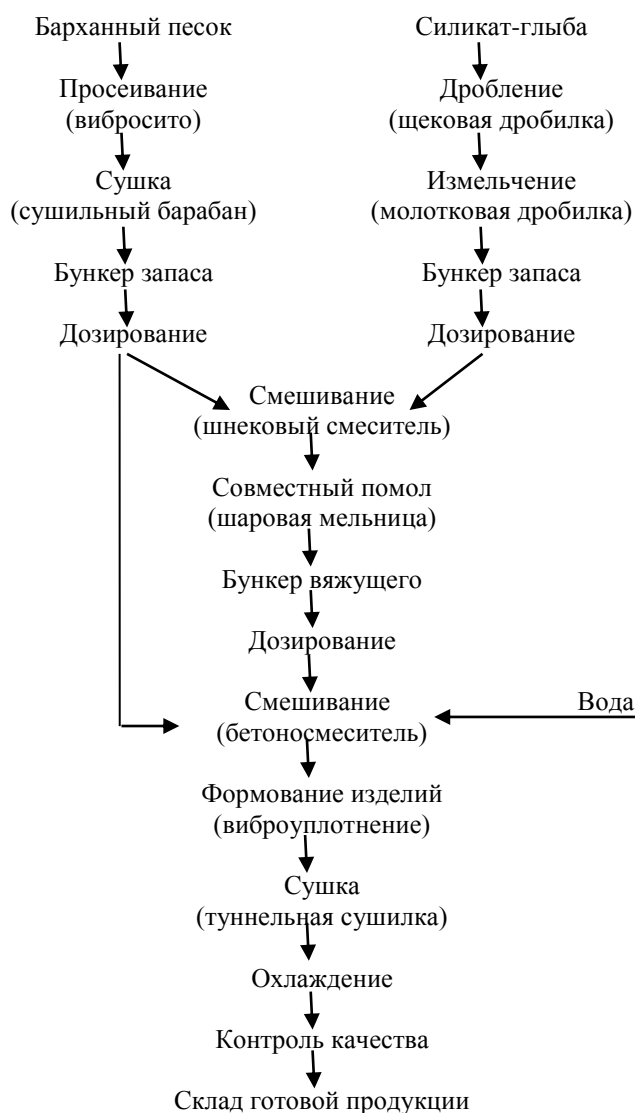


Рис. 1. Технологическая схема производства жаростойкого бетона на основе барханного песка

В шаровой мельнице происходит совместный помол барханного песка и силикат-глыбы до удельной поверхности  $2500-3000 \text{ см}^2/\text{г}$  (до полного прохождения через сито 0,1). Полученное таким образом силикат-натриевое композиционное вяжущее выгружается из шаровой мельницы и с помощью ковшового элеватора и подается в бункер для хранения.

Для приготовления жаростойкого бетона просеянный и высушенный барханный песок и силикат-натриевое композиционное вяжущее дозируются с помощью дозаторов типа С-864 в соотношении 90(80):10(20) [5]. После дозирования сырьевые компоненты направляются в лопастной двухвальный смеситель СМ-126.

Первым в смеситель подается барханный песок и затем вяжущее. После перемешивания в сухом состоянии в течении пяти минут в смеситель поступает вода, которая дозируется с помощью дозатора порционного действия АДЖ-425/1200. Смесь увлажняется до формовочной влажности 8-10 % и тщательно перемешивается до получения однородной массы.

Готовая смесь выгружается в бетонораздатчик, который с помощью мостового крана переносится на пост формовки изделий. Здесь бетонная смесь равномерно распределяется по формам, установленных на виброплощадке марки СМЖ-290. Формы изготавливаются из стали, размеры которых соответствуют размерам изделий с учетом усадки изделий при сушке.

Вибрирование изделий осуществляется с амплитудой 0,5 мм до появления на их поверхности вяжущего «молочка».

После формования изделия освобождаются от форм и с нижним поддоном укладываются на сушильные вагонетки и направляются в туннельную сушилку.

Сушка изделий проводится по двухступенчатому режиму, который аналогичен режиму сушки, способствующего твердению силикат-натриевого композиционного вяжущего [6].

После сушки вагонетки с изделиями выгружаются из сушилки и охлаждаются на воздухе. Проверка качества проводится согласно требованиям технических условий на изделия.

Прошедшие контроль качества изделия направляются на склад готовой продукции.

На рисунке 2 показаны образцы облицовочных изделий из жаростойкого бетона, полученного на силикат-натриевом композиционном вяжущем и заполнителе на основе барханного песка.

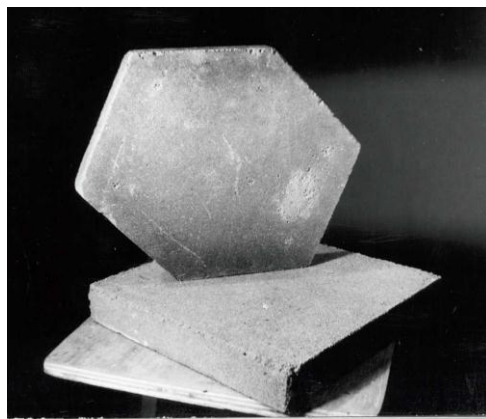


Рис. 2. Облицовочные плиты, изготовленные из жаростойкого бетона на основе барханного песка

Таким образом, установлена возможность получения жаростойкого бетона на основе барханного песка Асинского месторождения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганник, Н.И. Жаростойкие бетоны на основе жидкого стекла [Текст] / Н.И. Ганник. Автореф. канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1990. – 17 с.

2. Горлов, Ю.П. Жаростойкие бетоны на основе композиций из природных техногенных стекол [Текст] / Ю.П. Горлов, Б.Д. Тотурбиев, А.П. Меркин, М.И. Зейфман. – М., 1966. – 143 с.
3. Рыбалкин, В.П. Безобжиговый жаростойкий кремнеземистый бетон на силикат-натриевом композиционном вяжущем [Текст] / В.П. Рыбалкин. Автореф. канд. техн. наук: 20.05.87. – М.: МИСИ, 1987. – 22 с.
4. Тотурбиев, Б.Д. Строительные материалы на основе силикат-натриевых композиций [Текст] / Б.Д. Тотурбиев. – М., 1998. – 204 с.
5. Сулейменов, Ж.Т. Получение стекловяжущего и изделий на основе барханного песка [Текст] / Ж.Т. Сулейменов, М.Т. Жугинисов, Г.М. Баялиева // Наука и образование Южного Казахстана. Сер.: экология - 2000. – №11(18). - С.87-89.
6. Тотурбиев, Б.Д. Силикат-натриевые композиции для жаростойких бетонов [Текст] / Б.Д. Тотурбиев // Бетон и железобетон. – 1985. – №10. – С.125-126.

*Материал поступил в редакцию 25.09.18.*

**Г.М. Баялиева, А.Д. Алтынбекова**

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

### **КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ БІРІКТІРГІШТЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ЖАНБАЙТЫН ҚАБЫРҒА МАТЕРИАЛДАРЫ**

Мақалада ыстыққа төзімді бетонның технологиялық процесі қарастырылады. Бархан құмы шағын агрегат ретінде қолданылады. Бархан құмының негізіндегі ыстыққа төзімді бетон өндірісінің технологиялық схемасы келтірілген. Бактерияларды дайындауды, агрегатты дайындауды, бетон қоспасын дайындауды, бұйымдарды құюды, бұйымдарды жылумен өңдеуді қоса алғанда, ыстыққа төзімді бетоннан жасалған өнімдерді өндіру бойынша негізгі операциялар ұсынылды. Силикат-натрий композиттік байланыстырушы және герхандық құм негізінде агрегатта алынған, жылуға төзімді бетоннан жасалған бұйымдар үлгілері жасалды.

**Түйін сөздер:** силикатты-натрий композиттік байланыстырғыш, барханды құм, біріктіргіш, ыстыққа төзімді бетон, толықтырғыш, кептіру.

**G.M. Bayaliev, A.D. Altynbekova**

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

### **NON-FIRED BUILDING MATERIALS ON THE BASIS OF COMPOSITE BINDERS**

The article deals with the technological process of manufacturing heat-resistant concrete. Barchan sand is used as a fine aggregate. The technological scheme of production of heat-resistant concrete on the basis of barchan sand is given. The basic operations for the manufacture of heat-resistant concrete products, including the preparation of a binder, preparation of aggregate, preparation of concrete mix, molding products, heat treatment of products. Samples of facing

products from heat-resistant concrete obtained on a silicate-sodium composite binder and a filler on the basis of barchan sand are made.

