



ISSN 2308-9865

№3,  
2016

# 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 (53)  
Шілде-қыркүйек  
2016 ж.

*Бас редактор* И.И. Бекбасаров

*Бас редактордың орынбасары* Д.К. Джакияев

*Редакция алқасы:* Н.А. Абиев, К.И. Баданов, И.И. Бекбасаров,  
Ю.Л. Винников, Н.А. Горбатовская, Д.К. Джакияев,  
А.А. Джумабеков, Г.Е. Жидекулова, М.М. Мукимов, М.И. Никитенко,  
С.К. Нурпеисов, А.В. Пилягин, Х.Р. Садиева, А.С. Сейтказиев,  
А.Н. Семернин, Н.А. Смирнова, Е.С. Спандияров, А.Н. Шевцов,  
А.Г. Шлейкин, Я. Шульц

*Корректор және компьютерлік беттеу* Е.И. Атенов

*Редакция мекен-жайы:*

080012, Тараз қаласы, Төле би көшесі, 60.

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

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

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

Басуға қол қойылған күн 30.09.2016. Форматы 70×180/16. Шартты баспа  
табағы 13,7. Тираж 300 дана. Тапсырыс 412.

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

© М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, 2016

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 (53)  
Июль-сентябрь  
2016 г.

*Главный редактор И.И. Бекбасаров*

*Заместитель главного редактора Д.К. Джакияев*

*Редакционная коллегия:* Н.А. Абиев, К.И. Баданов, И.И. Бекбасаров,  
Ю.Л. Винников, Н.А. Горбатовская, Д.К. Джакияев,  
А.А. Джумабеков, Г.Е. Жидекулова, М.М. Мукимов, М.И. Никитенко,  
С.К. Нурпеисов, А.В. Пилягин, Х.Р. Садиева, А.С. Сейтказиев,  
А.Н. Семернин, Н.А. Смирнова, Е.С. Спандияров, А.Н. Шевцов,  
А.Г. Шлейкин, Я. Шульц

*Корректор и компьютерная верстка Е.И. Атенев*

*Адрес редакции:*

080012, г. Тараз, ул. Толе би, 60.

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

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

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

Подписано в печать 30.09.2016. Формат 70×180/16. Усл. печ. л. 13,7. Тираж  
300 экз. Заявка 412.

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

© Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, 2016

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 (53)**

July-September  
2016

*Editor in chief* I.I. Bekbasarov

*Deputy Editor in Chief* D.K. Jakiyaev

*Editorial board:* N.A. Abiev, K.I. Badanov, I.I. Bekbasarov,  
N.A. Gorbatochkaya, D.K. Jakiyaev, A.A. Jumabekov, M.M. Mukimov,  
M.I. Nikitenko, S.K. Nurpeisov, A.V. Pilyagin, Kh.R. Sadieva, J. Schulz,  
A.S. Seitkazyev, A.N. Semernin, N.A. Smirnova, Ye.S. Spandiyarov,  
A.N. Shevtsov, A.G. Shleikin, Yu.L. Vinnikov, G.Ye. Zhidekulova

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

*Editorial address:*

080012, Taraz, Tole bi street, 60.

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

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

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

Signed in print 30.09.2016. Form 70×180/16. Cond. print. sh. 13,7. Edition 300 copies. Application 412.

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, 2016

## МАЗМУНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

### МЕХАНИКА И ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

<b>Абдигалиев М., Алиев С.</b> Принципы выбора параметров землеройных рабочих органов .....	6
<b>Қойайдаров Б.А., Қойайдаров А.А., Абдрахманов Е.А.</b> Инерциялық тоқпақтың энергия шығынын азайту .....	16
<b>Қойайдаров Б.А., Қойайдаров А.А., Абдрахманов Е.А.</b> Инерциялық тоқпақтағы құлайтын массаның соққы жасау жылдамдығы .....	23
<b>Қойайдаров Б.А., Қойайдаров А.А., Абдрахманов Е.А.</b> Инерциялық тоқпақтағы құлайтын массаның ұру күші .....	29
<b>Шеров К.Т., Мусаев М.М.</b> Расчет коэффициента усадки стружки при обработке стали 30ХГСА фрезоточением .....	36

### ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Шолақ Ә., Мусрепбекова Ш., Жасарова М.</b> Жергілікті табиғи тұз қорларын ұтымды пайдалану жолдары .....	44
<b>Шолак А., Иманмусаева А., Райкулова А.</b> Переработка металлургического шлака методом выщелачивания ...	47
<b>Цой И.Г., Тухватулина М.Р.</b> Влияние состава подвижной фазы и природы металла на хроматографическую подвижность хелата .....	51
<b>Сейтбекова Г.А., Тұрғынбекова А.Б., Бегжанова Ш.К.</b> Темірмыс кешендерінің құрылысын термогравиметриялық талдау әдісімен зерттеу .....	60
<b>Сейтбекова Г.А., Шайхова Ф.С.</b> Гетерополиядролы алюминиймыс кешенінің құрылысын ИҚ-спектро- скопиялық және термогравиметриялық талдау әдістерімен зерттеу .....	65

### ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

<b>Ким Ф.И., Нусипали Р.К.</b> Исследование неравномерно обогреваемой обувной колодки (пуансона) для формования кожаной заготовки верха обуви <i>Сообщение 1</i> Исследование температурного поля неравномерно обогреваемого пуансона с внутренней нагревательной полостью .....	72
<b>Ким Ф.И., Нусипали Р.К.</b> Исследование неравномерно обогреваемой обувной колодки (пуансона) для формования кожаной заготовки верха обуви <i>Сообщение 2</i> Расчет неравномерно обогреваемого пуансона на ЭВМ .....	80

<b>Мунасипов С.Е., Әбек Ү.Қ.</b> Қазақстан әйелдері табандарының антропометриялық өлшемдер арасындағы байланысын анықтау нәтижелері .....	84
--	----

#### ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

<b>Тұрсынбай А., Кенжеходжаев М.Д., Аубакиров Х.А., Гаражаев М.</b> Жамбыл облысында өсірілетін жылқы тұқымдарының сүт өнімділік ерекшеліктері .....	88
---	----

<b>Аубакиров Х.А., Кенжеходжаев М.Д., Гаражаев М. Даулетқұлова Қ.</b> Күтіп-бағуына байланысты жылқы етінің сапалық ерекшеліктері .....	92
--	----

#### ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

<b>Омельченко П.Н., Суходуб А.В., Винников Ю.Л.</b> Несущая способность вдавленных призматических свай в водонасыщенных глинистых грунтах .....	99
--	----

<b>Пичугин С.Ф., Винников Ф.Ю.</b> Влияние просадочных деформаций основания на прочность и надежность линейной части трубопровода .....	107
--	-----

<b>Вунныков Yu.L., Lytvynenko T.V.</b> Time influence on water migration of compacted clay soils highway embankment .....	115
--	-----

<b>Сағындықов А.Ә., Тамабекова С.М., Турмахамбетова А.Б., Абуталипов Е.А.</b> Фосфогипс–гипс–полимер қосымшалар жүйесінде құрғақ құрылыс қоспалар құрамын жасау .....	120
--	-----

<b>Сағындықов А.А., Наширалиев Ж.Т., Нурат Е., Жанузак Р.</b> Математическое моделирование и поиск оптимального состава пеношлакопемзобетона .....	125
---	-----

#### ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Semernin N.A., Semernin A.N., Urstembekova A., Zeidaliev Sh., Tursynbek Sh., Atygayev R.</b> Solution of environmental problems on the crossing of Zhambyl and Tole bi avenues in Taraz city .....	130
--	-----

---

# МЕХАНИКА И ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

---

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

## ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Анализируются основные геометрические параметры рабочих органов землеройных машин с целью их правильного выбора при создании этих машин. При анализе рассмотрены параметры ножевых (рыхлителей и кусторезов), отвальных (бульдозеров, автогрейдеров и др.) и ковшовых (скреперов, погрузчиков и экскаваторов) рабочих органов. Показаны классификационный признак, четко отличающий рабочий орган, который используется при определении каждой землеройной машины: вид рабочего органа, расположение его относительно базы, машины и горизонта.

**Ключевые слова:** параметр, рабочий орган, землеройная машина, нож, отвал, ковш, расположение, база.

**Введение.** Выбор параметров землеройных рабочих органов производится в зависимости от их функционального назначения, грунтовых условий, мощности машины и ее кинематических особенностей. Рабочие органы машин для линейных работ должны иметь параметры, обеспечивающие проход больших протяженностей сооружений за единицу времени. Рабочие органы машин для отделочных работ должны иметь параметры и формы, обеспечивающие высокие качества этих работ. Рабочие органы машин для производства основных (массовых) земляных работ должны обеспечивать высокую производительность при минимальной энергоемкости и себестоимости этих работ.

Главным фактором для выбора основных параметров рыхлителей является тяговое усилие машины по сцеплению движителя с грунтом, кусторезов и автогрейдеров – масса машин, бульдозеров – номинальное тяговое усилие, скреперов, одноковшовых погрузчиков и экскаваторов – геометрическая емкость ковша.

Ножевые рабочие органы могут применяться в качестве вертикального ножа (рабочие органы рыхлителя, кабеле- и дреоукладчика) и горизонтального ножа (рабочий орган кустореза). Для вертикальных землеройных рабочих органов основными геометрическими параметрами являются высота, ширина и толщина ножа, угол резания, угол заострения. Если нож состоит из нескольких частей, то параметры назначаются для каждой части отдельно. Для кусторезов основными параметрами являются



ширина и угол захвата, угол наклона верхних щитов, угол заострения ножей, общая толщина ножа и ширина выступающей части ножа [1].

Простота конструкции отвальных рабочих органов, высокая производительность машин, оборудованных отвалом при небольших дальностях транспортирования грунта, простота технического обслуживания, монтажа и демонтажа, низкая себестоимость выполнения работ и возможность использования на различных земляных работах обусловили их широкое применение в народном хозяйстве. Если отвал машин находится вне ее базы, то это бульдозер или кавальероразравниватель, если же отвал находится внутри базы – автогрейдер. Для рабочих органов отвального типа основными геометрическими параметрами являются длина и высота отвала, углы резания и установки отвала в плане.

Ковшовые рабочие органы являются наиболее сложными. Землеройные машины ковшового типа, последний у которой находится внутри базы, называется скрепером, вне базы – одноковшовый погрузчик или экскаватор. У ковшовых землеройных рабочих органов основными геометрическими параметрами являются длина, ширина и высота, которые получаются как производные от емкости ковша, а также углы резания режущей кромки и зуба, шаг и ширина последнего.

Кроме вида рабочего органа на выбор его параметров влияют грунтовые условия и производительность машин. Земляные работы сопровождаются деформациями, разрушением и перемещением грунта. От характера взаимодействия землеройных рабочих органов (ЗРО) с грунтом зависит эффективность рабочего процесса, поэтому выбор эффективных типов РО для выполнения заданных технологических операций имеет большое значение. Эффективность использования машин для земляных работ, как и других строительных машин, будет наивысшей в тех случаях, когда они выполняют наибольшие объемы работ при наименьших затратах.

Одним из основных факторов, влияющих на сопротивляемость грунтов копанью, является положение РО в пространстве, характеризующееся угловыми параметрами.

Из анализа зависимости усилия резания от угла резания, полученной в результате опытов на супеси по данным А.Н. Зеленина [2], следует: при возрастании угла резания от 0 до  $20^{\circ}$ , усилие резания несколько уменьшается; при дальнейшем увеличении угла резания усилие резания увеличивается по линейной зависимости; угол резания  $20^{\circ}$  является оптимальным и дает снижение усилия на 25-35% по сравнению с усилиями резания при углах резания  $45-60^{\circ}$ .

Эксперименты по определению влияния угла захвата на энергоемкость резания грунта, проведенные И.А. Недорезовым [3], показали следующие выводы: 1) энергоемкость резания грунта ножами снижается с уменьшением угла захвата, что свидетельствует об эффективности косого резания по сравнению с лобовым в диапазоне значений угла захвата от  $90$  до  $20-25^{\circ}$ ; 2) снижение удельного сопротивления резанию косым ножом по сравнению с лобовым зависит от конкретных условий и может достигать 20-30%; 3) кроме снижения энергоемкости, применение косого резания уменьшает динамические нагрузки на РО, способствуют повышению долговечности машины в целом.

Сопротивления грунта резанию и копанью землеройными машинами пропорционально растут с ростом ширины и толщины резания. Хороший

анализ этой зависимости дал в работе [4] Ю.А. Ветров. Они с А.Н.Зелениным [2] считают, что сила резания является ускоренно возрастающей функцией толщины среза. Н.Г. Домбровский [5] впервые высказал мнение о том, что силы резания и копания зависят не только от величин, но и от формы сечения среза. Эту зависимость он предложил характеризовать отношением длины режущего периметра к площади поперечного сечения среза. Таким образом, Н.Г. Домбровский поставил удельное сопротивление копанию в зависимость от величины, родственной известному понятию гидравлического радиуса: удельная сила копания одного и того же грунта тем больше, чем больше отношение длины периметра к площади сечения среза.

### 1. Принципы выбора параметров ножевых землеройных рабочих органов

Основные геометрические параметры рыхлителей рекомендуются выбрать таким образом. Наименьшая глубина рыхления за один проход должна на 20-30% превышать толщину стружки, срезаемую скрепером или бульдозером, с которыми должен работать рыхлитель. Учебник [6] рекомендует принимать максимальное заглубление  $h_{\max}$  в зависимости от главного параметра рыхлителя – наибольшей силы тяги по сцеплению  $T_{\text{сц}}$  :

$T_{\text{сц}}, \text{кН}$	30	40	100	150	250	350
$h_{\max}, \text{мм}$	300	350	400	500	700	900

Там же рекомендуется, чтобы угол рыхления был изменяемым в пределах  $30-60^{\circ}$ . Угол заострения наконечников зубьев выбирают таким образом, чтобы при любом заглублении задний угол был бы не меньше  $5-7^{\circ}$  при рыхлении грунтов и скальных пород и  $8-10^{\circ}$  при рыхлении мерзлых грунтов. Толщина зубьев и наконечников выбирают минимальной по условиям прочности. Толщина наконечников должна как можно меньше превышать толщину зубьев. Расстояние между зубьями и гусеницами или колесами базового трактора (вынос зубьев) у рыхлителей общего назначения должно превышать максимальную глубину рыхления не меньше чем в 1,3-2 раза, а у специальных рыхлителей – в 1,1-1,5 раза.

Для РО дрено- и кабелеукладчиков основные параметры назначаются по рекомендациям специальных книг [7, 8].

Ширина вертикальных режущих кромок, равная ширине ножа по всей высоте

$$e_n = d_{\text{тр}} + (4 \div 6)$$

где  $d_{\text{тр}}$  – максимальный диаметр укладываемой трубы или кабеля.

Для торфяных грунтов, где глубина закладки дренажа или кабеля 1,5-1,8 м, применяют ножи с прямолинейной режущей кромкой, наклоненной вперед, с отрицательным углом резания для лучшего перерезания растительных волокон, которые из-за своей волокнистой структуры требуют больших концентраций напряжений на лезвии. Отрицательный угол снижает сопротивление, поэтому применяют ножи с углом резания в первой (нижней)  $110-130^{\circ}$ , а во второй –  $140^{\circ}$ , вместо применяемых прямых ножей.

Оптимальные значения углов заострения: для болотно-торфяных грунтов –  $60^{\circ}$ , сухого песка –  $45-50^{\circ}$ , влажной тяжелой супеси –  $30-35^{\circ}$ , суглинка –  $30-45^{\circ}$ .

Для минеральных грунтов в зоне с избытком воды применяют угол резания  $85-70^{\circ}$ , а при наличии дернины назначают и отрицательные углы, при которых вертикальная составляющая реакции грунта на нож направлена вверх и улучшает проходимость машин. Для минеральных грунтов, а также болотно-торфяных, с установленным спереди дисковым ножом, прорезающим дернину, часто применяют ножи с двойным углом: с углом резания  $40-60^{\circ}$  и углом заострения  $180^{\circ}$  (плоская режущая кромка) и прямым или наклонным ножом в верхней части высотой  $1/2-2/3$  высоты щели (общей) с углом резания  $80-60^{\circ}$ , углом задним  $0-5^{\circ}$  и углом заострения  $40-50^{\circ}$ . В минеральных грунтах нижняя часть разрушает грунт с частичным подъемом, верхняя раздвигает разрыхленный грунт. В болотно-торфяных грунтах нижняя часть поднимает грунт, а верхняя разрезает и раздвигает его, образуя щель. Общая высота ножа назначается больше глубины щели на  $0,6-0,8$  м.

Основные параметры кусторезов рекомендуются назначать по учебному пособию [7].

Угол захвата целесообразно назначать с меньшим значением для снижения сопротивления при внедрении рабочего органа в отвал, но это уменьшение ограничивается возрастанием боковой силы и увеличением длины РО. Поэтому принимают двойной угол захвата равным  $52-64^{\circ}$ , что обеспечивает также условие резания со скольжением для различных пород кустарника, диаметров стволов и параметров ножа. Под тем же углом устанавливают боковые щиты отвала, что обеспечивает условие скольжения свежесрезанного кустарника по боковым щитам. Угол наклона верхних щитов назначают больше угла трения растения по стали для свободного скольжения вниз кустарника, попавшего на отвал. Из условия устойчивости ножей выбирают угол заострения ножа равным  $25-30^{\circ}$ , толщину ножа –  $12-16$  мм. Ширина выступающей части ножа –  $270-450$  мм. Ширину захвата назначают из условия свободного прохода трактора по расчищаемой полосе. Окончательно ширина захвата уточняется после тягового расчета.

## **2. Принципы выбора параметров отвальных землеройных рабочих органов**

Основные параметры РО (отвала) бульдозеров выбирают по методике Всесоюзного НИИ строительного и дорожного машиностроения [9].

Угол резания отвала рекомендуется принимать равным  $55^{\circ}$  для бульдозеров с неповоротным отвалом и  $50-55^{\circ}$  – для поворотных отвалов. Угол наклона отвала назначают равным  $75^{\circ}$ , угол опрокидывания –  $70-75^{\circ}$  для неповоротных и  $60-75^{\circ}$  для поворотных отвалов. Минимальная ширина отвала выбирается так, чтобы отвал, повернутый на угол захвата, перекрывал габарит базовой машины по ширине и выступающие части толкающей рамы не менее чем на  $100$  мм с каждой стороны. При соблюдении этого требования возможна работа бульдозера траншейным способом и по одному следу. Ширина неповоротного отвала выбирается в  $2,7-3$  раза больше его высоты. Высота отвала может быть определена для бульдозера с неповоротным отвалом

$$H=500\sqrt[3]{T_H} - 5T_H;$$

Для бульдозера с поворотным отвалом

$$H = 450 \sqrt[3]{T_H} - 5T_H,$$

где  $T_H$  – номинальная сила тяги бульдозера в тоннах.

Высота козырька должна составлять 0,1-0,25 от высоты отвала. Высота прямого участка отвала обычно равна высоте ножа. Рекомендуемый диапазон изменения угла резания при наличии специального механизма для его регулирования составляет от 0 до  $\pm 12^0$ . Радиус кривизны приблизительно равен высоте отвала. Высота и длина отвала может приниматься и в зависимости от мощности бульдозера и ширины гусениц [10]. Профили отвалов зарубежных бульдозеров по параметрам близки с параметрами отечественных бульдозеров, что видно из сравнительной оценки машин повышенной единичной мощности [11].

Параметры автогрейдеров регламентированы ГОСТ 9420-79. Длина отвала (м) рассчитывается по формуле

$$B = (0,7 \div 0,76)\sqrt[3]{m_a} + 1,2.$$

Здесь  $m_a$  – масса автогрейдера в тоннах. Высота  $H=0,2B-0,12$ . Угол резания (регулируемый), замеряемый при установке отвала на опорной поверхности имеет пределы от  $30^0$  (не более) до  $70^0$  (не менее). Остальные параметры, характеризующие профиль отвала, выбираются согласно рекомендациям, приведенным для бульдозерного поворотного отвала [12].

### 3. Принципы выбора параметров ковшовых землеройных рабочих органов

Геометрическая форма ковша скрепера должна быть такой, чтобы на заключительной стадии его наполнения требовалась возможно меньшая удельная сила тяги (сила тяги, отнесенная к  $1 \text{ м}^3$  грунта, (набранного в ковш). Ниже приводится методика определения основных параметров ковша, предложенная К.А. Артемьевым [9]. Основой данного предложения является придание ковшу такого продольного профиля, который соответствовал бы контуру грунта, заполняющего ковш в условиях, когда задняя стенка не стесняет поступления грунта в ковш. Это достигается при условии, что высота задней стенки составляет 45% от высоты наполнения. Указанное требование вызывает необходимость соблюдения определенных соотношений между основными размерами ковша – его высотой, шириной и длиной. С точки зрения снижения удельных сопротивлений рекомендуется принимать следующие соотношения  $m$  между шириной и высотой наполнения в зависимости от емкости ковша

Емкость ковша $q, \text{ м}^3$	3	6	10	15
Соотношение $m = B/H$	1,7	1,9	2,2	2,5

Между емкостью ковша  $q_1$ , приходящейся на 1 м его ширины, и высотой наполнения ковша  $H$  при  $H_3 = 0,45H$  в условиях работы на супесях и суглинках, существует следующая зависимость, полученная экспериментальным путем:

$$q_1 = 0,54 + 0,48H + H^2$$

На 1 м ширины ковша при ширине ковша

$$B = m \cdot H : q = q_1 \cdot B = m(0,54H + 0,48H^2 + H^3) \text{ м}^3.$$

Деля левую и правую части уравнения на принятое  $m$  и перенеся все члены в левую часть уравнения, получим окончательно

$$H^3 + 0,48H^2 + 0,54H - \frac{q}{m} = 0$$

Решив полное кубическое уравнение относительно  $H$  находим ширину  $B$ . Соотношение между длиной ковша  $L$  (от режущей кромки ножа до задней стенки) и высотой наполнения  $H$  ориентировочно может быть принято равным

$H$	1	1,5	2,0
$L/H$	1,85	1,5	1,4

Угол резания для скреперного ковша рекомендуется принять  $35^\circ$ . Ряд исследователей установили [13], что увеличение угла резания до  $45-50^\circ$  повышает производительность скрепера за счет снижения пути и времени заглупления ковша в начальной стадии, снижения сил сопротивления копания и наиболее полного использования тяговых свойств скрепера в заключительной, наиболее энергоемкой и длительной по времени стадии процесса копания и за счет этого возможности ведения процесса при стружке большей толщины.

Внутреннюю ширину ковша погрузчика принимают на 50-100 мм больше величины следа или ширины базового трактора [14]. Расчетный радиус поворотного ковша – расстояние между осью шарнира и режущей кромкой – определяют по формуле

$$R_0 = \sqrt{\frac{V_H}{B_0 \left\{ 0,5\lambda_d (\lambda_s + \lambda_k \cdot \cos \gamma_1) \sin \gamma_0 - \lambda_r^2 \left[ \operatorname{ctg} \frac{\gamma_0}{r} - 0,5\pi \left( 1 - \frac{\gamma_0}{180} \right) \right] \right\}}},$$

где  $V_H$  – номинальная емкость ковша;  $B_0$  – внутренняя ширина ковша;  $\lambda_s$  – относительная длина днища ковша, равная 1,4-1,5;  $\lambda_k$  – относительная длина задней стенки, равная 1,1-1,2;  $\lambda_r$  – относительная высота козырька, равная 0,12-0,14;  $\lambda_r$  – относительная длина радиуса сопряжения днища и задней

стенки, равная 0,35-0,4;  $\gamma_1$  – угол между плоскостью козырька и продолжением плоскости задней стенки;  $\gamma_0$  – угол между задней стенкой и днищем ковша.

Длина днища (расстояние от передней кромки ковша до его пересечения с задней стенкой)  $\ell_3 = \lambda_3 \cdot R_0 = (1,4 \div 1,5) \cdot R_0$ .

Длина задней стенки (расстояние от верхнего края задней стенки или основания козырька до пересечения с днищем)  $\ell_3 = (1,1 \div 1,2) \cdot R$ .

Высота козырька  $\ell_k = (0,12 \div 0,14) \cdot R_0$ . Радиус сопряжения  $r_0 = (0,35 \div 0,4) \cdot R_0$ . Высота шарнира крепления ковша к стреле  $h_{ш} = (0,06 \div 0,12) \cdot R_0$ .

Углы ковша: угол раствора между днищем и задней стенкой  $\gamma_0 = 48 - 52^0$ ; угол наклона режущих кромок боковых стенок относительно днища  $\alpha_0 = 50 - 60^0$ ; угол заострения режущих кромок  $\delta_0 = 30 - 40^0$ ; угол между задней стенкой и козырьком  $\gamma_1 = 5 - 10^0$ . При выборе этого угла учитывают, что между режущей кромкой боковой стенки и козырьком необходимо обеспечить прямой угол.

Значительное разнообразие конструктивных форм и параметров ковшей обратной лопаты гидравлических экскаваторов потребовало разработки документа, регламентирующего основные типы, размеры и параметры ковшей, что наряду с общеизвестными преимуществами стандартизации дает возможность снизить издержки при эксплуатации машин, когда ширина стандартных ковшей соответствует требованиям технологии производства земляных работ. Кроме того, стандартизация РО позволяет обеспечить рациональную связь между основными параметрами машин различных типоразмеров и параметрами ковшей, предназначенных для определенных грунтовых условий, и, следовательно, более эффективно использовать мощность привода. При разработке ОСТа [15] ставилась задача установить основные параметры и размеры ковшей, обеспечивающие проектирование кинематических подобных ковшей необходимой номенклатуры (обычный ковш – см. рис. в ОСТ 22-915-76). Критерием рациональности выбора параметров ковшей при определении их основных размеров являлось снижение энергоемкости процесса копания и повышение производительности экскаватора [2, 16]. Исходной формулой для составления системы уравнений, связывающих параметры поперечного и продольного профиля ковша, явилась формула для определения емкости ковша, установленная ГОСТ 17257-79:

$$q = F \cdot B_{cp},$$

где  $q$  - емкость ковша;  $B_{cp}$  – средняя ширина ковша;  $F$  – площадь осевого сечения ковша.

$$\text{Ширина ковша определяется по отношению } B = 1,51\sqrt[3]{q} - 0,26.$$

$$\text{Радиус режущей кромки ковша } R = 1,10\sqrt[3]{q} + 0,26.$$

$$\text{Длина прямого участка передней стенки } \ell = 0,80\sqrt[3]{q} + 0,20.$$

Радиус сопряжения передней стенки с дном  $r_1 = 0,45\sqrt[3]{q} + 0,08$ .

Радиус сопряжения дна с задней стенкой  $r_2 = 0,22\sqrt[3]{q} + -0,08$ .

При копании поворотом ковша относительно рукоятки угол резания зубьями должен быть в пределах  $48-52^{\circ}$  (при угле заострения зуба  $25^{\circ}$ ), а угол резания режущей кромки – в пределах  $27-32^{\circ}$ . Угол заострения режущей и боковых стенок – в пределах  $16-20^{\circ}$ . Отношение расстояния между зубьями к их ширине должно находиться в пределах 2-3. Ширина зуба выбирается из условия прочности.

#### Выводы

Основой для выбора и расчетов основных геометрических параметров являются:

1) Для примера приводим определение бульдозера с добавлением назначения: бульдозером называется землеройная машина с отвальным рабочим органом, расположенным вне базы впереди машины, предназначенная для разработки грунта и грубой планировки поверхности земли.

#### Факторы

Факторы	Рабочие органы		
	ножевые	отвальные	ковшовые
1. Назначение	Разрезание целика грунта. Разрезание с укладкой труб, кабеля и т.п.	Разработка грунта. Планировка поверхности. Перемешивание материалов	Разработка грунта. Погрузка материалов.
2. Технология	Параметры сооружаемых объектов		
3. Разрабатываемая среда	Физико-механические свойства грунта и других материалов взаимодействия		
4. Механика	Устойчивости к опрокидыванию, к протаскиванию по опорной поверхности, в вертикальной плоскости; выдерживание курса движения.		

2) Для РО вертикального ножевого типа (рыхлители, кабеле- и дреноукладчики): тяговое усилие базовой машины; наибольший диаметр укладываемой трубы или кабеля; грунтовые условия; для рабочих органов горизонтального типа (кусторезы): ширина захвата; масса машины; растительные условия.

3) Для отвальных РО, расположенных вне базы машины (бульдозеры, кавальереразравниватели): тяговое усилие базовой машины; назначение машины; грунтовые условия; для отвальных РО, расположенных внутри базы машины (автогрейдеры, планировщики): масса машины; грунтовые условия; точность планирования.

4) Для ковшовых РО, расположенных внутри базы машины (скреперы): емкость ковша; грунтовые условия; тяговое усилие базовой машины; для ковшовых РО, расположенных вне базы машины с широким ковшом (одноковшовые погрузчики): геометрическая емкость ковша; масса машины; грунтовые условия; для ковшовых РО, расположенных вне базы машины с

заменяемыми ковшами (одноковшовые экскаваторы): емкость ковша или размерная группа; масса машины; грунтовые условия.

5) Рабочие органы классифицированы по новому признаку – по расположению их относительно базы машины, которые точно и короче выражают определения по каждой машине.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зеленин, А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами [Текст] / А.Н. Зеленин. – М.: Машиностроение, 1968. – 376 с.
2. Зеленин, А.Н. Лабораторный практикум по резанию грунтов [Текст] / А.Н. Зеленин, Г.Н. Карасев, Л.В. Красильников. – М.: Машиностроение, 1969. – 312 с.
3. Тимошенко, В.К. Определение формы заострения вертикального ножа при минимальном усилии резания грунта [Текст] / В.К. Тимошенко // Строительные и дорожные машины. – 1971. – № 1. – С. 16-17.
4. Шлойдо, Г.А. Исследование рыхлителя с регулируемым углом рыхления [Текст] / Г.А. Шлойдо, Б.З. Захарчук, О.В. Верейнов // Строительные и дорожные машины. – 1974. – № 6. – С. 21-22.
5. Казаков, Б.С. Безтраншейные дренажники [Текст] / Б.С. Казаков. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 64 с.
6. Хайзерук, Е.М. Кабелеукладчики [Текст] / Е.М. Хайзерук. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.
7. Дейнего, Ю.Б. Необходим широкий поиск новых решений [Текст] / Ю.Б. Дейнего, В.И. Баловнев, В.Я. Дворковой // Строительные и дорожные машины. – 1971. – № 7. – С. 3-6.
8. Веледницкий, Ю.Б. Влияние угла резания отвала бульдозера на устойчивость процесса разработки и перемещения грунта [Текст] / Ю.Б. Веледницкий, В.С. Шахов // Науч. тр. ВНИИстройдормаш. – 1982, вып. 93. – С. 77-83.
9. Калинин, В.С. Крупный резерв повышения эффективности бульдозеров [Текст] / В.С. Калинин, Ю.Б. Веледницкий // Механизация строительства. – 1983. – № 3. – С. 24-28.
10. Шемелев, А.М. Повышение производительности скрепера путем увеличения угла резаний [Текст] / А.М. Шемелев, Е.И. Берестов, С.Б. Партнов // Строительные и дорожные машины. – 1985. – №5. – С. 10-11.
11. Недорезов, И.А. Эффективность косого резания грунта [Текст] / И.А. Недорезов // Строительные и дорожные машины. – 1969. – №3. – С. 14-15.
12. Недорезов, И.А. Синтез эффективной конфигурации ножевой системы скреперов [Текст] / И.А. Недорезов, К.Б. Саатов // Строительные и дорожные машины. – 1987. – №5. – С. 14-15.
13. Зеленин, А.Н. Косое резание и копание грунта [Текст] / А.Н. Зеленин, Л.В. Красильников // Строительные и дорожные машины. – 1967. – №4. – С. 23-24.
14. Зеленин, А.Н. Чистое резание и копание грунта [Текст] / А.Н. Зеленин, Л.В. Красильников // Строительные и дорожные машины. – 1970. – №2. – С. 20-21.
15. Гаджиев, Т.М. Разрушение грунта бульдозером с двойным ножом [Текст] / Т.М. Гаджиев // Строительные и дорожные машины. – 1977. – №8. – С. 8-9.



16. Борисенков, В.А. Эффект косо́го реза́ния грунто́в [Текст] / В.А. Борисенков, В.В. Кандалинцев, В.А. Нилов // Механизация строительства. – 1985. – №3. – С. 10-11.
17. Назаров, Л.В. Сравнительные испытания ковшей к навесным экскаваторам [Текст] / Л.В. Назаров, В.К. Руднев // Строительные и дорожные машины. – 1972. – №9. – С. 4-6.
18. Федоров, Д.И. Рабочие органы землеройных машин [Текст] / Д.И. Федоров. – М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
19. Ветров, Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами [Текст] / Ю.А. Ветров. – М.: Машиностроение, 1971. – 360 с.
20. Абдигалиев, М. Самоприспосабливающиеся рабочие органы экскаваторов для водохозяйственного строительства [Текст] / М. Абдигалиев. – Ташкент: ТИИИМСХ, 1987. – 86 с.

*Материал поступил в редакцию 14.03.16.*

**М. Абдигалиев, С. Алиев**

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

#### **ЖЕРҚАЗҒЫШ ЖҰМЫС ҚҰРАЛДАРЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ТАҢДАУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

Жерқазғыш машиналарын жасағанда олардың жұмыс құралдарының параметрлерін дұрыс таңдау мақсатында бұлардың негізгі геометриялық параметрлері талданған. Негізінен пышақты (қопсытқыштардың және бұтақескіштердің), және ожаулы (скреперлердің, тиегіштердің және экскаваторлардың) жұмыс құралдары қарастырылған. Әр жерқазғыш машинасын анықтағанда қолданылатын жұмыс құралдарын айқын ерекшеліктін жіктеу белгілері: жұмыс құралының түрі, оның базаға машинаға және көкжиекке байланысты орналасулары қарастырылған.

**Түйін сөздер:** параметр, жұмыс құралы, жерқазғыш машина, пышақ, қайырма, ожау, орналасу, база.

**M. Abdigaliyev, S. Aliyev**

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

#### **PRINCIPLES OF SELECTION PARAMETERS FOR EARTHMOVING WORKING BODIES**

The basic geometrical parameters of working bodies of earth-moving machinery in a view to their correct choice when creating these machines are analyzed. The follow parameters are considered: knife (rippers and hedge trimmers), dump (bulldozers, graders, etc.) and bucket (scrapers loaders and excavators) working bodies. The classification criterion that clearly distinguishes the working body, which is used in determining each earthmoving machinery: view of the working body, the location of it to the base, the car and the horizon are shown.

**Keywords:** parameter, the working body, digger, knife, blade, bucket, location, base.

ӘОЖ 621.97

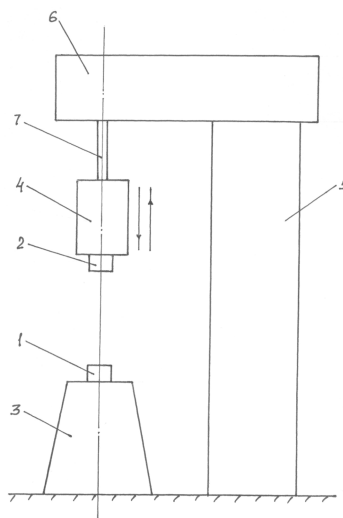
Б.А. Қойайдаров<sup>1</sup>, А.А. Қойайдаров<sup>2</sup>, Е.А. Абдрахманов<sup>3</sup><sup>1</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент, <sup>2</sup>Оқушы, <sup>3</sup>Магистрант  
<sup>1, 3</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан,  
<sup>2</sup>№8 орта мектеп, Тараз қ., Қазақстан**ИНЕРЦИЯЛЫҚ ТОҚПАҚТЫҢ ЭНЕРГИЯ ШЫҒЫНЫН АЗАЙТУ**

Сұйықтың көмегімен жұмыс жасайтын инерциялық тоқпақ құру әдістемесі ұсынылды.

**Түйін сөздер:** тоқпақ, масса, соққыш, инерция, қорап, күш.

Биіктен құлайтын массаның инерциялық энергиясы металды соғып өңдейтін тоқпақтарда пайдаланылады. Сондықтан, құлайтын массаның шамасы инерциялық тоқпақтардың негізгі сипаттамасы болады. Машина жасау өндірістерінде құлайтын массасы 100 кг-нан 16 т дейін жететін инерциялық тоқпақтар кездеседі [1, 2].

Инерциялық тоқпақтың жалпыланған құрамдық сұлбасы 1-суретте көрсетілген. Ол төменгі (1) және жоғарғы (2) соққыштардан, шаботтан (3), құлайтын массадан (4), тіреуден (5) және жетектен (6) тұрады.



Сурет 1. Инерциялық тоқпақтың құрамдық сұлбасы

Төменгі соққыш (1) шаботтың (3) үстіне, ал жоғарғы соққыш (2) құлайтын массаның (4) төменгі бетіне орналасады. Шабот (3) пен тіреудің (5) өз іргетастары болады.

Жетек (6) тіреуге (5) орналасқан және арнайы тетіктің (7) көмегімен құлайтын массамен (4) қосылған. Құлайтын массаның (4) соғу энергиясының пайдаға асу шамасы шаботтың (3) массасына байланысты [4]. Сондықтан, инерциялық тоқпақтарда шаботтың массасы келесі шамада болады [1, 2]:

$$m_{ш} = (15 \div 30) \cdot m_6, \quad (1)$$

мұнда:  $m_{ш}$  – шаботтың массасы, кг;  $m_6$  – құлайтын масса, кг.

Инерциялық тоқпақтар қарапайым және қос әрекетті болып бөлінеді [1, 2]. Қарапайым әрекетті инерциялық тоқпақта құлайтын масса еркін құлайды. Қос әрекетті инерциялық тоқпақта құлайтын массаның құлау жылдамдығын қосымша күш түсіріп, өсіреді.

Инерциялық тоқпақтың жетегінің (6) атқаратын негізгі жұмысы – құлайтын массаны (4) төменгі құлап түскен орнынан жоғары орнына көтеру. Қос әрекетті тоқпақтарда жетек (6) негізгі жұмысынан бөлек, құлайтын массаның (4) құлауын тездету үшін қосымша күш түсіреді.

Қарапайым әрекетті инерциялық тоқпақта қуат құлайтын массаны жоғарғы орнына көтеруге жұмсалады

$$N_1 = \frac{m_6 \cdot g \cdot V}{\eta}, \quad (2)$$

мұнда:  $m_6$  – құлайтын масса, кг;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ауырлық күшінің үдеуі;  $V$  – құлайтын массаны көтеру жылдамдығы, м/с;  $\eta$  – тоқпақ жетегінің пайдалы әсер коэффициенті.

Қос әрекетті инерциялық тоқпақта қуат шығыны жоғары болады:

$$N_2 = N_1 + N_y, \quad (3)$$

мұнда:  $N_1$  – құлайтын массаны жоғарғы орнына көтеруге жұмсалатын қуат, Вт;  $N_y$  – құлайтын массаның құлау жылдамдығын өсіруге жұмсалатын қуат, Вт.

Жалпы инерциялық тоқпақтардың құлайтын массасы үлкейген сайын жетегінің қуаты жоғары болады. Мысалы,  $m_6 = 100 \text{ кг}$ ,  $V = 1 \text{ м/с}$ ,  $\eta = 0,80$  тоқпақтың жетегінің қуаты  $N_1 = 1,23 \text{ кВт}$  болса, ал  $m_6 = 1000 \text{ кг}$ ,  $V = 1 \text{ м/с}$ ,  $\eta = 0,80$  тоқпақтың жетегінің қуаты  $N_1 = 12,3 \text{ кВт}$  болады.

Инерциялық тоқпақты пайдаланудағы энергия шығынын азайту үшін оның жетегінің қуатын төмендету керек. Оның бір жолы құлайтын массаны көтеру жылдамдығын кішірейту. Алайда, бұл кезде тоқпақтың жұмыс өнімділігі төмендейді.

Жалпы, құлап соғу күшін беретін құрылымдардағы, соның ішінде инерциялық тоқпақтардағы, энергия шығынын азайту үшін, құлайтын массаны жоғарғы орнына көтеруге Архимед күшін пайдалану ұсынылды.