**Keywords:** silicate-sodium composite binders, velvet sand, binders, heat-resistant concrete, aggregate, drying.

## Технологии в сфере энергетики

УДК 621.311.22

**А.Д. Мехтиев<sup>1</sup>, В.В. Югай<sup>2</sup>, Н.Б. Калиаскаров<sup>3</sup>, У.С. Есенжолов<sup>4</sup>,  
А.Д. Алькина<sup>4</sup>, А.В. Федорова<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>2</sup>PhD, доцент, <sup>3</sup>Магистр техн. наук, преподаватель,  
<sup>4</sup>Магистр техн. наук, ст. преподаватель, <sup>5</sup>Магистрант  
Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, Республика Казахстан

Электронная почта: <sup>1</sup>barton.kz@mail.ru, <sup>2</sup>slawa\_v@mail.ru, <sup>3</sup>90nurbol@mail.ru,  
<sup>4</sup>newneil@mail.ru, <sup>4</sup>alika\_1308@mail.ru, <sup>5</sup>fedorova\_sasha\_97@mail.ru

### **ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЧЕРЕЗ ВНЕДРЕНИЕ МНОГОТОПЛИВНЫХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ СВЕРХ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

Одним из решений проблемы эффективного электроснабжения сельских потребителей может быть внедрение микротепловых электростанций. Их использование позволит снизить стоимость электроэнергии и обеспечить ее бесперебойную поставку. Основой микротепловой электростанции является двигатель с внешним подводом теплоты, работающий по принципу Стирлинга. Выполнен анализ уровня современных достижений в области микроэлектростанций. Установлено направление развития научных исследований по разработке двигателя с внешним подводом тепла.

**Ключевые слова:** тепловая электростанция, двигатель Стирлинга, когенерация, электрическая энергии, тепловая энергия, комплексное производство, электроснабжение, теплоснабжение, альтернативная энергетика, тепловой двигатель

Сегодня сформировалась проблема энергообеспечения удаленных потребителей сельской местности, когда транспортировка к ним электроэнергии сопровождается значительными потерями, а также необходимость взаимодействия с частными компаниями, имеющими в собственности сельские линии и трансформаторные подстанции. Значительная разница в стоимости электроэнергии для городского и сельского жителя сложилась не в пользу последнего. Высокая стоимость энергии приводит к значительным затратам при производстве сельхоз продукции и делает ее дорогой, то есть снижается ее конкурентоспособность. По всем областям Казахстана наблюдается ежегодный рост тарифов, не только на электрическую энергию, но и на тепловую. Порядка 300 малых сельских населенных пунктов вообще не имеют централизованного энергообеспечения. Для построения системы собственного автономного электроснабжения современная промышленность может предложить, помимо



бензиновых и дизельных электрических генераторов, электростанции, основой которых является двигатель с внешним подводом тепла работающий по циклу Стирлинга [1]. Имеются зарубежные разработки МТЭС использующие двигатели с внешним подводом теплоты, с экономическими показателями и техническими характеристиками, превосходящими двигатели внутреннего сгорания (ДВС) и газотурбинные установки (ГУ). В прошлом веке разработаны множество модификаций двигателя с внешним подводом теплоты работающий по циклу Стирлинга с участием зарубежных фирм Philips, STM Inc., Daimier Benz, Solo, United Stirling, выпущены серийные образцы, которые эксплуатировались на транспорте, быту и сельском хозяйстве.

Двигатель с внешним подводом теплоты был изобретен пастором Стирлингом в 1816 году (в 1817 году запатентован), этот металлоёмкий двигатель весил больше тонны и развивал мощность около 1 кВт, его реальный КПД составлял 4%, так как был не герметичен и не имел эффективного регенератора. Его основными достоинствами были простота и безопасность, в отличии от паровой машины. Позднее Стирлинг запатентовал двигатель с закрытым циклом и предложил использовать регенератор, некий аккумулятор тепла, который накапливал и отдавал рабочему телу тепловую энергию при различных частях термодинамического цикла. Модернизация позволила уменьшить вес и добиться КПД в 10%. Начался бум развития двигателя Стирлинга и до конца 20-го века были разработаны десятки различных модификаций, которые были поставлены в основном в колонии (США) и некоторые из которых работают и по сей день. До конца 20-го века были изготовлены порядка 1 тысячи машин, которые были поставлены в основном в колонии (США) и некоторые из которых работают и по сей день. Их вес стал меньше, а КПД поднялось до 10%. Но машина Стирлинга была вытеснена с рынка вначале паровой машиной, затем паровой турбиной, и двигателями внутреннего сгорания, двигателем Дизеля. Новые машины за счет повышенного давления в рабочей полости (в цилиндрах и камерах) имели лучше показатель «вес/габарит/мощность». С развитием ДВС и электромоторов в начале 20 века к нему полностью пропал интерес и снова проснулся у инженеров в 50-60 годах прошлого века, его разработки продолжают по сей день. Особенных успехов добилась фирма Philips производившая компактные электрогенераторы на основе двигателя с внешним подводом теплоты работающий по циклу Стирлинга с КПД около 40 %, что пока не достижимо для современного ДВС [2].

Сегодня рынок в основном занимают МТЭС производства Германии, Японии, Великобритании, работающих исключительно на газе и способных производить как тепловую, так и электрическую энергию. Например, МТЭС производства Германии, VISSMANN-VITOTWIN 300-W, примерной стоимостью 11 тысяч евро. Она работает на природном газе и позволяет получать на 1 кВт электрической 6 кВт тепловой энергии. Примерно ту же продукцию предлагают компании Ecorpower, WhisperGen, Microgen, Lion-Powerblock, EcoGen и др. Представлены все диапазоны электрической мощности: 1-2,5 кВт; 3-7,5 кВт; 8-14,5 кВт; 15-20 кВт; 20,5-50 кВт, необходимые для небольших потребителей. Их электрический КПД на уровне 15...20%, комплексного производства энергии 70-80% Данные установки имеют технологическую сложность, высокую первоначальную стоимость, а их эксплуатация несет значительные расходы, так как требуется наличие оригинальных запчастей и высококвалифицированного персонала

для выполнения ремонта. Еще одним минусом данной продукции является не способность работать на низкокалорийном топливе, так как они спроектированы для сжигания природного газа или дизельного топлива. В интернете продаются МТЭС производства компании Whisper Tech стоимостью более 5 млн. тенге для системы отопления дома с ДС мощностью 1 кВт, работающая только на природном газе, что делает ее не доступной для сельских потребителей. На внутреннем рынке Японии поставляется модульная микро-когенерационная установка фирмы Honda электрической мощностью 1 кВт и тепловой 3,25 кВт, оснащенная четырех цилиндровым двигателем ДВС. Проект был отмечен призом немецкого Общества эффективного и экологически чистого Использования Энергии (ASUE).

Для дома на сегодняшний день различные компании предлагают МТЭС на биотопливе различных модификаций. Например, Российская компания MW Power предлагает МТЭС мощностью 3 тысяч кВт·ч электроэнергии и 20 тысяч кВт тепла, работавшей на биотопливе, но данный вариант не всегда пригоден для реализации в Республике Казахстан, так как нет в достаточном количестве опилок и отходов древесины, для работы МТЭС. Во-вторых, это большая мощность для небольшого фермерского хозяйства и высокая первоначальная стоимость.

Главной задачей является создание альтернативной автономной энергетической установки когенерационного типа способной на месте вырабатывать электрическую и тепловую энергию в комплексе, без потерь, связанных с ее транспортировкой. Задача сводится к тому, чтобы она была способна функционировать на местном низкокалорийном топливе. Необходимо полностью исключить использование дизельного топлива, угля, мазута и другого привозного топлива, которое не позволяет добиться низкой стоимости произведенной энергии. Во-вторых, немаловажную роль играет отопление жилых и производственных помещений, используя возможности когерерами, можно преобразовать тепловые потери в тепловую энергию. Комплексное производство электрической энергии на месте ее потребления в том объеме, которое нужно потребителю, сделает весьма рентабельным использование микротепловой электростанции на селе. В отличии от типовой котельной, микротепловая электростанция МТЭС производит не только тепловую энергию, но и электрическую, что позволяет сделать сельского потребителя независимым, а также даст ему возможность уйти от проблемы постоянного роста тарифов и перебоев в электроснабжении. При этом КПД может достигать более 80%, например, расчетный КПД тепловой угольной электростанции (КЭС) составляет около 30-34%, а при наличии теплоцентрали (ТЭЦ) – до 80%, но если учитывать потери при транспортировке, то реальный КПД ТЭЦ меньший. Соответственно МТЭС может эффективно работать по энергообеспечению объекта с небольшой потребляемой мощностью от 1 до 100 кВт, без транспортных потерь и функционируя на доступном в регионе топливе, в том числе сжигая низкокалорийные отходы, полученные при производстве сельскохозяйственной продукции, например, древесные отходы, бытовые, отходы мясо/рыбо/птицефабрик и аналогичных пищевых производств, биогаз от животноводческих и солома от растениеводческих комплексов. Снижение стоимости энергии позволит снизить себестоимость производства и дать развитие агропромышленному комплексу. Должны быть досконально учтены все местные особенности. Возможно использование МТЭС на угле или

других древесных горючих материалах, добываемых буквально своими руками.

Данная работа выполняется в рамках государственного гранта №AP05131751 «Микро тепловая электростанция когерационного типа с рекуперацией тепла», планируется в течении к 2020 году произвести опытный образец и провести его полно масштабные испытания в сельской местности.

Преимущества использования в сельской местности когенерационных МТЭС с двигателями внешнего сгорания на местном топливе в регионах Республики Казахстан:

- независимость от цены на углеводородное топливо, а также отказ от затрат на его хранение и транспортировку;
- многотопливность и использование доступного топлива для данной местности, а также перспектива создания предприятий по его переработке;
- отказ от прокладки электрических линий и затрат, связанных с их обслуживанием;
- стоимость 1 кВт/ч производимой электроэнергии с помощью когенерационной установки будет составлять от 3 до 5 тенге, что в 2-3 раза дешевле существующих тарифов;
- примерно в 2 раза увеличивается ресурс преобразователя прямого цикла когенерационной установки, по сравнению с ДВС;
- при сгорании топлива содержание СО в отработанных газах в 3 раза ниже, чем у ДВС и значительно ниже содержание NO и СН, что соответствует самым жестким мировым экологическим стандартам;
- срок окупаемости когенерационных установок 2-3 года.

Были проведены испытания трех образцов двигателей с внешним подводом теплоты работающими по циклу Стирлинга «Гамма» и «Бета» типа, с регенераторами и без, с рабочим давлением около 0,1 МПа, в качестве рабочего тела использовался воздух [3-6]. С помощью данных моделей провели первоначальную отработку и произвели замеры механической мощности и КПД. Вторым этапом была усовершенствование конструкции на основе двигателя Стирлинга «Альфа» типа [9], проведенные исследования показали перспективность его использования в качестве силового агрегата, но дальнейшая доработка модели двигателя «Бета» типа, тоже создает перспективу ее применения для привода МТЭС мощностью 1 кВт. В настоящий момент проводится работа по изготовлению отдельных узлов, в том числе регенератора, трубчатого теплообменник и уплотнений. От них будет зависеть КПД и габариты двигателя.

Анализ проведенных лабораторных испытания различных моделей двигателя с внешним подводом теплоты, работающий по циклу Стирлинга, позволяет утверждать о ряде существенных недостатков, которые нам придётся преодолевать при изготовлении опытного образца МТЭС. Во-первых, тепловая энергия подводится к рабочему телу через стенки цилиндра и процесс ее передачи зависит от теплопроводности стенки, которые имеют ограниченную теплопроводность, что влияет на реальный КПД двигателя. Проведённые эксперименты показали, что горячая часть цилиндра, где нагревается рабочее тело, работает в очень напряжённых условиях теплопередачи в условиях воздействия высокого давления, поэтому требуется жаропрочный высококачественных и дорогостоящий материал. При увеличении площади теплообменника (горячей части цилиндра) увеличивается потери тепловой энергии, что снижает КПД двигателя в

целом. Для получения характеристик, массогабаритных и показателей КПД в сравнении ДВС необходимо применять в качестве рабочего тела азот, гелий или водород с давления от 10 до 20 МПа. При использовании воздуха в качестве рабочего тела с давлением близкого к атмосферному КПД составляет около 5-6 %, а тои меньше, в таком варианте двигатель развивающий мощность 500 Вт может весить 400 кг, если в 19 века это было нормально и его изготавливали из чугуна, то сегодня, значительная металлоемкость делает невозможность его конкуренции с ДВС. Удельная масса желательна от 3 до 3,5 кг/кВт, а небольшом давлении двигатель даст удельную массу - от 6 до 10 кг/кВт и более, так что важным мотетом является достижения давления в 10 МПа. На основании проведенных экспериментов с повышением давления воздуха внутри цилиндра до 1 МПа, в будущем будем создавать модель, работающую на давлении не ниже 10 МПа, для достижения наилучших массогабаритных размеров и КПД. Во-вторых, серьезным недостатком является использование уплотнений, работающих без смазки, без которых невозможно достичь КПД 20-30% (Philips достигали 40% КПД), при их повреждении мощность двигателя сильно падает или он вообще перестает работать. В-третьих, металлоемкость увеличивается за счет системы охлаждения с массивными радиаторами, которая должна в 2 раза быть эффективнее чем у ДВС, а наличие сложных по конструкции теплообменников в горячей и холодной полости и регенератора тоже увеличивают общие размеры двигателя. Чем эффективнее работает система охлаждения и больше разница в нагреве и охлаждении рабочего тела, тем выше КПД (с криогенным жидким азотом охлаждением теоретический КПД более 90%). В опытах использовались естественную системы охлаждения, принудительный обдув вентилятором и жидкостную систему охлаждения с антифризом и обдуваемым радиатором, последняя дала наилучшие результаты по КПД. Четвертый недостаток, который можно выделить в том, что в отличии от ДВС необходимо использовать другие способы отличные от способов регулирования ДВС, так как невозможно добиться мгновенного отклика при изменении количества вводимой тепловой энергии из-за тепловой инерции нагревателя, регенератора и других частей двигателя. В итоге чтобы достичь значительных преимуществ над ДВС требуется использование высокого давления в сотни атмосфер, высокопрочных и жаропрочных материалов, высокоэффективной системы охлаждения с массивным радиатором, сложного кинематического механизма, что в общем может привести к сильному удорожанию двигателя по сравнению с ДВС.

На основании проведенной научной работы по исследованию различных лабораторных моделей двигателя с внешним подводом теплоты, работающий по циклу Стирлинга, можно выделить ряд преимуществ, по отношению к ДВС. Во-первых, это его так называемая всеядность, любой источник тепловой энергии от древесины до ядерного топлива. Лабораторные модели работали от тепла нагретой воды, пламени свечи и газовой горелки, а также нами опробованы бытовые отходы подверженные горению различные органические топливные смеси из высушенных остатков растений, смешанных с отходами животноводства, причем на последнем мы планируем эксплуатировать МТЭС, что позволяет эксплуатировать ее практически на любом топливе. МТЭС также способна работать на любом угле, опилках и биогазе, конечно от калорийности топлива будет зависеть и объем произведенной энергии. Была опробована технология по сжиганию органики с принудительным нагнетанием воздуха в теплоизолированную камеру

сгорания. В дальнейшем планируем использовать древесный газ, полученный из газогенератора одновременным продуванием смеси воздуха, обогащённого кислородом и воды сквозь слой раскалённого угля. Во-вторых, есть возможность изготовить более простую конструкцию теплового двигателя по сравнению с ДВС, так как в нем нет системы клапанов и газораспределения с валом, система высоковольтного зажигания. Если точно и правильно изготовить двигатель, то он не будет требовать настройки и регулировки в течении всей эксплуатации. При сгорании топливной смеси в цилиндре ДВС происходит взрыв, при скорости взрывной волны 5-7 км/сек, это создает значительные пиковые нагрузки на поршни и механическую часть, сам процесс сопровождается вредными выбросы в атмосферу и шумом, в двигателе нет данных проблем (нет необходимости в использовании глушителя). Предложенный двигатель будет с низким уровнем шума и вредности выбросов. Возможно достижение равномерного горения топлива (полное дожигание с максимальным отбором энергии и минимальными выбросами токсичных компонентов). В – третьих, двигатель будет двух или четырех цилиндровым и при хорошем разогреве будет практически запускаться сам при мощности стартера в трое ниже чем у ДВС. Он не может «заглохнуть» как ДВС, если нагрузка превысит расчетную, но его крутящий момент будет выше и постоянный независимо от оборотов двигателя. Простота конструкции позволит повысить срок его эксплуатации при правильном выборе уплотнений и материала теплообменника позволят пройти ему без ремонта около 20 тыс. часов, что обеспечит его автономность. В – четвертых, меньшее в несколько раз количество деталей, чем у ДВС обеспечат большой моторесурс и минимальный расход масла, делают недорогой его эксплуатацию. Основные результаты отражены в [7,8].

Основой представленной МТЭС мощностью 1 кВт, является двигатель внешнего сгорания, работающий по циклу Стирлинга «Альфа» типа. Для использования его в качестве силового агрегата МТЭС необходимо провести ряд научных исследований для снижения металлоемкости. В конструкции в качестве рабочего тела будет использоваться воздух, это позволит удешевить стоимость двигателя, но с давления около 1 МПа, что обеспечит приемлемый КПД около 25 % и эффективную работу. Подкачку воздуха в цилиндры будет осуществляться при помощи поршневого компрессора. Выбор сделан в пользу скользящих уплотнений из композитных материалов на основе стекловолокна и графита, для герметизации полостей разделения поршня, вытеснителя и их штоков. Планируемая удельная масса - от 3 до 3,5 кг/кВт, что лежит в пределах параметров атмосферного дизельного ДВС. Система охлаждения жидкостная с обдуваемым радиатором и принудительной циркуляцией автомобильного антифриза при помощи насоса. Концепцией в будущем будет производство безопасной и простой машины по конструкции и обслуживанию МТЭС, с большим моторесурсом при минимальном расходе масла и относительно малой стоимостью. Какие-либо нарушения или повреждения ее частей не должны вызывать взрыв и создавать опасные ситуации для обслуживающего персонала.

Основные результаты опытов с натурной моделью двигателя внешнего сгорания, работающий по циклу Стирлинга типа «Альфа» приведены на рисунке 1.

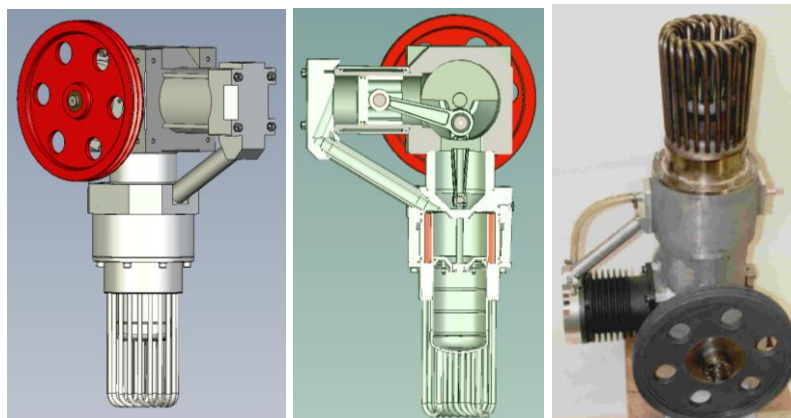


Рис. 1. 3D модель и натурный образец двигателя внешнего сгорания, работающий по циклу Стирлинга «Альфа» типа

На рисунках 2 и 3 представлены графики зависимости мощности от числа оборотов коленчатого вала при различных значениях давления.