Архимед заңы бойынша сұйықтың ішіндегі денеге, шамасы дененің сұйық ішіндегі көлеміндей сұйықтың ауырлық күшіне тең, тік көтеру күші әсер етеді [3]:

$$F_B = \rho_{ж} \cdot V_{ж} \cdot g, \quad (4)$$

мұнда:  $F_B$  – сұйықтың денені көтеру күші (Архимед күші), Н;  $\rho_{ж}$  – сұйықтың тығыздығы,  $\text{кг/м}^3$ ;  $V_{ж}$  – дененің сұйық ішіндегі көлемі,  $\text{м}^3$ ;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ауырлық күшінің үдеуі.

Құлап соғу күшін беретін құрылымдарда құлайтын массаны аз көлеммен үлкен масса алу үшін тығыздығы үлкен материалдан жасайды. Мысалы, инерциялық тоқпақтарда құлайтын массаны болаттан немесе шойыннан жасайды.

Сондықтан, құлайтын массаның сұйықтық ішіндегі көлемі кіші болады да, сұйықтың оған түсіретін көтеру күші оны көтеруге жеткіліксіз келеді.

Осыған байланысты, құлайтын массаны көлемі үлкен қораптың ішіне орналастыру ұсынылды.

Құлайтын массаны сұйықпен көтеру үшін келесі мәселелерді шешу керек: қораптың геометриялық формасын таңдау және қораптың өлшемдік параметрлерін анықтау.

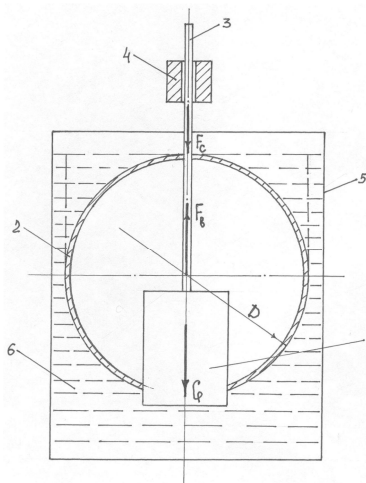
Қораптың формасын геометриялық фигуралардың келесі түрлерінен таңдаймыз:

- 1) Шар, көлемі -  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .
- 2) Цилиндр, көлемі -  $V = \pi R^2 \cdot h$ , егер  $h=R$  болса, онда  $V = \pi R^3$ .
- 3) Конус, көлемі -  $V = \frac{1}{3}\pi R^2 \cdot h$ , егер  $h=R$  болса, онда  $V = \frac{1}{3}\pi R^3$ .
- 4) Куб, көлемі -  $V = a^3$ , егер  $a=R$  болса, онда  $V = R^3$ .

Өлшемдік параметрлері бірдей геометриялық фигуралардың ішінен үлкен көлемді беретін шар екені жоғарыда келтірілген салыстырудан анықталды.

Сондықтан, құлайтын массаны қуыс шар формалы қораптың ішіне орналастырамыз. Сонда, сұйық құлайтын массаны шар формалы қорап арқылы көтеретін болады.

Құлайтын массаны көтеретін құрылымның ұсынылған сұлбасы 2-суретте көрсетілді. Ол құлайтын массадан (1), іші қуыс шар формалы қораптан (2), сырғымадан (3), бағыттаушыдан (4), ыдыстан (5) және сұйықтан (6) тұрады.



Сурет 2. Шар қорапты құлайтын масса сұлбасы

Ыдыстағы (5) сұйықты (6) төккенде, құлайтын масса (1) қораппен (2) және сырғымамен (3) бірге ыдыстың (5) түбіне құлап түседі. Ыдысқа (5) сұйықты (6) жібергенде, құлайтын масса (1) қораппен (2) және сырғымамен (3) бірге сұйықтың (6) күшімен жоғары көтеріледі. Сырғыма (3) мен бағыттаушы (4) құлайтын массаның (1) бір бағытта жылжуын қамтамасыз етеді.

Сұйықпен көтеру кезінде шар қорапқа түсетін күштер 2-суретте көрсетілді. Шар қорап Архимед күшімен көтерілу үшін келесі шарт орындалу керек

$$F_b \geq G + F_c, \quad (5)$$

мұнда:  $F_b$  – Архимед күші (сұйықтың көтеру күші), Н;  $G$  - көтерілетін құрылымның ауырлық күші, Н;  $F_c$  - сұйықтың шар қорапқа түсіретін қарсылық күші, Н.

Көтерілетін құрылымның ауырлық күші

$$G = g \cdot (m_b + m_k + m_n), \quad (6)$$

мұнда:  $m_b$  – құлайтын масса, кг;  $m_k$  - шар қораптың массасы, кг;  $m_n$  - сырғыма торабының массасы, кг.

Шар қорап ыдысқа жіберілген сұйықпен бірге көтерілгені оңтайлы болады. Себебі, шар қораптың қажетті диаметрі осы кезде кіші болады.

Егер, шар қораптың бір бөлігі сұйықтың деңгейінен жоғары тұратын болса, онда шар қораптың диаметрі қажетті шамадан үлкен болады.

Көтерілетін құрылым сұйық деңгейімен бірге көтерілетін жағдайда, шар қораптың орта шеңберінен жоғарыдағы сұйықтың ауырлық күші оның көтерілуіне қарсылық жасайды.

Шар қорапқа түсетін сұйықтық қарсылық күшін келесі формула бойынша есептеуге болады

$$F_c = (V_u - V_w) \cdot \rho_{ж} \cdot g, \quad (7)$$

мұнда:  $V_u$  – шар қораптың орта шеңберінен сұйықтың деңгейіне дейінгі цилиндрдің көлемі, м<sup>3</sup>;  $V_w$  – шар қораптың жартысының көлемі, м<sup>3</sup>;  $\rho_{ж}$  – сұйықтың тығыздығы, кг/м<sup>3</sup>;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  - ауырлық күшінің үдеуі.

Шар қораптың жоғарғы бөлігіндегі цилиндрдің көлемі

$$V_u = \pi R^2 \cdot h = \pi R^2 \cdot R = \frac{\pi}{8} \cdot D^3, \quad (8)$$

мұнда:  $h=R$  – цилиндрдің биіктігі;  $D=2R$  – цилиндрдің диаметрі.

Шар қораптың жартысының көлемі

$$V_w = 0,5 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = \frac{\pi}{12} \cdot D^3 \text{ м}^3. \quad (9)$$

Соңғы (8) және (9) теңдеулерді (7) формулаға қойып, қарсылық күшін табамыз

$$F_c = \left( \frac{\pi}{8} \cdot D^3 - \frac{\pi}{12} \cdot D^3 \right) \cdot \rho_{ж} \cdot g;$$

$$F_c = 0,131 \cdot \rho_{ж} \cdot D^3 \cdot g, \quad (10)$$

мұнда:  $D$  – шар қораптың диаметрі, м.

Шар қораптың сұйықпен көтерілу шартына (5) формуланы, (4), (6) және (10) теңдеулерді қойып, келесі формуланы аламыз:

$$\rho_{ж} \cdot V_{ж} \cdot g \geq (m_b + m_k + m_n) \cdot g + 0,131 \cdot \rho_{ж} \cdot D^3 \cdot g;$$

осыдан

$$V_{жс} = \frac{m_{\delta} + m_{\kappa} + m_n}{\rho_{жс}} + 0,131 \cdot D^3. \quad (11)$$

Шар қораптың көлемі Архимед күшін беретін сұйықтың көлеміне тең болады

$$V_{жс} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = \frac{4}{3} \pi \cdot \frac{D^3}{8} = 0,523 \cdot D^3; \quad V_{жс} = 0,523 \cdot D^3. \quad (12)$$

Соңғы формуланы (11) теңдеуге қоямыз

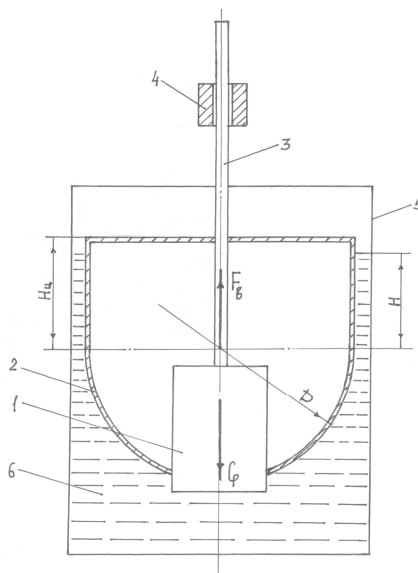
$$0,523 \cdot D^3 \geq \frac{m_{\delta} + m_{\kappa} + m_n}{\rho_{жс}} + 0,131 \cdot D^3.$$

Осы шарттан шар қораптың қажетті диаметрін анықтаймыз

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{m_{\delta} + m_{\kappa} + m_n}{0,392 \cdot \rho_{жс}}}. \quad (13)$$

Сұйықтың шар қорапқа түсіретін қарсылық күші ( $F_c$ ) қораптың диаметрін үлкейтуге әкеп соғады. Сондықтан, қорапқа қарсылық күшінің түспегені дұрыс. Ол үшін шар қораптың жоғарғы жартысын цилиндрмен ауыстырса, қораптың жоғарғы бетінде сұйық болмайды. Мұндай жағдайда қорап жарты шардан және цилиндрден құралады.

Сфера түпті цилиндр қораппен жабдықталған құлайтын массаны көтеретін құрылымның сұлбасы 3-суретте көрсетілді. Ол құлайтын массадан (1), қораптан (2), сырғымадан (3), бағыттаушыдан (4), ыдыстан (5) және сұйықтан (6) тұрады.



Сурет 3. Сфера түпті цилиндр қорапты құлайтын масса сұлбасы

Қораптың (2) құрылысы күрделі, екі бөліктен тұрады: сфера түптен және цилиндр мойыннан. Цилиндр мойынның жоғарғы беті сұйықтан аздап

шығып тұрады. Сондықтан, көтеру кезінде қорапқа сұйықтан қарсылық күші түспейді.

Сфера түпті цилиндр қорап құлайтын массаны Архимед күшімен көтеру үшін келесі шарт орындалу керек

$$F_g \geq G. \quad (14)$$

Сфера түпті цилиндр қораптың көлемі шар қораптың көлеміндей болса оңтайлы өлшемді болады  $V_u + 0,5 \cdot V_c = V_c$ ;

Осыдан  $V_u = 0,5 \cdot V_c$  м<sup>3</sup>, мұнда:  $V_u$  – қораптың цилиндр бөлігінің көлемі, м<sup>3</sup>;  $V_c$  – шар қораптың көлемі, м<sup>3</sup>.

Қораптың цилиндр бөлігінің биіктігін анықтаймыз:

$$\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H = 0,5 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{D^3}{8};$$

осыдан

$$H = \frac{1}{3} D, \quad (15)$$

мұнда:  $H$  – қораптың цилиндр бөлігінің сұйық ішіндегі биіктігі, м;  $D$  – цилиндрдің (сфераның) диаметрі, м.

Цилиндрдің жоғарғы ернеуі сұйық бетінен сәл шығып тұру үшін жалпы биіктігін үлкендеу аламыз

$$H_u = 1,1 \cdot H = 0,367 \cdot D. \quad (16)$$

Сфера түпті цилиндр қораптың сұйықтың ішіндегі көлемі

$$V_k = V_{жс} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{1}{3} \cdot D + \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot \frac{D^3}{8};$$

$$V_k = 0,523 \cdot D^3. \quad (17)$$

Сфера түпті цилиндр қорапты сұйықпен көтеру шартына (14-теңдеу) (4) және (6) формулаларды қоямыз:

$$\rho_{жс} \cdot V_{жс} \cdot g \geq (m_b + m_k + m_n) \cdot g;$$

осыдан

$$V_{жс} \geq \frac{m_b + m_k + m_n}{\rho_{жс}}.$$

Біғыстырылған сұйықтың көлемі қораптың көлеміне тең екенін ( $V_{жс} = V_k$ ) ескеріп, (17) формуланы соңғы теңдеуге қойып, қораптың диаметрін анықтаймыз

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{m_{\delta} + m_{\kappa} + m_n}{0,523 \cdot \rho_{ж}}} \quad (18)$$

Қорап пен сырғыманың массалары құлайтын массадан көп кіші болады. Осыны ескеріп, көтерілетін жалпы массаны жуықтап келесі шамада қабылдаймыз

$$m = m_{\delta} + m_{\kappa} + m_n = 1,1m_{\delta} \quad (19)$$

Сонда, шар ( $D_1$ ) және сфера түпті цилиндр ( $D_2$ ) қораптардың диаметрлері келесі формулалармен анықталады:

$$D_1 \geq \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot m_{\delta}}{0,392 \cdot \rho_{ж}}}; \quad (20)$$

$$D_2 \geq \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot m_{\delta}}{0,523 \cdot \rho_{ж}}} \quad (21)$$

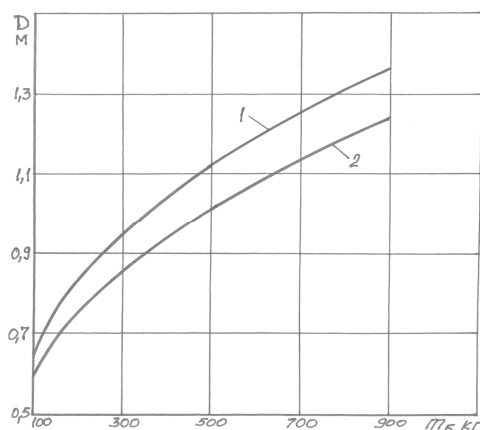
Қораптың диаметрі құлайтын массаның шамасына тәуелді болады.

Сумен көтерілетін шар және сфера түпті цилиндр қораптың құлайтын массаны көтеретін диаметрлерінің есептелген шамалары 1-кестеде келтірілді. Судың тығыздығы  $\rho_{ж}=1000 \text{ кг/м}^3$ .

Кесте 1

Қорап диаметрі					
$m_{\delta}$ , кг	100	300	500	700	900
$D_1$ , м	0,65	0,95	1,12	1,26	1,36
$D_2$ , м	0,59	0,86	1,02	1,13	1,24

Шар және сфера түпті цилиндр қораптардың диаметрлерінің құлайтын массаның шамасына тәуелді өзгеру графиктері 4-суретте келтірілді.



Сурет 4. Шар (1) және сфера түпті цилиндр (2) қораптардың диаметрлерінің құлайтын массаға тәуелді өзгеру графиктері



Құлайтын масса үлкейген сайын қораптың диаметрі қисық сызық заңдылықпен өседі. Құлайтын массаны көтеруге қажетті шар қораптың диаметрі сфера түпті цилиндр қораптың диаметрінен үлкен болады.

Ұсынылған әдістеме негізінде энергия шығыны болмайтын немесе аз болатын түрлі инерциялық тоқпақтар құруға болады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Суворов, И.К. Обработка металлов давлением [Текст] / И.К. Суворов. – М.: Высшая школа, 1980. – 364 с.
2. Сучков, О.К. Технология металлов и конструкционные материалы [Текст] / О.К. Сучков, [и др.]. – М.: Металлургия, 1974.
3. Гурский, И.П. Элементарная физика [Текст] / И.П. Гурский. – М.: Наука, 1976.
4. Бать, М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах [Текст] / М.И. Бать, [и др.]. – М.: Наука, 1972.

Материал редакцияға 05.04.16 түсті.

**Б.А. Қойайдаров<sup>1</sup>, А.А. Қойайдаров<sup>2</sup>, Е.А. Абдрахманов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

<sup>2</sup>Средняя школа №8, г. Тараз, Казахстан

#### СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ИНЕРЦИОННОГО МОЛОТА

Предложен инерционный молот, который работает при помощи жидкости и разработана методика его расчета.

**Ключевые слова:** молот, масса, боек, инерция, корпус, сила.

**В.А. Koyaydarov<sup>1</sup>, А.А. Koyaydarov<sup>2</sup>, Е.А. Abdrakhmanov<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>School No.8, Taraz, Kazakhstan

#### REDUCING ENERGY OF INERTIAL HAMMER

An inertial hammer, which works with fluid is proposed and the method of calculation is presented.

**Keywords:** hammer, weight, the firing pin, inertia, body, strength.

ӘОЖ 621.97

**Б.А. Қойайдаров<sup>1</sup>, А.А. Қойайдаров<sup>2</sup>, Е.А. Абдрахманов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент, <sup>2</sup>Оқушы, <sup>3</sup>Магистрант

<sup>1, 3</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан

<sup>2</sup>№8 орта мектеп, Тараз қ., Қазақстан

#### ИНЕРЦИЯЛЫҚ ТОҚПАҚТАҒЫ ҚҰЛАЙТЫН МАССАНЫҢ СОҚҚЫ ЖАСАУ ЖЫЛДАМДЫҒЫ

Инерциялық тоқпақтағы шар қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығының өзгеру заңдылығы анықталды.

**Түйін сөздер:** тоқпақ, масса, құлау, жылдамдық, ауа, кедергі, күш.

Инерциялық тоқпақтың соғу күші құлайтын массаның шамасы мен соққы жасау жылдамдығына тәуелді болады. Сондықтан, соғу күшін құлайтын массаны үлкейтіп немесе соққы жасау жылдамдығын өсіріп көтереді [1].

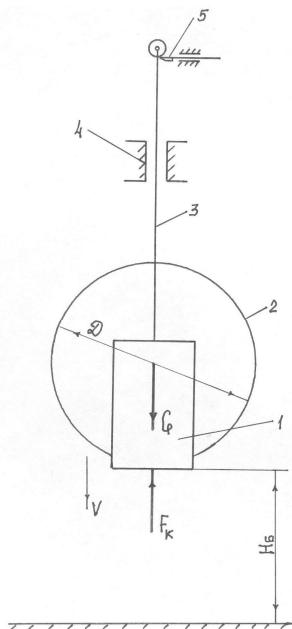
Құлайтын масса үлкейген сайын оны жоғары көтеруге жұмсалатын энергия шығыны артады. Соққы жасау жылдамдығын өсіру үшін құлайтын массаның құлау биіктігін үлкейту керек немесе құлаған массаға қосымша күш түсіру керек болады. Бұл екі әдіс те инерциялық тоқпақтың энергия шығынын арттырады.

Осыған байланысты, инерциялық тоқпақтың энергия шығынын азайтып тиімділігін көтеру үшін құлайтын массаны сұйықтың көмегімен көтеру әдісі ұсынылды [2].

Сұйықтың көмегімен жұмыс жасайтын инерциялық тоқпақта құлайтын масса шар немесе сфера түпті цилиндр қораптың ішіне орналасады [2]. Сондықтан, қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығы, ауа кедергісінің артуына байланысты, қорапсыз құлайтын массаның құлау жылдамдығынан басқаша болуы мүмкін.

Шар қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығын есептеу сұлбасы 1-суретте көрсетілді. Ол құлайтын массадан (1), шар қораптан (2), сырғымадан (3), бағыттаушыдан (4) және құлыптан (5) тұрады. Құлыпты (5) ашқанда құлайтын масса (1) қораппен (2) және сырғымамен (3) бірге бағыттаушының (4) бойымен төмен құлайды. Құлау кезінде осы құрылымға келесі күштер әсер етеді:

- $G$  – қораптан құлайтын массаның ауырлық күші.
- $F_k$  – ауаның шар қорапқа түсіретін қарсылық күші.



Сурет 1. Шар қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығын есептеу сұлбасы

Құлайтын құрылымның ауырлық күші

$$G = g \cdot (m_6 + m_k + m_n), \quad (1)$$

мұнда:  $m_6$  – құлайтын масса, кг;  $m_k$  – шар қораптың массасы, кг;  $m_n$  – сырғыма торабының массасы, кг;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ауырлық күшінің үдеуі.

Құлау кезінде шар қораптың бетіне түсетін желдің (ауаның) қуаты келесі формуламен анықталады [3]

$$N_g = 0,5 \cdot \rho \cdot V^3 \cdot S, \quad (2)$$

мұнда:  $\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$  – ауаның тығыздығы;  $V$  – ауаның жылдамдығы, шар қораптың жылдамдығына тең, м/с;  $S$  – жел (ауа) түсетін шар қораптың бетінің ауданы,  $\text{м}^2$ .

Шар қораптың бетіне түсетін ауаның кедергі күшінің қуаты

$$N_g = F_k \cdot V \quad (3)$$

Соңғы формуланы (2) теңдеуге қойып, шар қорапқа түсетін ауаның кедергі күшін табамыз:

$$F_k \cdot V = 0,5 \cdot \rho \cdot V^3 \cdot S;$$

осыдан

$$F_k = 0,5 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S. \quad (4)$$

Құлаған шар қораптың жел (ауа) түсетін беті, оның төменгі жартысының бетінің ауданына тең болады

$$S = 0,5 \cdot 4\pi R^2 = 2\pi \cdot \frac{D^2}{4} = \frac{\pi}{2} \cdot D^2; \quad S = 1,57 \cdot D^2, \quad (5)$$

мұнда:  $S$  – шар қораптың жел түсетін бетінің ауданы,  $\text{м}^2$ ;  $D$  – шар қораптың диаметрі, м.

Соңғы (5) формуланы (4) теңдеуге қойып ауаның кедергі күшінің келесі формуласын аламыз

$$F_k = 0,785 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot D^2. \quad (6)$$

Шар қорапты құлайтын массаның құлауының дифференциалды теңдеуі

$$m \cdot \frac{dV}{dt} = G - F_k = m \cdot g - F_k,$$

мұнда:  $m = m_6 + m_k + m_n$ , – құлайтын құрылымның массасы.

Ауаның кедергі күшінің ( $F_k$ ) формуласын қойып, дифференциалды теңдеуді келесі түрге келтіреміз:

$$m \cdot \frac{dV}{dt} = m \cdot g - 0,785 \cdot \rho \cdot V^2 \cdot D^2. \quad (7)$$

Осы теңдеудің екі жағын  $m$ -ге қысқартып және айнымалыларды бөліп келесі теңдеуді аламыз:

$$\frac{dV}{g - 0,785 \frac{\rho}{m} \cdot V^2 \cdot D^2} = dt. \quad (8)$$

Құлайтын құрылымның құлау жылдамдығы

$$V = \frac{dh}{dt};$$

осыдан

$$dt = \frac{dh}{V}.$$

Осы формуланы (8) теңдеуге қойып, екі жағын  $V$ -ға көбейтіп, келесі дифференциалды теңдеуді аламыз

$$\frac{V \cdot dV}{g - 0,785 \cdot \frac{\rho}{m} \cdot D^2 \cdot V^2} = dh. \quad (9)$$

Келесі белгілеуді кіргіземіз

$$K^2 = 0,785 \cdot \frac{\rho}{m} \cdot D^2. \quad (10)$$

Сонда, (9) дифференциалды теңдеу келесі түрге келеді

$$\frac{V \cdot dV}{g - K^2 \cdot V^2} = dh. \quad (11)$$

Бұл дифференциалды теңдеудің шешуі келесідей болады [4]

$$-\frac{1}{2K^2} \cdot \ln(g - K^2 \cdot V^2) = h + C. \quad (12)$$

Интегралдау тұрақтысы (C) бастапқы шарттан анықталады: құлайтын құрылым жоғарғы орнында,  $h=0$  болғанда, тыныш күйде болады,  $V=0$ .

Осыны ескеріп (12) теңдеуден интегралдау тұрақтысын анықтаймыз

$$C = -\frac{1}{2K^2} \cdot \ln g.$$

Интегралдау тұрақтысын (C) (12) теңдеуге қойып, құлайтын құрылымның құлау жолының теңдеуін аламыз:

$$h = \frac{1}{2K^2} \cdot [Lng - Ln(g - K^2 \cdot V^2)];$$

осыдан

$$h = \frac{1}{2K^2} \cdot Ln \frac{g}{g - K^2 \cdot V^2}. \quad (13)$$

Шар қорапты құлайтын массаның құлау жолындағы жылдамдығын (13) теңдеуден табуға болады. Ол үшін келесі түрлендіруді орындаймыз:

$$Ln \frac{g}{g - K^2 \cdot V^2} = 2K^2 \cdot h;$$

$$\frac{g}{g - K^2 \cdot V^2} = e^{2K^2 h};$$

$$g \cdot e^{-2K^2 h} = g - K^2 \cdot V^2;$$

$$K^2 \cdot V^2 = g(1 - e^{-2K^2 h}).$$

Соңғы формуладан шар қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығын табамыз

$$V = \sqrt{\frac{g}{K^2} (1 - e^{-2K^2 h})}, \quad (14)$$

мұнда h – шар қорапты құлайтын массаның тік бағыттағы құлау жолы, м.

Осы формулаға (10) теңдеуді қойып, шар қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығының теңдеуін аламыз

$$V = \sqrt{\frac{g \cdot m}{0,785 \cdot \rho \cdot D^2} \cdot (1 - e^{-1,57 \cdot \frac{\rho}{m} \cdot D^2 \cdot h})}. \quad (15)$$

Шар қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығы (V) құлайтын құрылымның жалпы массасына (m), шар қораптың диаметріне (D) және құлау жолына (h) тәуелді болатыны анықталды.

Құлайтын массаның құлау жолы (h) соққы жасайтын биіктікке (H<sub>6</sub>) жеткен кездегі жылдамдығы (V<sub>y</sub>) соққы жасау жылдамдығы болады

$$V_y = \sqrt{\frac{g \cdot m}{0,785 \cdot \rho \cdot D^2} \cdot (1 - e^{-1,57 \cdot \frac{\rho}{m} \cdot D^2 \cdot H_6})}. \quad (16)$$

Сұйықтың көмегімен жұмыс жасайтын инерциялық тоқпақтағы құлайтын массаның шар қорабының диаметрі құлайтын массаның шамасына тәуелді болады [2]

$$D = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot m_{\sigma}}{0,392 \cdot \rho_{ж}}}, \quad (17)$$

мұнда:  $m_{\sigma}$  – құлайтын масса, кг;  $\rho_{ж}$  – шар қорапты құлайтын массаны көтеретін сұйықтың тығыздығы, кг/м<sup>3</sup>.

Шар қорапты құлайтын құрылымның жалпы массасы [2]

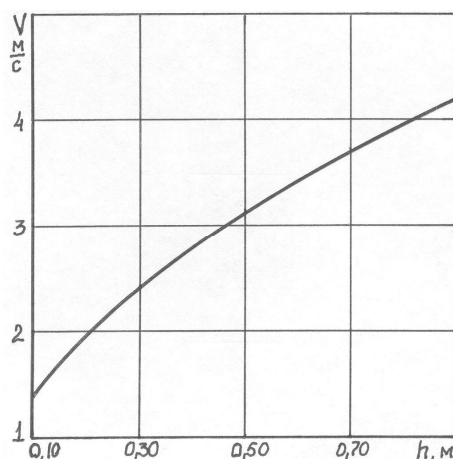
$$m = 1,1 \cdot m_{\sigma}. \quad (18)$$

Сумен жоғарғы орнына көтерілетін шар қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығының ( $V$ ) құлау жолындағы ( $h$ ) шамалары, (15) теңдеумен есептелген және 1-кестеде келтірілді. Құлайтын масса  $m_{\sigma}=100$  кг, судың тығыздығы  $\rho_{ж}=1000$  кг/м<sup>3</sup>, шар қораптың диаметрі (17) формуламен есептелген,  $D=0,65$  м.

Кесте 1

Құлау жылдамдығы					
$h, \text{ м}$	0,10	0,30	0,50	0,70	0,90
$V, \text{ м/с}$	1,40	2,43	3,14	3,71	4,21

Шар қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығының құлау жолындағы өзгеру графигі 2-суретте келтірілді.



Сурет 2. Шар қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығының графигі

Құлау жолында шар қорапты құлайтын массаның құлау жылдамдығы қисық сызықты заңдылықпен бәсеңдеп өседі.

Құлайтын массаның соққы жасау жылдамдығы оның жоғарғы орнынан пуансонға дейінгі биіктікке байланысты болады.

Құрылған есептеу әдістемесі инерциялық тоқпақты қажетті соққы жасау жылдамдығына құрамдауға және реттеуге мүмкіндік жасайды.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Суворов, И.К. Обработка металлов давлением [Текст] / И.К. Суворов. – М.: Высшая школа, 1980.
2. Қойайдаров, Б.А. Инерциялық тоқпақтың тиімділігін көтеру [Мәтін] / Б.А. Қойайдаров, А.А. Қойайдаров, Е.А. Абдрахманов // Механика және технологиялар. – 2016. – №3. – С. 16-23.
3. Шефтер, Я.И. Использование энергии ветра [Текст] / Я.И. Шефтер. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Бать, М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах [Текст] / М.И. Бать, [и др.]. – М.: Наука, 1972.

Материал редакцияға 05.04.16 түсті.

**Б.А. Қойайдаров<sup>1</sup>, А.А. Қойайдаров<sup>2</sup>, Е.А. Абдрахманов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

<sup>2</sup>Средняя школа №8, г. Тараз, Казахстан

**СКОРОСТЬ В НАЧАЛЕ УДАРА ПАДАЮЩЕЙ МАССЫ  
ИНЕРЦИОННОГО МОЛОТА**

Установлена закономерность изменения скорости падения сферической падающей массы инерционного молота.

**Ключевые слова:** молот, масса, падение, скорость, воздух, сопротивление, сила.

**В.А. Koyaydarov<sup>1</sup>, А.А. Koyaydarov<sup>2</sup>, Е.А. Abdrakhmanov<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>School No.8, Taraz, Kazakhstan

**SPEED AT THE BEGINNING OF FALLING MASS BLOWS  
OF INERTIA HAMMER**

The regularities of changes the fall speed of the falling spherical mass of the inertial hammer is identified.

**Keywords:** hammer, weight, drop, speed, air, resistance, force.

ӘОЖ 621.97

**Б.А. Қойайдаров<sup>1</sup>, А.А. Қойайдаров<sup>2</sup>, Е.А. Абдрахманов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент, <sup>2</sup>Оқушы, <sup>3</sup>Магистрант

<sup>1, 3</sup>М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан

<sup>2</sup>№8 орта мектеп, Тараз қ., Қазақстан

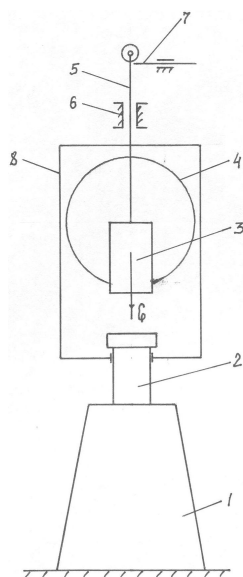
**ИНЕРЦИЯЛЫҚ ТОҚПАҚТАҒЫ ҚҰЛАЙТЫН МАССАНЫҢ  
ҰРУ КҮШІ**

Шар қорапты құлайтын құрылымды инерциялық тоқпақтың ұру күшін есептеу әдістемесі құрылды.

**Түйін сөздер:** инерция, тоқпақ, масса, шар, қорап, ұру, деформация, энергия, күш.

Машина жасау өндірістерінде инерциялық тоқпақ металды соғып өңдеуге пайдаланылады. Технологиялық күш биіктіктен құлайтын массаның ұру күші болады [1].

Құлайтын массаны жоғарғы орнына көтеруге жұмсалатын энергия шығынын азайту мақсатымен сұйықтың көмегімен жұмыс жасайтын инерциялық тоқпақ ұсынылды (1-сурет) [2]. Ол шаботтан (1), пуансоннан (2), құлайтын массадан (3), шар қораптан (4), сырғымадан (5), бағыттаушыдан (6), құлыптан (7) және ыдыстан (8) тұрады. Төменгі соққыш шаботтың (1) үстіне, ал жоғарғы соққыш пуансонның (2) төменгі түп бетіне орналасады (суретте көрсетілмеген). Құлайтын масса (3) шар қораптың (4) ішіне орналасқан және ыдыстың (8) ішіне жіберілетін сұйықтың көмегімен жоғарғы орнына көтеріледі.



Сурет 1. Шар қорапты құлайтын құрылымды инерциялық тоқпақ сұлбасы

Шар қораптағы (4) құлайтын массаның (3) ұру жылдамдығында, қорапсыз құлайтын массамен салыстырғанда, өзгеріс болатындықтан оның ұру күші де басқаша болуы мүмкін. Оны анықтау үшін шар қорапты құлайтын массаның ұру күшін есептеу әдістемесін құру керек.

Классикалық механикада екі қатты дененің соқтығысып ұрылуының үш түрі қарастырылады: абсолютті серпімді ұрылу; серпімді ұрылу; серпімді емес (серпімсіз) ұрылу [3].

Абсолютті серпімді ұрылудан кейін соқтығысқан денелер бастапқы деформацияланбаған қалпына толық қайтады, ал серпімді ұрылудан кейін денелер алған деформацияларының тек бір бөлігін жояды. Серпімді емес ұрылудан кейін денелердің деформациялары толық қалады да олар бастапқы деформацияланбаған қалпына қайтпайды.

Инерциялық тоқпақта металды соғып өңдеудегі ұруды серпімді емес ұрылуға жатқызуға болады. Себебі, металды соғып өңдеудің мақсаты оған пластикалық деформация беру болып табылады [1].

Шар қорапты құлайтын масса (3) биіктіктен құлап, шаботтың (1) үстінде тұрған пуансонды (2) ұрғанда, абсолютті серпімді ұрылу үрдісі



жүрегін болу керек. Осылай болу үшін, құлайтын масса мен пуансонның өлшемдік параметрлері, олар ұру күшінің әрекетінен пластикалық деформация алмайтындай болады.

Құлайтын масса мен шабот үстінде тыныш тұрған пуансон соқтығысқанда, тоқпақтың ұру күші үлкен шамасына жетеді. Сол себепті, инерциялық тоқпақтың осы ұру үрдісі қарастырылды.

Соқтығысқан екі қатты дененің ортақ жылдамдығы (деформациялану үрдісі кезінде) келесі формуламен анықталады [3]

$$U = \frac{m_1 \cdot V_1 + m_2 \cdot V_2}{m_1 + m_2}, \quad (1)$$

мұнда:  $U$  – соқтығысқан қатты денелердің ортақ жылдамдығы;  $V_1$   $V_2$  – денелердің ұрылу алдындағы жылдамдықтары;  $m_1$   $m_2$  – соқтығысқан қатты денелердің массалары.

Инерциялық тоқпақта ұрылатын дене пуансон. Ол ұрылу алдында шаботтың үстіне орналасқан. Сондықтан, құлайтын массамен жылдамдықсыз соқтығысады

$$V_2=0.$$

Осыны ескерсек, (1) теңдеу келесі түрде жазылады

$$U = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot V_1. \quad (2)$$

Металды соғып өңдейтін инерциялық тоқпақтарда шаботтың массасы ( $m_2$ ) құлайтын массадан ( $m_1$ ) үлкен болады [1, 3]

$$m_2 = i \cdot m_1, \quad (3)$$

мұнда:  $i > 1$  – шаботтың массасы мен құлайтын массаның қатынасы (пропорционалдық коэффициент).

Соңғы (3) теңдеуді (2) формулаға қойып келесі теңдеуді аламыз:

$$U = \frac{m_1}{m_1 + i \cdot m_1} \cdot V_1; \quad U = \frac{V_1}{1 + i}. \quad (4)$$

Ұрудың лездік күшінің импульсі [3]:

$$m_1 \cdot u - m_1 \cdot V_1 = -S;$$

$$m_1 \cdot \left( \frac{V_1}{1 + i} - V_1 \right) = -S;$$

$$-m_1 \cdot V_1 \cdot \frac{i}{1 + i} = -S;$$

$$S = m_1 \cdot \frac{V_1 \cdot i}{1 + i}. \quad (5)$$

Ұру уақытындағы лездік күштің импульсі

$$S = F_y \cdot t_y, \quad (6)$$

мұнда:  $F_y$  – ұру күші;  $t_y$  – ұру уақыты.

Соңғы (6) теңдеуді (5) формулаға қойып ұру күшін анықтаймыз

$$F_y = \frac{m_1}{t_y} \cdot \frac{V_1 \cdot i}{1+i}, \quad (7)$$

мұнда:  $m_1 = 1,1 m_6$  – инерциялық тоқпақтағы құлайтын құрылымның массасы, кг [1];  $V_1 = V_y$  – құлайтын құрылымның ұру алдындағы жылдамдығы, м/с [4].

Шар қорапты құлайтын құрылымның массасының формуласын (7) теңдеуге қойып келесі формуланы аламыз

$$F_y = \frac{1,1 \cdot m_6}{t_y} \cdot \frac{V_y \cdot i}{1+i}. \quad (8)$$

Шар қорапты құлайтын құрылымды инерциялық тоқпақтың ұру күшіне әсер ететін факторларды (8) теңдеу айқындайды:

1) ұру күші ( $F_y$ ) құлайтын масса ( $m_6$ ) мен оның ұру алдындағы жылдамдығына ( $V_y$ ) тура пропорционал, өскен сайын күшейеді;

2) ұру уақытына ( $t_y$ ) ұру күші ( $F_y$ ) кері пропорционал, ұзарған сайын кішірейеді;

3) шабот пен құлайтын құрылымның массаларының қатынасы ( $i$ ) артқан сайын ұру күші ( $F_y$ ) үлкейеді.

Шар қорапты құлайтын массаның ұру алдындағы жылдамдығы келесі формуламен анықталады [4]

$$V_y = \sqrt{\frac{g \cdot m}{0,785 \cdot \rho \cdot D^2} \cdot (1 - e^{-1,57 \frac{\rho}{m} D^2 \cdot H_6})}, \quad (9)$$

мұнда:  $m = 1,1 \cdot m_6$  – шар қорапты құлайтын құрылымның жалпы массасы [2].

Ұру уақытын ( $t_y$ ) анықтау күрделі болғандықтан (8) теңдеумен шар қорапты құлайтын құрылымды инерциялық тоқпақтың ұру күшін жуықтап анықтауға болады.

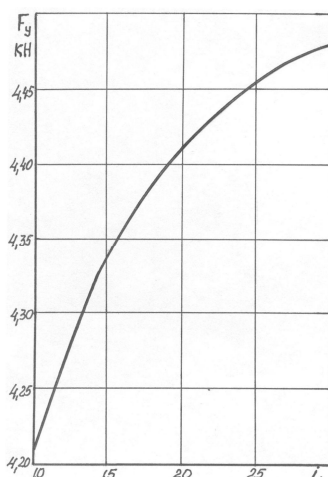
Шабот пен құлайтын құрылымның массаларының қатынасының ұру күшіне әсерін бағалау үшін (8) теңдеумен шар қорапты құлайтын құрылымды инерциялық тоқпақтың келесі параметрлері [2, 4] бойынша есептеулер жүргізілді:  $m_6 = 100$  кг;  $H_6 = 0,90$  м;  $D = 0,65$  м;  $t_y = 0,10$  с;  $V_y = 4,2$  м/с.

Есептеу нәтижесі 1-кестеде келтірілді

Кесте 1

Ұру күші					
$i = m_2/m_1$	10	15	20	25	30
$F_y, \text{Н}$	4210	4342	4411	4453	4482

Шар қорапты құлайтын құрылымды инерциялық тоқпақтың ұру күшінің шабот пен құлайтын құрылымның массаларының қатынасына тәуелді өзгеру графигі 2-суретте көрсетілді. Ұру күші ( $F_y$ ) қатынас ( $i$ ) шамасы өскен сайын қисық сызықты заңдылықпен аздап өседі. Қатынас  $i > 15$  асқанда ұру күшінің өсу қарқыны төмендей береді. Жалпы, шабот пен құлайтын құрылымның массаларының қатынасының инерциялық тоқпақтың ұру күшінің шамасына тигізетін әсері, басқа факторлармен салыстырғанда аз.



Сурет 2. Инерциялық тоқпақтың ұру күшінің шабот пен құлайтын құрылымның массаларының қатынасына тәуелді өзгеру графигі

Абсолютті серпімді ұрылуға энергияның сақталу заңын қолданып есептеу әдістемесі ұсынылған [5]. Осы әдістеме бойынша биіктіктен құлап ұрған дененің кинетикалық энергиясы ( $T$ ) түгелдей серпімді жүйенің деформациясының ( $\delta_\delta$ ) потенциалды энергиясына ( $\Pi_\delta$ ) ауысады

$$T = \Pi_\delta . \quad (10)$$

Шар қорапты құлайтын құрылымды инерциялық тоқпақта ұру күші шаботқа пуансон арқылы түседі. Серпімді пуансонның ұру күшінің әрекетінен болатын динамикалық деформациясы Гук заңы бойынша анықталады

$$\delta_\delta = \frac{F_y}{C} . \quad (11)$$

Пуансонның қаттылығын келесі формуламен анықтауға болады

$$C = \frac{G}{\delta_c} = \frac{m \cdot g}{\delta_c} , \quad (12)$$

мұнда:  $m$  – шар қорапты құлайтын құрылымның массасы, кг;  $g=9,81$  м/с<sup>2</sup> – ауырлық күшінің үдеуі;  $\delta_c$  – шар қорапты құлайтын құрылымның ауырлық күшінен болатын пуансонның статикалық деформациясы, м.

Пуансонның динамикалық деформациясының потенциалды энергиясы [5]

$$P_{\delta} = \frac{1}{2} F_y \cdot \delta_{\delta}. \quad (13)$$

Осы теңдеуге (11) және (12) формулаларды қойып келесі теңдеуді аламыз

$$P_{\delta} = \frac{m \cdot g}{2 \cdot \delta_c} \cdot \delta_{\delta}^2. \quad (14)$$

Шар қорапты құлайтын құрылым биіктіктен құлап, пуансонды деформациялап кинетикалық энергиясын өзгерту арқылы жұмыс жасайды

$$T = A_{\delta} = G \cdot (H_{\delta} + \delta_{\delta}) = m \cdot g(H_{\delta} + \delta_{\delta}). \quad (15)$$

Соңғы (15) және (14) теңдеулерді (10) формулаға қойып келесі теңдеуді аламыз:

$$m \cdot g(H_{\delta} + \delta_{\delta}) = \frac{m \cdot g}{2 \cdot \delta_c} \cdot \delta_{\delta}^2; \quad \delta_{\delta}^2 - 2 \cdot \delta_c \cdot \delta_{\delta} - 2H_{\delta} \cdot \delta_c = 0. \quad (16)$$

Осы теңдеуден, динамикалық деформацияның статикалық деформациядан үлкен болатынын ескеріп, келесі формуланы аламыз

$$\delta_{\delta} = \delta_c \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{2H_{\delta}}{\delta_c}} \right) = K_{\delta} \cdot \delta_c, \quad (17)$$

мұнда:  $H_{\delta}$  – шар қорапты құлайтын құрылымның құлау биіктігі, м;  $K_{\delta}$  – динамикалық коэффициент.

Шар қорапты құлайтын құрылымның құлап, пуансонды ұруының динамикалық коэффициенті келесі формуламен анықталады

$$K_{\delta} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H_{\delta}}{\delta_c}}. \quad (18)$$

Пуансонның құлайтын құрылымның ауырлық күшінен болатын статикалық деформациясы Гук заңы бойынша анықталады

$$\delta_c = \Delta L_n = \frac{m \cdot g \cdot L_n}{E \cdot S_n}, \quad (19)$$

мұнда:  $L_n$  – пуансонның ұзындығы, см;  $S_n$  – пуансонның көлденең қимасының ауданы, см<sup>2</sup>;  $E = 2 \cdot 10^6$  кг/см<sup>2</sup> – пуансон материалының серпімділік модулі (болаттан жасалады).

Құлайтын құрылымның ауырлық күші түскенде болатын пуансонның статикалық деформациясы:

$$1) \text{ Гук заңы бойынша } G = c \cdot \delta_c;$$

$$2) (17) \text{ теңдеу бойынша } \delta_c = \frac{\delta_\delta}{K_\delta}.$$

Статикалық деформацияның осы екі формулаларынан келесі теңдікті аламыз

$$K_\delta \cdot G = C \cdot \delta_\delta = F_y.$$

Осы теңдіктен шар қорапты құлайтын құрылымның құлап шабот үстінде тұрған пуансонды ұру күшінің формуласы алынды

$$F_y = K_\delta \cdot G = K_\delta \cdot m \cdot g. \quad (20)$$

Пуансон серпімді шекте жұмыс жасау үшін келесі шарт орындалу керек

$$\frac{F_y}{S_n} < \sigma_T, \quad (21)$$

мұнда:  $\sigma_T$  – пуансон материалының ағу шегі.

Пуансонның өлшемдік параметрлері ( $L_n$ ,  $S_n$ ) инерциялық тоқпақты құрамдау шартынан анықталады.

Классикалық механиканың әдісіне негізделген есептеу әдістемесін инерциялық тоқпақтың ұру күшінің импульсін анықтауға пайдалануға болады.

Энергияның сақталу заңына негізделген жоғарыда құрылған есептеу әдістемесі инерциялық тоқпақтың ұру күшінің үлкен шамасын жуықтап анықтауға мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Суворов, И.К. Обработка металлов давлением [Текст] / И.К. Суворов. – М.: Высшая школа, 1980.
2. Қойайдаров, Б.А. Инерциялық тоқпақтың тиімділігін көтеру [Мәтін] / Б.А. Қойайдаров, А.А. Қойайдаров, Е.А. Абдрахманов // Механика және технологиялар. – 2016. – №3. – С. 16-23.
3. Бать, М.И. Теоретическая механика в примерах и задачах [Текст] / М.И. Бать, [и др.]. – М.: Наука, 1972.
4. Қойайдаров, Б.А. Инерциялық тоқпақтағы құлайтын массаның соққы жасау жылдамдығы. [Мәтін] / Б.А. Қойайдаров, А.А. Қойайдаров, Е.А. Абдрахманов // Механика және технологиялар. – 2016. – №3. – С. 23-29.
5. Беляев, Н.М. Сопротивление материалов [Текст] / Н.М. Беляев. – М.: Наука, 1965.

Материал редакцияға 05.04.16 түсті.

**Б.А. Қойайдаров<sup>1</sup>, А.А. Қойайдаров<sup>2</sup>, Е.А. Абдрахманов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

<sup>2</sup>Средняя школа №8, г. Тараз, Казахстан

## СИЛА УДАРА ПАДАЮЩЕЙ МАССЫ ИНЕРЦИОННОГО МОЛОТА

Разработана методика расчета силы удара падающей массы, расположенной в сферическом корпусе, при работе инерционного молота.

**Ключевые слова:** инерция, молот, масса, шар, корпус, удар, деформация, энергия, сила.

**В.А. Койыдаров<sup>1</sup>, А.А. Койыдаров<sup>2</sup>, Е.А. Abdrakhmanov<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>School No.8, Taraz, Kazakhstan

## SHOT POWER OF FALLING MASS OF INERTIA HAMMER

A method of calculating the force of impact of falling mass, located in a spherical body, with the inertia of the hammer is developed.

**Keywords:** inertia, hammer, weight, ball, body, shot, deformation, energy, power.

УДК 677.021.122.26

**К.Т. Шеров<sup>1</sup>, М.М. Мусаев<sup>2</sup>**

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

Карагандинский государственный технический университет,  
г. Караганда, Республика Казахстан

Электронная почта: <sup>1</sup>shkt1965@mail.ru, <sup>2</sup>medghat@gmail.com

## РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА УСАДКИ СТРУЖКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ 30ХГСА ФРЕЗОТОЧЕНИЕМ

В статье приводятся результаты исследования ресурсосберегающего комплексного способа обработки деталей тел вращения фрезоточением. Выполнен расчет коэффициента усадки стружки при обработке стали 30ХГСА фрезоточением. Значение коэффициента усадки стружки при обработке стали 30ХГСА составляет в пределах от 0,02 до 0,1. Результаты экспериментальных исследований показали, что увеличение значения скорости подачи приводит к снижению усадки стружки. Предполагается также, что благодаря появлению текущего слоя имеет место скольжение стружки по отношению к текущему застойному слою, который предохраняет поверхность фрикционной фрезы от износа.

**Ключевые слова:** коэффициент усадки, фрезоточение, усадка стружки, обработка стали, текущий слой, пластическая деформация.

**Состояние проблемы и актуальность исследования.** В современном машиностроительном производстве Республики Казахстан, особенно в горно-металлургическом комплексе, все большее применение находят коррозионно-стойкие и жаропрочные стали и сплавы. Они относятся к числу труднообрабатываемых и характеризуются низкой обрабатываемостью резанием.

Получение качественных поверхностей в деталях из таких материалов сопряжено со значительными трудностями, вызванными интенсивными вибрациями упругой технологической системы, быстрыми преждевременными износами режущего инструмента и т.п. Все это предопределяет низкие: производительность и точность обработки, качество обработанной поверхности, стойкость инструмента и эксплуатационные характеристики изделий.

Решение данной проблемы диктует необходимость разработки более технологичных, ресурсосберегающих способов механической обработки резанием. Одним из таких способов является комплексный способ обработки фрезоточением.

Точение фрезой, называемое также фрезоточением или токарным фрезерованием, является процессом механической обработки вращающейся заготовки фрезой. Комбинация точения и фрезерования может оказаться очень выигрышной, правда, по-настоящему преимущества такого сочетания раскрылись относительно недавно благодаря многофункциональным станкам.

Многие годы развитие металлорежущего оборудования шло достаточно традиционно, когда совершенствование определенной группы станков (токарной, фрезерной, сверлильной и др.) происходило по собственному пути. Даже массовое внедрение технологии числового программного управления (ЧПУ) не привело к кардинальному изменению данного подхода. И если в обрабатывающих центрах успешно объединено резание вращающимся инструментом (сверлильно-фрезерная обработка), то эволюция токарных станков с ЧПУ все еще характеризуется приверженностью к прежним канонам. Тем не менее, поиски новых решений для повышения производительности и стремление предельно сократить потери времени на переустановку заготовки принесли в токарный станок с ЧПУ инструментальную головку с собственным приводом, а результатом нововведения стали многофункциональные станки, в которых, кроме собственно точения, осуществима и фрезерная обработка.

Таким образом, появилась принципиальная возможность изготовления детали на одном станке (и даже за одну установку), а перед фрезоточением открылись совершенно иные перспективы.

Разработка и внедрение ресурсосберегающего комбинированного способа обработки фрезоточением в условиях машиностроительных предприятий РК, где основная часть металлорежущего парка состоит из универсальных станков является актуальной задачей.

**Методика и оборудование для проведения исследования.** Методика исследования основывается на теории и положения таких наук, как технология машиностроения, теория резания металлов, технология металлов, материаловедение и т.д.

На кафедре «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» выполняется грантовая тема: «Разработка конструкций специального станка, позволяющего подачу импульсного охлаждения и замену режущего инструмента из твердого сплава на инструмент из конструкционной стали при термофрикционной резке металлических заготовок» (договора №723 от 12.02.2015 г. и №336 от 13.05.2016 г.).

В рамках выполнения данной темы была проведена серия экспериментальных опытов по исследованию комбинированного способа фрезоточения с использованием специального режущего инструмента – фрикционной фрезы. Одним из основных отличий разрабатываемого способа является использование специальной фрикционной фрезы из неинструментального материала, взамен стандартных фрез.

Экспериментальные опыты проводились на специальной установке, смонтированной на токарном станке (в экспериментах участвовали Ракишев А.К. и Жанузаков С.Ж.) [1]. На рисунке 1 показана специальная экспериментальная установка, смонтированная на токарном станке.

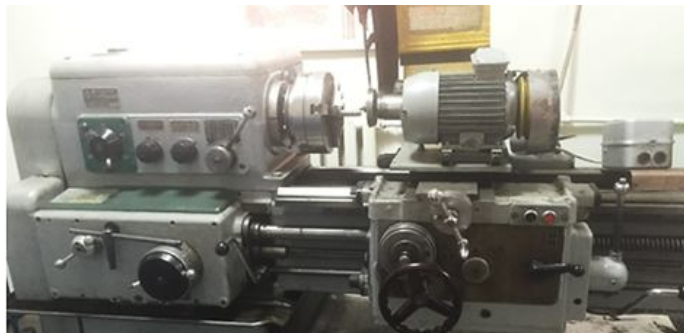


Рис. 1. Специальная экспериментальная установка, смонтированная на токарном станке

Для обработки были подготовлены образцы (круглый прокат) из материала сталь 30ХГСА. Фрикционная фреза была изготовлена из стали HARDOX 400.

На рисунке 2 показаны образец из стали 30ХГСА и фрикционная фреза, изготовленная из стали HARDOX 400.



Рис. 2. Образец из стали 30ХГСА (а) и фрикционная фреза, изготовленная из стали HARDOX 400 (б)

**Экспериментальное исследование и обсуждения.** В процессе выполнения экспериментального исследования, специальной фрикционной фрезе сообщается вращательное движение и движение подачи, при этом заготовка неподвижна.

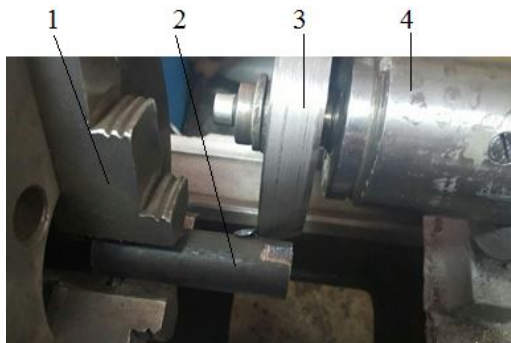
На рисунке 3 показан процесс обработки стали 30ХГСА.

На рисунке 4 показаны виды стружек при обработке стали 30ХГСА при различных подачах инструмента.

При обработке стали 30ХГСА образовалась сливная стружка скалывания (см. рис. 4). Поверхность стружки, соприкасающаяся с режущей гранью инструмента, получилась гладкой, а противоположная сторона – шероховатой. После завершения опытов, при осмотре режущей части фрикционной фрезы, не наблюдалось признаков износа, царапин, наличие пригоревших участков и прилипание окалины. Это можно объяснить тем, что при достижении высоких температур ( $\theta > 600^\circ$ ) слой стружки размягчается, становится весьма пластичным и обретает некоторую подвижность. Появляется, так называемый, текущий слой [2] и можно предполагать, что, благодаря чему имеет место скольжение стружки по отношению к текущему застойному слою, который предохраняет поверхность фрикционной фрезы от



износа. Можно прийти к заключению, что основным эффектом резания исследуемого способа является возникновение при определенных температурных условиях текущего слоя, находящегося в достаточно пластичном состоянии, возможно даже близком к состоянию плавления. Появление текущего слоя приводит к уменьшению трения на поверхности инструмент-заготовка, следовательно, к уменьшению износа и улучшению качества обработанной поверхности.



1 – трехкулачковый патрон; 2 – заготовка из стали 30ХГСА; 3 – фрикционная фреза из стали HARDOX 400; 4 – шпиндель специального устройства.

Рис. 3. Процесс обработки стали 30ХГСА



$S = 30 \div 100$  мм/мин;  $t = 1,5 \div 2,5$  мм;  $n_{шпн} = 2000$  об/мин;  $v_{и} = 250$  м/мин

Рис. 4. Виды стружек, полученные при обработке стали 30ХГСА на различных подачах

Некоторые научные выводы можно сделать на основании изучения сечения стружки в деформированном состоянии.

Степень пластического деформирования удаляемого при резании материала полностью характеризуется усадкой стружки, т.е. несоответствием длины стружки и пути резца. Стружка оказывается более короткой, но, сохраняя объем, делается большей по поперечному сечению за счет увеличения толщины. О величине усадки стружки судят по величине коэффициента усадки  $K_L$ .

Расчет коэффициента усадки стружки при обработке стали 30ХГСА проводим по формуле [3, 4].

$$K_L = \frac{G \cdot 10^3}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} \quad (1)$$

где:  $G$  – масса образца стружки мг;  $\rho$  – плотность обрабатываемого материала  $\text{г/см}^3$ ;  $L_c$  – длина образца стружки мм;  $S$  – подача мм/мин;  $t$  – глубина резания мм.

Стружка №1 (см. рис.4) –  $G = 380$  мг;  $\rho = 7,85$   $\text{г/см}^3$ ;  $L_c = 19$  мм;  $S = 100$  мм/мин;  $t = 1,5$  мм.

$$K_L = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{380}{19 \cdot 7,85 \cdot 100 \cdot 1,5} = 0,02.$$

Стружка №2 –  $G = 590$  мг;  $\rho = 7,85$   $\text{г/см}^3$ ;  $L_c = 23$  мм;  $S = 80$  мм/мин;  $t = 1,5$  мм.

$$K_L = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{590}{23 \cdot 7,85 \cdot 80 \cdot 1,5} = 0,03.$$

Стружка №3 –  $G = 775$  мг;  $\rho = 7,85$   $\text{г/см}^3$ ;  $L_c = 34$  мм;  $S = 60$  мм/мин;  $t = 1,5$  мм.

$$K_L = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{775}{34 \cdot 7,85 \cdot 60 \cdot 1,5} = 0,034.$$

Стружка №4 –  $G = 1173$  мг;  $\rho = 7,85$   $\text{г/см}^3$ ;  $L_c = 43$  мм;  $S = 45$  мм/мин;  $t = 1,5$  мм.

$$K_L = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{1173}{43 \cdot 7,85 \cdot 45 \cdot 1,5} = 0,05.$$

Стружка №5 –  $G = 1250$  мг;  $\rho = 7,85$   $\text{г/см}^3$ ;  $L_c = 38$  мм;  $S = 30$  мм/мин;  $t = 1,5$  мм.

$$K_L = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{1250}{38 \cdot 7,85 \cdot 30 \cdot 1,5} = 0,1.$$

По полученным данным построим график зависимости коэффициента усадки стружки  $K$  от скорости подачи  $S$  (рис. 5).

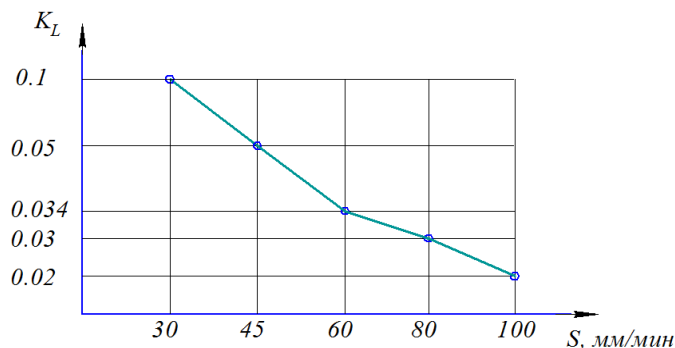


Рис. 5. Зависимость коэффициента усадки стружки  $K$  от скорости подачи  $S$  (глубина резания  $t=1,5$  мм)

Значение коэффициента усадки в пределах от 0,02 до 0,1. Чем больше коэффициент, тем более сложно протекает обработка, тем большая требуется работа по обеспечению среза стружки, т.е. усадка является универсальным показателем процесса резания. Усадка стружки незначительно уменьшается с увеличением скорости подачи. Так, для нашего случая увеличение значения скорости подачи приводит к снижению усадки стружки. Деформация по толщине стружки распределяется неравномерно. Нижние слои стружки больше деформированы, чем ее верхние слои. Поэтому усадка тонкой стружки больше усадки толстой стружки (см. рис. 4).

Усадка стружки является важным параметром, определяющим ход протекания процесса резания. Так, изменение усадки стружки влечет за собой изменение сил резания, качества обработанной поверхности, стойкости режущего инструмента и т.п. Коэффициент усадки стружки может в некоторой мере характеризовать величину пластической деформации. Однако, он не служит точной количественной характеристикой деформации. Количественно характеризовать пластическую деформацию может величина относительного сдвига, так как процесс резания является процессом последовательных сдвигов металла, превращаемого в стружку. Деформация по толщине стружки распределяется неравномерно. Нижние слои стружки больше деформированы, чем ее верхние слои. Поэтому усадка тонкой стружки больше усадки толстой стружки (см. рис. 4).

Также известно, что усадка стружки зависит и от материала, из которого сделана режущая часть инструмента. Например, резец с пластинкой твердого сплава ВК8 при обработке стальной детали иногда дает усадку стружки на 30% больше, чем резец с пластинкой твердого сплава Т30К4 [5]. Это явление можно объяснить только тем, что сила трения, как известно из физики, зависит от материала трущихся поверхностей. Сила трения стальной стружки о твердый сплав ВК8 больше, чем о твердый сплав Т30К4, поэтому и усадка стружки больше. Для получения подробной информации о влиянии режущего инструмента из материала HARDOX 400 на усадку стружки при обработке стали 30ХГСА необходимы дополнительные исследования.

#### **Выводы:**

1) Разработка ресурсосберегающего комбинированного способа обработки фрезоточением для условий машиностроительных предприятий РК, где основная часть металлорежущего парка состоит из универсальных станков, является актуальной задачей и использование специальной фрикционной фрезы из неинструментального материала представляет научный и практический интерес.

2) Можно предполагать, что благодаря появлению текущего слоя имеет место скольжение стружки по отношению к текущему застойному слою, который предохраняет поверхность фрикционной фрезы от износа.

3) Установлено, что увеличение значения скорости подачи приводит к снижению усадки стружки. Деформация по толщине стружки распределяется неравномерно. Нижние слои стружки больше деформированы, чем ее верхние слои. Значение коэффициента усадки составляет в пределах от 0,02 до 0,1. Чем больше коэффициент, тем более сложно протекает обработка, тем большая требуется работа по обеспечению среза стружки.

4) Известно, что усадка стружки зависит и от материала, из которого сделана режущая часть инструмента. Для получения более подробной информации о влиянии режущего инструмента из материала HARDOX 400 на

усадку стружки при обработке стали 30ХГСА необходимы дополнительные экспериментальные исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для резки деталей цилиндрической формы [Текст] / Шеров К.Т., Маздубай А.В., Шеров А.К., Ракишев А.К. и др. Инновационный патент №29110 РК на изобретение; 17.11.14, Бюл. №11.
2. Лоладзе, Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента [Текст] / Т.Н. Лоладзе. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
3. Ольштынский, П.В. Лабораторный практикум по дисциплине «Процессы формообразования и инструменты» [Текст]: учеб. пособ.; Часть 1. – Волгоград, 2006 – 80 с.
4. Насад, Т.Г. Экспериментальные исследования стружкообразования при обработке титанового сплава марки ВТ 1-0 методом высокоскоростного окружного фрезерования [Текст] / Т.Г. Насад, А.Н. Селиванов // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – №2 (56). – С.138-144.
5. Горелов, В.М. Образование металлической стружки [Текст] / В.М. Горелов. – М.: Машиностроение, 1982 – 40 с.

*Материал поступил в редакцию 29.06.16.*

**К.Т. Шеров, М.М. Мусаев**

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

#### **30ХГСА БОЛАТЫН ФРЕЗАЛАП ӨНДЕУ КЕЗІНДЕ ЖОҢҚАНЫҢ ШӨГУ КОЭФФИЦИЕНТІН ЕСЕПТЕУ**

Мақалада айналу денелері типтес тетіктерді фрезалап-өндеудің қиыстырылған ресурсүнемдеуші тәсілін зерттеу нәтижелері келтірілген. 30ХГСА болатын фрезалап-өндеу кезіндегі жоңқаның шөгу коэффициентін есептеу орындалған. 30ХГСА болатын фрезалап-өндеу кезіндегі жоңқаның шөгу коэффициентінің мәні 0,02-0,1 аралығында болды. Жүргізілген эксперимент нәтижелері беріс жылдамдығының шамасын арттыру жоңқаның шөгуінің азаюына алып келетінін көрсетті. Ағымдағы қабаттың пайда болуы жоңқаның оңай сырғып алынуына және үйкеліс жоңғыш беттерінің тозудан сақталуына септігін тигізеді деп болжам жасауға болады.

**Түйін сөздер:** шөгу коэффициенті, фрезалап-жону, жоңқаның шөгуі, болатты өндеу, ағымдағы қабат, пластикалық деформация.

**К.Т. Sherov, M.M. Mussayev**

*Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

#### **THE CALCULATION OF THE COEFFICIENT OF CHIP SHRINKAGE IN PROCESSING STEEL 30KHGSA BY TURN-MILLING**

The paper presents the results of studies of integrated conservation method for processing parts of bodies of rotation by turn-milling. The calculation of the coefficient of chip shrinkage in processing steel 30KhGSA by turn-milling. The

coefficient of shrinkage during processing chip 30KhGSA steel ranges from 0.02 to 0.1. The experimental results showed that the increase in value of the feed rate leads to lower chip shrinkage. It is also assumed that the chip slip occurs due to the appearance of this layer with respect to the current stagnant layer that protects the surface friction of cutter wear.

**Keywords:** shrink ratio, turn-milling, shrinkage of the chip, the processing of steel, the current layer, the plastic deformation.

## ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 622.363.1

Ә. Шолақ<sup>1</sup>, Ш. Мусрепбекова<sup>2</sup>, М. Жасарова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Техн. ғылымдарының канд., профессор, <sup>2</sup>Химия магистрі, оқытушы, <sup>3</sup>Студент  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан

### ЖЕРГІЛІКТІ ТАБИҒИ ТҰЗ ҚОРЛАРЫН ҰТЫМДЫ ПАЙДАЛАНУ ЖОЛДАРЫ

Мақалада Жамбыл облысындағы тұзды көлдердің тұздарын тиімді пайдалану мүмкіндігі ұсынылған.

**Түйін сөздер:** тұз пайдалану, натрий сульфаты, натрий триполифосфаты, Гиббс энергиясы.

Республиканың экономикалық және әлеуметтік жағдайының дамып қалыптасуына ғылым жетістіктерін қолдана отырып еліміздегі табиғи ресурстарды тиімді, кешенді пайдаланып жаңа өндіріс орындарын ұйымдастырудың маңызы өте зор.

Химиялық, металлургиялық, фармацевтикалық және т.б. өндірістерде көп мөлшерде қолданылатын каустикалық, кальцийленген содалар біздің елімізде өндірілмейді. Мысалы, Қазақстан Республикасы бойынша жылына 700 мың т кальцийленген сода, 100 млн. т каустикалық сода қажет. Қазіргі кезде бұл өнімдерді отандық өндірістер Ресейден, Украинадан қымбат бағаға сатып алады. Республикамызда қымбат бағаға сатып алатын кальцийленген сода халық шаруашылығында жуғыш зат ретінде, өндірісте кең қолданылатын натрий триполифосфатын өндіруге пайдаланылады [1].

Кальцийленген және каустикалық соданы құрамында натрий ионы бар заттардан алуға болады, олардың негізгілеріне натрий сульфаты және натрий хлориді жатады. Республика аймағында жүргізілген геологиялық зерттеудің мәліметтері бойынша құрамында натрий ионы бар тұздардың қоры өте көп мөлшерде бар екені анықталған: натрий хлоридінің қоры 1,4 млрд. т, натрий сульфатының қоры 100 млн. т. Бұл кальцийленген, каустикалық сода, натрий триполифосфатын өндіретін отандық өндірістерді ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Натрий триполифосфатын алуға қымбат кальцийленген соданың орнына натрий сульфатын қолдануға болады, бұл республиканың импорттық тауарға тәуелділігін азайтып өнімнің өзіндік бағасын төмендетеді.

Жамбыл облысында тұзды көлдер көп және оның негізгі құрамы галит-натрий хлориді. Натрий хлоридінен натрий сульфатын және тұз қышқылын алу технологиясы бұрыннан белгілі [2, 3] және жоғарғы температурада жүргізіледі. Осыған байланысты экономикалық тұрғыдан натрий сульфатын және тұз қышқылын табиғи шикізаттардан алудың жаңа технологиясын іздестіру шешілмеген проблемалардың біріне жатады.

Республикада кальцийленген соданы және натрий триполифосфатын өндіруге қажетті натрий сульфатына сұранысты қанағаттандыру үшін экологиялық таза, қалдықсыз технологияны жасаудың және жергілікті шикізаттарды ұтымды пайдаланудың экономикалық және экологиялық маңызы өте зор.

Геологиялық зерттеулердің мәліметтері бойынша Қазақстанда белгілі тұзды көлдер қатары 2500 бірлікке жетеді. Қызылорда қаласының бос экологиялық аймақ кеңесінің мәліметтері бойынша Арал көліндегі натрий сульфатының қоры 10 млн. т құрайды.

Ас және азықтық тұздардың маңызды қорлары Жамбыл және Оңтүстік Қазақстан облыстарында да орналасқан.

Геологиялық іздеу жұмыстарының мәліметтері бойынша Жамбыл және Оңтүстік Қазақстан облыстарында орналасқан 9 тұзды көлдер бар екені белгілі. Олардың ішінде Жамбыл облысындағы келесі көлдерді атауға болады: Майдегенкөл көлі, Қарақыр, Буранкөл көлі және Юнникөл көлдері. Бұл көлдер Шу өзені аймағындағы Сарысу ауданында орналасқан.

Майдегенкөл көлі Үлкен Қамқал көлінен 12 км оңтүстік-шығыста, «Қамқалы» совхозының орталық мекенінен 1,5 км оңтүстікте орналасқан. Жалпы көлемі: ауданы 350,4 га, пайдалы ауданның орташа қуаттылығы 1,39 м, жалпы қоры – 4898 мың т, құрамы, %: NaCl – 98,5, Ca – 0,5, Mg – 0,05, SO<sub>4</sub> – 2,1. Қалдық – 2,1. Тұздың сапасы жоғары болғандықтан қазіргі кезде жеке кәсіпкерлер ас тұзын өндіріп отыр.

Басқа көлдердегі тұздарға жүргізілген химиялық талдау олардың сапасының нашар екенін және олардың құрамында натрий хлоридімен қатар натрий сульфатының мөлшерінің жоғары екенін көрсетті.

Ұланбел-Жосалы жолынан 3,5 км қашықтықта Қарақыр көлі орналасқан. Пайдалы қалыңдық қуаты 2 м дейін жетеді. Галитті қабат астында мирабилит қабаты жатыр, орташа құрамы, %: NaCl – 26; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 34; KCl – 0,2-0,6; CaSO<sub>4</sub> – 6,5.

Ақкөл аулынан 26 км қашықтықта Ащыкөл кен орны бар. Қуаты – 2,4 м дейін. Галитті қабаттан төменде миробилит қабаты орналасқан. Құрамы: 50% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 26% MgSO<sub>4</sub>.

Байқадам ауылынан 30 км солтүстік-батыста орналасқан Қойбағар көлі белгілі. Қуаты – 3,5 м дейін жетеді. Галитті қабаттың төменінде мирабилит қабаты орналасқан, құрамында 50% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> бар.

Төменгі қабаты натрий сульфатынан, жоғарғы қабаты натрий хлоридінен тұратын көлдердегі тұз қоспаларын күкірт қышқылымен өңдеп натрий сульфатын алу экономикалық тұрғыдан тиімді болып табылады.

Натрий хлориді мен күкірт қышқылының әрекеттесуі төмендегі реакциялар теңдеулермен сипатталады:



Бірінші кезекте (1) теңдеу бойынша натрий гидросульфаты немесе (2) теңдеу бойынша бірден натрий сульфаты түзіліп жүретінін анықтау үшін термодинамикалық есептеулер жүргізілді. Химиялық реакциялардың жүруін

Гиббстің бос энергиясының өзгеруі сипаттайды. Оны төмендегі формуланы колдану арқылы есептейді:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

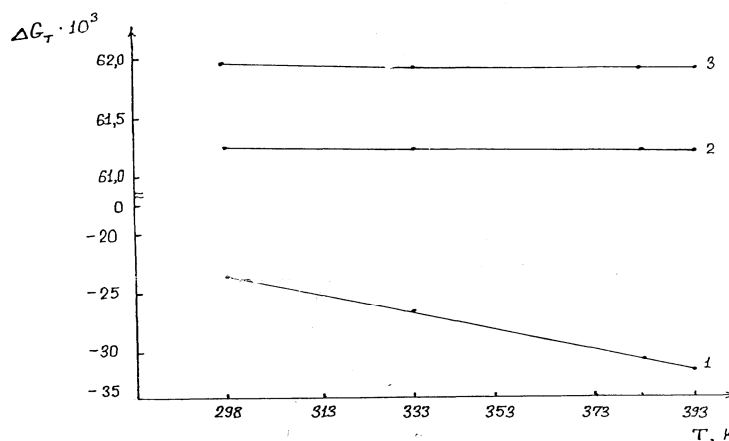
мұндағы:  $\Delta G^0$  – Гиббс энергиясының өзгеруі; кДж/моль;  $\Delta H^0$  – энтальпияның өзгеруі; кДж/моль;  $\Delta S^0$  – энтропияның өзгеруі; кДж/моль.

Гиббс энергиясының температураға байланысты өзгеруін есептегендегі мәліметтер 1-кестеде келтірілген және 1-суреттегі графикпен сипатталады.

Кесте 1

Гиббстің бос энергиясының температураға байланысты өзгеру үрдісі

Реакциялар	Температура, °C	$\Delta G_t^\circ$ , кДж/моль	lg K <sub>p</sub>
2	3	4	5
NaCl + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = NaHSO <sub>4</sub> + HCl	25	- 23876,46	4,1752
	60	- 25945,71	4,1858
	110	- 30911,91	4,2058
	120	- 31732,85	4,2076
2NaCl + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2HCl	25	61953,8	-9,8464
	60	61946,07	-8,8104
	110	61934,9	-7,6588
	120	67932,7	-7,4637
NaCl+NaHSO <sub>4</sub> → Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + HCl	25	61268,5	- 9,7375
	60	61263,7	- 8,7134
	110	61256,8	- 7,5750
	120	61255,4	- 7,3821



Сурет 1.  $\Delta G_t^\circ$  - дің температураға тәуелділік үрдісі

1-кестеде келтірілген, 1-суреттегі графикте көрсетілген мәліметтерден бірінші теңдеудегі реакцияда Гиббстің бос энергиясының өзгеруінің мәні  $\Delta G < 0$  екені көрінеді, яғни алғашында натрий хлориді мен күкірт қышқылының арасындағы реакция қышқылдық ортада натрий гидросульфатын түзу арқылы жүреді. Сонымен қатар температура артқан сайын Гиббстің бос энергиясының өзгеруінің мәні төмендейді, яғни реакция бағыты солдан оңға қарай ығысады.



Екінші және үшінші реакциялар теңдеу бойынша Гиббстің бос энергиясының өзгеруі  $\Delta G > 0$  болғандықтан бірден натрий сульфатының түзілуінің мүмкіндігі аз екенін көрсетеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Комплексная переработка минерального сырья Казахстана (состояние, проблемы, решения) [Текст]: монография в 10-ти томах / Под ред. Жарменова А.А. – Астана: Фолиант, 2003.
2. Валяшко, М.Г. Классификационные признаки соляных озер [Текст] / М.Г. Валяшко // Труды ВНИИГ. – 1972, вып. 23.

*Материал редакцияға 05.05.16 түсті.*

**А. Шолак, Ш. Мусрепбекова, М. Жасарова**

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

#### ПУТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ СОЛЕЙ

В статье приведены результаты исследования возможности эффективного использования солей соленых озер Жамбылской области.

**Ключевые слова:** использование соли, сульфат натрия, триполифосфат натрия, энергия Гиббса.

**A. Sholak, Sh. Musrepbekova, M. Jasarova**

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

#### WAYS OF RATIONAL USE OF LOCAL NATURAL SALTS RESERVES

The article presents research results of possibility of effective use of salts of saline lakes in the Zhambyl region.

**Keywords:** use salt, sodium sulfate, sodium tripolyphosphate, Gibbs energy.

УДК 661.632.71

**А. Шолак<sup>1</sup>, А. Иманмусаева<sup>2</sup>, А. Райкулова<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Студент, <sup>3</sup>Магистрант  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан.*

#### ПЕРЕРАБОТКА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАКА МЕТОДОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Представлена возможность получения марганцевого концентрата путем выщелачивания раствором хлористого кальция, из металлургических шлаков ферромарганцевого производства.

**Ключевые слова:** черная и цветная металлургия, шлак, ферросплав, выщелачивание.

Черная и цветная металлургия является одним из крупнотоннажных производителей отходов, в числе которых отходы добычи, обогащения рудного сырья и флюсовых материалов, шлаки, шламы, пыли и др. По экспертным оценкам удельный выход твердых, газообразных и жидких отходов на 1 т готовой продукции в целом по Казахстану составляют: вскрышные и вмещающие породы – 1500-2500 кг; шлаки – 500-1000 кг, шламы – 120-150 кг; сухая пыль – 80-120 кг; окалина – 30-40 кг, сточные воды – 250-300 м<sup>3</sup>, аспирационный воздух – 30-50 тыс. м<sup>3</sup>, горючие газы – 2000-2500 м<sup>3</sup> [1].

Проблема переработки отвальных шлаков и извлечения из них металлических компонентов с последующим использованием их в качестве вторичного сырья является одной из актуальных задач в металлургии. Эта проблема имеет несколько аспектов. Во-первых, металл, извлеченный из металлического шлака, значительно дешевле металла, извлеченного из руды в результате целого ряда технологических переделов. Во-вторых, после извлечения металлов из шлака последний может быть полезно утилизирован. Наконец, полезная переработка шлаковых отвалов дает возможность освободить территорию, занимаемую отвалами, или по крайней мере не расширять ее до неопределенных пределов, т.е. улучшает и экологическую обстановку в отвальной зоне и вокруг нее.

В настоящее время в Таразском металлургическом заводе (ТМЗ) ежегодно образуется около 200 тыс. т отходов, складирование которых приводит к отчуждению больших площадей сельскохозяйственных земель, создает угрозу их засоления, повышения степени минерализации подземных вод прилегающих территорий и ухудшения гидрохимического режима близ расположенных водоемов.

Повышение конкурентоспособности металлопродукции может быть обеспечено снижением расхода сырьевых ресурсов, используемых при ее производстве. Поэтому переработка и утилизация шлаков и отходов металлургического производства является актуальным и обязательным элементом безотходной технологии, так как способствует ресурсосбережению, а также снижению загрязнений водного и воздушного бассейнов.

Особый интерес для металлургии представляют шлаки ферросплавного производства, которые содержат значительное количество ценных компонентов, используемых для рафинирования и легирования железоуглеродистых расплавов. Анализ различных видов отходов производства ферросплавов показал, что достаточно ценным металлургическим сырьем могут быть шлаки и шламы производства марганцевых ферросплавов.

Наиболее ценным компонентом марганцевых отходов является марганец, широко используемый для раскисления и легирования чугуна и стали. Содержание марганца в этих отходах превышает 10%, и использование его при производстве ферросплавов в качестве марганецсодержащего сырья, а также других металлургических переделах будет способствовать значительному улучшению их технико-экономических показателей.

С целью ресурсосбережения и улучшения экологической обстановки, а также повышения эффективности переработки и утилизации ферросплавных

отходов были проанализированы технологические схемы, используемые в настоящее время для обогащения отходов и извлечения из них ценных металлургических составляющих. Способы пневматической и магнитной сепарации, применяемые для обогащения ферросплавных шлаков с целью их дальнейшего использования в шихте для производства ферросплавов, являются достаточно сложными с точки зрения технологии и используемого оборудования. Кроме того, силикомарганец и силикаты марганца не обладают магнитными свойствами, плотность силикатов марганца близка к плотности других составляющих шлака, поэтому извлечение их из шлаков с использованием традиционных технологий затруднено [2].

В настоящее время практически весь марганец, переходящий в шлак, теряется. Почти не используется и марганец из пыли и шламов от газоочистки. Между тем марганцу в шлаке почти не сопутствуют примеси, особенно примеси фосфора и цветных металлов. Известны многочисленные попытки использования марганца из отвальных шлаков, полученных при флюсовой плавке. Так, с целью уменьшения угара марганца эти шлаки вводили в шихту для плавки стали в мартеновских и электрических печах и кислородных конвертерах. Шлаки ферромарганца испытывались в шихте для производства офлюсованного агломерата. Пыли и шламы от газоочистки иногда вводятся в шихту для производства марганцевого агломерата. При этом экономится марганцевое сырье, но показатели производства, как правило, ухудшаются, растут затраты топлива, электроэнергии, увеличивается продолжительность плавки и т.п.

Для выбора метода переработки отвального шлака ТМЗ нами выполнен анализ химического состава отвального шлака. Результаты химического анализа приведены таблице 1.

Таблица 1.

Результаты химического анализа технологического шлака ТМЗ

Нумерация проб	Содержание, %						
	Mn	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Fe <sup>+3</sup>	P
1	14,27	46,73	8,76	19,17	2,47	2,37	0,10
2	13,71	47,65	9,21	19,65	2,36	2,54	0,12
3	14,43	46,23	8,33	18,68	2,87	2,21	0,08
Средний	14,14	46,87	8,76	19,16	2,56	2,37	0,10

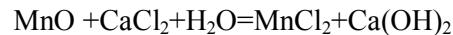
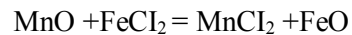
Как видно из приведенных данных содержание марганца в этих отходах превышает 10%, что свидетельствует о технико-экономической целесообразности переработки этого отхода на марганецсодержащий концентрат для получения соли марганца и металлического марганца.