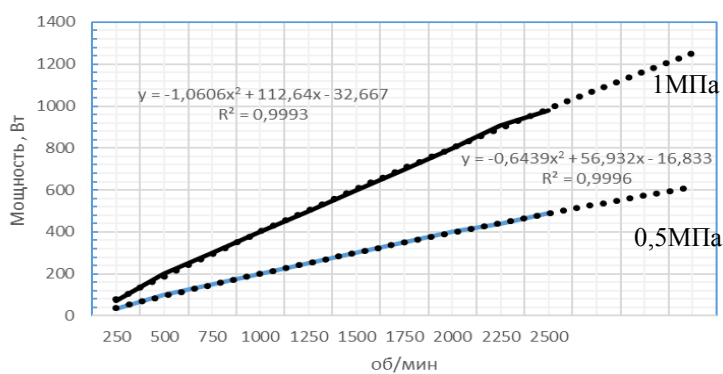


Рис. 2. Зависимость развиваемой механической мощности от числа оборотов вала при различных значения давления 1 МПа и 0,5 МПа

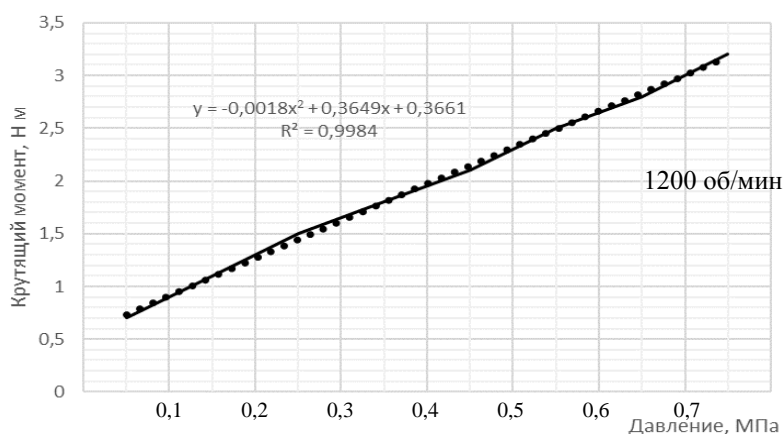


Рис. 3. Зависимость крутящего момента от давления в цилиндрах при различных значениях частоты вращения коленчатого вала

Крутящий момент данного двигателя мало зависит от оборотов двигателя, но начинает уменьшаться на частоте вращения коленчатого вала более 1000 об/мин, поэтому будем использовать тихоходный электрический генератор на постоянных магнитах.

Давление в цилиндрах двигателя имеет важное значение, так как напрямую влияет на КПД и крутящий момент. Повышение давления в цилиндрах влияет на газодинамические и термодинамические параметры рабочего тела с его ростом эффективность двигателя повышается, но возрастают нагрузки на уплотнения. Для достижения приемлемых массогабаритных размеров необходимо поддерживать давление в цилиндрах не менее 10 МПа, что в первую очередь требует отработки конструкции уплотнений способных эффективно работать при температуре более 100<sup>0</sup> С в течении 3000-5000 часов, без замены. Проведенные предварительные эксперименты показали, что скользящие уплотнения из стекловолокна с добавлением графита более эффективны, чем кольцевые уплотнения из легированного чугуна с графитом и стали У8А с термической обработкой, так как они вызывают большие механические потери. Два кольцевых уплотнения снизили мощность нашего двигателя в пределах 300 Вт. На рисунке 4 можно увидеть потерю мощности в процентах в зависимости от числа оборотов двигателя в минуту.

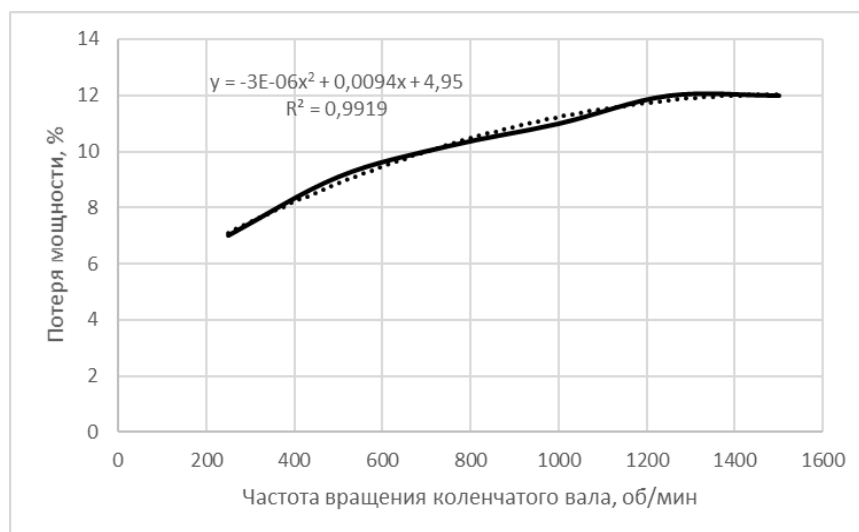


Рис. 4. Потери мощности на трение в зависимости от числа оборотов двигателя

Проведенные предварительные эксперименты с натурной моделью двигателя внешнего сгорания, работающий по циклу Стирлинга типа «Альфа», показали, что данный тип двигателя способен выделять намного больше тепла при своей работе, чем атмосферный дизельный ДВС, поэтому чтобы его хорошо охладить необходим радиатор более чем в 3 раза больший, а это ведет к увеличению массы и габаритов двигателя. Одним из решений по повышению эффективности работы системы охлаждения будет отвод выделенного тепла для отопления помещений.

**Выводы.** В настоящий момент времени в Казахстане широкое применение нашли электростанции на основе ДВС, в том числе для

орошения посевов, так как возобновляемые источники требуют значительных вложений и зависят от погодных условий, но произведенная энергия в среднем более 100 тг за 1 кВт·ч в зависимости от стоимости доставки топлива. На селе сложилась необходимость в доступных источниках энергии способных работать на местном топливе, одним из вариантов может быть использование электростанции с приводом от двигателя внешнего сгорания. Для создания МТЭС мощностью 1 кВт электрической мощности и 5 кВт тепловой, которая будет использоваться для энергообеспечения сельских потребителей республики Казахстан, необходимо провести ряд полномасштабных теоретических и практических экспериментов, основанных на системном подходе, которые планируются провести в течении 2018-2019 года. Исследования позволят получить микро электростанцию способную работать на доступном в регионе топливе, отвечающую всем современным запросам потребителей агропрома с потребляемой мощностью от 1 до 100 кВт. В случае необходимости должна быть возможностью самостоятельно проводить ее ремонт на месте без привлечения сервисных служб, поэтому конструкция должна отличаться простотой, без использования дорогостоящих сплавов. Одна из целей - добиться снижения себестоимости производства энергии и выработки ее на месте потребления без транспортных потерь. Ожидаемый результат проекта достижение 30% эффективности по отношению к лучшим мировым образцам МТЭС, но со стоимостью в пределах 30% своих зарубежных аналогов. Достижение КПД более 26%, при выработке электрической энергии повлечет за собой значительное удорожание МТЭС, что не позволит ей конкурировать с другими источниками энергии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Светлов, В.А. Методика определения параметров теплообмена во внутреннем контуре двигателя Стирлинга [Текст] / В.А. Светлов, С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко, А.В. Сячинов // Материалы международной научно-технической конференции. – М.: Изд. МГТУ, 1997. – С.45-47.
2. Веревкин, М.Г. Метод комплексного теплового и конструкторского расчета термомеханического генератора [Текст] / М.Г. Веревкин // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 2004. – №10. – С.33-37.
3. Мехтиев, А.Д. Мини-ТЭЦ и миниэлектростанции на основе двигателя Стирлинга для энергообеспечения жилых и промышленных объектов [Текст] / А.Д. Мехтиев, В.И. Эйрих, В.В. Югай, Ж.Б. Рахимберлинова, Р.Р. Бузяков // Международный научный журнал «Актуальные проблемы современности». Выпуск 3 (5). – Караганда: Болашақ-Баспа, 2014. – С.94-96.
4. Мехтиев, А.Д. Альтернативный источник энергии на основе двигателя Стирлинга для энергообеспечения жилых и промышленных объектов [Текст] / А.Д. Мехтиев, В.И. Эйрих, О.В. Алдошина, В.В. Югай // 1 Всероссийская научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: теория и практика». – Кемерово: Изд-во КузГТУ, 2014. – С.48-50.
5. Мехтиев, А.Д. Двигатель Стирлинга [Текст] / А.Д. Мехтиев, Ж.Б. Рахимберлинова, К.А. Амирова, Д.З. Кусайнова // Труды международной научной конференции (Сагиновские чтения №6). Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2014. – С.65-68.