Процесс получения ферромарганца высокотемпературный процесс, и по-видимому, марганец в шлаке находится в виде оксидов марганца. Одним из технологически доступных и экономичных методов переработки отхода является метод выщелачивания. В связи с этим нами в качестве выщелачивателя выбран раствор хлорида кальция.

Способ включает дробление, размол отходов, которые затем смешивают с водным раствором хлористого кальция в соотношении 1:(5-6). К полученной пульпе добавляют хлористое железо из расчета получения в растворе 2,6-4,8% FeCl<sub>2</sub>, нагревают до 220-240°C и при интенсивном перемешивании выдерживают 2-3 ч, после чего охлаждают до 80-100°C, отделяют от остатка и осаждают марганец известковым молоком. При

обработке раствора известковым молоком его перемешивают, а после отделения осадка его прокаливают в окислительной атмосфере при 330-350°C.

При обработке металлургического шлака хлористым кальцием с добавлением хлористого железа, по-видимому, идут следующие реакции:



Исследование влияния концентрации вводимого хлористого железа в соотношении Т:Ж показало, что при уменьшении концентрации  $\text{FeCl}_2$  менее чем 2,6%, уменьшается степень извлечения марганца из шлака, а при высокой концентрации более 4,8%, степень извлечения марганца и железа, соответственно, увеличивается. Это ухудшает качество получаемого концентрата. Оптимальными условиями процесса выщелачивания является: соотношение – Т:Ж=1:5, концентрация  $\text{FeCl}_2$  – 3-4%, температура выщелачивания – 230°C.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панфилов, М.И. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии [Текст] / М.И. Панфилов, Я.Ш. Школьник, Н.В. Орининский, В.А. Коломиец [и др.]. – М.: Металлургия, 1987. – 238 с.
2. Гагарина, Т.Б. Подготовка шлаков металлургического производства к переработке [Текст] / Т.Б. Гагарина, Н.В. Ксандров, П.П. Ким, А.А. Перегрутов // Современные проблемы науки и образования. - 2013. - №4.

*Материал поступил в редакция 05.05.16.*

**Ә. Шолақ, А. Иманмусаева, А. Райкулова**

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

#### МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ШЛАКТЫ ШАЙМАЛАУМЕН ҚАЙТА ӨНДЕУ

Ферромарганец өндірісінде түзілетін металлургиялық шлақты кальций хлориды ертіндісімен сілтілендіру арқылы марганецтің концентратын алу мүмкіндігін зерттеу нәтижелері келтірілген.

**Түйін сөздер:** қара және түсті металлургия, шлак, феррокорытпа, сілтілеу.

**A. Sholak, A. Imanmussaeva, A. Raikulova**

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

#### PROCESSING OF METALLURGICAL SLAG BY LEACHING

The possibility of obtaining manganese concentrate by leaching solution of calcium chloride the metallurgical slag generated in the ferromanganese production is considered.

**Keywords:** ferrous and nonferrous metallurgy, slag, ferro-alloys, leaching.

УДК 547.258.11.07

И.Г. Цой<sup>1</sup>, М.Р. Тухватулина<sup>2</sup><sup>1</sup>Канд. хим. наук, доцент, <sup>2</sup>Магистрант

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

<sup>2</sup>Электронная почта: minugul@list.ru**ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ПОДВИЖНОЙ ФАЗЫ И ПРИРОДЫ МЕТАЛЛА  
НА ХРОМАТОГРАФИЧЕСКУЮ ПОДВИЖНОСТЬ ХЕЛАТА**

В работе рассмотрены актуальные проблемы определения многокомпонентных смесей ионов тяжелых металлов. Для решения данной проблемы предложен метод нормально-фазной тонкослойной хроматографии металлов в виде хелатов с органическими лигандами. Рассмотрено влияние состава подвижной фазы на эффективность разделения.

**Ключевые слова:** определение многокомпонентных смесей ионов тяжелых металлов, метод нормально-фазной тонкослойной хроматографии металлов в виде хелатов с органическими лигандами, влияние состава подвижной фазы на эффективность разделения.

Для разделения и определения металлов методом жидкостной адсорбционной хроматографии (ЖАХ) весьма перспективны координационно-насыщенные хелаты, в образовании которых участвуют реагенты с низкой электроотрицательностью донорных атомов [1, 2]. Доминирующим типом адсорбционных взаимодействий таких комплексов на специфических сорбентах, используемых в ЖАХ, является образование водородных связей между донорными атомами лигандов и поверхностными гидроксильными группами. Атом металла непосредственно в адсорбции не участвует, но влияет на хроматографическое поведение комплексов, воздействуя на распределение электронной плотности в хелатном узле. В результате хроматографические свойства комплексов зависят и от природы центрального атома и от строения лиганды. Первое свойство определяет высокую селективность их разделения.

Хелаты такого типа образуются, в частности, из диалкилдитиофосфорных кислот. Эти реагенты широко применяют в неорганическом анализе, в том числе для потенциометрического [3], фотометрического [4], гравиметрического и титриметрического определения элементов [5]. Диалкилдитиофосфорные кислоты – это селективные экстрагенты [6, 7].

В связи с этим мы задались целью изучить хроматографическое поведение диалкилдитиофосфатов ряда металлов методом тонкослойной хроматографии, проследить влияние строения хелатообразующего реагента на хроматографические свойства комплексов, выбрать оптимальные из них для разделения и последующего определения металлов [8-10].

Диметил-, ди-*n*-пропил-, ди-*втор*-бутилдитиофосфаты и ди-*n*-пропил-, ди-*n*-бутил-дितिофосфинаты никеля, меди, свинца осаждали из водных растворов аммонийных солей соответствующих кислот при добавлении растворов солей металлов, взятых в избытке. Диэтилдитиофосфаты синтезировали из торгового диэтилдитиофосфата никеля методом обменной экстракции, используя избыток соли соответствующего металла в водной фазе. Диизобутил- и дициклогексилдितिофосфаты получали аналогично

дитиофосфинатом из водных растворов соответствующих кислот, синтезированных по известным методикам [11]. Исходными продуктами для синтеза дитиофосфатов с заместителями  $C_{20}H_{41}$  –  $C_{24}H_{49}$  и изобутил – 2-этилгексилдитиофосфатов служили технические препараты ДФ-1 и ДФ-11.

Окрашенные комплексы Ni и Cu очищали на колонке с силикагелем Л5/40 («Kavalier»). Бесцветные комплексы Pb, Hg, Cd и Zn очищали методом препаративной ТСХ на готовых пластиках Silufol (фирма «Kavalier») с закрепленным слоем сорбента. Чистоту комплексов контролировали хроматографически.

Предварительно исследование хроматографического поведения комплексов проводили на пластинках Silufol. Для систематического определения хроматографических характеристик комплексов использовали силикагель Silpearl («Kavalier») (10-40 мкм). Концентрация хлороформных растворов комплексов при нанесении на хроматограмму составляла 0,05-0,1% (0,5-1,0 мг/мл). Время хроматографирования было постоянным и равным 10 мин. Остальные условия и методика эксперимента не отличались от используемых в работе [10].

**Влияние природы подвижной фазы.** Как и другие серосодержащие хелаты, исследованные диалкилдитиофосфаты и диалкилдитиофосфинаты в целом достаточно хорошо хроматографируются на гидроксилорированном силикагеле растворителями со средней полярностью – ДИПЭ, толуолом, бензолом, хлороформом (табл. 1-3). Хроматографическая подвижность диалкилдитиофосфатов по-разному зависит от природы подвижной фазы. Величины  $R_f$  комплексов меди за редким исключением практически не зависят от элюирующей способности ( $E$ , по Снайдеру) изученных растворителей. В случае хелатов свинца, цинка, кадмия и ртути наблюдается аномальное увеличение подвижности при элюировании ДИПЭ. Это особенно заметно для дитиофосфатов никеля (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Величины  $R_f$  диалкилдитиофосфатов в системе Silufol – толуол  
(n=6-9; P=0,95)

Комплекс	$R_f \times 100$	Комплекс	$R_f \times 100$
Ag(ДвБДТФТ)	0,0	Ni(ДиБДТФТ)□	67,1±3,1*
Cd(ДБДТФТ)□	27,0±3,0*	Ni(ДвБДТФТ)□	68,5±0,1*
Cd(ДвБДТФТ)□	15,0±1,7	Ni(ДцГДТФТ)□	71,0* **
Cu(ДЭДТФТ)□	59,1±0,6	Pb(ДМДТФТ)□	9,0±2,1
Cu(ДБДТФТ)□	74,7±1,1	Pb(ДЭДТФТ)□	15,8±3,1
Cu(ДвБДТФТ)□	70,9±2,3	Pb(ДПДТФТ)□	29,8±3,0
Cu(Б2ЭГДТФТ)□	86,6±2,0	Pb(ДБДТФТ)□	41,0±1,4
Cu(Д2ЭГДТФТ)□	86,9±0,6	Pb(ДиБДТФТ)□	46,0±0,8
Cu(ДЭТДТФТ)□	90,8±0,5	Pb(ДвБДТФТ)□	46,6±1,8
Hg(ДБДТФТ)□	64,2±2,0	Pb(ДцГДТФТ)□	48,8±1,0
Hg(ДвБДТФТ)□	62,4±2,0	Pb(Б2ЭГДТФТ)□ ***	50,5±1,3;
Ni(ДМДТФТ)□	0—33*	Pb(ДЭТДТФТ)□	66,1±1,0
Ni(ДЭДТФТ)□	0—50*	Zn(ДБДТФТ)□	90,6±0,4
Ni(ДПДТФТ)□	0—59*	Zn(ДвБДТФТ)□	0—26*
Ni(ДБДТФТ)□	0—42*		

\*Подвижность комплексов зависит от величины пробы.

\*\*n=2.

\*\*\* Для несимметричного комплекса свинца разделяются геометрические изомеры.

Сокращения.

Б2ЭГДТФТ – изобутил-2-этилгексилдитиофосфат;

ДБДТФТ – ди-н-бутилдитиофосфа;

ДвБДТФТ –ди-втор-бутилдитиофосфат;

ДиБДТФТ—диизобутилдитиофосфат;

ДцГДТФТ—дициклогексилдитиофосфат;

ДМДТФТ – диметилдитиофосфат;

ДПДТФТ – ди-н-пропилдитиофосфат;

ДЭДТФТ – диэтилдитиофосфат;

Д2ЭГДТФТ – ди-2-этилгексилдитиофосфат;

ДЭТДТФТ – диэйкосилдитиофосфат – дитетракосадитиофосфат.

Если при элюировании хлороформом и особенно бензолом адсорбция большинства комплексов частично необратима (зоны имеют сильноразмытую форму, начинаются со старта и их размер зависит от величины пробы), то при переходе к ДИПЭ их подвижность увеличивается и меньше становится размывание зон. В случае ди-втор-бутилдитиофосфата никеля подвижность комплекса практически не зависит от величины пробы, т.е. отклонение изотермы адсорбции от линейности незначительно.

Таблица 2

Величины  $R_f$  диалкилдитиофосфатов в тонком слое силикагеля Silpearl (n=5-8; P=0,95)

Комплекс	$R_f \times 100$		
	Диизопропиловый эфир (ДИПЭ)	Бензол*	хлороформ
Cu(ДЭДТФТ) <sub>2</sub>	59,6±1,1	55,4	57,1±0,8
Cu(ДБДТФТ) <sub>2</sub>	72,3±1,2	76,4	76,3±1,7
Cu(ДиБДТФТ) <sub>2</sub>	72,7±0,7	72,4	71,9±1,6
Cu(Б2ЭГДТФТ) <sub>2</sub>	76,3±1,0	77,3	77,7±0,8
Cu(Д2ЭГДТФТ) <sub>2</sub>	82,8±0,7	-	83,6±2,0
Cu(ДЭТДТФТ) <sub>2</sub>	89,0±1,1	89,3	89,9±0,7
Ni(ДМДТФТ) <sub>2</sub>	8-42**	0-12**	0-22**
Ni(ДЭДТФТ) <sub>2</sub>	39-53**	0-17**	0-27**
Ni(ДПДТФТ) <sub>2</sub>	63,1**	0-46**	0-54**
Ni(ДиБДТФТ) <sub>2</sub>	70,3**	73,5**	68,7**
Ni(ДвБДТФТ) <sub>2</sub>	69,7±1,2	0-68**	67,0**
Ni(ДцГДТФТ) <sub>2</sub>	70,2**	77,4**	71,7**
Pb(ДМДТФТ) <sub>2</sub>	18,7±0,5	13,3	11,5±0,5
Pb(ДЭДТФТ) <sub>2</sub>	40,2±1,1	20,8	21,7±3,3
Pb(ДПДТФТ) <sub>2</sub>	56,1±1,3	39,2	23,6±2,3
Pb(ДБДТФТ) <sub>2</sub>	-	47,1*	33,6*
Pb(ДиБДТФТ) <sub>2</sub>	65,0±0,9	44,9	30,5±1,8
Pb(ДвБДТФТ) <sub>2</sub>	68,2±1,5	47,7	33,4±1,4
Pb(ДцГДТФТ) <sub>2</sub>	67,3±0,4	50,2	35,8±1,6
Pb(Б2ЭГДТФТ) <sub>2</sub>	65,4*;73,9*	75,1	39,2*;53,2*

\*n≤3

\*\*Подвижность комплексов зависит от величины пробы.

\*\*\*См. примечания к таблице 1.

Однако при хроматографировании диизопропиловым эфиром наблюдается меньшее разрешение комплексов. Аналогичное действие оказывает ацетон, при элюировании которым практически все комплексы движутся с фронтом растворителя. Неполярные растворители (четырёххлористый углерод, предельные углеводороды) непригодны для разделения из-за малой подвижности комплексов.

Таблица 3

Величины  $R_f$  диалкилдитиофосфинатов в тонком слое силикагеля Silpearl (n=4-6; P=0,95)

Комплекс	$R_f \times 100$		
	Диизопропиловый эфир (ДИПЭ)	Бензол*	хлороформ
Ni(ДПДФН) <sub>2</sub>	57,6±1,0	-	48,8*
Ni(ДБДФН) <sub>2</sub>	57,4±1,4	-	62,3*
Pb(ДПДФН) <sub>2</sub>	60,9±2,1	28,6	37,3±3,3
Pb(ДБДФН) <sub>2</sub>	69,3±1,0	40,4	52,3±1,0

\*n≤3.

Сокращения:

ДБДФН – ди-*n*-бутилдитиофосфинат, ДПДФН – ди-*n*-пропилдитиофосфинат.

На хроматографическое поведение диалкилдитиофосфинатов природа подвижной фазы оказывает в целом аналогичное влияние. Поэтому мы остановили свой выбор на толуоле и хлороформе как растворителях, наиболее подходящих для разделения указанных комплексов.

**Влияние типа силикагеля.** Результаты полученные при использовании различных марок сорбентов одной фирмы, вполне сопоставимы. Несколько большая подвижность наблюдается на пластинках Silufol, что объясняется наличием связующего вещества – крахмала, адсорбционная способность которого меньше, чем у силикагеля. На пластинках, содержащих флуоресцирующий индикатор (неорганическое соединение цинка), имеет место необратимая адсорбция комплексов никеля, цинка и частично ди-*n*-бутилдитиофосфата кадмия, связанная с возможностью соответствующих реакций обмена. На поведение остальных комплексов присутствие индикатора не влияет. При удалении индикатора дитизоном получаются результаты, такие же как на обычных пластинках. Поэтому с практической точки зрения удобнее использовать готовые пластинки Silufol без флуоресцирующего индикатора.

### Обсуждение результатов

При изучении влияния строения хелатов на их поведение и условиях ЖАХ необходимо учитывать природу металла, тип донорных атомов лигандов, электроотрицательных атомов, не входящих в хелатообразующую группировку, и строение периферийной части лиганды [1, 2]. Это определяется тем, что при хроматографировании хелатов на специфических сорбентах и адсорбционном взаимодействии участвуют все электроноактивные атомы.

**Роль центрального атома.** Имея конечной задачей селективное разделение металлов, рассмотрим в первую очередь зависимость хроматографических свойств комплексов от природы металла.



Диалкилдитиофосфаты можно расположить в следующий ряд в порядке убывания их подвижности: Cu, Hg, Ni, Pb, Cd, Zn, Ag. Мы сравнили адсорбционную способность хелатов и величины эффективных зарядов на металле. Для качественной оценки эффективных зарядов использованы значения атомной электроотрицательности [9]. Сравнение показало, что эти величины достаточно хорошо коррелируют между собой. Отклонения от линейной зависимости для комплексов никеля, кадмия и цинка объясняются тем, что их подвижность зависит от величины пробы. Такая зависимость типична для координационно-насыщенных хелатов с невысокой суммарной электроотрицательностью донорных атомов [1] (за исключением тех случаев, когда в адсорбцию заметный вклад вносят электроотрицательные атомы, не входящие в хелатный узел [9]). Она позволяет прогнозировать хроматографическое поведение таких хелатов. Достаточно высокая селективность разделения дитиофосфатов подтверждает зависимость их хроматографических свойств от природы центрального атома.

Следует отметить, что комплексы, термодинамически более устойчивые, менее склонны к необратимой адсорбции. Если расположить исследованные металлы в ряд по их способности к обменной экстракции (Hg, Ag, Cu, Pb, Cd, Ni, Zn [7]), то видно, что комплексы свинца и элементов, стоящих в ряду левее его хроматографируются в виде симметричных пятен независимо от природы подвижной фазы.

**Влияние природы заместителей.** Как уже отмечалось, основной вклад в адсорбцию координационно-насыщенных хелатов на гидроксилсодержащих сорбентах вносят водородные связи с донорными атомами лигандов. Строение периферийной части лиганда может влиять на протоноакцепторную способность хелатов за счёт непосредственного взаимодействия с сорбентом или вследствие индукционных стерических эффектов.

Строение изученных реагентов, как и следовало ожидать, в значительной степени определяет хроматографическое поведение хелатов. Для диалкилдитиофосфатов величины  $R_f$  растут с увеличением числа атомов углерода в алкильном заместителе, достигая максимального значения в случае заместителей  $C_{20}H_{41}$  –  $C_{24}H_{49}$ . Значения  $R_f$  комплексов заместителями большой молекулярной массы уже мало зависят от природы металла и при прочих равных условиях определяются лишь характером подвижной фазы (табл. 2). Изомерия алкильных заместителей практически не сказывается на адсорбционной способности обратимо адсорбирующихся комплексов: величины  $R_f$  ди-*n*-бутил-, диизобутил- и ди-*втор*-бутилдитиофосфатных комплексов меди и свинца близки между собой.

Индукционный эффект алкильных заместителей невелик и с ростом длины заместителя мало изменяется. Поэтому при таком росте распределение электронной плотности в молекуле хелата в целом будет меняться мало, в том числе и на атомах, принимающих участие в специфических взаимодействиях с сорбентом. При увеличении длины и разветвленности цепи алкильного заместителя должен учитываться, прежде всего, стерический эффект, который проявляется в экранировании донорных атомов и, таким образом, снижает адсорбцию комплексов.

В работе [10] для оценки взаимосвязи между хроматографическими характеристиками хелатов параметрами, характеризующими пространственное строение лигандов, использовались корреляционные уравнения

$$\lg\left(\frac{1}{R_f} - 1\right) = A + \delta \sum_k E_{sk}, \quad (1)$$

где:  $E_s$  – стерическая постоянная Тафта;  $k$  – индекс заместителей; величина  $\delta$  служит мерой чувствительности адсорбции к влиянию стерического фактора; символом  $A$  обозначена сумма постоянных членов.

В случае диалкилдитиофосфатов характеристики удерживания линейно зависят от суммарного стерического эффекта только для лигандов с заместителями до  $n$ -бутильных. Дальнейшее увеличение стерических постоянных заместителей на адсорбционной способности комплексов практически не сказывается, т.е.  $\delta$  близко к нулю. Это кажется обычным, так как аналогичные зависимости для дикетонатов кобальта (III) и хрома (III) [10] и дитиокарбаминатов меди и кобальта [12] линейны для всех изученных реагентов – вплоть до гексафторацетилацетона и дициклогексилдитиокарбамината соответственно.

Тот факт, что подвижность комплексов начиная с определенного момента увеличивается с ростом числа атомов углерода заместителей, а не с ростом значений их стерических постоянных, позволяет предположить, что в малополярных растворителях экранирование электроотрицательных атомов, прежде всего атомов серы, связано с конформационными изменениями в цепи алкильного заместителя. В таких растворителях расположение звеньев цепи носит статистический характер, и вероятность экранирования увеличивается с ростом длины цепи. Поэтому мы предполагаем, что при определенной длине заместителя конформация алкильной цепи может оказаться такой, что весь хелатный узел будет находиться внутри замкнутой структуры метиленовых групп. Поскольку размеры хелатного цикла для разных металлов соизмеримы, этот процесс протекает в одинаковой степени при одинаковом размере заместителя для всех комплексов начиная, по-видимому, с 8-10 атомов углерода. Об этом может свидетельствовать характерная точка перегиба на зависимостях. Образование такой структуры существенно повышает экранирующее действие заместителя и приводит к тому, что зависимости подвижности комплексов от размера заместителя сливаются в одну общую.

Среди комплексов, обладающих значительной адсорбционной способностью, влияние природы заместителя, в том числе его стерического эффекта ( $E_s$ ), проявляется более отчетливо. Снижение тенденций к необратимой адсорбции у дитиофосфатов никеля с ростом размера и разветвленности заместителей (см. табл. 2) можно объяснить увеличением устойчивости комплексов с величиной стерического параметра [13].

Другой вероятной причиной обсуждаемой аномалии может быть повышение роли дисперсионных взаимодействий для тех комплексов, которые имеют большую углеводородную часть молекулы. Взаимодействия этого типа при адсорбции на гидроксильированном силикагеле являются одними из наиболее слабых и в удерживании таких хелатов, как координационно-насыщенные-дикетонаты, практически не участвуют [10]. Однако в случае комплексов с менее электроотрицательными донорными атомами, энергетический эффект водородных связей у которых меньше, при достаточном экранировании хелатного узла дисперсионные взаимодействия могут, по-видимому, вносить определенный вклад в общую энергию адсорбции. По своему действию на удерживание комплексов они

конкурируют с пространственным эффектом заместителей. Дисперсионные взаимодействия алкильных заместителей объясняют и тот факт, что даже для комплексов с 20-24 атомами углерода величины  $R_f$  не достигают предельных значений.

Следует учитывать и взаимодействия хелат – элюент в подвижной фазе. Они возрастают с увеличением заместителя и поэтому могут быть одной из причин повышения подвижности комплексов. Правда, их вклад трудно проследить на фоне вклада других факторов (стерический эффект, дисперсионные взаимодействия, межмолекулярные взаимодействия комплексов в подвижной фазе).

Таким образом, корреляционные уравнения типа (1), основанные на принципе линейности в изменении свободных энергий [10], имеют ограниченное применение для описания закономерностей хроматографического поведения хелатов с невысокой суммарной электроотрицательностью донорных атомов и большими по размеру заместителями. Это связано с неполнотой подобных уравнений, не учитывающих всех факторов, влияющих на удерживание комплексов, и сложный характер экранирования. Отмеченный выше линейный характер зависимости адсорбционной способности дитиокарбаминатов от стерических эффектов заместителей объясняется тем, что у этих комплексов суммарная электроотрицательность атомов, принимающих участие в адсорбционных взаимодействиях, выше, чем у дитиофосфатов, в результате дополнительного участия атомов азота [9]. Сравнение линейных участков кривых с соответствующими значениями для координационно-насыщенных -дикетонатов показало, что  $\delta$  для дитиофосфатов существенно меньше. Это означает, что процесс адсорбции серосодержащих хелатов менее чувствителен к стерическому эффекту заместителей, что вполне объяснимо для комплексов такого типа, так как прочность водородных связей с сорбентом для них значительно меньше.

Другим следствием увеличения размера лиганда является тот факт, что пространственные препятствия у хелатного узла нивелируют природу металла, и разрешение комплексов снижается.

Таким образом, следует учитывать, что стерические взаимодействия вблизи от хелатного узла могут, с одной стороны, повышать подвижность комплексов, способствуя лучшему их разделению, а с другой – уменьшают различия в их хроматографических свойствах. Поэтому при выборе оптимального реагента необходим компромисс между увеличением характеристик удерживания разделяемых комплексов и снижением селективности разделения. Разделять наибольшее число металлов в варианте тонкослойной хроматографии позволяют ди-*n*-бутил- и ди-втор-бутилдитиофосфорные кислоты.

**Роль атомов фосфора и кислорода.** Известно, что в адсорбции координационно-насыщенных хелатов с донорными атомами серы могут проявляться взаимодействия с другими электроотрицательными атомами лигандов, находящимися вблизи от хелатного узла [2]. Диалкилдитиофосфаты имеют такие способные к специфическим взаимодействиям атомы – атомы кислорода. Однако они, по всей видимости, непосредственно в адсорбции не участвуют. Во всяком случае хроматографическая подвижность дитиофосфатов при одинаковом алкильном заместителе заметно выше, чем у их бескислородных аналогов – диалкилдитиофосфинатов (табл. 2 и 3). К тому же все изученные

дитиофосфаты независимо от размера заместителя адсорбируются слабее диэтилдитиокарбаминатов, атомы азота которых принимают участие в адсорбции [9].

Нам представляется разумным следующее объяснение различий в адсорбционной способности дитиофосфатов и дитиофосфинатов, а именно возможность участия атомов фосфора в адсорбционных взаимодействиях. В случае менее подвижных фосфинатных комплексов эти атомы, несущие избыточный положительный заряд, вносят дополнительный вклад в адсорбцию, взаимодействуя с электронодонорными активными центрами сорбента. У дитиофосфатов, если предположить смещение электронной плотности от атома кислорода к хелатному узлу за счет электроноакцепторного действия металла (что мы наблюдали у диэтилдитиокарбаминатов [9]), положительный заряд на атоме фосфора должен быть меньше и соответственно выше хроматографическая подвижность этих комплексов.

Введение атома кислорода, кроме того, увеличивает длину заместителя на одно звено и при равном числе атомов углерода у дитиофосфинатов и дитиофосфатов способствует, таким образом, повышению относительной подвижности последних. Важно отметить, что при этом сам атом кислорода оказывается в значительной степени экранированным и, возможно, поэтому не участвует в адсорбционных взаимодействиях.

**Практическое использование изученных хелатных систем.** Одним из основных достоинств метода ЖАХ хелатов является возможность его сочетания с предварительной экстракцией [2]. Экстракционные свойства диалкилдитиофосфатов хорошо изучены [14]. При экстракции металлов из кислой среды дитиофосфорные кислоты действуют как групповые реагенты. Кроме изученных металлов в этих условиях экстрагируются платина, мышьяк, висмут, сурьма, олово и некоторые другие элементы. Избирательность экстракции можно повысить, используя в качестве реагента комплексы металлов в варианте обменной экстракции [7]. Отделение дитиофосфатов от избытка реагента возможно как на стадии экстракции, так и хроматографическим путем (соответствующие кислоты сильно адсорбируются в условиях, используемых для разделения комплексов). Если в качестве реагента используется комплекс, то его хроматографическое поведение определяется общими закономерностями хроматографии изученных хелатов. Конечный выбор реагента определяется числом разделяемых элементов и тем, какие это элементы.

Сравнение с литературными данными показывает, что по селективности разделения диалкилдитиофосфаты не уступают наиболее распространенным в ЖАХ хелатам – диэтилдитиокарбаминатами и дитизонатам. В сравнительно простых хроматографических условиях – при одномерном элюировании и использовании однокомпонентных подвижных фаз – можно разделять, например, ртуть, кадмий и свинец.

К хорошим экстракционным и хроматографическим свойствам диалкилдитиофосфатов надо добавить легкость лабораторного синтеза этих реагентов и их коммерческую доступность. Все это определяет практическую ценность диалкилдитиофосфатов для группового выделения, разделения и последующего определения металлов. Диалкилдитиофосфинаты менее подвижны и хуже разделяются, малоустойчивы при хранении и поэтому менее пригодны для практических целей.

**Выводы.** Исследовано хроматографическое поведение диалкилдитиофосфатов и диалкилдитиофосфинатов ряда металлов в тонких слоях силикагеля. Хроматографические свойства комплексов зависят от природы атома металла (величины  $R_f$  комплексов коррелируются со значениями атомной электроотрицательности металла). Другим фактором, определяющим адсорбционную способность комплексов, является размер алкильных заместителей лигандов; подвижность комплексов возрастает с увеличением размера лиганда (видимо, в результате экранирования электроотрицательных атомов хелатного узла, участвующих в специфических взаимодействиях, и повышения роли взаимодействий хелат – растворитель в подвижной фазе). Однако при этом снижается селективность разделения. Поэтому оптимальными для разделения металлов являются дитиофосфаты, имеющие заместители среднего размера. При элюировании толуолом можно разделять на пластинках Silufol ди-*n*-бутилдитиофосфаты Zn, Hg, Pb, Cu или Ag, Cd, Pb и Ni. Дитиофосфинаты менее пригодны, так как обладают меньшей подвижностью и хуже разделяются.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hart, D.J. Organic Synthesis via Examination of Selected Natural Products, World Scientific Publishing Co. 2011. 566 p.
2. Рудаков, О.Б. Спутник хроматографиста [Текст] / О.Б. Рудаков, И.А. Востров. – Воронеж: Водолей, 2004. – 528 с.
3. Золотов, Ю.А. Основы аналитической химии [Текст] / Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохов. – М.: Высш. школа, 1996. – 383 с.
4. Петров, Б.И. Аналитическая химия [Текст]: учеб. пос. / Б.И. Петров, Л.В. Щербакова. – М., 2008. – 219 с.
5. Танганов, Б.Б. Химические методы анализа [Текст]: учеб. пос. / Б.Б. Танганов. – Улан-Удэ, 2003. – 548 с.
6. Кристиан, Г. Аналитическая химия [Текст] / Г. Кристиан; перевод с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 623 с.
7. Дерфель, К. Статистика в аналитической химии [Текст] / К. Дерфель. – М.: Мир, 1994. – 123 с.
8. Yamamoto H., Oshima K. (etc.) Main Group Metals in Organic Synthesis. Two-Volume Set, Wiley-VCH. 2004. 901 p.
9. Основы аналитической химии [Текст] / Под ред. Ю.А. Золотова. В 2 кн. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк. 1999. – 52 с.
10. Тимербаев, А.Р. Жидкостная адсорбционная хроматография хелатов [Текст] / А.Р. Тимербаев, О.М. Петрухин. – М.: Наука, 1989. – 288 с.
11. Pearson, A., Roush W. (eds.) Handbook of Reagents for Organic Synthesis. Activating Agents and Protecting Groups, Wiley. 1999. 552 p.
12. Koning K., Becker J., Henke W., Stenshorn J., Werner H., Ballschmiter K. Z. Anal. Chem., 1982, p.57.
13. Торопова, В.Ф. Новые индикаторные реакции с участием серосодержащих органических соединений при определении селена кинетическим методом [Текст] / В.Ф. Торопова, А.Р. Гарифзянов, Г.К. Будников, Д.Ф. Гайнутдинова // [?]. – 2001. – Т. 56, № 5. – С. 548-557.
14. Мартынов, Б.В. Экстракция органическими кислотами и их солями [Текст]: Справочник по экстракции. В 3 т. / Под ред. Розена А.М.Т.З. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 368 с.

*Материал поступил в редакцию 25.04.16.*

**И.Г. Цой, М.Р. Тухватулина***М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан***ХЕЛАТТЫҢ ХРОМОТОГРАФИЯЛЫҚ ҚОЗҒАЛҒЫШТЫҒЫНА  
МЕТАЛЛ ТАБИҒАТЫ МЕН ҚОЗҒАЛҒЫШ ФАЗАСЫ ҚҰРАМЫНЫҢ  
ӘСЕРІ**

Жұмыста өзекті мәселелердің бірі болып табылатын көп компонентті қоспаларда ауыр металдар иондарын анықтау қарастырылған. Бұл мәселені шешу үшін хелат ретінде органикалық лигандаларымен фазалық жұқа беттік металдар хроматография әдісі ұсынылған. Бөлу тиімділігіне жылжымалы фазасы құрамының әсері қарастырылған.

**Түйін сөздер:** ауыр металдар ионының көп компонентті қоспаларын анықтау, органикалық лигандалы хелат түріндегі металдардың қалыпты фазалы жұқа қабатты хроматография әдісі, қозғалғыш фаза құрамының бөліну тиімділігіне әсері.

**I.G. Tsoy, M.R. Tukhvatulina***Taraz State University named after M.H. Dulati, Taraz, Kazakhstan***INFLUENCE OF COMPOSITION OF MOVABLE PHASE AND NATURE  
OF METAL ON CHROMATOGRAPHY MOBILITY OF CHELATE**

Actual problems of determination of multicomponent mixtures of heavy metal ions is discussed in present paper. Method of normal phase thin layer chromatography of metal chelates with organic ligands is offered for solvation of this problem. The influence of mobile phase composition on the effectivity of separation is discussed.

**Keywords:** determination of multicomponent mixtures of ions of heavy metals, method of normally phase TLC of metals as chelates with organic ligands, influence of composition of movable phase on efficiency of division.

ӨОЖ 54-386:541.11/118

**Г.А. Сейтбекова<sup>1</sup>, А.Б. Тұрғынбекова<sup>2</sup>, Ш.К. Бегжанова<sup>3</sup>***<sup>1</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент, <sup>2</sup>Магистрант, <sup>3</sup>Студент  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан***ТЕМІРМЫС КЕШЕНДЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫСЫН  
ТЕРМОГРАВИМЕТРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ**

Құрамы  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2,5\text{CuSO}_4 \cdot 19\text{H}_2\text{O}$  және  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{CuSO}_4 \cdot 52,5\text{H}_2\text{O}$  болатын темірмыс кешендерінің дериватограммалары зерттелді. Зерттеу нәтижелері гетерополиядролы кешендердің түзілуі үрдісінде гидроксилді топтар, сонымен қатар сульфат топтардың маңызды роль атқаратындығын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** гетерополиядролы кешендер, темірмыс кешендері, термиялық талдау.

Әлемдік өнеркәсіп өндірісінің қазіргі даму бағыты аз қалдықты және қалдықсыз өндірістік принципті қамтамасыз ету, технологияда залалсыз заттарды қолдану болып табылады.

Былғары және үлбір өндірісінің техникалық-экономикалық тиімділігін арттыруда көптеген мәселелерді шешудің маңызы зор. Шикізаттың сапасын арттырып, оны мейілінше тиімді пайдалануды көздеу, технологиялық үрдістерді қарқындалту, өндірісті механикаландыру, еңбек өнімділігін арттыру, қалдықсыз технологияны енгізу, жаңа материалдарды қолдана отырып қоршаған ортаның ластануын азайту және т.б.

Қазіргі уақытта былғары өндірісінде көпкомпонентті илегіштердің ерітінділерін және илеу үрдісінде дайын күйінде қолданылатын құрғақ ұнтақ тәрізді илегіштерді алуға бағытталған көптеген ғылыми тәжірибелер белгілі [1].

Зерттеу барысында көпкомпонентті илегіштер қосылыстарының құрамы, құрылысы және олардың коллагенмен әрекеттесуі зерттелген. Көпкомпонентті минералды илегіштермен илеу үрдісінің тиімді параметрлері анықталып, соның негізінде әртүрлі былғарыларды илеудің әдістемесі жасалған.

Орындалған жұмыстардың жиынтығына қарамастан, кешенді минералды илегіш заттардың былғары өндірісінде қолданылуы әлі жеткіліксіз. Сондықтан жаңа кешенді минералды илегіштерді алу, олардың құрамын, құрылысын, илегіштік әсерін, коллагенмен әрекеттесу сипатын және былғарының қасиетін зерттеу маңызды болып табылады.

«Темір сульфаты – мыс сульфаты – су» жүйесінде компоненттердің өзара әрекеттесуін 25<sup>0</sup>С-де изотермиялық ерігіштігі әдісімен зерттеудің нәтижесінде қатты фаза түрінде құрамдары Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · 2,5CuSO<sub>4</sub> · 19H<sub>2</sub>O (ТМК-1) және Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> · 6CuSO<sub>4</sub> · 52,5H<sub>2</sub>O (ТМК-2) болатын жаңа гетерополиядролы темірмыс кешендері алынды [2]. Бұл жұмыс алынған темірмыс кешендерінің құрылысын дифференциалды термиялық талдау әдістерімен зерттеуге арналған.

Дифференциалды термиялық талдау бір мезгілде төрт қыздыру қисығын жүргізетін «МOM» фирмасының (Венгрия) F. Paulik, J. Paulik және L. Erdelyi жүйелі Q-1000/D дериватографында жүргізілді. Әдіс қыздыру кезінде заттың термохимиялық және физикалық параметрлерінің өзгеруін құралмен тіркеуге негізделген. Үлгілердің термохимиялық күйі келесі қисықтармен сипатталады: DTA-зерттелетін үлгінің энтальпия өзгерісін көрсететін дифференциалды термиялық талдау; TG-массаның өзгеруін тіркейтін термогравиметрия; DTG-массаның өзгеру жылдамдығын сипаттайтын дифференциалды термогравиметрия; T-температура, температураның уақытқа байланысты өзгеруін көрсетеді.

Түсірілу келесі жағдайларда орындалды:

- пештегі атмосфера – ауа;
- талдаудың температуралық диапазоны – 20<sup>0</sup>С-ден 1000<sup>0</sup>С-дейін;
- қыздыру режимі – динамикалық (dT/dt = 10 град/мин);
- эталонды зат – қақталған ұнтақты Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> глиноземі;
- тигль – алунд тиглі;
- зерттелетін үлгінің массасы – 100 мг.

Гальванометрдің сезгіштігі төмендегідей болды:

- TG – 500 μV; DTA – 250 μV; DTG – 500 μV; T – 500 μV.

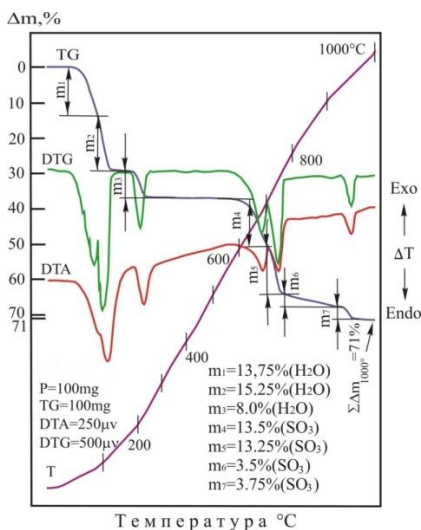
Талдау нәтижелері минералдар және тау кендерінің атластарында келтірілген мәліметтермен және басқа анықтамалық көздерінде келтірілген мономинералды үлгілердің термиялық жазбаларымен салыстырылды [3, 4].

Мыс сульфаты кристаллогидратының және гетерополиядролы темірмыс кешендерінің дериватограммалары 1, 2 және 3-суреттерде келтірілген.

Дериватограмм талдауына кірісерде жалпы барлық зерттелетін қосылыстар үшін ДТА және ДТГ қисықтарында үш топ эндотермиялық эффектілері байқалады. Бірақ, алу әдістерінің ерекшеліктеріне байланысты қосылыстарда температура аралығында айырмашылық байқалады.

Темір (III) сульфаты кристаллогидратындағы  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  кристалданған судың бөлінуі айқын шындықпен сипатталған  $60^\circ\text{C}$ -ден  $240^\circ\text{C}$ -ге дейінгі температуралық аралыққа сәйкес келеді. Сусыздану  $280^\circ\text{C}$  температурада аяқталып, темір (III) сульфаты одан әрі қарай тұзсыз суға айналады.  $640^\circ\text{C}$  температураға сәйкес келетін эндоэффектте  $\text{SO}_3$ -тобы бөлінеді.  $900^\circ\text{C}$  температурадан жоғары массаның жоғалуымен экзоэффект пайда болады [5, 6].