6. Мехтиев, А.Д. Микро-ТЭЦ для энергообеспечения удаленных от энергоцентрали объектов [Текст] / А.Д. Мехтиев, Б.Т. Бекбаева, А.Б. Белтаев, А.Ж. Жуматаева, Е.С. Рымханов, А.Ж. Кенжебаев, И.Ж. Маханов, Р.К. Салимов, П.М. Ким // XI международная научно-практическая конференция «Перспективные вопросы мировой науки – 2017». – 2017. – С.17-20.
7. Мини ТЭЦ с линейным генератором тока с рекуператором для утилизации отходов подверженных горению [Текст] / Мехтиев А.Д., Югай В.В. Алькина А.Д. Ким П.М. Алдошина О.В., Мехтиев Р.А., Балапанова Д.Д., Федорова А.В. / Свидетельство о государственной регистрации прав на объект авторского права Республики Казахстан, опубл.23.05.2016. № 0956.
8. Ильин, Р.А. Эффективность использования двигателей Стирлинга в составе газо-газовых теплоэнергетических установок [Текст] / Р.А. Ильин // Вестник АГТУ. – 2008. – №5. – С.46-51.

*Материал поступил в редакцию 13.09.18.*

*Статья подготовлена в рамках грантового финансирования ИРН АР05131751 НТП «Микро тепловая электростанция когерационного типа с рекуперацией тепла». Авторы выражают благодарность руководству Карагандинского государственного технического университета за представленную ЛИП, на базе которой выполнялись все необходимые исследовательские работы.*

**А.Д. Мехтиев, В.В. Югай, Н.Б. Калиаскаров, У.С. Есенжолов,  
А.Д. Алькина, А.В. Федорова**

*Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,  
Қарағанды қаласы, Қазақстан Республикасы*

### **АЗ ҚУАТТЫ КӨП ОТЫНДЫ ЖЫЛУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫН ЕНГІЗУ АРҚЫЛЫ АУЫЛДЫҚ МЕКЕНДЕРДЕ ЭЛЕКТР ҚОРЕКТЕНУ МӘСЕЛЕСІН ТИІМДІ ШЕШУ ЖОЛДАРЫ**

Ауыл тұтынушыларын тиімді электрмен қамтамасыз ету мәселесінің шешімінің бірі микротермальды электр станцияларын енгізу болып табылады. Оларды пайдалану электр энергиясының құнын төмендетуді және үздіксіз электр энергиясын жеткізуді қамтамасыз етеді. Микротермальды электр станциясының негізі түрі – сыртқы жылу беру мүмкіншілігі бар Стирлинг принципі негізінде жасалған қозғалтқыш. Микроэлектростанциялар саласындағы қазіргі жетістіктерге шолу жасалды. Сыртқы жылумен қамтамасыз ететін қозғалтқыштың дамуы жайында ғылыми зерттеулердің негізгі бағыттары анықталды.

**Тірек сөздер:** жылу электр станциясы, Стирлинг қозғалтқышы, когенерация, электр қуаты, жылу энергиясы, интеграцияланған өндіріс, электрмен жабдықтау, жылумен жабдықтау, баламалы энергия, жылу қозғалтқышы

**A.D. Mekhtiev, V.V. Yugaj, N.B. Kaliaskarov, U.S. Esenzholov,  
A.D. Al'kina, A.V. Fedorova**

*Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

**EFFECTIVE WAY TO SOLVE THE PROBLEM OF POWER SUPPLY  
RURAL CUSTOMERS THROUGH THE INTRODUCTION OF MULTI-  
THERMAL POWER OVER LOW POWER**

One of the solutions to the problem of effective electricity supply to rural consumers can be the introduction of microthermal power plants. Their use will reduce the cost of electricity and ensure its uninterrupted supply. The basis of the microthermal power plant is a motor with an external supply of heat, operating on the principle of Stirling. The level of modern achievements in the field of microelectric power stations is analyzed. The direction of the development of scientific research on the development of an engine with external heat supply has been established.

**Keywords:** thermal power station, Stirling engine, cogeneration, electric energy, thermal energy, integrated production, power supply, heat supply, alternative energy, heat engine.

## Информационные технологии

ӨОЖ 621.39-027.31

**А.А. Орманбекова<sup>1</sup>, А. Жеңісбек<sup>2</sup>, А. Мырзатай<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Магистрант, аға оқытушы, <sup>2</sup>Студент

М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., ҚР  
Эл. пошта: ain\_25@mail.ru

### АРАЛАС СЫМСЫЗ ЖЕЛІЛЕРДІ БАСҚАРУ АЛГОРИТМДЕРІ

Мақалада хэндовер жайында жалпы түсінік, IEEE 802.21 стандартының архитектурасы, айқын емес логика құрылғысының құрылымдық схемасы, Фаззи – логика құрылғысында айқын емес айнымалылар, тәуелділіктің үш өлшемді графигі, VHO алгоритмінің блок-схемасы қарастырылған.

**Тірек сөздер:** Wi-Fi, Wi-MAX, UMTS, LTE, хэндовер, байланыс, станция, желі, контроллер.

Хэндовер (ағылш. – handover, handoff) желі ішінде үздіксіз байланыспен жүруге мүмкіндік беретін желідегі басты механизмдердің бірі. Бірдей технологиялармен желіде бастамашылдық ететін хэндовер жүйе ішіндегі немесе горизонтальды деп аталынады, егер де хэндовер әртүрлі технологиялармен желілерде бастамашылық етсе оны жүйе аралық немесе вертикальды деп атау қабылданылған, хэндовердің мұндай түрі аралас желілерде болады.

Егер ағымдағы байланысты жүзеге асыру байланыстың үзілуінсіз болған жағдайда, хэндовер «жұмсақ» деп аталынады. Егер ағымдағы байланыстың жіберу үрдісінде байланыс үзілген болса, ал одан кейін басқа базалық станциямен қайта байланыс ортатылынған кезде бұл хэндовер «қатты» деп аталынады.

Жұмсақ хэндовер бір уақыт мерзімінде екі базалық станциялармен мобильдік құрылғы жалғанған кезде жүзеге асырылады. Егер базалық станциялар әртүрлі соттардың станциялары (Node B) болса, онда байланысты жіберу желі контроллерінің (RNC) арқасында жүзеге асырылады. Егер екі соттар бір базалық станцияға қойылған болса, онда байланысты жіберу базалық станция арқылы жүзеге асырылады. Қабылдағыш суммалау көмегімен бәсеңдеуіш арналардың бірігуін жүзеге асырады және мобильдік құрылғыда орналасады. Бұл әдісті әртүрлі арналардан сигналдарды қабылдауға көмектесетін көптеген қабылдау әдісі ретінде қарастырса болады және ол олардың салмақты коэффициенттерін ескереді, бұл салмақтық коэффициенттердің күшейтушісі әрбір арнада бар, олар сигнал қуатының орташа квадраттық көрсеткішке пропорционалды және осы арнада шуылдық қуат шамасына кері пропорционалды. Сигнал/шуыл қатынасының коэффициенттерінің оңтайлы қосылуы соңғы нәтижесінде максималды. Жұмсақ хэндоверден туындайтын пайдалы әсер коэффициенті тіркелінген қабылдау есебінен болады, бұл көлеңкелі зоналар мен кідірістен жағымсыз нәтижелердің төмендеуіне әсер етеді. Мобильдік құрылғы бір байланыспен

шектелмегендіктен ол нақты желі зонасында сот қиылыспағандықтан да қолжетімділердің ішінен жақсы сотты таңдай алады. бұл дегеніміз қатып қалуға деген қорды есептеу кезінде төмендетсе болады және қажетті  $Eb/NO$  мәні қысқарады.

Хэндовер ұтысы толқындардың таралу ортасына байланысты. Сигналдың қатып қалуы болатын қалада сигналдар арасындағы корреляция азғантай шамасы бар, бұл жағдайда ұтыс өседі. Сигналдар қатып қалудың үлкен көлеміне ұшырамаған ауылдық жерде сигналдар арасында корреляция үлкен сәйкесінше хэндоверден ұтыс азаяды. Ұтыс өзгеретін шама шегі 2-5 дБ құрайды. Әдеттегі ұтыс шамасы бюджетті есептеу үшін 2-3 дБ шамасында өзгереді. Жылдам қатып қалу қоры немесе қуаттылықты басқару.

Қажетті  $Eb/NO$  мәнін қолдау үшін қабылдаушы құрылғының кірісінде қатып қалу кезінде сымсыз желіде қуаттылықты басқару алгоритмі енгізілінеді. Қатып қалу тереңдігі 30 дБ-ге дейін өзгереді. Бұл алгоритм азғантай жылдамдықпен абонент қозғалыс уақытында байланысты жіберуге себепші болады, себебі ол өзінің орналасқан жерін өзгертпейді және терең қатып қалуды компенсацияламайды. Егер абонент сот шекарасында болса, жіберуші құрылғының қуаты максималды, осыған орай қатып қалуда компенсациялау үшін қор қалмайды.

Хэндовер, мобильдік станциямен (ағылш. – mobile - controlled), сонымен қатар желімен бастамашылық ете алады (ағылш. – network-controlled) не болмаса мобильдік станциямен және желімен бірлесе (ағылш. – mobile-assisted) ұйымдастырыла алады.

Сонымен қатар вертикальдық хэндоверді бейнелі түрде бәсеңдеуші және жоғары көтерілуші деп деп бөлсе болады. Бәсеңдеуші хэндоверлер үлкен желіден төмен жылдамдылықпен кішкентай желіге үлкен жылдамдылықпен, ағымдағы байланысты жіберуді жүзеге асырған кезде туындайды. Осы хэндовердің басты артықшылығы желі шегінен тысқары мобильдік станцияның орналасу қауіпі жоқ болғандықтан, кідірістерге қарсы тұруы болып табылады. Мұндай түрдегі хэндовер желіні оңтайландыру мақсатымен жүзеге асырылады. Жоғары көтерілуші хэндоверлердің төмен жылдамдылықпен үлкен желіге үлкен жылдамдылықпен аз желіден ағымдағы байланысты жіберу кезінде орны болады. Осындай түрдегі вертикальды хэндовер қатып қалуларды қабылдағыш келеді және желі шегінен мобильдік станцияның шығып кету ықтималдылығы бар [2].

Хэндоверге қойылатын басты талаптар келесілердей болуы керек: абонентті мөлдір өшіріп-қосуы, минималды кідірістер, сервистің жоғары сапасы, өшіп-қосудың аз мөлшері, желінің жұмысбастылығының қысқаруы. Хэндовер алгоритмі инициация үшін аса сәйкес келетін мезетті және бар желілердің арасында сәйкес радиоқолжетімділікті таңдауы керек.

Вертикальды хэндовердің үш кезеңдері бар: бар желілер жайында ақпаратты саралау, аса сәйкес желіні таңдау, абоненттерді ауыстыру.

Желілері бар ақпаратты саралау кезеңінде мобильдік станция жіберуші кеңістікті тыңдау көмегімен қолжетімді желілерді сканерлейді, соның салдарынан қолжетімді желілерден қызметтік сілтемелерді алады. сонымен қатар хэндовер іс-шарасын жүзеге асыру үшін қажетті мобильдік құрылғы жайында ақпаратты жинақтайды.

Вертикальдық хэндовер алгоритмін бастамашы ету үшін негізгі параметрлер келесідей болуы мүмкін:

- қолданушы жайында ақпарат (қалауы, бюджет, профилі);

- ұялы байланыс құрылғысының қағидалары (тұтынушы қуат, аккумулятор заряды, қолдаушы технологиялар, жылжу жылдамдылығы, орналасқан жері);
- қосымшалармен сұралынатын параметрлер (QoS қосымшаның талаптары);
- желілік параметрлер (қауіпсіздік, QoS, жүктемелігі, қызмет көрсету құны);
- радио арнасының параметрлері (сигнал-шуыл қатынасы, сигнал қуаттылығы, мәліметтер блогының қатесі немесе биттік шаманың қателері, кідіріс).

Абонентті өшіріп-қосу кезеңінде не болмаса хэндовер үрдісін ұйымдастыруда бар желілердің қайсысынан және хэндоверді қандай уақыт аралығында жүзеге асыру қажет екендігін анықтау қажет. Осы іс-шараның нәтижесінен ұсынылатын қызметтер сапасына байланысты болғандықтан, бұл іс-шара аса маңызды болып табылады. Сонымен қатар ол кіріс параметрлерін таңдауды ескереді, оның көмегімен ол өңдеуді жүргізеді және аса сәйкес келетін желіні таңдау қағидасында интеграциялайды.

Хэндоверді инициациялау кезеңінде алдыңғы кезеңде аса сәйкес келетін, байланыс сеансын желіге жіберу жүреді. Бұл іс-шара маршрутизацияның мәліметтерін және басқа желімен жаңадан қосылуы жайында ақпаратты талап етеді. Желілер арасында өшіріп-қосуды ұйымдастыру үшін қабылдап-таратушы құрылғыға мобильдік құрылғы әсер етеді және де мобильдік құрылғы MIP, SCTP (Stream Control Transmission Protocol), SIP (Session Initiation Protocol) хаттамаларын қолдауы керек. Бұл хаттамалар жұмсақ хэндоверді инициациялау үшін қажет.

Осы тақырып бойынша зерттеулердің көп мөлшері IEEE институтының мүшелерімен жүзеге асырылады. Зерттеу нәтижесі 2008 жылы қабылданған 802.21 қабылданған стандарт болды. ақпаратты (Media Independent Handover) жіберу кеңістігіне тәуелсіз бағынышсыз хэндовер, бұл жасалудың басты мақсаты аралас желілерде орны болатын байланысты жіберуді реттеу болып табылады.

802.21 стандартының құзырында үш қызметтер бар: командалық қызмет, ақпараттық қызмет және уақиға қызметі. Бұл қызметтер MINF – Media Independent Handover Function хаттамасына сәйкес қолданбалы деңгейге OSI иерархиялық үлгісінің физикалық деңгейінен ақпаратты жіберуді жүзеге асырады. Бұл хаттама арналық және желілік деңгейлер арасында иерархиялық үлгіде орналасады. Сондықтанда қолданбалы деңгей үлгісінің қосымшасының жұмысы төменгі (802.11, 3GPP2, 802.16, 3GPP, 802.3) деңгейдегі стандарттардың барлығы үшін түсінікті болады. 1-суретте IEEE 802.21 стандартының архитектурасы көрсетілген.

Вертикальды хэндовер алгоритмінде қолданылатын кіріс мәліметтері есептегіш және математикалық болуы мүмкін. Математикалық алгоритмде өңдеу функция түрінде белгіленетін және минималды мәнді қабылдайтын желіні бағалаудың жалпы құны арқылы қалыптасады. Бұл алгоритм екі түрде ұсынылады:

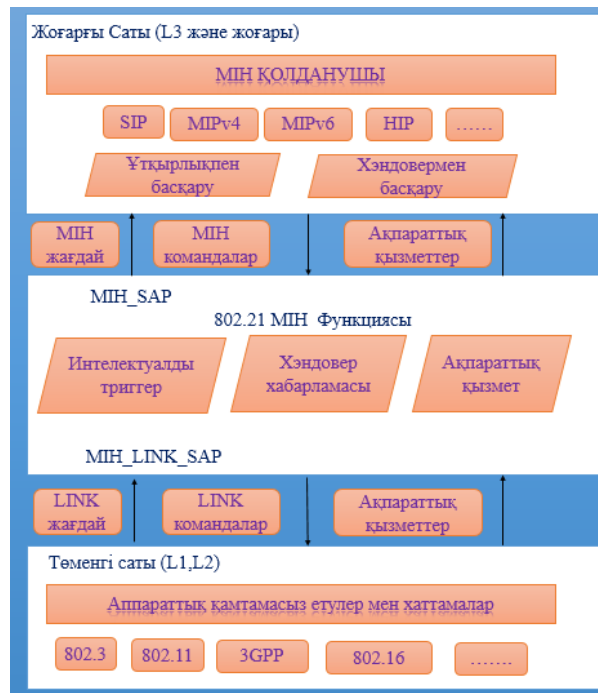
– суммарлық:

$$f_n = \sum_s \sum_i w_{s,i} \cdot p_{n,s,i} \rightarrow \min$$

– өсуші:

$$f_n = \prod_{i,s} p_{n,s,i}^{w_{s,i}} \rightarrow \min$$

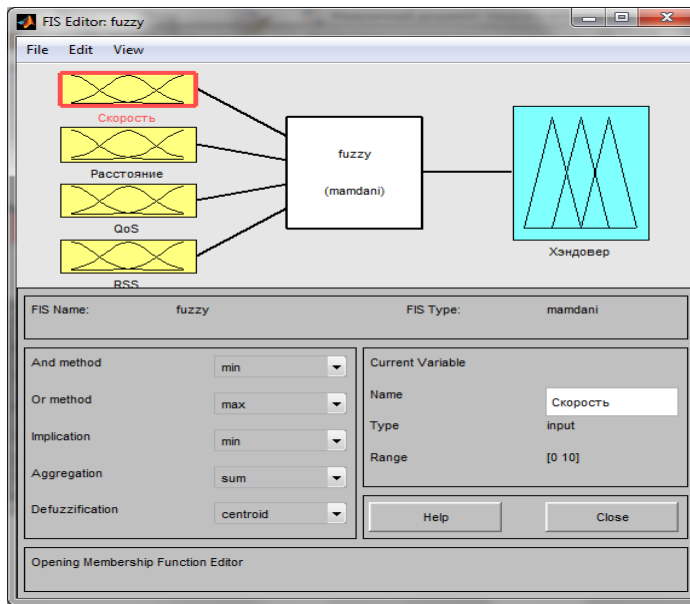
мұнда  $p_n$  –  $n$  желісінде  $s$  ұсынылатын қызметтің  $i$ -кіріс параметрінің салмағы болып табылады;  $w_{s,i}$  – бұл өлшеу коэффициенті, ол  $\sum w_i=1$  кіріс параметрінің  $i$ -артықшылығын анықтайды. Артықшылық түрлі параметрлерді теңестіру үшін аналған сол немесе басқа параметрдің пайдалы принципін қойылады.