Мыс сульфаты кристалогидратын  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   $20^\circ\text{C}$ -ден  $1000^\circ\text{C}$ -ге дейін динамикалық қыздыру кезінде (1-сурет) осы заттың деструкциясымен байланысты термиялық эффекттер сериясын береді. Жүйенің ыдырауы бірнеше сатыда жүреді. Мыс гидросульфаты  $60$ - $230^\circ\text{C}$  аралығында дегидратацияның үш сатысын береді. Өнімнің десульфатизациялануы жоғары температураларда  $\sim 600$ - $700$ ,  $700$ - $770$ ,  $770$ - $930$  және  $930$ - $960^\circ\text{C}$  аралықтарында іске асады.

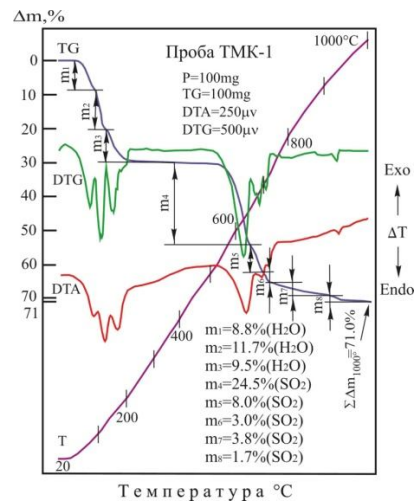


Ордината осі – массаның кемуі (мг); абсцисса осі – температура ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Сурет 1.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  дериватограммасы

ТМК-1 кешені үшін (2-сурет) бірінші эндотермиялық эффект  $50^\circ\text{C}$ -ден  $220^\circ\text{C}$ -ге дейінгі температура аралықтарында максимумдары  $80^\circ\text{C}$ ,  $110^\circ\text{C}$  және  $200^\circ\text{C}$  кезінде кристалданған судың бөлінуіне сәйкес келетін массаның кемуін сипаттайды. Судың бөлінуіне байланысты массаның жоғалуы  $30\%$  құрайды.  $450^\circ\text{C}$ -ден  $840^\circ\text{C}$ -ге дейінгі температура аралықтарындағы эндотермиялық эффект максимумдары  $620^\circ\text{C}$ ,  $680^\circ\text{C}$  кезінде жалпы массаның  $41\%$ -ның жоғалуы күкірт тотығының бөлінуіне сәйкес келеді. Үлгі массасынан жалпы жоғалуы  $72\%$  құрайды.

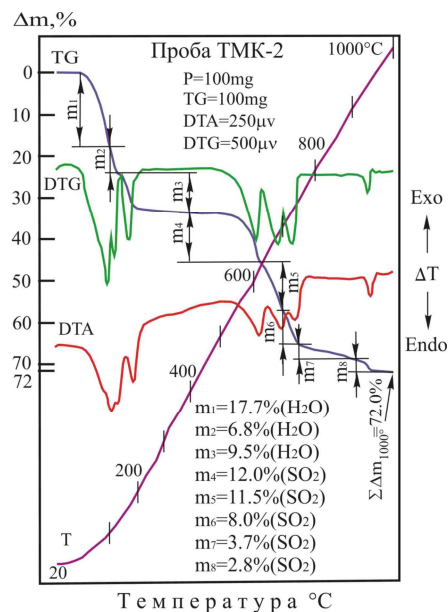




Ордината осі – массаның кемуі (мг); абсцисса осі – температура ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Сурет 2. ТМК-1 дериватограммасы

ТМК-2 кешені үшін (3-сурет) екі негізгі эффект бар: бірінші төмен температурадағы эффект  $20^{\circ}\text{C}$ -ден  $280^{\circ}\text{C}$ -ге дейінгі температура аралықтарында максимумдары  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $130^{\circ}\text{C}$  және  $200^{\circ}\text{C}$  кезінде байқалады. Жалпы үлгі массасынан 37%-ның жоғалуы ДТА қисығына сәйкес  $400^{\circ}\text{C}$ -ден  $800^{\circ}\text{C}$ -ге дейінгі температура аралықтарында максимумдары  $600^{\circ}\text{C}$ ,  $690^{\circ}\text{C}$  және  $720^{\circ}\text{C}$  кезінде эндотермиялық эффекттер десульфатизация үрдісінің жүруіне сәйкес келеді. Термиялық ыдырауының соңғы өнімдері  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  және  $\text{CuO}$  болып табылады. Судың бөлінуіне байланысты үлгі массасының жоғалуы 34% құрайды.



Ордината осі – массаның кемуі (мг); абсцисса осі – температура ( $^{\circ}\text{C}$ )

Сурет 3. ТМК-2 дериватограммасы

Гетерополиядролы темірмыс қосылыстарының термиялық ыдырау жүрісінің өзіндік ерекшеліктері бар және олардың дериватограммалары бастапқы компоненттердің дериватограммаларынан ерекшелінеді. Бұл гетерополиядролы темірмыс кешендерінің өзіндік дербес зат екендігін дәлелдейді.

Сонымен, темірмыс кешендерінің құрылысын термиялық талдау әдістерімен зерттеу жұмыстарының нәтижесі темір мен мыс атомдары арасындағы байланыстар гидроксилдік топтар арқылы іске астындығын және сонымен қатар сульфатотоптың қатысатындығын көрсетеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Мадиев, У.К. Минеральное дублирование в производстве кож [Текст] / У.К. Мадиев. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 120 с.
2. Сейтбекова, Г.А. Құрамында темір және мыс сульфаттары бар үштік сулы жүйеде кешен түзілуін зерттеу [Текст] / Г.А. Сейтбекова, А.Б. Тұрғынбекова, Ж.Қ. Дүйсенбек // Жас ғалымдар, магистранттар, студенттер мен мектеп оқушыларының «XV Сәтбаев оқулары» атты ғылы-ми конференцияның материалдары. Том 22. – Павлодар, 2015. – Б. 207-211.
3. Иванова, В.П. Термический анализ минералов и горных пород [Текст] / В.П. Иванова [и др.]. – Ленинград, 1974. – 398 с.
4. Фекличев, В.Г. Диагностические константы минералов [Текст]: Справочник. В.Г. Фекличев. – М., 1989. – 478 с.
5. Маргулис, Е.В. О возможности образования оксосульфатов при термоллизе нормальных сульфатов железа [Текст] / Е.В. Маргулис, М.М. Шокарев, Л.А. Савченко [и др.] // Журнал неорганической химии. – 1971. – Т.16. – №3. – С. 734-741.
6. Warner, N.A. Ingraham. *Canad. J. Chem. Eng.*, 40. 1962. – P. 263-271.

Материал редакцияға 13.05.16 түсті.

**Г.А. Сейтбекова, А.Б. Тұрғынбекова, Ш.К. Бегжанова**

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

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗОМЕДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ АНАЛИЗА

Изучены дериватограммы железомедных комплексов  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2,5\text{CuSO}_4 \cdot 19\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{CuSO}_4 \cdot 52,5\text{H}_2\text{O}$ . В результате исследования установлено, что в процессе образования гетерополиядерных комплексов важную роль играют гидроксильные группы, а также сульфато группы.

**Ключевые слова:** гетерополиядерные комплексы, железомедные комплексы, термический анализ.

**G.A. Seitbekova, A.B. Turginbekova, Sh.K. Bekdzanova**

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

#### STUDY OF COMPOSITION OF FERRIC-CUPRIC COMPLEXES BY THERMAL ANALYSIS METHODS

The derivatograms of complexes  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2,5\text{CuSO}_4 \cdot 19\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{CuSO}_4 \cdot 52,5\text{H}_2\text{O}$ , have been investigated. It has been stated that the main role in the formation of heteropolynuclear complexes belongs to the hydroxyl groups, as well as to the sulfate groups.

**Keywords:** heteropolynuclear complexes, ferric-cupric complexes, thermic analysis.

ӘОЖ 54-386:541.11/118

Г.А. Сейтбекова<sup>1</sup>, Ф.С. Шайхова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент, <sup>2</sup>Оқытушы

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

<sup>2</sup>Жамбыл политехникалық колледжі, Тараз қ., Қазақстан

### ГЕТЕРОПОЛИЯДРОЛЫ АЛЮМИНИЙМЫС КЕШЕНІНІҢ ҚҰРЫЛЫСЫН ИҚ-СПЕКТРОСКОПИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІМЕН ЗЕРТТЕУ

Құрамы  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5,5\text{CuSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$  болатын алюминиймыс кешенінің құрылысы термиялық және ИҚ спектроскопиялық талдау әдістерімен зерттелді. Зерттеу нәтижелері металл атомдары арасында көпірше ролін гидроксилді топтар, сонымен қатар сульфато топтар атқаратындығын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** гетерополиядролы алюминиймыс кешені, ИҚ-спектроскопиялық талдау, термиялық талдау.

Бүгінгі барша адамзат болашағы мен қалыпты дамуы табиғат қорларын толық әрі тиімді пайдалану және қоршаған ортаны қорғау мәселелерімен тығыз байланысты. Еліміздің былғары-үлбір өндірісі саласының даму деңгейі де белгілі дәрежеде бұл мәселеге өз үлесін қосары анық.

Қазақстанның былғары-үлбір өндірісі бүгінгі күні дәстүрлі ескі технологиялар салдарынан, кешенді минералды илегіштерді шығару және былғарыны өңдеу барысында пайда болатын және қоршаған ортаны ластайтын өндіріс қалдықтарының негізгі көзі болып отыр.

Жүз жылдан астам уақыттан бері қолданылып келе жатқан хром (III) және (VI) қосылыстары былғары өндірісінде әлі күнге дейін негізгі илегіштер ретінде қолданылады. Хромқұрамды қалдықтардың зиянды әрекеттерінен қоршаған ортаны қорғау қажеттілігіне байланысты илегіштердегі, илеу ваннасындағы, былғарыдағы, өңделген ерітінділердегі және ағынды сулардағы хромды (III) бақылау әлі күнге дейін өзекті мәселе болып отыр [1-3].

Илеу үрдісінде хром қосылыстарын жартылай немесе толық алмастыра алатын басқа минералды илегіштерді іздестіру мыстың (II) кешенді қосылыстарын қарастыруға әкеп соғады.

« $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{CuSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ » жүйесіндегі компоненттердің өзара әрекеттесуін изотермиялық ерігіштігі әдісімен зерттеудің нәтижесінде қарастырылған жүйеде экологиялық залалсыз кешенді қосылыстың түзілуінің концентрациялық шектері анықталды –  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 5,5\text{CuSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$  (АМК) кешенді қосылысы түзілуі үшін:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  концентрациясы 8,5-20,0% аралығында; ал  $\text{CuSO}_4 - 12,0-16,5\%$  аралығында [4].

Бұл жұмыс алынған алюминиймыс кешенінің құрылысын ИҚ-спектроскопиялық және дифференциалды термиялық талдау әдістерімен зерттеуге арналған.

Инфрақызыл спектрлерді зерттеу молекула құрылымының талдауы үшін маңызды, себебі белгілі бір атомдар тобы белгілі бір интенсивті жұтылу жолақтарымен немесе сипаттамалық жиіліктермен сипатталады.

$\text{SO}_4^{2-}$  - тобы ИҚ-спектрде оның валенттік, деформациялық және басқа да тербеліс түрлеріне сәйкес келетін  $500 \text{ см}^{-1}$ -ден  $600 \text{ см}^{-1}$  дейінгі және  $1000 \text{ см}^{-1}$ -ден  $1200 \text{ см}^{-1}$  дейінгі толқын сандары аймағында жұтылу жолақтарының үлкен санын беретіндігі белгілі [5-8].

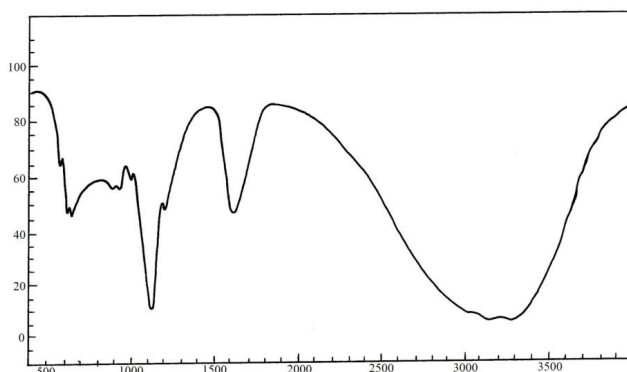
Алынған гетерополиядролы кешендердің құрамындағы  $\text{SO}_4^{2-}$  байланыстарының табиғатын зерттеу үшін  $1100 \text{ см}^{-1}$  аймағындағы сульфатотоптың валенттік тербелістеріне көңіл аударған жөн, өйткені осы аймақтағы тербеліс қосылыстардағы  $\text{SO}_4^{2-}$  күйін анық сипаттап береді.

Сульфат-ион бос күйінде жоғары симметрияның  $T_d$  нүктелік тобына жатады [5]. Ол моноядролы лиганд ретінде әсер еткенде, оның симметриясы  $C_{3v}$  дейін төмендейді, ал цикл немесе көпірше тұзу кезінде  $\text{SO}_4^{2-}$  симметриясы  $C_{2v}$  дейін кемиді. Симметрия жағдайына байланысты кешеннің ішкісфералық сульфатотоптарына  $\nu_3$  төмендеуі және  $\nu_2$  пайда болуы сәйкес келеді деп есептеледі.

Сульфат-ионының көпіршелі немесе циклдік күйі спектрде  $1050 \text{ см}^{-1}$  -ден  $1150 \text{ см}^{-1}$  -ге дейінгі аймақтарда үш төбешікті (пик) беруі тиіс [9]. Сыртқысфералық өзара әрекеттесу бос  $\text{SO}_4^{2-}$  - ионының спектрін айтарлықтай өзгертпеуі керек [6]. [7] авторлардың пайымдауынша сульфат-ионының көпіршелік немесе координцияланған күйіне жатқызуға болатын  $1100 \text{ см}^{-1}$  аймағында  $\text{SO}_4^{2-}$  жолақтары үш төбешік түрінде бейнеленген.

Алюминий сульфаты (1-сурет), мыс сульфаты (2-сурет) және синтезделініп алынған алюминиймыс кешенінің (3-сурет) жұтылуының ИҚ-спектрлерін салыстырғанда гетерополиядролы кешеннің жұтылу спектрлері дербес екенін көрсетеді.

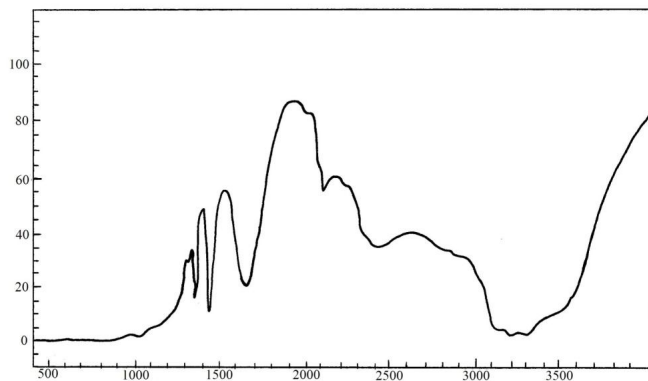
Алюминий сульфатының жұтылу спектрінде (1-сурет) алюминий кешенімен сыртқы сфералық байланыс түзуге дәлел болатын, бос сульфат ионына сәйкес келетін  $1107 \text{ см}^{-1}$  аймағында бір ғана күшті жолақ және  $1195 \text{ см}^{-1}$  иық бар [10].  $612 \text{ см}^{-1}$  кезіндегі жұтылу жолағы және  $582 \text{ см}^{-1}$  кезіндегі иық  $\text{SO}_4^{2-}$  - ионының деформациялық тербелістеріне,  $930 \text{ см}^{-1}$ ,  $982 \text{ см}^{-1}$  кезіндегі жолақтары оның валенттік тербелістеріне жатқызылады.



Ордината осі – жұтылу спектрі; абсцисса осі – толқын жиілігі ( $\text{см}^{-1}$ ).

Сурет 1. Алюминий сульфатының ИҚ спектрі

Мыс сульфатының жұтылу спектрінде (2-сурет)  $1007\text{ см}^{-1}$  аймағында мыс кешенімен сыртқы сфералық байланыс түзуге дәлел болатын, бос сульфат ионына сәйкес келетін бір ғана жолақ бар.

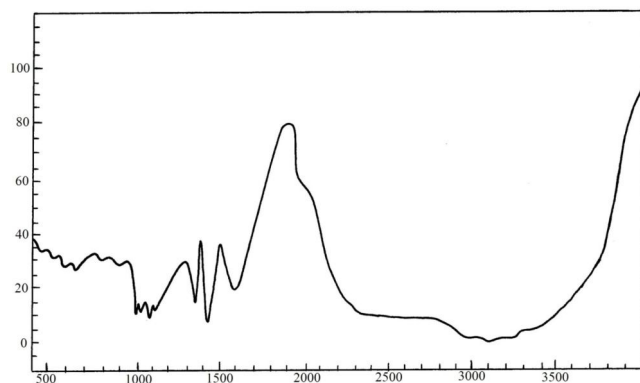


Ордината осі – жұтылу спектрі; абсцисса осі – толқын жиілігі ( $\text{см}^{-1}$ ).

Сурет 2. Мыс сульфатының ИҚ спектрі

Алюминиймыс кешенінің ИҚ-спектрінің алюминий және мыс сульфаттарының спектрлерінен айырмашылығы бар.

Алюминиймыс кешенінің спектрінде (3-сурет)  $1000\text{ см}^{-1}$ -ден  $1200\text{ см}^{-1}$  дейінгі аймақтарда  $1000\text{ см}^{-1}$ ,  $1040\text{ см}^{-1}$ ,  $1100\text{ см}^{-1}$ ,  $1175\text{ см}^{-1}$  жиіліктер кезінде төрт жұтылу жолақтары бар. Кешен құрылысындағы мұндай жатқызулар сульфат-ион көпіршелі немесе циклді күйде болатын көрсетеді. Жұтылу жолақтарының таралу сипатына қарап, ішкі координациялық сфераға сульфатотоптың кіретіндігі туралы қорытынды жасауға болады.



Ордината осі – жұтылу спектрі; абсцисса осі – толқын жиілігі ( $\text{см}^{-1}$ ).

Сурет 3. Алюминиймыс кешенінің ИҚ спектрі

Алюминиймыс кешенінің ИҚ-спектрінде (3-сурет) су молекуласының валенттік және деформациялық тербеліс жолақтары қатысады. Су молекуласының  $\delta(\text{НОН})$  деформацияланған тербелісі  $1674\text{ см}^{-1}$  кезінде байқалады.

Кешен құрылысында металл атомдарына координацияланған су молекулаларының және кристалданған судың болуы су молекуласының ОН-

байланыстарының валенттік тербеліс жиілігі аймағында көрінеді:  $3100 \text{ см}^{-1}$ -ден,  $3400 \text{ см}^{-1}$ -не дейінгі жұтылу жолақтары судың алюминийге және мысқа координацияланған ОН-байланысты валентті тербелістеріне сәйкес келеді.

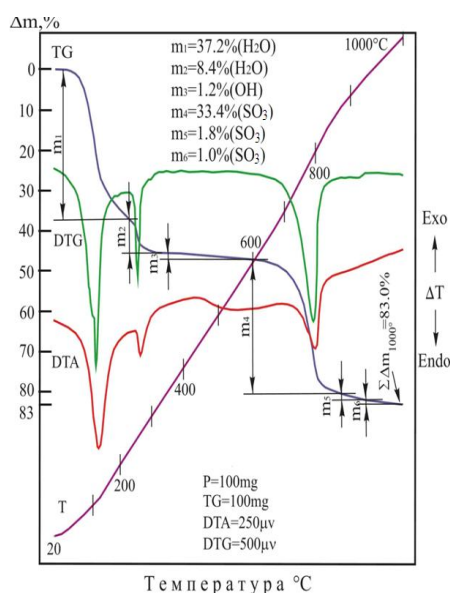
Сонымен, алынған гетерополиядролы алюминиймыс кешенін ИҚ-спектроскопия әдісімен зерттеу гетерополиядролы кешендер түзілуі кезінде алюминий және мыс атомдары арасында көпірше ролін гидроксилдік топтар және су молекулалары атқаратынын дәлелдейді.

Термиялық талдау Ф.Паулик, И.Паулик, Л.Эрдей Q-1000/D жүйелі дериватографында бір мезгілде төрт қыздыру қисығы DTA, TG, DTG, T жазып алу арқылы жүргізілді. Мұндағы TG – массаның өзгеруін тіркейтін термогравиметрия; DTG – массаның өзгеру жылдамдығын сипаттайтын дифференциалды термогравиметрия; DTA – зерттелетін үлгінің энтальпия өзгерісін көрсететін дифференциалды термиялық талдау; T – температура, температураның уақытқа байланысты өзгеруін көрсетеді.

Жүргізілген дериватографиялық талдау нәтижелері ИҚ-спектроскопия мәліметтерін дәлелдейді.

Алюминий сульфаты, мыс сульфаты және гетерополиядролы алюминиймыс кешенінің дериваторграммалары 4, 5, 6-суреттерде келтірілген.

Алюминий сульфатының дифференциалды термиялық талдау қисығы (4-сурет) судың бөлінуіне сәйкес келетін екі эндотермиялық эффектіден тұрады [11]. Бірінші эндозэффект ( $120^{\circ}\text{C}$ ) нәтижесінде  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  біртіндеп сусызданып құрамы 5,5 молекула су кристаллогидратына өтеді. Екінші эндотермиялық эффект ( $270^{\circ}\text{C}$ ) нәтижесінде ол сусыз тұзға  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , ал үшінші эндозэффект ( $800^{\circ}\text{C}$ ) нәтижесінде  $\text{Al}_2\text{O}_3$  айналады.

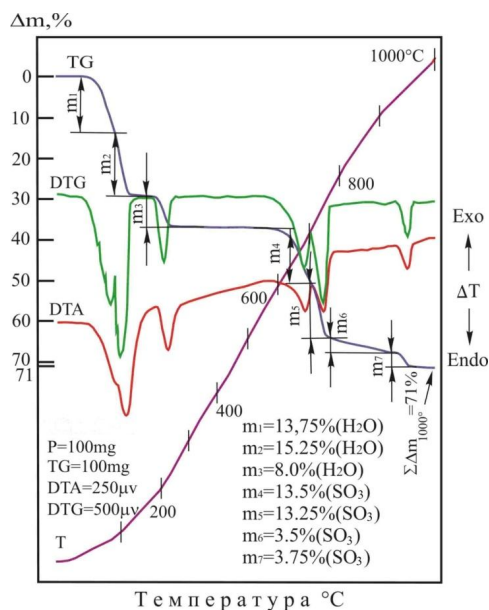


Ордината осі – массаның кемуі (мг); абсцисса осі – температура ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Сурет 4. Алюминий сульфатының дериваторграммасы

Мыс сульфаты кристаллогидратын  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$   $20^{\circ}\text{C}$ -ден  $1000^{\circ}\text{C}$ -ге дейін динамикалық қыздыру кезінде (5-сурет) осы заттың деструкциясымен байланысты термиялық эффекттер сериясын береді. Жүйенің ыдырауы бірнеше сатыда жүреді. Мыс гидросульфаты  $60\text{-}230^{\circ}\text{C}$  аралығында дегидратацияның үш сатысынан тұрады. Өнімнің десульфатизациялануы

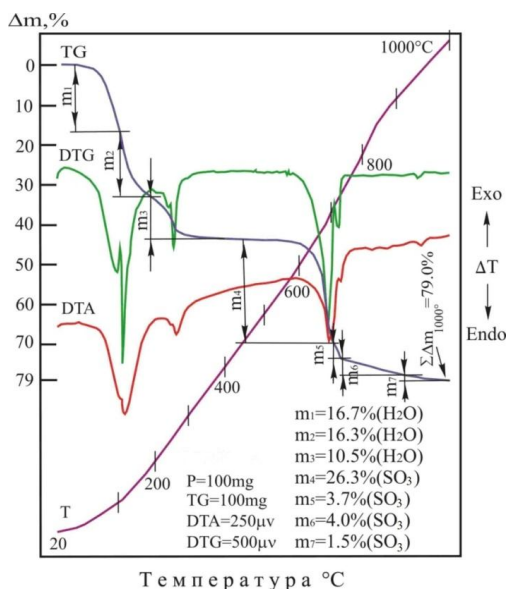
жоғары температураларда  $\sim 600-700$ ,  $700-770$ ,  $770-930$  және  $930-960^\circ\text{C}$  аралықтарында іске асады.



Ордината осі – массаның кемуі (мг); абсцисса осі – температура ( $^\circ\text{C}$ ).

Сурет 5. Мыс сульфатының дериватограммасы

Алюминиймыс кешенінің термолізі дегидратация және күкірттің (VI) оксидінің ыдырауымен жүретін айқын эндотермиялық эффекттерімен сипатталады (6-сурет). Сонымен қатар жүйенің термиялық түзілуінің әрбір актісі кешеннің ыдырау зоналарында үлгі салмағының жоғалуы ( $m_1$ ,  $m_2$ , ...  $m_n$ ) құрылғының термогравиметриялық көрсеткіштерімен сандық түрде бақыланады.



Ордината осі – массаның кемуі (мг); абсцисса осі – температура ( $^\circ\text{C}$ ).

Сурет 6. Алюминиймыс кешенінің дериватограммасы

Алюминиймыс кешенінің термиялық ыдырауы температураның барлық диапазонында сатыланып жүреді. Алғашқы 30-180<sup>0</sup>С температура аралығында екі сатыда жүретін, кешеннің дегидратациялануымен байланысты екі интенсивті эндотермиялық эффект байқалады. Бұл кездегі термогравиметрия (TG) қисығында көрсетілгендей бөлінген кристалданған судың массасы 33% ( $m_1=16,7\%$  және  $m_2=16,3\%$ ) құрайды. 190-350<sup>0</sup>С температура аралығында координацияланған су массасының жоғалу деңгейі байқалады. Термогравиметрия қисығында белгіленгендей координацияланған судың массасы 10,5% құрайды. Оған DTA және DTG қисықтарындағы төбешік (270<sup>0</sup>С) дәлел бола алады. 500-900<sup>0</sup>С температуралық диапазонында кешенді қосылыстың кинетикалық ыдырауы атмосфераға күкірт (VI) оксидінің бөлінуіне байланысты эндотермиялық реакция қатарының жүруімен күрделенеді. Бұл кезде күкірт (VI) оксидінің үлкен массасы 35,5% ( $m_4=26,3\%$ ,  $m_5=3,7\%$ ,  $m_6=4,0\%$ ,  $m_7=1,5\%$ ) жоғалады. 1000<sup>0</sup>С-ге дейін қыздыру кезінде массаның жалпы жоғалтуы 79% құрайды. Алюминиймыс кешенінің термиялық ыдырауының соңғы өнімдері Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> және CuO оксидтері болып табылады. Гетерополиядролы алюминиймыс кешенінің термиялық ыдырауы дегидратация үрдісінің бірнеше сатыда жүретінін көрсетеді. Судың бөлінуінің көпсатылы болуы кешендердің құрамында сыртқы сфералық (кристалданған су), ішкі сфералық (координацияланған су) су молекулаларының, сонымен қатар көпіршелі гидроксилдік топтардың болуына байланысты.

Сонымен, алюминиймыс кешенінің құрылысын инфрақызыл спектроскопиялық және термиялық талдау әдістерімен зерттеу жұмыстарының нәтижесі алюминий мен мыс сульфаттары арасындағы кешеннің түзілуі гидроксилдік топтар арқылы іске астындығын және олар орталық алюминий мен мыс атомдарының арасында көпіршелер ролін атқаратындығын, сонымен қатар сульфатотоптың қатысатындығын көрсетеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Rutland, E.H. Environmental compatibility of chromiumcontaining tannery and other leather product waster at land disposal sites. *JALCA*. – 1991. – V86. – №10. – P. 364-375.
2. Swedt, G., Stein, K., Meyer, A. Neue Untersuchungsergebnisse Zur Frage des chroms im Abwasser und schiamm aus der dederherstellung. *Leder*. – 1990. – V.41. – №47. – P. 71-76.
3. Смирнов, В.И. Хромовое дубление. *Wyd. ZPJTE. Radom*. 1996.
4. Сейтбекова, Г.А. Құрамында темір және мыс сульфаттары бар үштік сулы жүйеде кешен түзілуін зерттеу [Мәтін] / Г.А. Сейтбекова, А.Б. Тұрғынбекова, Ж.Қ. Дүйсенбек // Жас ғалымдар, магистранттар, студенттер мен мектеп оқушыларының «XV Сәтбаев оқулары» атты ғылыми конференция-ның материалдары. Том 22. – Павлодар, 2015. – Б. 207-211.
5. Беллами, Л. Инфракрасные спектры сложных молекул [Текст] / Л.Беллами. – М.: ИЛ, 1963.
6. Коттон, Ф. Современная химия координационных соединений [Текст] / Ф. Коттон. – М.: ИЛ, 1963. – 360 с.
7. Большаков, Г.Ф. Инфракрасные спектры и рентгенограммы гетероорганических соединений [Текст] / Г.Ф. Большаков, Е.А. Глебовская, З.Г. Каплан. – М.: Химия, 1967. – 90 с.



8. Накамато, К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений [Текст] / К. Накамато. – М.: Мир, 1991. – 535 с.
9. Чекмарев, А.М. К вопросу о строении комплексного тетрагидрата дисульфата циркония. Исследования ИК спектров [Текст] / А.М. Чекмарев, Г.А. Ягодин, Л.П. Харлабус, С.Г. Козин // Координационная химия. – 1977. – №2. – С. 211-215.
10. Зинюк, Р.Ю. ИК-спектроскопия в неорганической технологии [Текст] / Р.Ю. Зинюк, А.Г. Балыков, И.Б. Гавриленко [и др.]. – Л.: Химия, 1983. – 160 с.
11. Бозаджиев, Л. Термический анализ синтетического 18-водного сульфата алюминия [Текст] / Л. Бозаджиев, Е. Попова // Год. вуз. техн. физ. – 1983. – №1. – С.177-184.

Материал редакцияга 13.05.16 түсті.

Г.А. Сейтбекова<sup>1</sup>, Ф.С. Шаихова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

<sup>2</sup>Жамбылский политехнический колледж, г. Тараз, Казахстан

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ГЕТЕРОПОЛИЯДЕРНОГО АЛЮМИНИЙМЕДНОГО КОМПЛЕКСА МЕТОДАМИ ИК СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОГО И ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗОВ

Алюминиймедный комплекс состава  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5,5CuSO_4 \cdot 32H_2O$  изучен термическим и ИК спектроскопическими методами. В результате исследования установлено, что роль мостиков между атомами металлов, в основном, играют гидроксильные группы, а также сульфато группы.

**Ключевые слова:** гетерополиядерные комплексы, алюминиймедный комплекс, термический анализ, ИК спектроскопический анализ.

G.A. Seitbekova<sup>1</sup>, F.S. Shaihova<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Zhambul polytechnical college, Taraz, Kazakhstan

#### STUDY OF STRUCTURE OF POLYNUCLEA ALUMINA-CUPRIC COMPLEX BY SPECTRAL AND THERMOGRAVIMETRICAL ANALYSIS

Alumina-cupric complex  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 5,5CuSO_4 \cdot 32H_2O$  has been studied by the methods of thermal and IR-spectroscopy. It has been stated, that the role of bridges between metal atoms is displayed by hydroxyl and sulfate groups.

**Keywords:** heteropolynuclea complexes, alumina-cupric complex, IR-spectroscopic analysis, thermal analysis.

---

---

# ТЕХНОЛОГИИ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

---

УДК 685.34:004.94

**Ф.И. Ким<sup>1</sup>, Р.К. Нусипали<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Магистр, ст. преподаватель  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан.  
<sup>2</sup>Электронный адрес: rollan\_n@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНО ОБОГРЕВАЕМОЙ ОБУВНОЙ КОЛОДКИ (ПУАНСОНА) ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ КОЖАНОЙ ЗАГОТОВКИ ВЕРХА ОБУВИ

### Сообщение 1

#### Исследование температурного поля неравномерно обогреваемого пуансона с внутренней нагревательной полостью

В работе представлены результаты исследований температурного поля неравномерно обогреваемого пуансона с внутренней нагревательной полостью, представленного в качестве модели участка обувной колодки для формования кожаной заготовки верха обуви.

**Ключевые слова:** пуансон, обувная колодка, температурное поле, формование, заготовки верха обуви.

Одним из показателей качества формования верха обуви является равномерное растяжение заготовки вдоль огибаемых контуров формирующей поверхности колодки [1]. Традиционные способы формования заготовок верха обуви и устройства, применяемые для их осуществления, не позволяют целенаправленно управлять распределением деформаций в заготовке и, в частном случае, обеспечивать равномерное растяжение заготовки на колодке.

Первые исследования, посвященные разработке способа активного управления распределением деформаций в заготовке при формовании, приведены в работе [2]. В этой работе для равномерного растяжения заготовки изменению сил трения между заготовкой и формирующей поверхностью пуансона (колодки) противопоставлено свойство кожевенных материалов менять свои характеристики пластичности при изменении температуры их прогрева.

Сущность предлагаемого способа основано на том, что при проведении операции предварительного формования носочно-пучковой части заготовки верха обуви заготовку увлажняют до 25-30% относительной влажности, надевают на неравномерно обогреваемый пуансон и растягивают. Одновременно заготовку в процессе растяжения нагревают в центральной части до 60°C при постепенном снижении температуры к затяжной кромке до 25-30°C.

Математическая модель, описывающая закономерность распределения температуры прогрева заготовки вдоль огибаемого контура формирующей поверхности при условии равномерного растяжения верха обуви на неравномерно обогреваемом пуансоне представлена в виде [3]:

$$T_x = \frac{A_o}{m_1} e^{kn\Psi(x)} - \frac{m_o}{m_1}, \quad (1)$$

где  $A_o, n, m_1, m_o$  – постоянные параметры, характеризующие механические свойства увлажненной кожи при нагреве;  $k$  – коэффициент трения;  $\Psi(x)$  – функция, зависящая от конфигурации направляющей поверхности пуансона.

Для равномерного формования верха обуви на практике необходимо исследовать и разработать неравномерно обогреваемый пуансон, который обеспечивал бы при нагреве требуемую закономерность прогрева заготовки по формульной зависимости (1). В этом случае указанная зависимость может быть принята в качестве одного из граничных условий для теплового расчета неравномерно обогреваемого пуансона.

Таким образом, можно сформулировать следующую задачу теплопередачи. Пусть известны закономерность прогрева заготовки вдоль огибаемого контура пуансона (краевые граничные условия) и форма последнего, а также граничные условия на стенках внутренней полости. Требуется определить форму внутренней полости и температуру на его стенках. С математической точки зрения эта задача не имеет аналитического решения до настоящего времени из-за больших математических трудностей. Точные аналитические решения найдены, главным образом, для так называемых классических тел [4] (бесконечной плиты, бесконечного кругового цилиндра, шара и т.п.), в которых тепловой поток является одномерным. Однако, если условно предположить, что в первом приближении контур нагревательной полости может быть предварительно задан, то поставленная задача, как увидим ниже, хорошо решается с использованием приближенной математической модели. Естественно, что эта задача должна решаться современными методами, обеспечивающими, с одной стороны, достоверность результатов, с другой – быстроту расчетов. Последнее обстоятельство особенно важно на стадии проектирования, когда требуется исследовать большое количество вариантов. В таких случаях особенно удобны и эффективны расчетные методы, запрограммированные на ЭВМ.

Решим поставленную задачу при следующих допущениях:

- 1) рассматривается пуансон с постоянным профилем поперечного сечения;
- 2) температура прогрева полоски кожаной заготовки верха обуви по ее ширине считается одинаковой и не меняется со временем;
- 3) торцовые поверхности пуансона считаются изолированными.

При этих допущениях имеет место двумерная задача по теплопроводности. Решение задачи сводится к определению функции  $T$  (температуры), удовлетворяющей уравнению Лапласа

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

и следующим граничным условиям:

$$\lambda_n \delta_n^{-1} (T_n - T_s) dF = \lambda \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right)_s dF ; \quad (3)$$

$$2\lambda_3 \delta_3^{-1} (T_3 - T_s) dF = -\lambda \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right)_s dF . \quad (4)$$

Здесь  $T_n$  – температура нагревательной среды, °С;  $T_s$  – температура поверхности пуансона в данной точке, °С;  $T_3$  – температура в данной точке на расстоянии  $\delta_3/2$  от поверхности пуансона, °С;  $\delta_3$  – толщина кожаной заготовки верха обуви, м;  $\delta_n$  – толщина стенки нагревательного элемента, м;  $\lambda_n$  – коэффициент теплопроводности материала стенки нагревательного элемента, ккал/м<sup>2</sup>ч °С;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности материала пуансона, ккал/м<sup>2</sup>ч °С;  $\lambda_3$  – коэффициент теплопроводности кожевенного материала, ккал/м<sup>2</sup>ч °С;  $n$  – внешняя нормаль к контуру пуансона;  $\left( \frac{\partial T}{\partial n} \right)_s$  – значение градиента температуры на контуре пуансона;  $dF$  – элемент поверхности, через который передается элементарное количество тепла  $dq$ .

В данном случае имеет место одна из двух основных граничных задач для уравнения Лапласа – задача Неймана, которая формулируется так: найти гармоническую в области D функцию T, у которой производная по направлению нормали к контуру, имеет заданные значения на контуре S:

$$\left( \frac{\partial T}{\partial n} \right)_s = f(T_s). \quad (5)$$

В этом случае уравнение Лапласа (2) может быть сведено к интегральному уравнению вида [5]

$$T_{si} = \frac{1}{2\pi} \left[ \int_s \frac{T_s \cos(r_i, n)}{r_i} dS - \int_s \ln r_i \frac{\partial T_{si}}{\partial n} dS \right], \quad (6)$$

где:  $T_s$  – температура i-той точки контура;  $r_i$  – расстояние от i-той точки контура до некоторой точки M;  $\cos(r_i, n)$  – косинус угла между лучом, идущим от некоторой точки M к i-той точке контура, и внешней нормалью к контуру в этой точке; S – длина контура.

Уравнение (6) получается из соответствующего уравнения для температуры в некоторой точке внутри области, ограниченной контуром S, в результате предельного перехода при использовании известных свойств гармонических функций.

В случае решения задачи для пуансона с внутренней нагревательной полостью контур, по которому производится интегрирование, состоит из двух частей: внешнего контура пуансона и внутреннего контура

нагревательной полости.

Уравнение (6) для условия (3) и (4) можно записать так

$$2\pi T_{si} = \int_{S_0} T_s \left[ \frac{\cos(r_i, n)}{r_i} - \frac{2\lambda_3(x, y)}{\delta_3 \cdot \lambda} \ln r_i \right] dS + \int_{S_0} \frac{2\lambda_3(x, y)}{\delta_3 \cdot \lambda} T_3 \ln r_i dS + \\ + \int_{S_1} T_s \left[ \frac{\cos(r_i, n)}{r_i} + \frac{\lambda_n}{\lambda \delta_n} \ln r_i \right] dS - \int_{S_1} T_n \frac{\lambda_n}{\lambda \delta_n} \ln r_i dS, \quad (7)$$

где  $S_0$  – внешний контур пуансона;  $S_1$  – внутренний контур нагревательной полости;  $\lambda_3(x, y)$  – переменное по контуру значение коэффициента теплопроводности заготовки.

Таким образом, дифференциальное уравнение Лапласа (2) для области свелось к интегральному уравнению типа Фредгольма второго рода, для контура, ограничивающего эту область, а решение двумерной задачи – к определению интегралов вдоль линии.

Интегральное уравнение (7), не имеющее аналитического решения, можно решить с помощью приближенного метода Фредгольма. Для этого контуры внешней и внутренней поверхности пуансона разбиваем на участки, в пределах каждого из которых температуру принимаем постоянной и равной средней температуре на этом участке. Для каждого участка составляем уравнение типа (7). В результате имеем систему линейных алгебраических уравнений, после решения, которых получаем значения температур (средних на каждом участке) на внешнем и внутреннем контурах сечения пуансона. Точность решения зависит от числа участков, на которые разбиваются внешний и внутренний контуры. Необходимое их количество определяется характером неравномерности граничных условий.

Если внешний контур разбить на  $n$  участков, а контур нагревательной полости на  $m$ , то задача сводится к решению системы  $n + m$  линейных алгебраических уравнений с  $n + m$  неизвестными:

$$(\varphi_{11} - 2\pi)T_1 + \varphi_{12}T_2 + \dots + \varphi_{1n}T_n + \varphi_{1,n+1}T_{n+1} + \dots + \varphi_{1,n+m}T_{n+m} = \\ + \varphi_{1s_1} \cdot T_n + \varphi_{1s_{01}} \cdot T_{3_1} + \varphi_{1s_{02}} \cdot T_{3_2} + \dots + \varphi_{1s_{0n}} \cdot T_{3_n}; \\ \varphi_{21}T_1 (\varphi_{22} - 2\pi)T_2 + \dots + \varphi_{2n}T_n + \varphi_{2,n+1}T_{n+1} + \dots + \varphi_{2,n+m}T_{n+m} = \\ + \varphi_{2s_1} \cdot T_n + \varphi_{2s_{01}} \cdot T_{3_1} + \varphi_{2s_{02}} \cdot T_{3_2} + \dots + \varphi_{2s_{0n}} \cdot T_{3_n}; \\ \varphi_{n1}T_1 + \varphi_{n2}T_2 + \dots + (\varphi_{nn} - 2\pi)T_n + \varphi_{n,n+1}T_{n+1} + \dots + \varphi_{n,n+m}T_{n+m} = \\ + \varphi_{ns_1} \cdot T_n + \varphi_{ns_{01}} \cdot T_{3_1} + \varphi_{ns_{02}} \cdot T_{3_2} + \dots + \varphi_{ns_{0n}} \cdot T_{3_n}; \\ \varphi_{n+m,1}T_1 + \varphi_{n+m,2}T_2 + \dots + \varphi_{n+m,n}T_n + \dots + (\varphi_{n+m,n+m} - 2\pi)T_{n+m} = \\ + \varphi_{n+m,s} \cdot T_n + \varphi_{n+m,s_{01}} \cdot T_{3_1} + \varphi_{n+m,s_{02}} \cdot T_{3_2} + \dots + \varphi_{n+m,s_{0n}} \cdot T_{3_n}, \quad (8)$$

где  $\varphi$  – следующие коэффициенты:

$$\begin{aligned}
\varphi_{i1} &= \int_1 \frac{\cos(r_i, n)}{r_i} dS + \int_1 \frac{2\lambda_{31}}{\lambda \cdot \delta_3} \ln \cdot r_i dS; \\
\varphi_{in} &= \int_n \frac{\cos(r_i, n)}{r_i} dS + \int_n \frac{2\lambda_{3n}}{\lambda \cdot \delta_3} \ln \cdot r_i dS; \\
\varphi_{i, n+1} &= \int_{n+1} \frac{\cos(r_i, n)}{r_i} dS + \int_{n+1} \frac{\lambda_H}{\lambda \cdot \delta_H} \ln \cdot r_i dS; \\
\varphi_{i, n+m} &= \int_{n+m} \frac{\cos(r_i, n)}{r_i} dS + \int_{n+m} \frac{\lambda_H}{\lambda \cdot \delta_H} \ln \cdot r_i dS; \\
\varphi_{i, S_1} &= \int_{n+1} \frac{\lambda_H}{\lambda \cdot \delta_H} \ln \cdot r_i dS + \int_{n+2} \frac{\lambda_H}{\lambda \cdot \delta_H} \ln \cdot r_i dS + \dots + \int_{n+m} \frac{\lambda_H}{\lambda \cdot \delta_H} \ln \cdot r_i dS; \\
\varphi_{i, S_{01}} &= \int_1 \frac{2\lambda_{31}}{\delta_3 \cdot \lambda} \ln \cdot r_i dS; \\
\varphi_{i, S_{0n}} &= \int_n \frac{2\lambda_{3n}}{\delta_3 \cdot \lambda} \ln \cdot r_i dS.
\end{aligned} \tag{9}$$

Значок  $i$  означает, что температура определяется для  $i$ -той точки контура, а номера  $1, 2, \dots, n, \dots, n+m$  указывают участок, для которого вычисляются интегралы.

Прежде чем решать систему (8), надо определить составляющие коэффициентов  $\varphi$ , т.е. вычислить интегралы, входящие в уравнения (9):

$$\begin{aligned}
J_2 &= \frac{\lambda}{\lambda \cdot \delta_H} \int_{S_i} \ln \cdot r_i dS, \\
J_1 &= \frac{\cos(r_i, n)}{r_i} dS \text{ и } J_2 = \frac{2}{\lambda \delta} \int_{S_i} \lambda_3(x, y) \ln \cdot r_i dS.
\end{aligned} \tag{10}$$

Эти интегралы могут быть найдены в конечном виде. Для этого необходимо контур разбить на такое количество участков, чтобы каждый криволинейный участок можно было считать отрезком прямой, и кроме того, разбивку произвести таким образом, чтобы на каждом из участков, где температура принимается постоянной, можно было считать  $\lambda_3 = const$  и  $\lambda_H = const$

Так, например, по формуле

$$\int_{S_i} f(x, y) dS = \int_a^b f[x, \varphi(x)] \sqrt{1 + [\varphi'(x)]^2} dx \tag{11}$$

криволинейный интеграл на каждом участке заменяется определенным интегралом.

Интеграл  $J_1$ , подынтегральное выражение которого представляет собой угол между лучами, соединяющими точку  $M$ , для которой определяется температура, с началом и концом отрезка интегрирования (рис. 1),

вычисляется следующим образом.

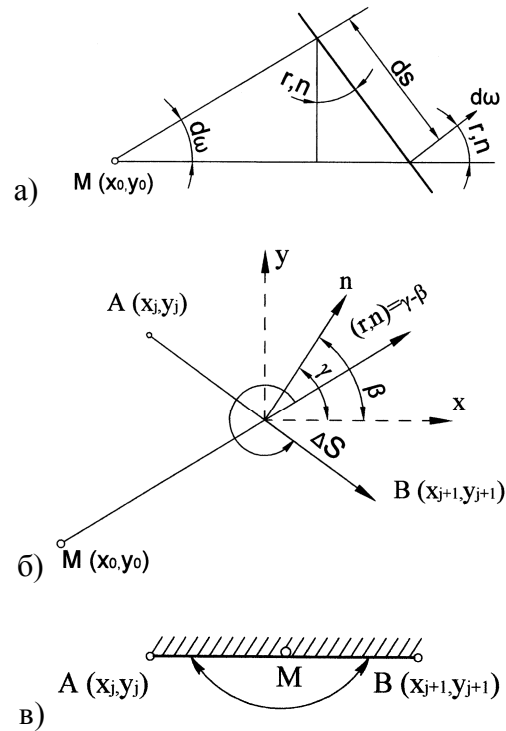


Рис. 1. Схема расчета подынтегральных функций

Из рисунка 1,б) видно, что:

$$\cos(r, n) = \cos(\gamma + \beta) = \cos \gamma \cos \beta + \sin \gamma \sin \beta ;$$

$$\cos \gamma = \cos\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) = -\sin \alpha = \frac{y_{j+1} - y_j}{\sqrt{(x_{j+1} - x_j)^2 + (y_{j+1} - y_j)^2}} ;$$

$$\sin \gamma = \sin\left(\alpha + \frac{\pi}{2}\right) = \cos \alpha = \frac{x_{j+1} - x_j}{\sqrt{(x_{j+1} - x_j)^2 + (y_{j+1} - y_j)^2}} ;$$

Аналогично

$$\cos \beta = \frac{x - x_0}{\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}} ;$$

$$\sin \beta = \frac{y - y_0}{\sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}} ;$$

Здесь

$$\beta = L(ox, r); \gamma = L(ox, n); \alpha = L(ox, \Delta S); \gamma - \beta = L(r, n);$$

$x_0, y_0$  – координаты точки, для которой составляется уравнение;  $x_j, y_j$  и  $x_{j+1}, y_{j+1}$  – координаты начала и конца отрезка интегрирования.

Таким образом,

$$\frac{\cos(r, n)}{r} = \frac{1}{r_1} \frac{(y - y_0)(x_{j+1} - x_j) - (y_{j+1} - y_j)(x - x_0)}{r^2}, \quad (12)$$

где

$$\left. \begin{aligned} r_i &= (x_{j+1} - x_j)^2 + (y_{j+1} - y_j)^2, \\ r &= (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Используя формулу (10) для  $J_1$  и учитывая (12), после несложных преобразований получим

$$\bar{J}_1 = \operatorname{arctg} \frac{y_j - y_0}{x_j - x_0} - \operatorname{arctg} \frac{y_{j+1} - y_0}{x_{j+1} - x_0}. \quad (14)$$

Из многочисленных значений выражения (14) интеграл  $J_1$  определяется следующим образом:

$$1) J_1 = |\bar{J}_1|, \text{ если } m > 0.$$

$$2) \text{ При } V \geq 0.$$

$$J_1 = \pi + \bar{J}_1, \text{ если } |\mu| \geq |V|.$$

$$J_1 = \pi - \bar{J}_1, \text{ если } |\mu| < |V|. \quad (15)$$

$$3) \text{ При } V < 0.$$

$$J_1 = \pi + \bar{J}_1, \text{ если } |\mu| \leq |V|.$$

$$J_1 = \pi - \bar{J}_1, \text{ если } |\mu| > |V|.$$

Здесь

$$m = \frac{x_j - x_0}{x_{j+1} - x_0}; V = \frac{y_j - y_0}{x_j - x_0}; \mu = \frac{y_j - y_{j+1}}{x_j - x_{j+1}}.$$

Интеграл  $J_2$  через координаты концов и середин участков, на которые разбивается криволинейный контур, выражается следующим образом:

$$\begin{aligned} J_2 &= 0,5 \sqrt{(y_j - y_{j+1})^2 + (x_j - x_{j+1})^2} * \\ &* \ln \sqrt{[(y_j - y_0)^2 + (x_j - x_0)^2] \cdot [(y_{j+1} - y_0)^2 + (x_{j+1} - x_0)^2]}. \end{aligned} \quad (16)$$

После того, как определены коэффициенты  $\varphi_i$ , система (8) может быть решена методом исключения по схеме Гаусса с выбором главного элемента [6].

В результате решения системы получаются значения температур на внешнем контуре пуансона и на стенках нагревательной полости. Затем по



известным контурным температурам можно определить температуру в любой внутренней точке сечения пуансона:

$$T_i = \frac{1}{2\pi} \left[ \varphi_{i1} T_{s1} + \varphi_{i2} T_{s2} \dots + \varphi_{i,n+m} T_{s,n+m} - (\varphi_{is_1} T_H + \varphi_{is_{01}} T_{s1} + \varphi_{is_{02}} T_{s2} + \dots) \right] \\ \left[ (+ \dots + \varphi_{is_{0n}} T_{sn}) \right], \quad (17)$$

где  $T_{s1}, T_{s2}, \dots, T_{s,n+m}$  – известные контурные температуры.

Задаваясь значениями координат  $x, y$  внутренних точек профиля по формуле (17), можно построить изотермические линии в сечении пуансона. Тогда форма и координата расположения одной из изотермических линий могут быть приняты за искомый контур внутренней нагревательной полости и его местонахождение относительно внешнего контура пуансона и имеющего на стенке температуру, равную температуре выбранной изотермической линии, что и требовалось определить в данной работе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куприянов, М.П. Характер деформации верха обуви при различных способах формования [Текст] / М.П. Куприянов // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. – 1974. – №4. – С.63-70.
2. Ким, Ф.И. А.с. 991999 СССР. Способ предварительного формования носочно-пучковой части заготовки верха обуви [Текст] / Ф.И. Ким, В.С. Лебедев, И.К. Мараджапов // Оpubл. В Б.И. – 1983. – №4.
3. Ким, Ф.И. Методы и технологии моделирования напряженно-деформированного состояния заготовки обуви при формовании [Текст] / Ф.И. Ким, С.Е. Мунасипов, А.Р. Соколовский. – Тараз: Тараз университеті, 2009. – 91 с.
4. Зысин-Моложен, Л.М. Теплообмен в турбомашинах [Текст] / Л.М. Зысин-Моложен, Л.В. Зысин, М.П. Поляк. – М.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1974. – 366 с.
5. Голубева, О.И. К определению температурного поля лопаток газовых турбин [Текст] / О.И. Голубева // Труды института им. П.И. Баранова. – 1947. – № 129. – С. 1-16.
6. Данилина, Н.И. Численные методы [Текст] / Н.И. Данилина, Н.С. Дубровская, О.П. Кваша [и др.]. – М.: Высшая школа, 1976. – 368 с.

Материал поступил в редакцию 25.04.16.

**Ф.И. Ким, Р.К. Нусипәли**

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

**АЯҚ КИІМ БЕТІНЕ БЫЛҒАРЫ ДАЙЫНДАМА ПШІМДЕУГЕ  
АРНАЛҒАН БІРКЕЛКІ ЕМЕС ҚЫЗДЫРЫЛАТЫН АЯҚ КИІМ  
ҚАЛЫБЫН (ПУАНСОНЫН) ЗЕРТТЕУ**

*Хабарлама 1*

**Іштен қыздырылатын жолағы бар біркелкі емес қызатын  
пуансонның температуралық өрісін зерттеу**

Жұмыста аяқ киім бетіне былғары дайындама пішімдеуге арналған біркелкі емес қыздырылатын аяқ киім қалыбының іштен қыздырылатын жолағы бар біркелкі емес қызатын пуансонының температуралық өрісін зерттеу нәтижелері көрсетілген.

**Түйін сөздер:** пуансон, аяқ киім қалыбы, температуралық өріс, калыптау, аяқ киім бетінің дайындамасы.

**F.I. Kim, R.K. Nussipali**

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

## **STUDY UNEVENLY HEATED SHOE LAST (PUNCHES) FOR FORMING A FORGED BILLET TOP SHOES**

### *Message 1*

#### **Temperature field research unevenly heated punch with an internal heating cavity**

The research results of temperature field of unevenly heated punch on the inside of the heating cavity, presented as a model of shoe pads site for molding leather blanks of shoe uppers.

**Keywords:** punch, shoe pad, temperature field, molding, blanks of the shoe upper.

УДК 685.34:004.94

**Ф.И. Ким<sup>1</sup>, Р.К. Нусипали<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Магистр, ст. преподаватель  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан.  
<sup>2</sup>Электронный адрес: rollan\_n@mail.ru*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНО ОБОГРЕВАЕМОЙ ОБУВНОЙ КОЛОДКИ (ПУАНСОНА) ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ КОЖАНОЙ ЗАГОТОВКИ ВЕРХА ОБУВИ**

### *Сообщение 2*

#### **Расчет неравномерно обогреваемого пуансона на ЭВМ**

В работе приведена методика расчета контурных температур для двух пуансонов, внешние контуры которых представлены в виде сопряжений типов «эллипс-окружность» и «парабола-окружность», представляющих аппроксимацию огибаемых контуров формирующей поверхности передней части обувной колодки.

**Ключевые слова:** контурная температура, пуансон, сопряжения типов «эллипс-окружность» и «парабола-окружность».

Изложенный в работе [1] метод исследования температурного поля в сечении пуансона с внутренней нагревательной полостью запрограммирован для реализации на ЭВМ. Блок-схема программы приведена на рисунке 1.

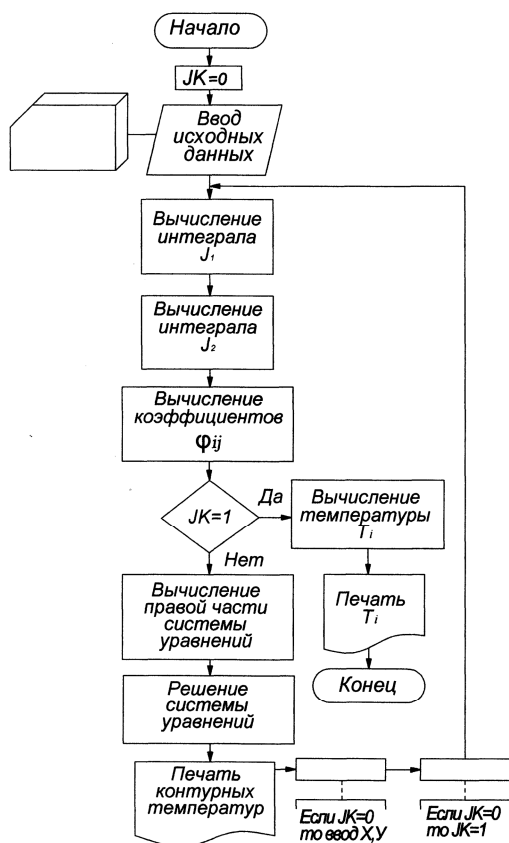


Рис. 1. Блок-схема программы для расчета температурных полей

Программа рассчитана на определение температуры в 40 точках внешнего и внутреннего контурах и любом количестве точек внутри сечения пуансона.

Расчет произведем для двух пуансонов, внешние контуры которых представлены в виде сопряжений типов «эллипс-окружность» и «парабола-окружность», представляющих аппроксимацию огибаемых контуров формирующей поверхности носочно-пучковой части обувной колодки [2].

Для определения контурных температур необходимо задать координаты  $x$  и  $y$  точек деления контуров на участки, значения коэффициентов теплопроводности в них, теплопроводность материала пуансона, требуемое распределение температуры прогрева заготовки и температуру источника нагрева, Схема разбивки пуансонов типов «эллипс-окружность» и «парабола-окружность» на участки и порядок нумерации точек показаны на рисунке 2.

Расчет требуемой температуры прогрева кожаной заготовки верха обуви вдоль огибаемых контуров пуансонов производился по формуле (1) [1] с использованием исходных данных из таблиц 1 и 2. Значения коэффициентов теплопроводности кожаной заготовки на отдельных участках разбиения пуансонов были определены путем обобщения графических и табличных зависимостей теплофизических показателей увлажненных кожаных материалов при разных температурах их прогрева, приведенных в работах [4, 5].

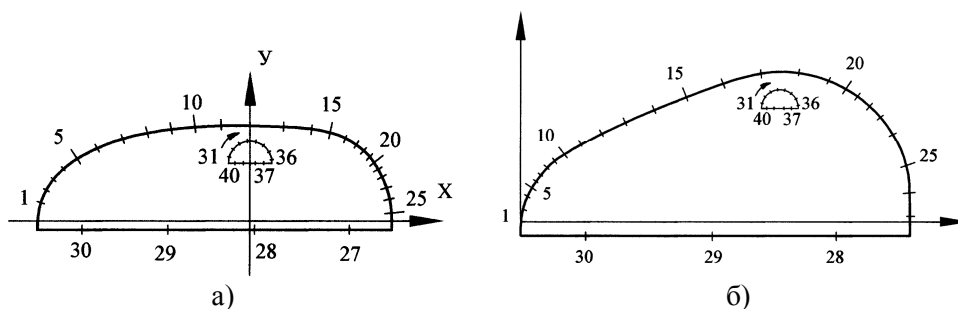


Рис. 2. Схемы разбивки пуансонов типов «эллипс-окружность» (а) и «парабола-окружность» (б) на участки и порядок нумерации точек

Таблица 1

№ сечения	Тип сопряжения	Параметры						
		а, мм	в, мм	R, мм	d, мм	u, мм	δ, мм	H
Ш	«Эллипс - окружность»	44,4	20,2	17	13,9	19	17,2	-
УШ	«Парабола - окружность»	-	-	31,45	63,55	5,5	63,65	11,65

Таблица 2

Исходные данные для расчета температуры прогрева кожаной заготовки

№ п/п	Обозначение	Размерность	Значение
1	$\varepsilon$	%	20
2	$T_0$	$^{\circ}\text{C}$	35
3	$A_0$	%/ДООН	24,61
4	$T_{\max}$	$^{\circ}\text{C}$	65
5	$T_{\text{ср}}$	$^{\circ}\text{C}$	50
6	R	H	71,38
7	$K_{\text{ср}}$	-	0,19
8	$m_0$	-	17,89
9	$m_1$	-	0,192
10	n	-	0,715
11	$u_0$	-	0,456
12	$u_1$	-	0,015
13	$u_2$	-	0,0048
14	$u_{12}$	-	$0,233 \cdot 10^{-3}$

На рисунке 3 показаны расчетные значения температур на внешнем и внутреннем контурах пуансонов, а также изотермы в сечениях последних.

Из рисунка 3 следует, что максимальную температуру ( $76^{\circ}$ - $81^{\circ}$ ) имеет внешний контур пуансона на участках, где заготовка испытывает максимальное трение о формирующую поверхность под действием усилий формования и наименьшую ( $50^{\circ}$ - $52^{\circ}$ ) – на боковых участках.

Использование неравномерно обогреваемых обувных колодок для формования верха обуви позволяют существенно повысить качество

проведения формовочных операций и рационально использовать кожевенные материалы.

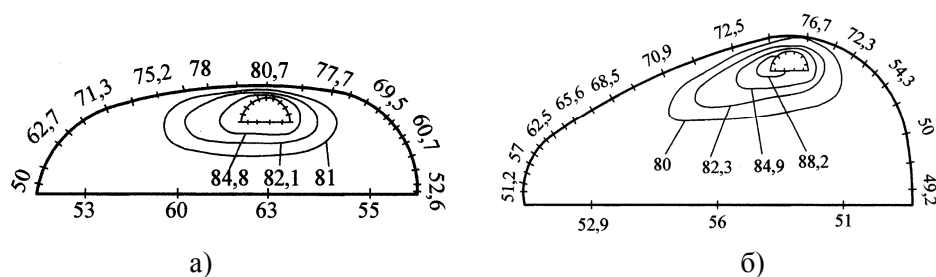


Рис. 3. Поля температур в сечениях пуансонов с огибаемыми контурами типов «эллипс-окружность» (а) и «парабола-окружность» (б)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ким, Ф.И. Исследование неравномерно обогреваемой обувной колодки (пуансона) для формования кожаной заготовки верха обуви. *Сообщение I. Исследование температурного поля неравномерно обогреваемого пуансона с внутренней нагревательной полостью* [Текст] / Ф.И. Ким, Р.К. Нусипали // Механика и технологии. – 2016. – №3. – С. 44-52.
2. Ким, Ф.И. Математическое описание огибаемых контуров формирующей поверхности носочно-пучковой части обувной колодки [Текст] / Ф.И. Ким, Л.Х. Юсупова // Материалы международной научно-практической конференции «Уркумбаевские чтения». – 2013. – т.1. – С. 67-71.
3. Ким, Ф.И. Исследование процесса горячего формования заготовки верха обуви и пути совершенствования рабочих органов обтяжно-затяжной машины [Текст] / Ф.И. Ким / Автореферат дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1981. – 26 с.
4. Каштан, В.С. Исследование теплофизических свойств кожи. [Текст] / В.С. Каштан, С.А. Вишневский, Л.П. Самойленко // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности – 1976. – №4. – С. 20-22.
5. Краснобокий, Ю.Н. Определение теплоемкости кожи. [Текст] / Ю.Н. Краснобокий, А.Ф. Мигляченко, М.И. Котов // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 1973. – №4. – С. 60-65.

Материал поступил в редакцию 25.04.16.

**Ф.И. Ким, Р.К. Нусипали**

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

**АЯҚ КИІМ БЕТІНЕ БЫЛҒАРЫ ДАЙЫНДАМА ПШІМДЕУГЕ  
АРНАЛҒАН БІРКЕЛКІ ЕМЕС ҚЫЗДЫРЫЛАТЫН АЯҚ КИІМ  
ҚАЛЫБЫН (ПУАНСОНЫН) ЗЕРТТЕУ**

*Хабарлама 1*

**Біркелкі емес қыздырылатын пуансонды ЭЕМ-да есептеу**

Жұмыста аяқ киім қалпының алдыңғы бөлігінің қалыптау бегі контурының аппроксимациясын көрсететін сыртқы контурлары «эллипс-шеңбер» және «парабола-шеңбер» түрінде түйіндескен екі пуансонның контурлық температурасын есептеу әдістемесі келтірілген.

**Түйін сөздер:** контурлық температура, пуансон, «эллипс - шеңбер» және «парабола - шеңбер» типтерінің түйіндесуі.

**F.I. Kim, R.K. Nussipali**

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

## **STUDY UNEVENLY HEATED SHOE LAST (PUNCHES) FOR FORMING A FORGED BILLET TOP SHOES**

### **Message 1**

#### **Calculation unevenly heated punch on a computer**

The paper shows the method of calculating the contour temperature for two punches, the outer contours of which are presented in the form of associated types "ellipse-circle" and "parabola-circle", representing an approximation of the envelope shape of the contour surface of the front part of the shoe last.

**Keywords:** contour temperature, punch, associate type "ellipse-circle" and "parabola - circle".

ӘОЖ 675.31.001

**С.Е. Мунасипов<sup>1</sup>, Ұ.Қ. Әбек<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Техн. ғылымдарының канд., профессор, <sup>2</sup>Магистрант*

*М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан  
Электрондық пошта: <sup>1</sup>[munasipov@mail.ru](mailto:munasipov@mail.ru), <sup>2</sup>[abekulzhan@mail.ru](mailto:abekulzhan@mail.ru)*

## **ӘЙЕЛДЕР ТАБАНДАРЫНЫҢ АНТРОПОМЕТРИЯЛЫҚ ӨЛШЕМДЕР АРАСЫНДАҒЫ БАЙЛАНЫСЫН АНЫҚТАУ НӘТИЖЕЛЕРІ**

Жамбыл облысының тұрғындарына антропометриялық зерттеулер жүргізіліп, нәтижесінде тұрғындардың жас ерекшеліктеріне байланысты табандарының антропометриялық өлшемдері арасындағы байланысы анықталды. Алынған мәліметтер антропологиялық параметрлерге негізделген ыңғайлы аяқ киімді құрастыруға және тұрғындарды сапалы өніммен қамтамасыз етуге негіз бола алады.

**Түйін сөздер:** антропометриялық зерттеулер, аяқ киім бөлшектерінің өлшемдері мен формалары, плантограмма, корреляциялы-регрессиялық әдіс, антропометриялық өлшемдер.

Табан өлшемінің қимыл-қозғалыста өзгеруін, бұлшық еттер жұмысын, дене салмағының тірекке таралуын және биомеханиканың басқа да мәселелерді, сонымен қатар аяқ киім бөлшектерінің өлшемдері мен формаларын және табан өлшемдерін антропометриялық зерттеу аяқ киім жасау өндірісі үшін өзекті мәселенің бірі. Осы кезге дейін қолданылып

келген антропометриялық мәліметтердің ескіргенін ескерсек, бұл мәселе жаңа тұрғыда соңғы деректерге сүйеніп қарастыруды қажет етеді. Осыған байланысты еліміздің әйелдеріне антропометриялық зерттеулер жүргізу, табан өлшемдері туралы жаңа мәліметтер алу, сонымен бірге түрлі табан ауруларына шалдыққан науқастарды анықтау, алынған мәліметтерді өндіріс орындарында қолдану өзекті мәселелердің бірі болып табылады [1].

Антропометриялық зерттеу стандартты әдіс бойынша табанды өлшеу және плантограмманы алу арқылы жүргізілді.

Зерттеуге Жамбыл облысының қала мен ауылдық жерде тұратын 11, 23, 24, 40, 41, 55, 56 және 70 жас аралығындағы әйел адамдарына жүргізіліп, келесі параметрлер анықталды: табан ұзындығы, шоғырдың ені, өкше ені, сыртқы тобықтың ені, шоғыр айналымы.

Аяқ киімнің ішкі формасына табан өлшемдерінің формасы және размерінің сәйкестігін қамсыздандыру үшін антропометриялық өлшемдер арасындағы байланысты анықтау қажет. Сол себепті өлшемдердің арасындағы заңдылықты анықтау үшін корреляциялық-регрессиялық әдіс қолданылды. Аталған әдіс көрсеткіштердің арасындағы байланыс күшін ғана емес, сонымен қатар байланыс формасын анықтауға және алынған нәтижелердің дәлділігін бағалауға мүмкіндік береді.

Табандардың типтік формалары анықталып, әйелдер табандарын түрлі патологиялық аурулардан қорғау мәселелерін шешу жолдары қарастырылды. Табандарының әртүрлі патологиялық ауытқулары бар науқастардың антропометриялық зерттеуге бағытталған мәліметтері анықталды. Бұл мәліметтер антропометриялық зерттеулер арқылы профилактикалық, реабилитациялық және ортопедиялық бұйымдарды жобалау кезінде пайдаланылады [2].

Корреляциялық байланыста негізгі белгінің нақты мәніне басқа белгінің бірден асқан мәні сәйкес келеді. Негізінде бұл екі статистикалық мәндердің арасындағы байланыс. Олардың біреуін тәуелсіз ауыспалы, ал екіншісін біріншінің функциясы деп санайды. Белгілер арасындағы корреляциялық байланыстың қасиетін есепке алып оның дәрежесін (корреляцияны) және жалпы бағытын анықтайды. Корреляция тік немесе қисық сызықты болып, бағытына қарай тік, «+» плюс немесе теріс «-» минус болуы мүмкін.

Өзара функционалды байланысқан антропометриялық белгілер арасындағы байланысты анықтағанда олардың тік сызықты байланысты болғаны анықталды. Ол үшін корреляциялық тор құрастырылды да белгілердің таралуы, корреляция және регрессия коэффициенттері есептелді.

Алынған өлшемдердің ішінен ең төменгі және ең жоғарғы көрсеткіш таңдалып алынды. Табан ұзындығы бойынша ең төменгі көрсеткіш 210, ал ең жоғарғы көрсеткіш 272 болып тұр. Сәйкесінше тербеліс келесідей анықталады:  $272 - 210 = 62$ , яғни  $d_x = 6$  мм. Корреляциялық тордың параметрлерін есептеу әдістері регрессия теңдеуінің екі өлшемінің өзара байланысуының нәтижесінде шығады [3].

Табан ұзындығы негізгі өлшем ретінде алынса, шоғыр ені – бағынышты өлшем ретінде алынады. Негізгі өлшем 17 интервалға, бағынышты өлшем 12 интервалға бөлінген. Екі өлшемнің байланысын сандық көрсеткіштер бойынша саналды.

Белгілі бір өлшемдегі белгілер қаншалықты көп кездесетіндігі корреляциялық торға белгілеу арқылы анықталады.

Корреляциялық тор. Табан ұзындығы мен сыртқы шоғыр бойынша өлшемдер көрсеткіші

X белгідегі топтардың аралық шектері	Топтардың аралық орта шегі	У белгідегі топтардың аралық шектері, топтардың аралық орта шегі										1	2	3	4	5	6
		50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94	95-99	$P_x$	$a_x$	$P_x a_x$	$P_x a_x^2$	$P_x a_y$	$P_x a_y a_x$
		52	57	62	67	72	77	82	87	92	97						
210-212	211	3	4	4	2	1		1				15	-10	-150	1500	-885	8850
213-215	214	5	4	3	5	2	1					20	-9	-180	1620	-840	7560
216-218	217	2	3	7	3	3	1					19	-8	-152	1216	-646	5168
219-221	220	3	5	6	3	3	4	1				25	-7	-175	1225	-900	6300
222-224	223		2	6	7	5	3	2				25	-6	-150	900	-450	2700
225-227	226		3	2	5	4	3	1				18	-5	-90	450	-252	1260
228-230	229		3	1	4	5	4					17	-4	-68	272	-187	748
231-233	232		7	7	11	5	13	2				45	-3	-135	405	-1395	4185
234-236	235		3	11	10	15	13	5	1	2		60	-2	-120	240	-420	840
237-239	238		2	3	12	19	6	4	3			49	-1	-49	49	-49	49
240-242	241		1	7	11	21	11	4	3	3		61	0	0	0	732	0
243-245	244			3	2	10	15	4	2			36	1	36	36	756	756
246-248	247				1	3	3	10	1			18	2	36	72	450	900
249-251	250				1	2	3	3				9	3	27	81	72	216
252-254	253				1	5	7	2	3	1		19	4	76	304	437	1748
255-257	256					1	2	2	5	2		12	5	60	300	348	1740
258-260	259					1	3	3	7	2		16	6	96	576	608	3648
261-263	262					3	2	5	5	1		16	7	112	784	496	3472
264-266	265				1		2	5	3		1	12	8	96	768	300	2400
267-269	268							1	2	3	1	7	9	63	567	175	1575
270-272	271									1		1	10	10	100	4	40
Есептеу реті	Параметрлер	У белгідегі топтардың аралық шектері, топтардың аралық орта шегі										1	2	3	4	5	6
		50-54	55-59	60-64	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94	95-99	$P_x$	$a_x$	$P_x a_x$	$P_x a_x^2$	$P_x a_y$	$P_x a_y a_x$
		52	57	62	67	72	77	82	87	92	97						
												500		-657	11465	-1646	54155
I	$P_y$	13	37	60	79	108	96	55	35	15	2	500					
II	$a_y$	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5						
III	$P_y a_y$	-52	-111	-120	-79	0	96	110	105	60	10	19					
IV	$P_y a_y^2$	208	333	240	79	0	96	220	315	240	50	1781					
V	$P_y a_x$	-1456	-7511	-12960	-15326	-12204	-4704	5280	5425	990	34	-4243					

Кестеде бөлінген интервалдарға байланысты алынған антропометриялық өлшемдер сәйкес келіп, түйіскен нүкте көрсетілді. Сәйкес келетін қай нүкте жиі кездесетін болса  $a_x$  және  $a_y$  тұсы 0-ге тең болады. Көлденең және



бойлық қатарлардың жалпы қосындысы табылды. Шыққан сандар кестеде белгіленген  $P_x$  және  $P_y$  тұсына жазылған.

Есептің дұрыстығы тек көлденең немесе тек бойлық көрсеткішті қосқанда, яғни кестеге енгізілген нысандардың санына тең болуы тиіс. Корреляция коэффициенттерінің жоғарғы көрсеткіштері ортопедиялық бұйымдар мен аяқ киімдердің қалыптарын, конструкцияларын құрастыруға мүмкіндік береді.

Жалпы, жұмыс нәтижесі көрсетілген жастық топтардың анатомиялық-физиологиялық және психологиялық ерекшеліктерін ескере отырып Жамбыл облысы әйелдері табандарының антропометриялық өлшемдері арасындағы байланысын анықтау арқылы ыңғайлы аяқ киім жасауға мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Бекк, Н.В. Обувь для подростков и современные требования валеологии [Текст] / Н.В. Бекк, С.С. Черненкова // Кожа и обувь. – 2008. – №1. – С. 218-225.
2. Макарова, М.Р. Проблемы плоскостопия у детей и взрослых [Текст] / М.Р. Макарова // Мед. помощь. – 2001. – №1. – С. 24-28.
3. Мунасилов, С.Е. Қолданбалы антропометрия және биомеханика негіздері [Мәтін] / С.Е. Мунасилов. – Тараз: Тараз университеті, 2005. – 105 с.

*Материал редакцияға 24.06.16 түсті.*

**С.Е. Мунасилов, У.К. Абек**

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

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВЯЗЕЙ МЕЖДУ АНТРОПО- МЕТРИЧЕСКИМИ РАЗМЕРАМИ СТОП ЖЕНЩИН

В статье представлены результаты антропометрического исследования стоп женского населения Жамбылской области с целью определения антропометрических характеристик для создания комфортной обуви

**Ключевые слова:** антропометрическое исследование, формы и размеры деталей обуви, плантограмма, корреляционный метод, антропометрические размеры.

**S.E. Munasipov, U.K. Abek**

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

#### RESULTS OF DETERMINATION OF LINKS BETWEEN THE ANTHROPOLOGICAL-METRIC SIZES OF WOMEN FEET

The article presents the results of anthropometric studies stop the female population of Zhambyl region to determine the anthropometric characteristics to create a comfortable shoes.

**Keywords:** anthropometric study of shapes and sizes of parts of shoes, plantogram, correlation method, anthropometric dimensions.

## ТЕХНОЛОГИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ӘОЖ 636.22/.28.033

А.С. Тұрсынбай<sup>1</sup>, М.Д. Кенжеходжаев<sup>2</sup>, Х.А. Аубакиров<sup>3</sup>, М.Ш. Гаражаев<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Магистрант, <sup>2</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент,

<sup>3</sup>Ауыл-шаруашылығы ғылымдарының канд., доцент, <sup>4</sup>Магистр

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

<sup>3</sup>Эл.пошта: hamit\_a57@mail.ru

### ЖАМБЫЛ ОБЛЫСЫНДА ӨСІРІЛЕТІН ЖЫЛҚЫ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ СҮТ ӨНІМДІЛІК ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Мақалада Жамбыл облысында өсірілетін жылқы тұқымдарының сүт өнімділік ерекшеліктерін зерттеу нәтижесі жөніндегі мәліметтер берілген. Биелердің сүт өнімділігін анықтау мақсатында тәжірибе жұмыстарында шығу тегі бойынша таза жабы типті, көшім жылқылары және олардың будан жылқыларының сүт өнімділіктері салыстырмалы түрде анықталған. Екі жылдық орташа сүт өнімділік көрсеткіштері бойынша сауылым мерзімдерінде біршама басымдылық көшім тұқымды биелерінде 8,43; 8,51 л, ал таза канды жабы типті жылқыда – азырақ, тиісінше 7,38; 7,98 л екені анықталған.

**Түйін сөздер:** жылқы, жабы типті, көшім тұқымды, будандар, сүт өнімділігі, сүт шығымы, сауын биелері.

**Кіріспе.** Қазақ жылқысының шығу тегіне жүгінсек, ол 2000 жылдан астам кезендерде қазіргі қазақ этносының негізін қалаған жергілікті көшпенді тайпалардан жақсы дамыған мал шаруашылығы, әскери шаралар, тұрмыс-салт және дәстүр талаптарының негізінде халықтық сұрыптау барысында қалыптасқан деген пікір орныққан. Қазақ жылқысы көшпенді халықтың сұранымына лайық тебіндеп жайылуға шыдамды болып келеді. Қазақ жылқы тұқымының ішінде республиканың әртүрлі табиғи-климаттық, шаруашылық жағдайларының ерекшеліктеріне орай басқа жылқы тұқымдарымен будандастыру арқылы шығарылған жергілікті тұқымдары мен тұқымішілік типтері қалыптасқан, сондықтан жер жағдайына және қандай жылқы тұқымдары қандарының араласуына байланысты еліміздің әртүрлі аймақтарында өсірілетін жылқы тұқымдары өздерінің дене бітімдері, пайдалану бағыттары және өнімділік көрсеткіштері бойынша ерекшеленеді.

К.А. Овчинников [1], Ю.Н. Барминцев [2] жабы типті биелердің сүт өнімділігін әр кезендерде жайылым типін көрсете отыра зерттей келе, биелердің сүттілігі сүт беру кезеңінің екінші және үшінші айларында 15,9 л құрап, ал сүттілігі жоғарылары 10-15 л сүт беретінін анықтаған. Автор сүт беру кезеңінің екінші және үшінші айларындағы алынған сүттіліктің едәуір жоғары көрсеткіштерін, бақыланушы сауым арнайы іріктелген сүтті биелердің қымыздық үйірлерінде жүргізілуімен түсіндіруге болатынын атап

өтеді. Алайда бұл биелердің сүт беру кезеңінің ұзақтығы жайында және жалпы сүттілігі жағынан мәліметтер келтірілмейді.

Л.В. Каштанов [3, 4] қырғыз жылқыларының сүттілігін 7 ай табында ұстау барысында зерттей келе, бұл тұқымға жататын биелердің сүттілігі сүт беретін кезеңінің 5-6 айына дейін жоғары деңгейде сақталып, ал онан соң төмендей келе, жетінші айында әдетте 2-3 айларындағы өнімділіктерімен салыстырғанда бар болғаны 25-30% көлемін құрайтынын атап өтеді. Құлындағаннан кейінгі алғашқы 4 айдай шамасында биелердің сүттілігі бір қалыпты деңгейде сақталады. Сауын биелерін жайылымда бағу барысының 5-ші айында олардың сүттіліктері 15-20% төмендеп, соңғы 6-шы айында алғашқы айларындағы өнімділіктерінің 50-70% деңгейінде сақталады.

И.А. Сайгин [5, 6] башқұрт биелері 7-ден 15 жасқа дейінгі аралықта ең жоғары сүттілікке ие екендігін келтіреді. Башқұрт биелерінде 6 ай сауылым бойынша сүттілігі жоғары түрлерінде олардың өнімділіктері – 1887, сүттілігі орташа түрлерінде – 1637, ал сүттілігі аздарында – 983,7 л құраған.