Сурет 1. IEEE 802.21 стандартының архитектурасы

Математикалық әдіс, байланысты жіберу шешімін жүзеге асыру үшін марковтік үрдістерінде базаланылады. Бұл әдісте екі функциялар қолданылады – QoS параметрлерінде базаланылатын арна құны және сигналдық функция, хэндовер кідірісін жәнессигнал басының өлшемін анықтайды.

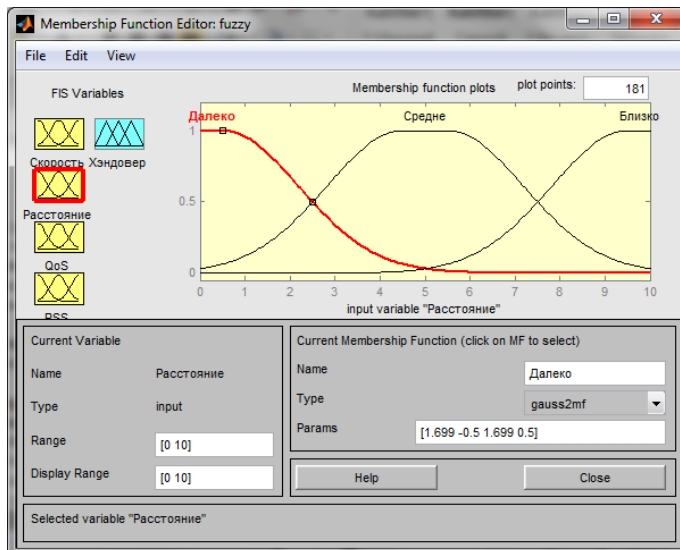
Кіріс параметрлерін өңдеуге интеллектуалды немесе есептегіш әдіс нақты емес логика, эксперттік жүйелер, біріктірілген әдістер және т.б. сияқты есептеулерге жақын қолданылады. Нақты емес логикада базаланылатын және бастама алатын әдістер жоғар нәтижиелі және сапалы білімдер мен адамның пайымдауын жобалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар ақпаратты жіберудің сымсыз технологиясы үшін өз кезегінде жақсы жарайтын нақты емес өлшеулермен жұмыс жасауға мүмкіндік береді. Сымсыз желілерде көптеген бөгеттер бар және желіде абоненттер қозалысының үлкен жылдамдық кезінде кіріс параметрлер қарқынды өзгереді. Мәліметтерге сәйкес әдіс әртүрлі шектерде орналасқан сымсыз желілердің түрлі технологиялар параметрлері үшін аса сәйкес келеді. 2-суретте айқын емес логика құрылысының құрылымдық схемасы бейнеленген.



Сурет 2. Айқын емес логика құрылғысының құрылымдық схемасы

VHO алгоритмін жүзеге асыру үшін келесі параметрлер ескерілетін болады: RSS сигналының деңгейі, сервис сапасы, базалық станциясынан мобильдік құрылғы орналасқан қашықтық пен мобильдік құрылғының қозғалу жылдамдығы.

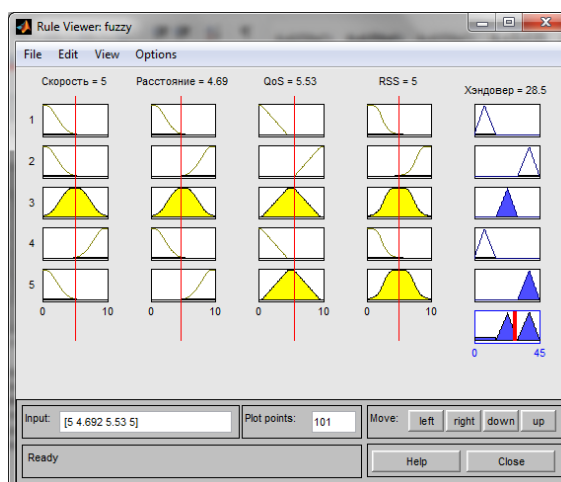
Вертикальды хэндовер алгоритмі үшін басқару аппаратын еңгізу кезінде күрделі емес және түсінуде қрапайым болып табылатын фаззи-логиканың құрылғысы қолданылатын болады [1]. Жасалынған алгоритм басты артықшылығы нақты емес логика құрылғысын қолдану болып табылады, олар айтарлықтай нақты емес ережелер санын жақсартуға және есептегіш жүйені жүктеуге мүмкіндік береді.



Сурет 3. Фаззи –логика құрылғысында айқын емес айнымалылар

Кіріс параметрлерді өңдеу мен суммалау фаззи-логика құрылғысын қолданумен жүзеге асырылады, ол әрбір нақты емес төменгі, орташа, жоғарғы лингвистикалық айнымалыларды бағалайды. Осы айнымалылардың әрқайсысы айқын емес жиынды ұсынады, қолданушылар тәжірибесіне және эксперттік білім негізінде тиесілі функциялар беріледі. Біздің жағдайда кіріс параметрлер 10-нан 10-ға дейінгі калибровкасы бар. Ал шығыс параметрдің (хэндовер) 0-ден 45-ке калибровкасы бар. Әрбір кіріс параметрдің үш серіктестік функциясы бар, олардың көмегімен біз вертикальды хэндовердің инициациясының шығыс параметрін қалыптастырамыз. Осы бөлім ұсынатын параметрлер сипаттамасына байланысты серіктестік функциясын белгілейміз. 3-суретте қашықтықты ұсынатын, бөлімнің серіктестік функциялары көрсетілген.

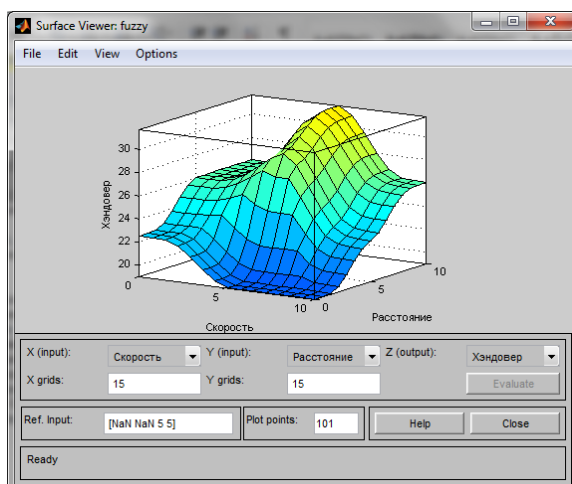
Фаззи-логика құрылғылары білім базасына құятын айқын емес шартты ережелеріне (if - then) сүйеніп әрекет етеді, олардың көмегімен біз нақты емес кіріс мәліметтерін хэндовермен басқару механизмінде түрлендіреміз. Айқын емес логика жүйесінен шығатын нәтиже кіріс параметрлерін нақтыға (дефаззификация) келтіргеннен кейін хэндоверді іске қосу қағидасы болып табылады. Жылдамдықтың кіріс параметрлері, қашықтығы, сигнал деңгейі, желінің сервис сапасы бойынша біз ары қарай келешекте қолданылатын біздің фаззи-логика құрылғысында қолданылатын ережелерді қалыптастырамыз.



Сурет 4. Фаззи-логика құрылғысының ережелері

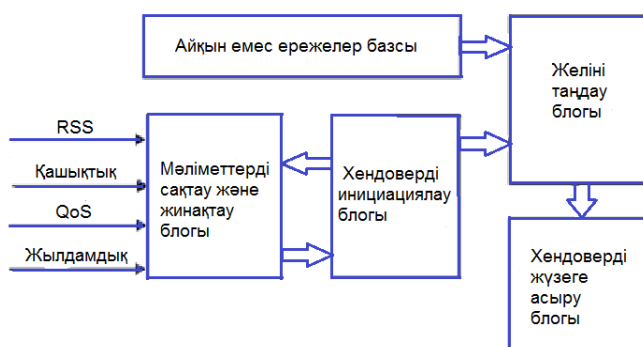
Осы ережелерге сүйене кіріс параметрдің үш өлшемді тәуелділік графигін тұрғызса болады. Хэндовердің инициациясы жайында қабылданған шешім үшін осы алгоритм сервис сапасы, абонент жылдамдығы, жақын базалық станцияға дейінгі қашықтық пен сигнал деңгейі сияқты параметрлерді ескереді, ол осы үрдістің минималды қайталануымен және аса үлкен нәтижелілікпен байланысты жіберуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Кіріс параметрлерінен хэндовердің инициациясының үш өлшемді тәуелділік графигі 5-суретте көрсетілген.





Сурет 5. Тәуелділіктің үш өлшемді графигі

Осы алгоритм хэндовер инициациясы, желіні анықтау мен хэндоверді жүзеге асыру, ақпаратты арылту мен сақтау үшін арналған блоктардан қалыптасады. Ақпаратты сақтау блогы үздіксіз жиілік диапазонының мониторингы және QoS, RSS параметрлері, MC жылдамдығы, қаштық: нәтижелі хэндовер үрдісі үшін қажетті, параметрлер жиынтығын жүзеге асыру мен қолжетімді желілермен байланысты қорғау үшін арналған.