**Зерттеу әдістемесі.** Тәжірибе жұмыстары Жамбыл облысы, Байзақ ауданы «Бапыш-Сейсенбай» шаруа қожалығында жүргізілді. Зерттеу нысаны ретінде осы шаруа қожалығында өсірілетін жергілікті жабы типті және сырттан әкелінген көшім тұқымды жылқылары мен олардың будандары алынды. Биелердің сүт өнімділігін анықтау мақсатында тәжірибе жұмыстары шығу тегі бойынша таза 10 бас жабы типті биелер мен 10 бас көшім жылқылары және 10 бас жартылай қанды будан жылқыларына жүргізілді. Зерттеу жұмысына алынған малдардың шығу тегі мен тәжірибе жұмыстарының нұсқасы төменде берілген.

Ата-енелерінің тұқымы		Биелердің шығу тегі	Тәжірибе топтары
айғырлар	биелер		
Жабы	жабы	таза жабы	I
Көшім	көшім	таза көшім	II
Көшім	жабы	1/2 қанды (будан)	III

Сауын биелер күніне бес рет: сағат таңертеңгі 8<sup>30</sup>; 11<sup>00</sup>; 13<sup>10</sup>; 16<sup>00</sup> және 18<sup>30</sup> уақыттарында сауылып отырылды.

Тәуліктік сүт өнімділігін И.А.Сайгин ұсынған формуламен анықтадық. Ол бие ағзасында сүт түзілуі тәулік бойында бірқалыпты өтетініне негізделген:

$$Y_c = \frac{Y_f X_{24}}{T}$$

мұнда:  $Y_c$  – жалпы тәуліктік сүттілігі;  $Y_f$  – іс жүзіндегі сауым;  $T$  – тәулік бойындағы сауым ұзақтығы, сағ; 24 – сауынды тәулікке қайта есептеу.

Сауылым жүргізіліп жатқан жерде, әрбір биеден жаңадан сауылған сүттің түсі, иісі, консистенциясы, қоюлығы, қышқылдығы анықталды.

**Зерттеу нәтижелері.** Біз өз жұмысымызда әртүрлі жылқы тұқымдарының сүт өнімділігін анықтау мақсатында екі жылдық сүт өнімдерінің жалпы көрсеткіштерін анықтадық. Зерттеу нәтижесінде алынған сүт өнімділік көрсеткіштері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте мәліметінен сүт өнімдері бойынша тәжірибедегі жылқы тұқымдары біршама айырмашылықтарға ие екенін көреміз. Екі жылдық орташа сүт өнімділік көрсеткіштері бойынша сауылым мерзімдерінде біршама басымдылық көшім тұқымды биелерінде екені – 8,43; 8,51 л, ал таза қанды жабы типті жылқыда азырақ – 7,38; 7,98 л екені байқалады.

Кесте 1  
Тәжірибелік жылқы тұқымдарының орғаша сүт өнімділіктері

Сауылу мерзімі	Жабы типті				Көшім тұқымы				½ қанды будан			
	жылы	айы	бір тәулікте М±m	бір айда барлығы	төрт айда барлығы	бір тәулікте М±m	бір айда барлығы	төрт айда барлығы	бір тәулікте М±m	бір айда барлығы	төрт айда барлығы	
2014	Мамыр, Маусым, Шілде, тамыз	7,47±0,37	231,6	-	8,18±0,25	253,6	-	7,65±0,14	237,1	-		
		8,53±0,26	255,9	-	9,15±0,36	274,5	-	8,87±0,27	266,1	-		
		8,0±0,41	248,0	-	8,57±0,35	265,7	-	8,25±0,30	255,7	-		
		7,35±0,35	227,8	-	7,83±0,38	242,7	-	7,67±0,44	237,8	-		
орға есеппен		240,8	963,3	8,43±0,41	259,1	1036,5	8,11±0,32	249,2	996,7			
2015	Мамыр, Маусым, Шілде, тамыз	7,62±0,51	236,2	-	8,25±0,34	255,7	-	7,80±0,37	241,8	-		
		8,64±0,25	259,2	-	9,32±0,42	279,6	-	9,0±0,41	270,0	-		
		8,11±0,25	251,4	-	8,71±0,28	270,0	-	8,3±0,25	257,3	-		
		7,55±0,33	234,0	-	7,78±0,20	241,2	-	7,61±0,22	228,3	-		
орға есеппен		245,2	980,8	8,51±0,33	261,6	1046,5	8,18±0,35	249,3	997,4			

Мұнда жылқы тұқымдарындағы ең жоғары сүт өнімділік көрсеткіштері маусым, шілде айларына тура келеді де, тамыз айынан бастап сүт шығымы күрт төмендей бастайтыны байқалады. Бұл ерекшеліктерді сауындағы тәжірбиелік биелердің наурыз айының басында құлындап, соңына таман айғырдан шығуы себепті тамыз айларында буаз биелердің ішіндегі құлындары 4-5 айлық болып жетіле бастауы және осы мезгілдердегі сүт қуатын көкшалғын шөптерінің қурай бастауымен түсіндіруге болады. Жалпы, 4 ай қортындысы бойынша барлығы көшім тұқымды биелерден 2014 жылы 1036,5 л, ал 2015 жылы 1046,5 л сүт сауылған болса, осы уақыт аралығында қазақтың жабы типті жылқысынан алынған сүт мөлшері тиісінше 963,3 және 980,8 л құрады.

Салыстырмалы түрде орташа деңгейдегі сүт өнімділіктері көшім, жабы типті жықыларынан алынған будан ұрпақтарында байқалады. Мұндай биелерден 2014 жылдың бір айында алынған орташа сүт өнімділіктері  $8,11 \pm 0,32$  л құраса, 2015 жылы бұл көрсеткіш  $8,18 \pm 0,35$  л құраған. Будан биелерден 2014 жылы 4 айда барлығы 996,7 л сүт алынса, 2015 жылы бұл көрсеткіш 997,4 л жеткен.

**Қорытынды.** Биелердің сүттілігі олардың тірілей салмағына тікелей байланысты болады. Мысалы, орыстың желісті жылқыларының сүт өнімділігі далалық жылқылармен шамасы бір деңгейде болады. Сонымен бірге әртүрлі тұқымдағы жылқылардың сүт өнімділіктерін салыстыру барысында осы биелерді қандай жағдайда және қанша мөлшердегі жем-шөппен азықтандырылғанын білу қажет. Далада жайылатын жергілікті жылқы тұқымдарының сүт өнімділігі жоғары болып келеді. Жергілікті жылқылардың сүт өнімділіктерін олардың 100 кг тірілей салмағына шағатын болсақ, зауыттық тұқымды жылқы тұқымдарымен салыстырғанда сүт шығымы 30-50% дейін артық болатыны анықталған. Жылқы тұқымдарындағы ең жоғары сүт өнімділік көрсеткіштері маусым, шілде айларына тура келеді де, тамыз айынан бастап сүт шығымы күрт төмендей бастайды.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Барминцев, Ю.Н. Молочная продуктивность казахских кобыл [Текст] / Ю.Н. Барминцев // Эволюция конных пород в Казахстане. – Алма-Ата: Казгосиздат, 1958. – 34 с.
2. Барминцев, Ю.Н. Молочное коневодство в условиях Казахстана [Текст] / Ю.Н. Барминцев // Сб.науч.трудов 1-ой конф. по молочному коневодству и кумысоделению. – М., 1960.
3. Каштанов, Л.В. О развитии и использовании молочной продуктивности коневодства и производство кумыса [Текст] / Л.В. Каштанов // Коневодство. – 1953. – №11. – С.9-11.
4. Каштанов, Л.В. За дальнейшее развитие мясо-молочного коневодства в районах табунного содержания лошадей [Текст] / Л.В. Каштанов // Коневодства и конный спорт. – 1959. – №2. – С.23-27.
5. Сайгин, И.А. Исследование по молочному коневодству Башкирской АССР [Текст]: дисс. канд.с.-х. наук: 17.10.47. – Уфа, 1947. – 110 с.
6. Сайгин, И.А. О дойке кобыл и выращивание жеребят [Текст] / И.А. Сайгин // Коневодство. – 1952. – №10. – С. 10-13.

*Материал редакцияға 19.03.16 түсті.*

А.С. Турсынбай, М.Д. Кенжеходжаев, Х.А. Аубакиров, М.Ш. Гаражаев

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

### МОЛОЧНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОБЫЛ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД ЛОШАДЕЙ, РАЗВОДИМЫЕ В ЖАМБЫЛСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье приведены данные по изучению молочной продуктивности кобыл разных пород, разводимые в Жамбылской области. В сравнительном аспекте приводятся данные о молочной продуктивности кобыл типа жабе, кушумской породы и их помесей. По результатам двухгодичных данных учета молочной продуктивности кобыл средний надой молока по сезонам дойного периода составили у кушумской породы 8,43; 8,51 л, а у местных кобыл типа жабе соответственно 7,38; 7,98 л.

**Ключевые слова:** лошадь, тип жабе, кушумская порода, помеси, молочная продуктивность, выход молока, дойные кобылы.

A.S. Tursynbay, M.D. Kenzhekhodzhaev, H.A. Aubakirov, M.Sh. Garazhaev

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

### DAIRY EFFICIENCY OF MARES OF DIFFERENT HORSE BREED, RISED IN THE ZHAMBYL AREA

The article presents data on the study of milk production of mares of different breeds, rised in the Zhambyl region. Considered the comparative aspect of milk production of Jabe type mares, Kushum breeds and their crosses. According to the results of two-year milk production records mares average milk yield of dairy seasonal period amounted to 8.43-8.51 l at Kushum breed; and local mares type Jabe respectively 7.38-7.98 l.

**Keywords:** horse, Jabe type, Kushum breed, crossbreed, dairy efficiency, milk output, milch mares.

ӨОЖ 637.5.04/.07

Х.А. Аубакиров<sup>1</sup>, М.Д. Кенжеходжаев<sup>2</sup>, М. Гаражаев<sup>3</sup>, Қ. Даулетқұлова<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ауыл-шаруашылығы ғылымдарының канд., доцент,

<sup>2</sup>Техн. ғылымдарының канд., доцент, <sup>3</sup>Магистр, <sup>4</sup>Магистрант

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

<sup>1</sup>Эл.пошта: hamit\_a57@mail.ru

### КҮТІП-БАҒУЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ЖЫЛҚЫ ЕТІНІҢ САПАЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Мақалада жылқы етін өндірудің маңызы, көшпелі халықтардың жылқы етін тағам ретінде қолдану жөніндегі деректер, жылқы етінің тағамдық құндылығы мен негізгі амин қышқылдары, дәрумендік құрамдары, емдік, диеталық жағынан пайдалану құндылығы, жылқы етінің физикалық-химиялық және биологиялық қасиеттері, оның сапасына қойылатын стандарт талаптары жөніндегі мәліметтер

келтірілген. Өртүрлі жастағы жылқылардың күзгі жайып семірілгеннен кейінгі ет өнімділігінің сипаттамасы, жылқыларды Жамбыл облысының тау етегінде күзгі жайып, семіртуден кейінгі жылқы етінің химиялық құрамы және калориялығы жөніндегі зерттеу нәтижелері берілген.

**Түйін сөздер:** жылқы, ет өнімділігі, ет құрамы, жайып семірту, ұша, субөнімдер, калориялығы.

**Кіріспе.** Жылқы етін тағам ретінде қолдану жөніндегі деректер тарихи ғасырлар тереңіне кетіп жатыр. Жылқы етінің, бие сүтінің, ірімшік пен сүзбенің аса бағалы тағамдық өнім екені жөнінде шығыстың ұлы ойшылы Әбу-Әли Ибн-Синаның деректерінде келтіріледі. Шығыс халықтары жылқы етін сиыр мен қой етінен қашанда жоғары қойған, тамаққа арнайы өсірілген жылқы тұқымының етін пайдаланған.

Профессор И.Н. Нечаев [1] бастапқыда адам жылқыны еті үшін қолға үйреткен деп санайды. Азия мен Еуропада жылқы шаруашылығы біздің заманымызға дейінгі төртінші мыңжылдықта пайда болған. Африкаға жылқы біздің заманымызға дейінгі дәуірдің екі мыңыншы жылында Кіші Азиядан әкелінген. Америка континенті мен Австралияда жылқы тіпті кейініректе – біздің заманымыздың 16-17 ғасырында ғана пайда болған.

Отандық ғалым А.К. Жангабылов [2] еңбектерінде жылқы етінен дайындалатын өнімдердің дайындалу рецептурасы жөнінде мәліметтер толықтырылып берілген.

Ю.Х. Садықовтың еңбектерінде [3] көшпелі шығыс халықтарының ас мәзіріндегі ет тағамдарының ішінде әрқашан жылқы еті басым болып отырғандығы келтіріледі. Олар байырғы заманнан бері жылқы етінен ыстық тағам жасаған, оны сүрлеп, тұздап алатын болған. Қазы, шұжық, сүр ет, жал, жая, қарта сияқты жылқы етінен жасалған жоғары сапалы, құнды да құнарлы тағамдарды дайындау технологиясы бізге ғасырлар тереңінен жетіп отыр.

Г.В. Сизоновтың [4] пікірі бойынша жергілікті жылқы тұқымдарының сапасын арттыру үшін зауыттық жылқы тұқымдарынан туылған түрлі будан ұрпақтарының ет өнімділігі мен оның сапасын бағалап барып, қандай буында жақсы көрсеткіштерге ие екендігін және оның тиімділігін анықтағаннан кейін барып, табынды жылқы шаруашылығында кеңінен қолдануға ұсынуға болады.

Ақтөбе облысындағы өсірілетін жылқы тұқымдары ішіндегі ең көбі (82,5%) жабы типті болып келеді. Бұл аймақта өсірілетін жабы типті жылқылар Қазақстанның басқа өңірлермен салыстырғанда дене өлшемдерінің және салмақ көрсеткіштерінің басымдығымен ерекшеленеді. Бұлардың қоршаған орта жағдайына бейімделу қабілеттері де өте жоғары болып келеді. Жабы типті жылқылардың айғырлары Қазақстанмен қатар Ресейдің Саха-Якут Республикасында өсірілетін өнімділік бағытындағы жергілікті якут жылқыларын жақсартушы ретінде қолданылып келеді [5].

**Зерттеу әдістемесі.** Тәжірибе жұмыстары Жамбыл облысы, Жуалы ауданы аумағында ораналасқан асыл тұқымды жабы жылқысын өсірумен айналысатын «Қалдыбай» шаруа қожалығында жүргізілді. Зерттеу нысаны ретінде осы шаруа қожалығында өсірілетін жергілікті жабы типті байталдар (3,5 жасар) мен 1,5 жасар тайларынан 3 бастан алынды. Жайып семірілген жылқы арнайы орында сойылды. Етті органолептикалық әдіспен сараптау кезінде еттің сыртқы түріне, түсіне, тығыздығына, иісіне, майдың, сіңірлердің жағдайларына, сорпасының дәміне, түсіне басты көңіл бөлінді.

Еттің сыртқы түрін бағалағанда еттің беткі жағының түсі, сыртқы қабатының ылғалдылық жағдайына назар аударылды. Кесу арқылы жабысуы, ал үстіңгі бетінің құрғақтылығы – сүзгі қағаз арқылы анықталды. Еттің тығыздығы саусақпен басқан кезде шұңқырдың жойылу жылдамдығына қарай анықталды. Еттің спецификалық иісіне және ұшаның төменгі қабаттарын пышақпен кесу арқылы жаңа сойылғандығына мән берілді. Май ұлпасын зерттегенде түсіне, иісіне, тығыздығына көңіл бөлінді.

Физикалық көрсеткіштері ретінде ылғалдылығы, қату температурасы, консистенциясы, салмағы және т.б. анықталды.

Еттің сұрыптарға бөлінуі МЕМСТ (ГОСТ) 27095-86. «Ет. Жылқы және құлын еттерінің ұшасы мен ширек бөліктері. Техникалық талаптарға» сәйкес жіктеліп бөлінді.

Микробиологиялық көрсеткіштері, улы элементтердің, антибиотиктердің, цитрозаминдердің және радионуклидтердің болуы жөнінен суытылған және мұздатылған жылқы еті ҚР СТ2.34-2001 талаптарына сай болуы тиіс.

**Зерттеу нәтижелері.** Жылқы етінің майында линольдi, линолиндi, арахидонды сияқты көптеген май қышқылдары да мол. Бұл қышқылдар ағзадағы заттар алмасуын реттеуде маңызды рөл атқарады. Осы май қышқылдарының болуы есебінен, жылқы майы өсімдік майы мен жануарлар майының аралығында тұрады, сондықтан да жылқы майы бойға сіңімді келеді және айқын липотроптық және өт айдағыштық қасиеті болады. Сонымен қатар, онда атерогендік фактор болып табылатын холестерин мен қаныққан май қышқылдары кем. Жылқы етінде дәрумендер, минералдық заттар, микроэлементтер мен басқа да адам ағзасына қажетті заттардың мол болуы, оның тағамдық қасиетін жақсарта түседі.

Қазіргі кезде бұл өнімнің құнды да құнарлы тағам екенін және оны емдік, диетикалық жағынан пайдалануға болатынын дәлелдейтін жылқы етінің физикалық-химиялық, биологиялық қасиеттері жөнінде көптеген ғылыми мәліметтер жинақталып отыр.

Күз кезеңінде, жерге ылғал түскеннен кейін, азықтық шөптер қайтадан өсіп, дами бастайды. Олардың құнарлық көрсеткіштері жоғарылап, химиялық құрамында маңызды органикалық заттар көбейе түседі.

Жылқылардың бұл кезеңде жайылып семіруіне ауа температурасының төмендеуі, сонымен бірге, қан сорушы шыбын-шіркейлердің оларды мазаламайтындығы да оң ықпалын тигізеді. Күзгі жайып семіртудің нәтижелері 1-кестеде келтірілген.

#### Кесте 1

Жылқыларды күзгі жайылымда семіртудің жалпы нәтижелері, (n = 3, Σn = 6)

Көрсеткіштер	Тайлар (M±m)	Байталдар (M±m)
Тәжірибе басындағы орташа тірі салмақ, кг	221,0±3,47	339,0±6,70
Тәжірибе басындағы семіздік, санат	II	II
Тәжірибе соңындағы орташа тірі салмақ, кг	255,0±4,12	369,5±7,82
Тәжірибе соңындағы семіздік, санат	I	I
Тірі салмақтың жалпы өсуі, кг	34,0±0,69	30,5±1,16
Тәуліктік орташа қосылған салмақ, гр	567,0±13,00	508,3±23,50

Кестедегі мәліметтер жылқыларды күзгі екі айлық (60 күн) жайып семірту мерзімі кезінде тәуліктік орташа салмақ қосудың жақсы болғанын



және жануарлардың I-санаттық семіздікке жеткенін көрсетеді. Сонымен бірге, осы мерзім ішінде тайлардың тірілей салмағы 15,4%, ал байталдарда – 9,0% өскен.

## Кесте 2

Жылқылардың күзгі жайылымнан кейінгі сойыс шығымын бақылау нәтижелері, (n = 3,  $\Sigma n = 6$ )

Көрсеткіштер	Тайлар (M±m)	Байталдар (M±m)
Сойыс алды тірі салмағы, кг	255,0±4,12	369,5±7,82
Ұшаның салмағы, кг	138,2±6,59	204,3±3,11
Сойыс шығымы, %	54,2	55,3
Іш майдың мөлшері, кг	3,2±0,12	6,4±0,46

Күзгі жайып семіртуден кейін жылқылардың сойыс шығымы едәуір жоғары болды, ол әсіресе жас жылқыларда жақсырақ байқалды. Бұдан, жергілікті жерде өсірілетін өнімділік бағытындағы жабы тектес жылқылары күзгі жайылымда жақсы семіреді және де жоғары ет өнімділігін береді деген тұжырым жасауға болады.

Күзгі жайып семіртуден кейінгі тайлар мен байталдардан алынған шикі май мөлшерлері 3-кестеде келтірілген.

## Кесте 3

Күзгі жайылымда семірітілген жылқылардың субөнімдері мен техникалық шикізатының шығымы, кг (n = 3,  $\Sigma n = 6$ )

Көрсеткіштер	Тайлар (M±m)	Байталдар (M±m)
Ұша санаты	I	I
Шикі май	3,20±0,11	6,40±0,15
Соның ішінде:		
Жүректен	0,10±0,02	0,35±0,02
Бүйректерден	0,20±0,02	0,45±0,03
Қарынан	0,20±0,03	0,40±0,01
Бауырдан	0,05±0,04	0,12±0,02
Ішектен сыпырылған	2,65±0,12	5,08±0,08

Жылқыларды күзде жайып семірту – шикі майды едәуір көп мөлшерде жинауға және ұшадан басқа кейбір тағамдық өнімдердің (субөнімдер) шығымының мол болуына себепші болды. Техникалық шикізаттың шығымы тайларда сойылым алды салмағының 6,47% құраса, байталдарда ол – 6,94% тең болды (4-кесте).

## Кесте 4

Субөнімдері мен техникалық шикізатының шығымы, кг (n = 3,  $\Sigma n = 6$ )

Көрсеткіштер	Тайлар (M±m)	Байталдар (M±m)
1	2	3
Ұша санаты	I	I
I-категориялы субөнімдердің салмағы	7,98±0,13	11,00±0,62

4-кестенің жалғасы

1	2	3
Соның ішінде:		
Бауыр	3,42±0,10	4,67±0,12
Бүйректер	0,85±0,03	1,12±0,08
Тіл	0,70±0,03	0,76±0,05
Ет кесінділері	1,32±0,04	1,42±0,03
Ми	0,48±0,02	0,52±0,02
Жүрек	1,21±0,10	2,51±0,06
II-категориялы субөнімдердің салмағы	29,14±0,85	37,92±1,01
Соның ішінде:		
Қарын	1,21±0,05	1,60±0,22
Ішектер	15,20±0,21	17,12±0,31
Талақ	0,75±0,03	0,81±0,03
Өкпелер	1,81±0,11	3,22±0,04
Бас	10,17±0,14	15,17±0,25
Техникалық шикізат	16,49±0,21	25,66±0,31
Тері	9,71±0,15	15,85±0,17
Аяқтар	6,78±0,12	9,81±0,28

Тайларды сойғаннан кейінгі барлық есепке алынған субөнімдердің (майдан басқа) жалпы салмағы (45,63 кг), ересек жылқылардан алынғаннан (63,58 кг) кем болатыны белгілі. Тағамдық субөнімдердің жылқының сойыс алды салмағына қарағандағы тайлардағы шығымы 17,9% болса, байталдарда – 17,2% құрады.



Сурет 1. Жылқы етін мүшелеп бұзу



Сурет 2. Субөнімді тазалау

Өртүрлі жастағы жылқылардың күзгі жайып семірілгеннен кейінгі олардың ет өнімділігіне толық сипаттама беру мақсатында, біз жылқы ұшасы кеспелерінің морфологиялық құрамын зерттедік. Ұшаның морфологиялық құрамы туралы мәліметтер, тайлар мен байталдарда сүйексіз еттері шығымының едәуір жоғары екендігінің дәлелі бола алады. Тәжірибелік екі топта да I-сұрыптың шығымы едәуір жоғары көрсеткішке ие болды. Жасы өскен сайын қазы және жал үлестерінің шығымы жоғарылап, төменгі сұрыптық шығымы сәйкесінше төмендей түсті. Еттің химиялық құрамы мен калориялылығы 5-кестеде келтіріледі.

Кесте 5

Жылқы еттерінің химиялық құрамы (%) және калориялылығы (ккал)

Жылқылардың жастық тобы	Еттің сұрыптылығы	Су	Ақуыз	Май	Күл	ккал
Тайлар	Арқаның ең ұзын бұлшық еті	71,20	20,40	7,40	1,00	1525
	I-сұрып	72,30	20,00	7,00	0,70	1471
	II-сұрып	72,80	19,42	6,68	1,10	1417
	Қазы	36,27	12,87	50,29	0,57	5205
Байталдар	Арқаның ең ұзын бұлшық еті	69,20	18,80	10,90	1,10	1784
	I-сұрып	70,50	18,32	10,38	0,80	1716
	II-сұрып	71,40	17,24	10,26	1,10	1661
	Қазы	28,85	11,65	58,98	0,52	5964

Кестедегі мәліметтерден жылқы етінің сұрыптылығы мен химиялық құрамы жылқылардың жасына байланысты екені көрініп тұр. Тай етінің құрамында май мөлшері аз, ал ақуызбен су көп болғандықтан, оның калориялылығы да төмен. Ал байталдардың еті, май үлесінің көптігімен сипатталады, нәтижесінде, оның калориялылығы да жоғарырақ келеді.

Тайлар ұшасының қабырға бөлігі – қазысының құрамында олардан ересектеу жылқылардың (байталдар) қазысымен салыстырғанда су мөлшерінің жоғары, ал майдың төмендігімен сипатталады.

**Қорытынды.** Әртүрлі жастағы жылқылардың күзгі жайып семіртілгеннен кейінгі олардың ет өнімділігін зерттеу нәтижесі жайып семірту мерзімі кезінде тәуліктік орташа салмақ қосудың жақсы болғанын және жануарлардың I-санаттық семіздікке жеткенін көрсетті. Сонымен бірге, осы мерзім ішінде тайлардың тірілей салмағы 15,4%, ал байталдарда – 9,0% өскен. Жылқыларды күзде жайып семірту – шикі майды едәуір көп мөлшерде жинауға және ұшадан басқа кейбір тағамдық өнімдердің (субөнімдер) шығымының мол болуына себепші болады. Техникалық шикізаттың шығымы тайларда сойылым алды салмағының 6,47% құраса, байталдарда ол – 6,94% тең болды. Жылқы етінің сұрыптылығы мен химиялық құрамы жылқылардың жасына байланысты екендігі анықталды. Тай етінің құрамында май мөлшері аз, ал ақуыз бен су көп болғандықтан, оның калориялылығы да төмен келеді. Ал, байталдардың еті, май үлесінің көптігімен сипатталады, соның нәтижесінде оның калориялылығы да жоғары болып келеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Нечаев, И.Н. Мясное коневодство [Текст] / И.Н. Нечаев. – Алматы: Қайнар, 1975.
2. Жангабылов, А.К. Рецептура блюд диетического питания [Текст] / А.К. Жангабылов [и др.]. – Алматы: Қайнар, 1988.
3. Садыков, Б. Ақ дастархан [Мәтін] / Б. Садыков [және басқалар]. – Алматы: Қайнар, 1987.

4. Сизонов, Г.В. Мясные качества донских помесей в условиях Юго-востока Казахстана [Текст] / Г.В. Сизонов. – Алматы: Бастау, 2004. – 36 б.
5. Рзабаев, С. Результаты сохранения и совершенствования генофонда местных пород лошадей Актюбинской области [Текст] / / С. Рзабаев, Т.С. Рзабаев // Вестник с.-х. науки Казахстана. – 2008. – №1. – С. 18-20.

*Материал редакцияға 19.03.16 түсті.*

**Х.А. Аубакиров, М.Д. Кенжеходжаев, М.Ш. Гаражаев, К. Даулеткулова**

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

### **МЯСНЫЕ КАЧЕСТВА КОНИНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ ЛОШАДЕЙ**

В статье приведены сведения по разведению пород лошадей кочевыми народами, данные о пищевой ценности и аминокислотном, витаминном составе конины, диетической и лечебной ценности конского мяса, физико-химические и биологические свойства конины, основные требования стандарта на качества конины. Приведены результаты осеннего нагула молодняка лошадей разного возраста, химический состав и калорийность конины после нагула в предгорной зоне Жамбылской области.

**Ключевые слова:** лошади, мясная продуктивность, состав мяса, нагул, туша, субпродукты, калорийность.

**H.A. Aubakirov, M.D. Kenzhekhodzhayev, M. Garazhaev, K. Dauletkulova**

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

### **QUALITIES OF HORSEMEAT DEPENDING ON FEATURES OF HORSES BREEDING CONDITIONS**

The paper provides information on breeding horse by nomadic peoples, data of nutritional values, an amino acid, vitamin composition as well as dietary and therapeutic value of horsemeat, physicochemical and biological properties of horsemeat, the basic requirements of quality standard for horsemeat. The results of fall fattening of young horses on different age, chemical composition and caloric content of horsemeat after fattening on the foothills of the Zhambyl region are presented.

**Keywords:** horses, meat efficiency, structure of meat, fattening, carcass, offals, caloric content.

## ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 624.131.22

П.Н. Омельченко<sup>1</sup>, А.В. Суходуб<sup>2</sup>, Ю.Л. Винников<sup>3</sup>

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

<sup>1,2</sup>ООО «ЭКФА», г. Полтава, Украина

<sup>3</sup>Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка,  
г. Полтава, Украина

### НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ВДАВЛЕННЫХ ПРИЗМАТИЧЕСКИХ СВАЙ В ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТАХ

Выполнен анализ влияния процесса вдавливания свай на окружающий массив водонасыщенного глинистого грунта. Обоснована необходимость проведения дополнительных натурных испытаний вдавленных свай для определения оптимальной продолжительности «отдыха» в водонасыщенных глинистых грунтах для достоверного определения их несущей способности.

**Ключевые слова:** водонасыщение, глинистые грунты, вдавленная свая, избыточное поровое давление, продолжительность «отдыха», коэффициент фильтрации, усилие вдавливания, натурные испытания свай.

Значительный рост объема строительства жилой и коммерческой недвижимости на Украине, начиная с 2000-х годов, имеет ярко выраженную тенденцию от возведения зданий и сооружений на свободных территориях к новому строительству в непосредственной близости от существующих зданий и сооружений, а также их реконструкции и надстройке. Устройство и усиление фундаментов в данных условиях потребовало создание новых щадящих технологий по их возведению.

На 65-70% территории Украины распространены лёссовые грунты, которые залегают близко к поверхности и имеют мощность до десятков метров [1]. В условиях города Полтавы, где отмечается общий подъем уровня грунтовых вод к уровню 5-7 м от дневной поверхности за последние 25 лет, данные грунты перешли в деградированное состояние и относятся к слабым [2]. Поэтому в условиях плотной городской застройки и при наличии толщ слабых водонасыщенных глинистых грунтов большое распространение получили свайные фундаменты, которые сооружаются способом статического вдавливания призматических свай.

В отличие от способа погружения свай забивкой [3], вдавливание не оказывает динамического воздействия на окружающий массив грунта, однако необходимо учитывать процесс его расструктурирования и последующую за ним фильтрационную консолидацию [4]. Оценка такого влияния на окружающую застройку, как и определение достоверного значения несущей способности свай, тесно связаны между собой едиными физико-механическими процессами, которые происходят непосредственно при вдавливании свай и после его.

Принято считать, что к слабым водонасыщенным глинистым грунтам относятся такие, значение модуля общей деформации которых не превышает 5,0 МПа. При обычных скоростях нагружения эти грунты теряют свою прочность, а их коэффициент водонасыщения составляет больше 0,8-1,0 (т.е. более 80% пор заполнены водой) [1, 5].

Свойства слабых водонасыщенных глинистых грунтов имеют значительный разброс в зависимости от их генезиса и последующего влияния на них техногенных факторов. Поэтому эмпирические закономерности устанавливаются для конкретного их вида и состояния, и не подлежат обобщению.

Свайные фундаменты проектируются так, чтобы их нижний конец находился бы в прочных грунтах. При этом слабые напластования прорезаются и оказывают незначительное влияние на общую несущую способность сваи после продолжительного «отдыха» [5, 6].

При этом, однако, необходимо учитывать, что слой слабых водонасыщенных грунтов способен значительно снизить усилие вдавливания в подстилающих его прочных грунтах, поскольку при их прорезании вокруг сваи образовывается своего рода «смазка». Поэтому способ определения несущей способности сваи, который базируется лишь на величине усилия вдавливания, обычно приводит к ее сильному занижению.

Образование на поверхности сваи «смазки» обусловлено низкой скоростью отжатия воды из пор водонасыщенного глинистого грунта при вдавливании сваи [6]. При забивке свай данный эффект также присутствует, но в меньшей мере, поскольку зона деформирования грунта в горизонтальном направлении у вдавленных свай составляет – 8 d, у забитых – 5 d, где d – сторона поперечного сечения сваи [7].

Следовательно, зона выпора грунта при статическом вдавливании, как и область его расструктурирования с избыточным поровым давлением больше у вдавленной. Для слабых водонасыщенных глинистых грунтов область расструктурирования грунта составляет до (20-30) d [4].

В ходе проведения авторами на строительной площадке в г. Полтаве статических испытаний грунтов вдавленными призматическими сваями длиной 10 м и сечением 350×350 мм отметка острия составила 146.300 м. При этом были получены аномально низкие значения несущей способности свай. Несущая способность первой опытной сваи (ОС-1) составила  $F_u = 388 \text{ кН}$ , а второй сваи ОС-2 –  $F_u = 338 \text{ кН}$  при продолжительности «отдыха» свай 11 и 18 суток соответственно, что отвечает требованиям действующих норм.

Согласно ранее проведенных инженерно-геологических изысканий в пределах площадки строительства выделены следующие инженерно-геологические элементы (ИГЕ):

ИГЕ-1 – насыпной грунт – смесь строительного мусора, суглинка, почвенно-растительного слоя ( $\gamma_{II} = 15.00 \text{ кН} / \text{м}^3$ );

ИГЕ-2 – суглинок лёссовый, карбонизированный, тяжелый пылеватый, полутвердой консистенции, макропористый, просадочный ( $\gamma_{II} = 16.85 \text{ кН} / \text{м}^3$ ,  $c_{II} = 23 \text{ кПа}$ ,  $\varphi_{II} = 19 \text{ кПа}$ ,  $E = 3.0 \text{ МПа}$ );

ИГЕ-3 – суглинок лёссовый, карбонизированный, легкий пылеватый, текучепластичный, макропористый ( $\gamma_{II} = 18.40 \text{ кН} / \text{м}^3$ ,  $c_{II} = 15 \text{ кПа}$ ,  $\varphi_{II} = 22 \text{ кПа}$ ,  $E = 5.0 \text{ МПа}$ );

ИГЕ-4 – суглинок тяжелый пылеватый, полутвердый ( $\gamma_{II} = 19.50 \text{ кН/м}^3$ ,  $c_{II} = 29 \text{ кПа}$ ,  $\varphi_{II} = 18 \text{ кПа}$ ,  $E = 12.0 \text{ МПа}$ );

ИГЕ-5 – суглинок лёссовый, легкий пылеватый, мягкопластичный ( $\gamma_{II} = 19.40 \text{ кН/м}^3$ ,  $c_{II} = 15 \text{ кПа}$ ,  $\varphi_{II} = 25 \text{ кПа}$ ,  $E = 8.5 \text{ МПа}$ ).

Площадка до строительства на нем данного жилого дома была застроена. Она расположена в центре города. Непосредственно в 10 м от запроектированного здания находится здание школы – памятник архитектуры местного значения, бывший особняк генерала Петраша, возведенный в конце XIX столетия.

Проектируемое здание – каркасное, из монолитного железобетона с паркингом, его фундаменты свайные, объединённые отдельно-стоящими монолитными ростверками. Перед погружением опытных свай вдавливанием устраивалась лидирующая скважина глубиной 3 м и диаметром 350 мм, поскольку котлован в дальнейшем будет открыт до отметки 153.300 м.

Грунтовые воды вскрыты на уровне 7,0 м от поверхности или 150,70 в абсолютных отметках. Инженерно-геологический разрез строительной площадки приведен на рисунке 1.

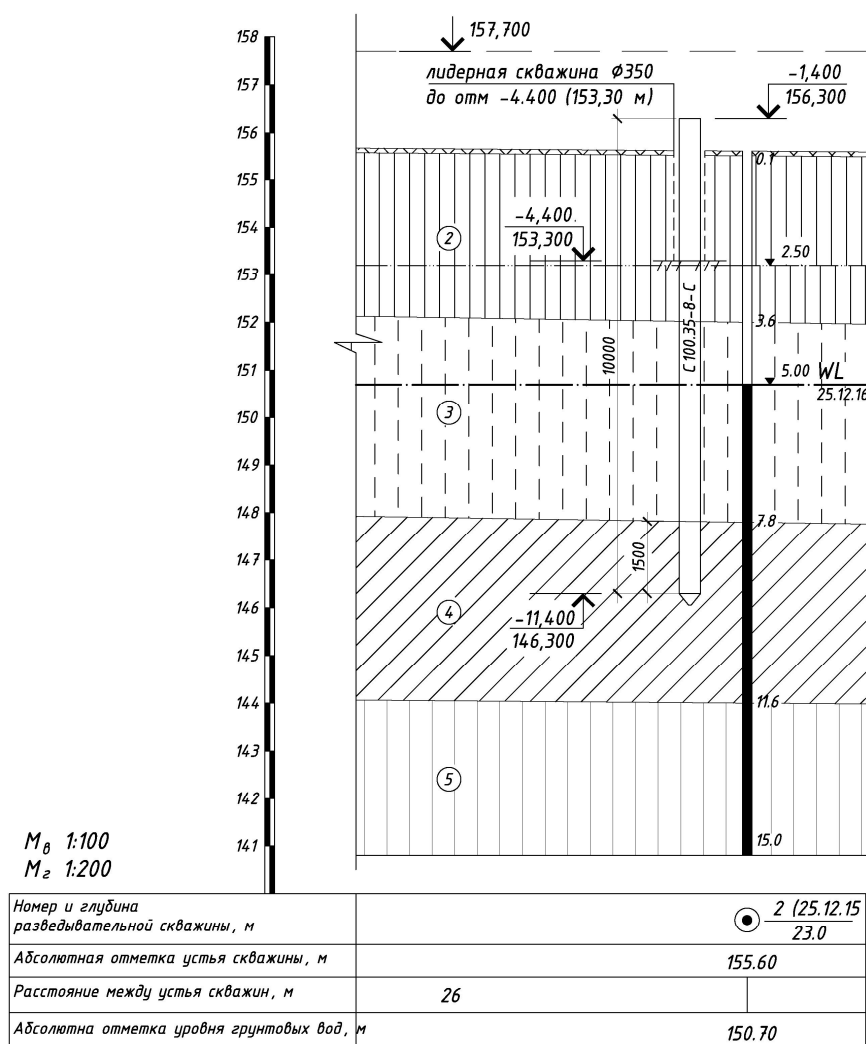


Рис. 1. Фрагмент инженерно-геологического разреза площадки строительства

Исходя из опыта, было принято решение повторно испытать данные сваи с гораздо большей продолжительностью «отдыха». Согласно результатам повторных испытаний несущая способность ОС-1 составила  $F_u = 445 \text{ кН}$  при «отдыхе» сваи продолжительностью 70 суток (см. рис. 2), а ОС-2 –  $F_u = 395 \text{ кН}$  при «отдыхе» 69 суток (см. рис. 3).

Приращение несущей способности свай составило 16%, что в итоге дало возможность уменьшить количество свай в свайном поле. Характер кривой зависимости осадки сваи  $S$  от нагрузки на нее  $P$  стал гораздо более пологим, что может свидетельствовать об увеличении составляющей сил трения по боковой поверхности в общей несущей способности сваи. Также возможно и влияние повторной загрузки сваи на деформативность основания вдавненных свай [8, 9].