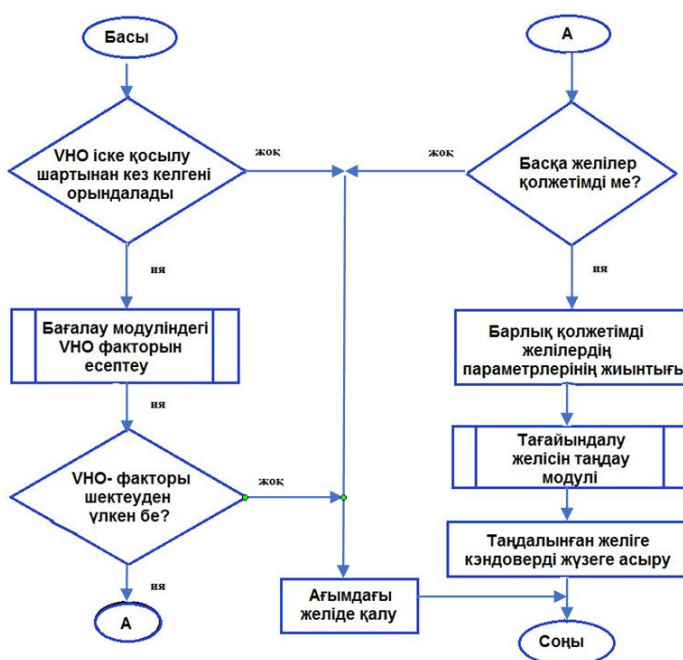
Сурет 6. Хэндовермен басқару жүйесінің схемасы

Вертикальды хэндовердің инициациясы үшін арналған блокүздіксіз мониторинг және үрдісті инициациялау үшін қажетті кіріс параметрлердің жиынтығын жүргізеді, нәтижесінде қазіргі уақытқа сол іс-шараның қажеттілігін және жағдайды саралайды, ары қарай хэндоверді ұйымдастыру жайында шешім қабылдайды. Шешімдерді қабылдау сараптамасы келесі шарттар бойынша тексерілінеді:

- егер мобильдік құрылғы жаңа қолжетімді сымсыз желіні тапқан не болмаса ағымдағы желінің әрекет ету зонасынан алшақтаған жағдайда;
- егер мобильдік құрылғы қолданушы артықшылықтарының (абонент басқа қолжетімді желіге ауысқысы келеді) өзгеруін тапқан жағдайда;
- егер мобильдік құрылғы сервис сапасының нашарлағанын аңғарса не болмаса қызметтерге жаңа транзакция пайда болған кезде;

- егер мобильдік құрылғы нашарлауды болса не болмаса қызмет көрсетуші желінің сигналының жоғалуын аңғарған жағдайда.

Вертикальды хэндовердің жасалынған алгоритмінің блок схемасы 7-суретте көрсетілген. Түрлі технологиядар үшін сәйкес келмейтін VHO кіріс параметрлерінің теңестірулері айқын емес жиынтықтар арқылы бағаланылатын болады, олар стандарттарға сәйкес анықталынады [2]. Параметрлерді бағалау қосымша функциялар арқылы жүзеге асырылады. Қашықтық, жылдамдылық, сервис сапасын бағалау үшін жалпылама бағалау қолданылады, ол [1:10] диапазонында түрленеді, мұнда 10-максималды салма коэффициенті болып табылады.



Сурет 7. VHO алгоритмінің блок-схемасы

Кіріс параметрлерінің сараптамасы және ары қарай ынтымақтастық функция құралдарымен оларды бағалау кіріс параметрінің сол не болмаса басқа да қажеттілігін бейнелеуге мүмкіндік береді. 0-ден 10-ға дейін түрленетін бағалау параметрлерін меншіктеу арқылы есептеу жүреді [3].

Айқын емес логика жүйесін ұйымдастыруда екі әдіс қолдануы мүмкін, оның бірі Мамдани әдісі болса, ал екіншісі Сугено әдісі болып табылады. Түрлі формулалар бойынша есептелінетін шығыс параметрінің дефазификациясында екі әдістердің басты айырмашылығы негізделінеді. Сугено әдісінде дефазификация кіріс параметрлерін суммалау арқылы жасалынады, ал Мамдани әдісінде дефазификация кезінде кіріс параметрлерінің интегралдау формуласы қолданылады. Жасалынған алгоритмде кіріс параметрлер айқын емес құрылғысында өңделінеді, олар Мадани қағидасы бойынша жұмыс жасайды.

Центроидтық схема бойынша жүйенің шығысында нәтиже дефазификацияланады:

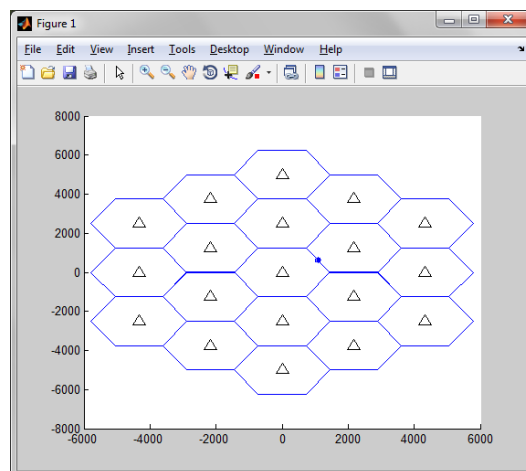
$$\text{VHO-factor} = \frac{\int y \cdot \mu_z(y) dy}{\int \mu_z(y) dy} = [0,45]$$

мұнда  $\mu$  –  $y$  параметрінің функциясы.

Есептелінген нәтиже үш кезеңдермен салыстырылынады. Шығыс параметрдің 0 ден 45-ке дейінгі калибровкасы бар. Инициация кезеңі 0 ден 15-ке дейін түрленеді, егер шығыс параметр осы шектерге түскен болса, онда хэндовердің инициациясы болады. Өндеу кезеңі 15 тен 30-ға дейін түрленеді, егер шығыс параметр осы шектеулерге түскен болса, онда өндеу кезеңі және қолжетімді аса жақсы желілер жиынтығы жүзеге асырылады. Мониторнг кезеңі 30 дан 45-ке дейін түрленеді, егер шығыс параметр мониторинг кезеңіне түскен болса, хэндовер инициациясы болмайды, желіде орналасқан абоненттің ары қарайғы мониторингы жүреді.

Қолжетімді желілерді таңдау өте жақсы параметрлер бойынша жүргізілінеді және осы іс-әрекеттің қайталау мөлшерін минималдауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, хэндовер абоненттің желімен сапалы байланысын ұйымдастыратын және де жақсы параметрлі қолжетімді желімен сәйкесіне қарай іріктеп алатын болады [4].

Сонымен қатар Matlab бағдарламалық ортасында аралас желі үлгіленіп қойылған, онда хэндовердің жүзеге асырылу моменті көрсетілінеді. Үлгілеуде соттар, базалық станциялар мен мобильдік станциялар бар. Мобильдік станция хэндоверді инициациялау моментінде екі көршілес соттардың шекарасында орналасқан. 8-суретте хэндоверді үлгілеу көрсетілінген. Бағдарлама листингі Б-қосымшасында келтірілген.



Сурет 8. Хэндоверді үлгілеу

Мақалада Wi-Fi, Wi-MAX, UMTS, LTE технологиялары қарастырылды, олардың басты артықшылықтары мен сипаттамалары сипатталынған. Сонымен қатар осы технологияларды бірыңғай желіге біріктіру мүмкіндігі сараланған. Соның арқасында желілердің әртүрлі түрлерімен абоненттің байланысын жіберуді жүзеге асыруға мүмкіндік беретін аралас желіні басқару алгоритмі жасалынған болатын. Хэндовердің инициациясы жайында шешім қабылдау үшін бұл алгоритм сервис сапасы, абонет жылдамдығы, жақын базалық станцияға дейінгі қашықтық пен сигнал деңгейі сияқты

параметрлерді ескерді, бұл аса нәтижелікпен және осы іс-әрекетті минималды қайталаумен байланысты жіберуді жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

#### 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 08.06.18 түсті.*

**А.А. Орманбекова, А. Жәнісбек, А. Мырзатай**

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

#### АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ СМЕШАННЫМИ БЕСПРОВОДНЫМИ СЕТЯМИ

В статье представлено общее представление об хэндовере, архитектуре IEEE 802.21, структурной схеме нечеткого логического устройства, неопределенных переменных в нечетком логическом устройстве, трехмерной графике зависимостей, блок-диаграмме алгоритма VHO.

**Ключевые слова:** Wi-Fi, Wi-MAX, UMTS, LTE, хэндовер, связь, станция, сеть, контроллер.

**A.A. Ormanbekova, A. Zhenisbek, A. Myrzatai**

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

#### ALGORITHMS FOR MANAGING MIXED WIRELESS NETWORKS

The article presents a general idea of handover, IEEE 802.21 architecture, fuzzy logic structure block structure, indefinite variables in fuzzy logic device, 3D dependency graph, block diagram of VHO algorithm.

**Keywords:** Wi-Fi, Wi-MAX, UMTS, LTE, handover, communication, station, network, controller.

*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**

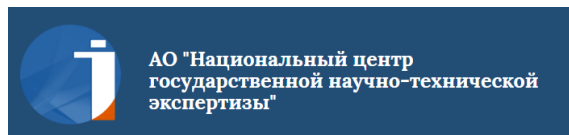
*Зарегистрирован в российской национальной библиографической базе данных научного цитирования РИНЦ*

[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»)*