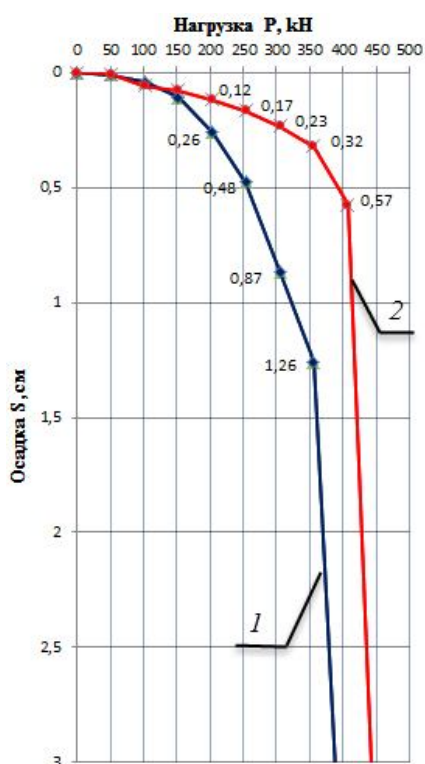


Рис. 2. График зависимости осадки  $S$  от нагрузки  $P$  для ОС-1: 1 – при «отдыхе» 11 суток; 2 – 70 суток

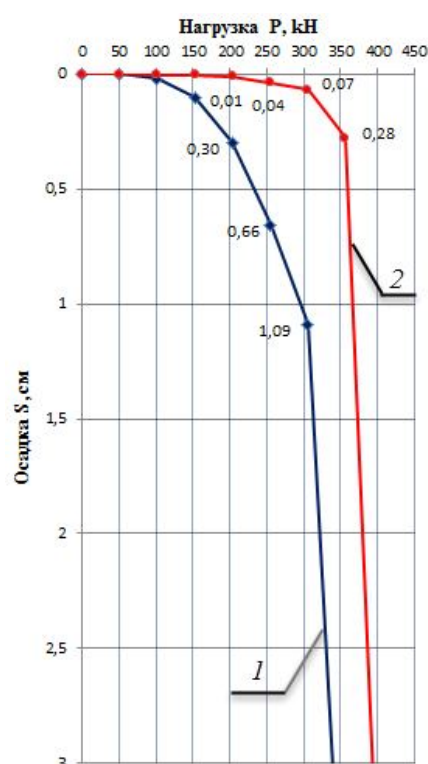


Рис. 3. График зависимости осадки  $S$  от нагрузки  $P$  для ОС-2: 1 – при «отдыхе» 18 суток; 2 – 69 суток

ГОСТ 5686-94 «Грунты. Методы полевых испытаний сваями» предписывает устанавливать продолжительность «отдыха» для забивной сваи не менее 20 суток в данных грунтовых условиях, согласно пункта 7.2.3, а для вдавненной, согласно пункта 8.1, – не менее 1 суток. Как показал настоящий натурный эксперимент, данный подход к назначению продолжительности «отдыха» вдавненных свай не соответствует действительности, поскольку нарушение природной структуры водонасыщенных глинистых грунтов в околосвайном массиве значительно больше для вдавненной сваи, чем для забивной.

Размер зоны расструктурирования вокруг сваи возможно оценить по массиву грунта, в котором появится избыточное поровое давление, а его



величина превысит его структурную прочность. Как известно, значение структурной прочности для слабых сильносжимаемых грунтов составляет порядка 10 кПа [1]. Геотехниками уже накоплен определенный опыт математического моделирования методом конечных элементов (МКЭ) напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового массива при погружении в него свай [10-14]. При этом, однако, мало уделялось внимания проблеме рассеивания избыточного порового давления в массиве вокруг свай в процессе ее «отдыха».

Для определения величины области расструктурирования, а также времени которое потребуется для рассеивания избыточного порового давления авторами проведено численное моделирование в программном комплексе Plaxis. При этом принята модель грунта – упруго-идеально-пластическая с критерием прочности Мора-Кулона. Моделирование проводилось для ранее описанных инженерно-геологических условий площадки в г. Полтава. Решение задачи проводилось в осесимметричной постановке. Процесс погружения сваи методом вдавливания сведен к заданию горизонтального перемещения, величина которого составляет половину стороны призматической сваи, в нашем случае 0,175 м. Тип поведения грунта задан как «недренированное», поскольку эта опция при расчете консолидации дает возможность учета полного развития порового давления. Проницаемость грунтовых кластеров соответствует коэффициенту фильтрации, и составляет: для ИГЕ-2 – 0,2 м/с; ИГЕ-3 – 0,35 м/с; ИГЕ-4 – 0,01 м/с, ИГЕ-5 – 0,15 м/с. Границы расчетной области приняты в горизонтальном направлении – 15 м, в глубину массив ограничен кровлей водоупорного слоя – 14 м. Результаты расчёта приведены на рисунках 4-6.

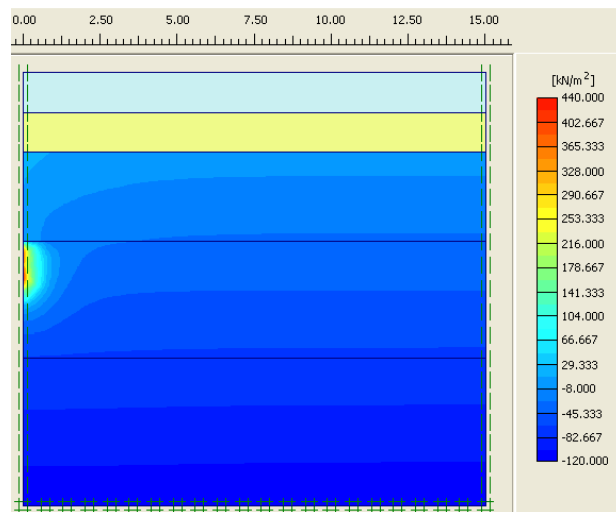


Рис. 4. Изополя активного порового давления возникающие в 1 час после погружения сваи методом статического вдавливания

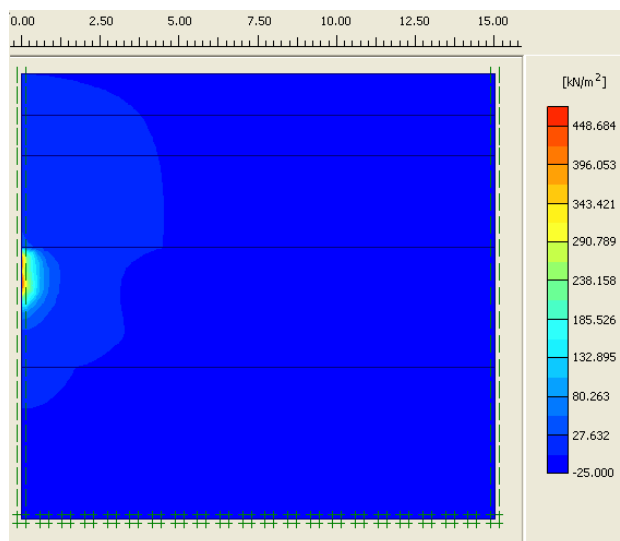


Рис. 5. Изополя избыточного порового давления возникающие в 1 час после погружения сваи методом статического вдавливания

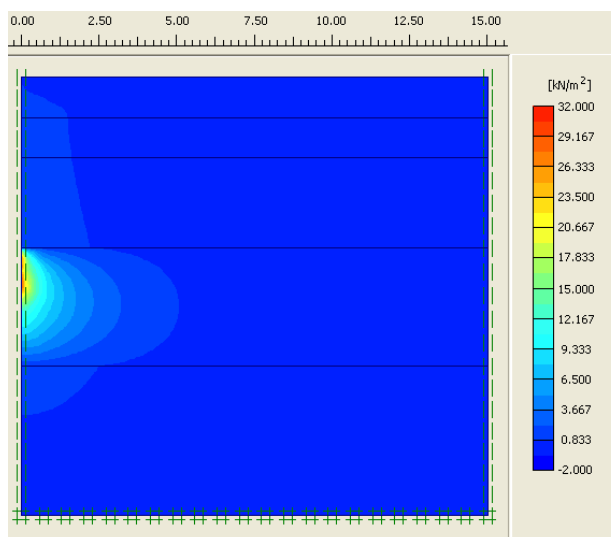


Рис. 6. Изополя избыточного порового давления по прошествии 1 суток

Из проведенного расчета видно, что область расструктурирования слабого водонасыщенного слоя ИГЕ-3 составляет до 5 м (т.е. 15 сторон поперечного сечения сваи), а более прочного слоя ИГЕ-4 – до 1 м. Избыточное поровое давление при прорезании данных грунтов однозначно приведет к образованию между ними и телом сваи поверхности скольжения из отжатой поровой воды, что существенно снизит усилие вдавливания. Процесс снижения порового давления, как и рассасывания образовавшейся слоя «смазки» произойдет достаточно быстро в грунтах с большим показателем коэффициента фильтрации, и значительно медленнее будет протекать в несущем слое ИГЕ-4. Исходя из рисунка 7 процесс консолидации на 15 сутки еще не завершится, а восстановления нарушенных структурных связей в грунте на границе контакта со сваем даже не начнется.

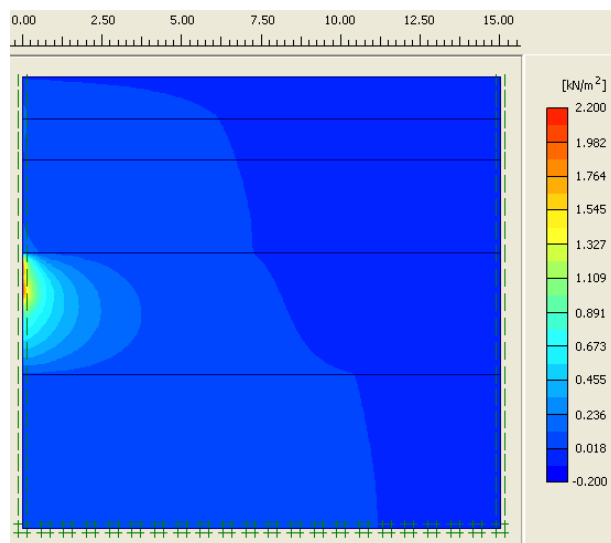


Рис. 7. Изополя избыточного порового давления по прошествии 15 суток

Таким образом, как путем натуральных статических испытаний свай, так и моделированием МКЭ процесса их погружения доказано, что нормативный срок «отдыха» вдавненных в водонасыщенные глинистые грунты свай следует увеличить для более полного использования их несущей способности при проектировании, а экспериментально-теоретические исследования по определению оптимальной продолжительности их «отдыха» – продолжить.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абелев, М.Ю. Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах [Текст] / М.Ю. Абелев. – М.: Стройиздат, 1983. – 248 с.
2. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти [Текст]: Підручник / Н.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлев, О.О. Петраков, В.Б. Швець, О.В. Школа, С.В. Біда, Ю.Л. Винников. – Полтава: ПНТУ, 2004. – 568 с.
3. Бекбасаров, И.И. Основы рациональной забивки железобетонных свай в грунты [Текст]: монография / И.И. Бекбасаров. – Тараз: Изд-во «Тараз университети», 2011. – 155 с.
4. Улицкий, В.М. Геотехническое обоснование сложных технологий реконструкции и нового строительства [Текст] / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1997. – №3. – С. 3-8.
5. Далматов, Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии) [Текст]. – 2-е изд. перераб. и доп. / Б.И. Далматов. – Л.: Стройиздат, 1988. – 415 с.
6. Далматов, Б.И. Проектирование свайных фундаментов в условиях слабых грунтов [Текст] / Б.И. Далматов, Ф.К. Лапшин, Ю.В. Россихин. – Л.: Стройиздат, 1975. – 240 с.
7. Пресняков, О.Б. Несуча здатність вдавлюваних паль у піщаних та глинистих ґрунтах [Текст] // Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / О.Б. Пресняков. – К.: КНУБА, 2005. – 24 с.

8. Зоценко, М.Л. Вплив повторного навантаження на деформативність основ вдавлених паль [Текст] / М.Л. Зоценко, В.Л. Седін, К.М. Бікус // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві» – Дніпропетровськ, ДВНЗ «ПДАБА», 2014. – С. 68-74.
9. Пономарев, А.Б. Исследование фактора увеличения несущей способности свай во времени [Текст] / А.Б. Пономарев, А.В. Захаров, М.А. Безгодов // Галузеве машинобудування, будівництво: зб. наук. праць. – Вип.3(38). Т. 2. – Полтава, ПолтНТУ, 2013. – С. 288-300.
10. Бартоломей, А.А. Прикладная теория проникания сваи в грунт при многократном ударе [Текст] / А.А. Бартоломей, В.Н. Аптуков, С.В. Ирундин [и др.] // Тр. VI междунар. конф. по проблемам свайного фундаментостроения. – Т. I. – М.: РНКСМФ, 1998. – С. 11-21.
11. Винников, Ю.Л. Числове моделювання ущільнення ґрунту навколо паль постійного поперечного перерізу, влаштованих за різними технологіями [Текст] / Ю.Л. Винников // Вісник Рівненського державного технічного університету «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди»: Зб. наук. праць. – Вип. 6. – Рівне: РДТУ, 2001. – С. 123-129.
12. Винников, Ю.Л. Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при їх зведенні та наступній роботі [Текст]: Монографія / Ю.Л. Винников. – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2004. – 237 с.
13. Henke, S. Numerical modeling of pile installation / S. Henke, J. Grabe // Proc. of the 17th Intern. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Alexandria, 2009). – Amsterdam: IOS Press, 2009. – P. 1321-1324.
14. Парамонов, В.Н. Метод конечных элементов при решении нелинейных задач геотехники [Текст] / В.Н. Парамонов. – СПб.: «Геореконструкция», 2012. – 264 с.

Матеріал поступил в редакцію 07.03.16.

**П.Н. Омельченко<sup>1</sup>, А.В. Суходуб<sup>1</sup>, Ю.Л. Винников<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>«ЭКФА» ЖШҚ, Полтава қ., Украина

<sup>2</sup>Юрий Кондратюк атындағы Полтава ұлттық техникалық университеті,  
Полтава қ., Украина

### **СУҚАНЫҚҚАН САЗДАҚ ТОПЫРАҚТАРҒА БАТЫРЫЛҒАН ПРИЗМАЛЫҚ ҚАДАЛАРДЫҢ ЖҮК КӨТЕРУ ҚАБІЛЕТІ**

Суқаныққан саздақ топырақты қоршаған массивке қадаларды батыру үрдісінің әсерін талдау орындалған. Қадалардың жүк көтеру қабілетін нақты анықтау үшін суқаныққан саздақ топырақтарда қадалардың «демалуының» оңтайлы ұзақтығын анықтау мақсатында батырылатын қадаларға қосымша табиғи сынақ жасау қажеттілігі негізделген.

**Түйін сөздер:** суқанығу, саздақ топырақтар, батырылған қада, артық кеуіктік қысым, «демалу» ұзақтығы, сүзілу коэффициенті, батыру күші, қадаларды табиғи сынау.

P.N. Omelchenko<sup>1</sup>, A.V. Sukhodub<sup>1</sup>, Yu.L. Vynnykov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The company of the research, design and construction of efficient foundations  
«EKFA», Poltava, Ukraine

<sup>2</sup>Poltava National Technical University named in honor of Yuri Kondratyuk,  
Poltava, Ukraine

## BEARING CAPACITY OF JACKED PRISMATIC PILES IN SATURATED CLAY SOILS

The influence of a pile jacking are being analysed on the surrounding array of water-saturated clay soil. Substantiate the necessity of conducting additional field tests jacked piles to determine the optimal duration of «rest» in the saturated clay soils for reliable determination of their carrying capacity.

**Keywords:** saturated clay soils, jacked pile, excess pore pressures, rest period, coefficient of permeability, impressing force, pile load test.

УДК 624.014.042:519.2

С.Ф. Пичугин<sup>1</sup>, Ф.Ю. Винников<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Аспирант  
Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка,  
г. Полтава, Украина

## ВЛИЯНИЕ ПРОСАДОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ОСНОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ ТРУБОПРОВОДА

Проанализированы особенности деформации линейной части подземного магистрального трубопровода в результате замачивания локального участка основания, сложенного просадочными грунтами. Произведено сравнение величин просадочных деформаций, рассчитанных инженерными способами и с помощью численного моделирования. Получены соответствующие значения продольных и кольцевых напряжений в стенках трубопровода.

**Ключевые слова:** просадочные свойства, продольные напряжения, прочность трубопровода.

В стенках линейной части трубопровода действуют кольцевые  $\sigma_h$  и продольные напряжения  $\sigma_l$ . Кольцевые находят по формуле (1)

$$\sigma_h = \frac{nPD_{in}}{2t}, \quad (1)$$

где:  $P$  – рабочее (нормативное) давление в трубе;  $n$  – коэффициент надежности по внутреннему давлению [1-3];  $D_{in}$  – внутренний диаметр трубы;  $t$  – толщина стенки трубопровода.

Определение толщины стенки трубопровода согласно норм разных стран практически не отличается. Расчет ведется из условия не превышения

кольцевыми напряжениями  $\sigma_h$  границы текучести стали трубопровода  $R_y$ , с учетом коэффициентов надежности [1-3] (2):

$$\sigma_h \leq \gamma_i R_y, \quad (2)$$

где  $\gamma_i$  – коэффициенты надежности, установленные соответствующими нормами.

Величина продольных напряжений в трубопроводе определяется тремя параметрами: внутренним давлением, влиянием температурных деформаций и напряжениями от изгиба трубопровода (3)

$$\sigma_l = \mu \sigma_h \pm \alpha E_p \Delta t \pm \sigma_{bend}, \quad (3)$$

где:  $\mu$  – коэффициент Пуассона стали;  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения металла трубы;  $E_p$  – модуль деформации стали;  $\Delta t$  – расчетный температурный перепад;  $\sigma_{bend}$  – изгибные напряжения в трубопроводе.

Последние состоят из напряжений, вызванных упругим изгибом участков трубопровода, а также напряжениями, которые вызваны неравномерными деформациями грунтового основания трубопровода  $\sigma_{dif}$

$$\sigma_{bend} = \pm \frac{E_p D_{ex}}{2\rho} \pm \sigma_{dif}, \quad (4)$$

где:  $D_{ex}$  – внешний диаметр трубы;  $\rho$  – радиус кривизны оси трубопровода, его максимальное значение регламентировано нормами [2].

Кольцевые, температурные и напряжения от изгиба достаточно проанализированы в нормах [2-3]. Значительно менее изучены напряжения от неравномерных деформаций основания трубопровода  $\sigma_{dif}$  [4-5]. Необходимо дифференцировать условия, в которых необходимо учитывать влияние вертикальных перемещений грунта, например, для трубопроводов, которые проложены в мелких однородных песках значение напряжений от неравномерных осадок не превышает 15 МПа [5].

Значительные неравномерные деформации основания трубопровода характерны для, так называемых, нестандартных грунтовых условий, таких как: заболоченные и подтопленные территории; территории с подземными пустотами разного происхождения (подрабатываемые территории, зоны шахтного строительства, карстовые пустоты и др.); зоны вечномёрзлых грунтов; оползнеопасные территории; сейсмоопасные зоны [4-5].

Для Украины одной из наиболее распространенных является проблема лёссовых просадочных грунтов, поскольку они занимают 65-70% территории. Особенно острой эта проблема стоит для южных районов, где просадочная толща составляет 45...50 м, а величина просадок от собственного веса грунта может достигать 1...2 м [8]. Однако в большинстве современных программных комплексов отсутствуют однозначные модели, направленные на описание нелинейных деформаций лёссового грунта в результате локального замачивания от собственного веса и внешней нагрузки.

Цель работы - сравнить использование различных моделей деформации просадочного грунта в результате локального замачивания, а также оценить влияние просадочных деформаций на прочность и надежность трубопровода.

В инженерной практике взаимодействие трубопровода с основанием зачастую моделируется балкой на упругом Винклеровском основании [3, 4, 6]. Грунт представляют в виде пространственных упругих связей, которые ограничивают перемещения трубы. Сопротивление перемещению зависит от модуля деформации грунта  $E_s$ , однако в данной постановке возможно рассматривать только трубопровод в грунтах без особых свойств, где осадки прямо пропорциональны сопротивлению грунта основания.

Просадочные грунты в природном состоянии являются достаточно надежным основанием, но в результате увлажнения характеристики прочности и деформативности существенно снижаются, следствием чего возможна просадка грунта даже от собственного веса [7-8].

Использование сложных моделей грунта, а также учет особенностей геометрии системы приводит к значительному усложнению расчетов. Поэтому целесообразно использовать метод конечных элементов (МКЭ) [9-10].

Большинство магистральных трубопроводов расположены на значительном расстоянии от населенных пунктов, вследствие чего источники замачивания основания ограничиваются следующими: оросительные сельскохозяйственные территории, пересечение трубопроводов с подземными коммуникациями (канализационными коллекторами, водопроводами), надземным и подземными оросительными системами.

В качестве примера рассмотрим инженерное-геологический разрез, характерный для полтавского региона (рис. 1, а). Разрез составлен следующими грунтами: ИГЕ - 1 – гумусированный суглинок; ИГЕ - 2 – супесь лессовая; ИГЕ - 3 – суглинок тяжелый; соответствующие характеристики приведены в таблице 1.

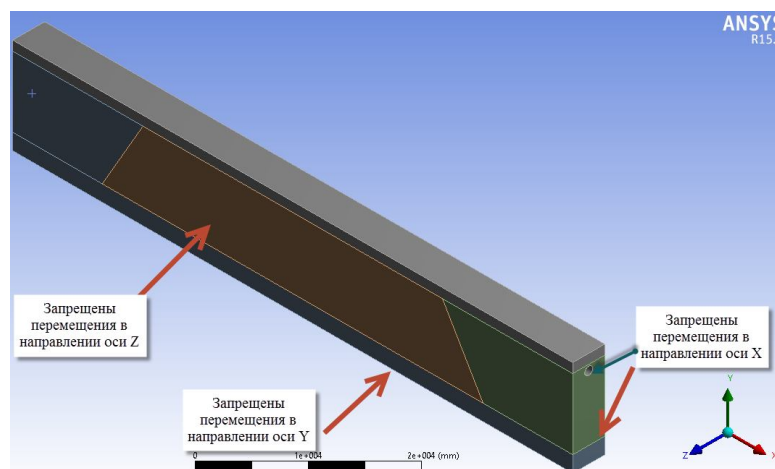
Существенной задачей при разработке конечно элементной модели является обоснование сжимаемой толщи под трубой. В грунтах без особых свойств изыскания проводят на метр ниже от подошвы трубопровода, но для просадочных грунтов необходимо определять характеристики всех шаров, где возможны просадочные деформации, а сжимаемую толщину ограничить слоем, где отсутствуют просадочные свойства (ИГЕ – 2, рис. 1, а).

На рисунке 1, а) приведен трубопровод, проложенный в массиве грунта характерном для Кременчугского лёссового плато. В качестве источника замачивания принят площадной. Зона замачивания распространяется сверху к поверхности непросадочного слоя (ИГЕ-3) в виде конуса, угол наклона в лёссовых супесях составляет  $\beta=20^{\circ}-40^{\circ}$  [7]. В результате, предварительного анализа возможно назначить размеры расчетной области. Длина массива выбрана из условия, отсутствия изгибающего момента в стенках трубопровода в середине замачиваемой зоны, по краям добавлены участки грунта в природном состоянии длиной 10 м. Таким образом общая длина составила 70 м, ширину массива примем 4 м. На расчетную область наложены связи, которые моделируют влияние окружающего грунта (рис 1, б).

Грунт моделируется в природном и замоченном состоянии. Грунт в природном состоянии целесообразно моделировать в линейной стадии с использованием модуля деформации как основного параметра. Расчет проводить в несколько шагов, а абсолютные величины осадки грунта природного состояния принять за ноль и не рассматривать их на следующих этапах.



а)



б)

Рис. 1. Трубопровод в массиве лессового просадочного грунта:  
а – инженерно-геологический разрез; б – разделение массива грунта на структурные элементы в программном комплексе

Таблица 1

Характеристики суглинков Кременчугского лёссового плато

Характеристики грунта		ИГЕ - 1	ИГЕ - 2	ИГЕ - 3
Толщина слоя, h, м		1,5	9,0	2,0
Плотность грунта, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>		1500	1495	1860
Плотность скелету грунта, $\rho_d$ , кг/м <sup>3</sup>		-	1410	-
Плотность водонасыщенного грунта, $\rho_{sat}$ , кг/м <sup>3</sup>		1840	1840	-
Коэффициент пористости, e		-	0,90	0,7
Относительная просадочность, $\varepsilon_{sl}$ , %, при давлении, p, МПа	0,05	-	0,3	-
	0,10	-	3,0	-
	0,20	-	6,0	-
	0,30	-	8,0	-
Модуль деформации грунта, $E_s$ , МПа	в природном состоянии	6	12	14
	в водонасыщенном состоянии		2	
Коеф. Пуассона грунта, $\mu$	в природном состоянии	0,31	0,33	0,36
	в водонасыщенном состоянии	-	0,35	-



Грунт в замоченном состоянии возможно представить с помощью линейной модели с использованием модуля деформации водонасыщенного грунта (рис. 2, б). Либо с использованием диаграммы относительной просадочности (рис. 2, б) с дальнейшей ее обработкой существующими моделями гиперэластичности (рис. 2, б) [9]. Преимуществом последней является нелинейное изменение модуля деформации, особенно при больших диапазонах давления, вследствие более точная оценка деформаций. Но использование линейной диаграммы позволяет значительно сократить время вычислений без существенной потери точности. Величина просадки инженерным методом определяется согласно (5) [7-8].

$$S_{slg} = \sum_{n=1}^n \varepsilon_{sl,i} h_i k_{sl,i}, \quad (5)$$

где:  $\varepsilon_{sl,i}$  – относительная просадочность  $i$ -го слоя грунта от действия среднего давления собственного веса водонасыщенного грунта;  $h_i$  – толщина  $i$ -го слоя грунта, м;  $k_{sl}$  – коэффициент, который для лёссовых напластований толщиной до  $H \leq 15$  м равняется единице.

Расчетная схема для определения величины просадки (рис. 2, а): начальное просадочное давление  $p_{sl} = 63$  кПа, давление на границе сжимаемой толщи  $\sigma_{zg,eq} = 190$  кПа, соответственно среднее давление в просадочном слое  $\sigma_{med} = 128$  кПа, значение относительной просадочности определяется исходя из диаграммы «давление-относительные деформации», и составляет  $\varepsilon_{sl} = 0,038$ . Высота просадочной толщи составляет  $h_{sl} = 7$  м. В результате расчета по формуле (5) абсолютная величина просадки от собственного веса грунта составила  $S_{slg} = 262$  мм.

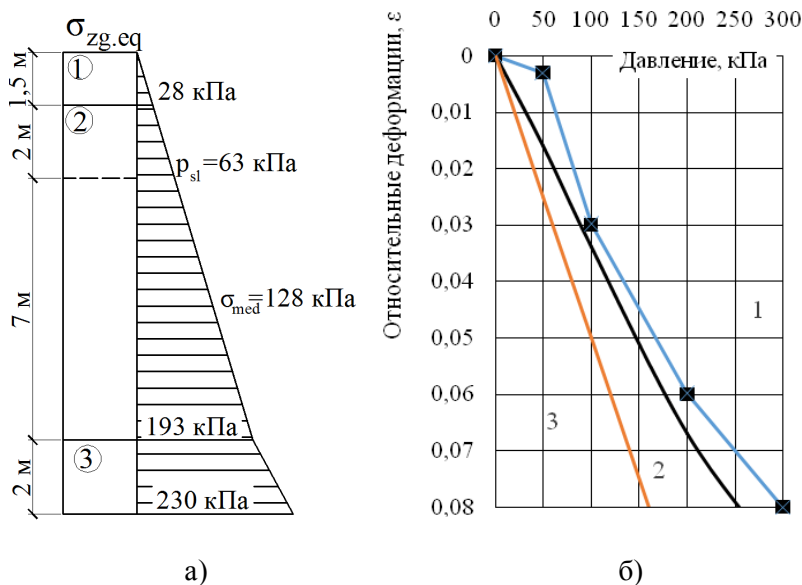


Рис. 2. Определение величин просадки от собственного веса грунта:  
а – расчетная схема для рассмотренных грунтовых условий;  
б – характеристики деформативности ИГЕ-2 в замоченном состоянии:  
1 – диаграмма «давление-относительные деформации»; 2 – обработка диаграммы гиперэластичной моделью Yeoh; 3 – модуль деформации.

Обе модели водонасыщенного лёссового супеска при моделировании дают удовлетворительный результат, но поскольку использование прямолинейной модели значительно сокращает время расчетов, а также является более удобной для дальнейшего вероятностного представления, ее использование является более удобным.

В расчетах принята гипотеза о том, что деформации трубопровода эквивалентны деформациям грунта под трубой [1, 4]. Геометрические характеристики выбранного участка трубопровода  $D_{ex}=1000$  мм, толщина стенки  $t = 10$  мм. Внутреннее рабочее давление  $P= 5$  МПа [5, 11]. Особенного внимания заслуживает обоснование величины расчётного температурного перепада, мы предлагаем ее определять, как разницу среднемесячного максимума температуры поверхности грунта  $t^{сер.макс.}_{сп} = 42^{\circ}\text{C}$  [12] и средней температуры трубопроводу с учетом температуры грунта и температуры продукта, который транспортируется  $t_{mp} \approx 8-12^{\circ}\text{C}$ , соответственно величина температурного перепада  $\Delta t = 32^{\circ}\text{C}$ . Трубы изготовлены из стали класса K55,  $R_y = 410$  МПа [11].

Детерминистические результаты (рис. 3): проседания грунта под трубой в середине опытного массива составили 313 мм, осадка основания трубопровода, на участках грунта природной структуры, составило около 38 мм, в результате величина просадки – 275 мм. Значения просадки при помощи моделирования МКЭ очень близки к значениям, которые получены инженерными методами.

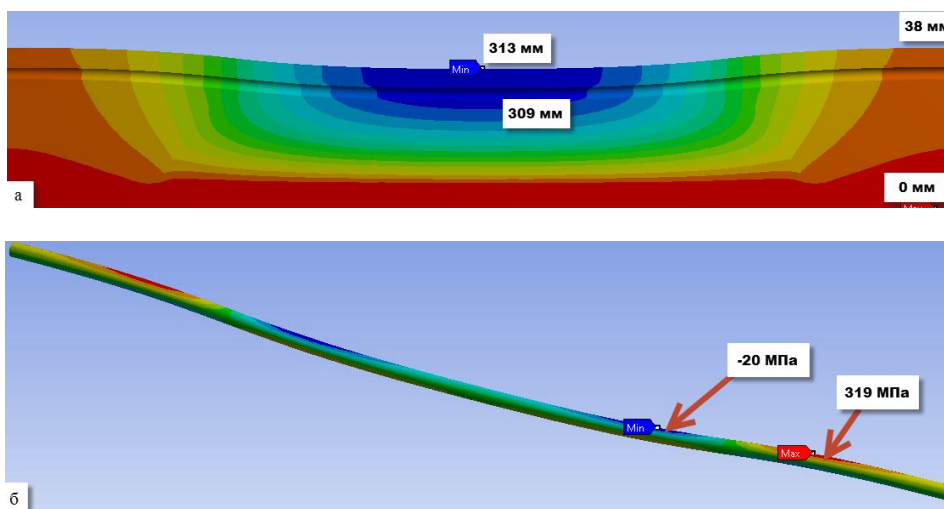


Рис. 3. Результаты моделирования:  
а – абсолютные деформации грунтового массива в результате локального замачивания; б – продольные напряжения в трубопроводе

Кольцевые напряжения от действия внутреннего давления составили 250 МПа, что точно соответствует (1), продольные напряжения составили 319 МПа. Используя (3) возможно легко определить значения продольных напряжений, которые вызваны неравномерными деформациями основания – 170 МПа.

Следует отметить, что механические характеристики просадочного грунта могут существенно варьироваться как в лучшую, так и в худшую сторону, соответственно полученные результаты следует считать оценками

для конкретных грунтовых условий, а более полную картину возможных напряженных состояний трубопровода целесообразно получить с использованием вероятностных методов.

В результате проведенных исследований возможно сделать следующие **выводы:** при определении деформаций трубопровода в просадочных грунтах необходимо рассматривать всю просадочную толщу. Линейная модель деформации лессовой просадочной супеси в водонасыщенном состоянии позволяет получить величины деформаций, близкие к рассчитанным согласно инженерной методике, а также упростить расчеты сравнительно с гиперэластичной моделью, без потери точности.

Для рассмотренного примера локального замачивания участка трубопровода в грунтах Кременчугского лессового плато неравномерные деформации составили 275 мм. Суммарные продольные напряжения составили 319 МПа, значения продольных напряжений вызванных просадочными деформациями основания – 170 МПа, что свидетельствует про значительное влияние деформаций основания на прочность и надежность трубопровода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yong Bai Pipeline sand risers / Yong Bai. – USA, Oxford: Elsevier, 2001. – 495 p.
2. СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы [Текст]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 52 с.
3. EN 1993-4-3 (2007) (English): Eurocode 3: Design of steel structures - Part 4-3: Pipelines [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC]. – 44 p.
4. Расчет и обеспечение прочности трубопроводов в сложных инженерно-геологических условиях [Текст] / А.М. Шаммазов, Р.М. Зарипов, В.А. Чичелов [и др.]. – Т.1. – М.: Интер, 2005. – 706 с.
5. Пічугін, С.Ф. Розрахунок рівня надійності лінійної частини підземних магістральних трубопроводів [Текст] / С.Ф. Пічугін, П.Ю. Винников // Зб. наук. праць (галузеве машинобуд., буд-во) / Полт. нац. техн. ун-т ім. Юрія Кондратюка. Вип. 1 (40). – Полтава: ПНТУ, 2014. – С. 109-119.
6. Жук, В.В. Методика моделювання спільної роботи каркасної будівлі з лесовою просідаючою основою [Текст] / В.В. Жук, В.О. Сахаров, М.В. Корнієнко // Основи і фундаменти: Міжв. наук.-техн. зб. – К.: КНУБА – 2006. – Вип. 30. – С. 39-46.
7. Крутов, В.И. Проектирование и устройство оснований и фундаментов на просадочных грунтах [Текст] / В.И. Крутов, А.С. Ковалев, В.А. Ковалев. – М.: Издаиельство АСВ, 2013. – 544 с.
8. Interaction of the artificial bases with Collapsing Soils / V. Shokarev, V. Shapoval, A. Tregub, V. Grechko, A. Shokarev, A. Serdyuk, G. Rozenvasser, M. Kornienko, E. Petrenko, N. Zotsenko, Y. Vynnykov // Geotechnical Engineering in Urban Environments. – Proc. of the 14<sup>th</sup> European Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Madrid, 24-27 September 2007). – Millpress Science Publishers Rotterdam, 2007. – P. 481-486.
9. Бруяка, В.А. Инженерный анализ в AnsysWorkbench [Текст] / В.А. Бруяка, В.Г. Фокин, Я.В. Кураева. – Часть 2. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 149 с.

10. Oliveira, J. Physical modeling of a pipeline subjected to an embankment load / J.R.M.S. Oliveira, K.I. Rammah, M.S.S. Almeida, M.C.F. Almeida // Proc. of the XVI ECSMGE Geotechnical Engineering for Infrastructure and Development. – Edinburg. – 2015. – P. 4149-4154.
11. Pichugin, S. Method for reliability estimation of the main pipeline steelwork structure / S. Pichugin, O. Zuma // Металевіконструкції. – Том 20. – №2. – Макіївка, 2014. – С. 77-87.
12. Кінаш, Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні [Текст] / Р.І. Кінаш, О.М. Бурнаєв. – Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 2001. – 800 с.

*Матеріал поступил в редакцію 07.03.16.*

**С.Ф. Пичугин, Ф.Ю. Винников**

*Юрий Кондратюк атындағы Полтава ұлттық техникалық университеті,  
Полтава қ., Украина*

### **ҚҰБЫРДЫҢ ТІК БӨЛІГІНІҢ БЕРІКТІГІНЕ НЕГІЗДІҢ ШӨГУ ДЕФОРМАЦИЯЛАРЫНЫҢ ӘСЕРІ**

Шөгетін топырақтардағы негіздің жергілікті бөліктерін ылғалдандыру нәтижесінде жерасты магистралды құбырының тік бөлігінің деформация ерекшеліктері талданған. Инженерлік тәсілдермен есептеліп алынған және сандық модельдеу көмегімен анықталған шөгу деформацияларының шамаларын салыстыру орындалған. Құбырлардың қабырғаларындағы тік және сақиналы жүктемелердің тиісті мәндері алынған.

**Түйін сөздер:** шөгу қасиеттері, тік жүктемелер, құбыр беріктігі.

**S.F. Pichugin, P.Y. Vynnykov**

*Poltava National Technical University named in honor of Yuri Kondratyuk,  
Poltava, Ukraine*

### **INFLUENCE OF LOESSIAL SOIL COLLAPSE ON THE RELIABILITY AND STRENGTH OF MAIN PIPELINE LINEAR PART**

This paper discusses main pipeline linear part deformation features, which are caused by soaking of the loessial soil base local area. Soil collapse deformations have been calculated with help of engineering methods and by Finite Element Modeling, respective values have been compared. Pipeline longitudinal and hoop stresses have been obtained.

**Keywords:** collapsible soil, pipeline longitudinal stresses, pipeline strength.

UDC 553.2: 624.131.136.22 «409»

Yu.L. Vynnykov<sup>1</sup>, T.V. Lytvynenko<sup>2</sup><sup>1</sup>Doctor of Engineering Science, Professor, <sup>2</sup>Postgraduate  
Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine**TIME INFLUENCE ON WATER MIGRATION  
OF COMPACTED CLAY SOILS HIGHWAY EMBANKMENT**

The methodology of physical water migration modeling by the highway embankment height through time changes research of clay loam moisture, placed in plastic tubes and compacted at water saturation factor  $S_r=0,85$  to soil skeleton density  $\rho_d = 1,50-1,65 \text{ g/cm}^3$  is developed and realized. New experimental relationships of compacted highway embankment clay loam moisture conditions and it's time-lagged till service start, which it's expedient to consider at optimal clay soils compaction criteria improving, which provide highway embankment long-term strength are established.

**Keywords:** highway embankment, long-term strength, water migration, compacted clay loam, time-lagged.

It was established earlier by authors [1, 2] that for continuous highway embankment service it's necessary not only to achieve maximum values of it's soil skeleton density and strength, but also to save them during continuous service time. On the condition of compacted soil over time significantly affects moisture at which it compacted, and the proportion of water certain types in this soil [3-5].

On the long-term strength parameters of highway embankment clay soils significantly affects a number of factors, which should be mentioned at it's erection and also it's moisture conditions:

- soils type, namely it's indicative characteristics: liquid limit  $W_L$ ; plastic limit  $W_p$ ; plastic index  $I_p$ ;
- soil skeleton density after it's compaction in embankment  $\rho_d$ ;
- the amount of unfree water at what the soil is compacted (soil moisture);
- embankment height;
- time factor (the number of days that embankment «rest» before it's service.

In this article the quantitative relationships of water migration in compacted highway embankment clay soils by the laboratory research results depending on the time factor of their time-lagged till service start is established and presented.

Authors developed and realized the methodology of physical water migration modeling by the highway embankment height through time changes research of clay loams moisture, placed in plastic tubes and compacted at water saturation factor  $S_r = 0,85$  to soil skeleton density  $\rho_d = 1,50 - 1,65 \text{ g/cm}^3$ . Light silt loam was used ( $W_L = 0,279$ ;  $W_p = 0,191$ ;  $I_p = 0,08$ ) in this work.

Soil skeleton density (or void volume ratio  $e$ ) was accepted as a first changeable factor. Accordingly soil moisture at  $S_r = 0,85$  in each experiments had changeable value:

- at soil skeleton density  $\rho_d = 1,50 \text{ g/cm}^3 - w = 0,250$ ;
- at  $\rho_d = 1,55 \text{ g/cm}^3 - w = 0,231$ ;
- at  $\rho_d = 1,60 \text{ g/cm}^3 - w = 0,214$ ;
- at  $\rho_d = 1,65 \text{ g/cm}^3 - w = 0,198$ .

The fabricated tubes height was: 45; 90; 150; 210; 285 cm. At this rate the each tube link height was 15 cm. Research time-lagged of comacted soil was 60 and 120 days.

For the work realization it is used: weigher; hand sprinkler; 40 plastic tube links 50 mm (external diameter)  $\times$  150 mm (the height of each tube link); vertical frame; drainage channel; hand tamper; spatula. Inner tubes diameter was 46,4 mm. It was accepted in calculations of initial soil mass to fill certain tube volume.

Soil filling in the tubes is done stepwise to a height of 3 cm. Be designated by soil skeleton density and it's moisture, for the corresponding volume of soil nature moisture mass ( $w_0 = 0,132$ ) and moisture mass, what should be add to get given moisture  $w$ , at what water saturation factor value is  $S_r = 0,85$  was calculated.

Appropriate soil mass for four variants are selected and weighed (Fig. 1, a). The soil was moistened to a given moisture  $w$  by hand sprinkler (Fig. 1, b) and mixed by spatula for the uniform moistening of research soil portion (Fig. 1, c). Then by portions it was moved in tubes and uniform compacted using hand tamper with certain marks by its height (Fig. 1, d) all time to thickness of 30 mm, and then tube link (150 mm) was connected to a total height (Fig. 1, e, f).

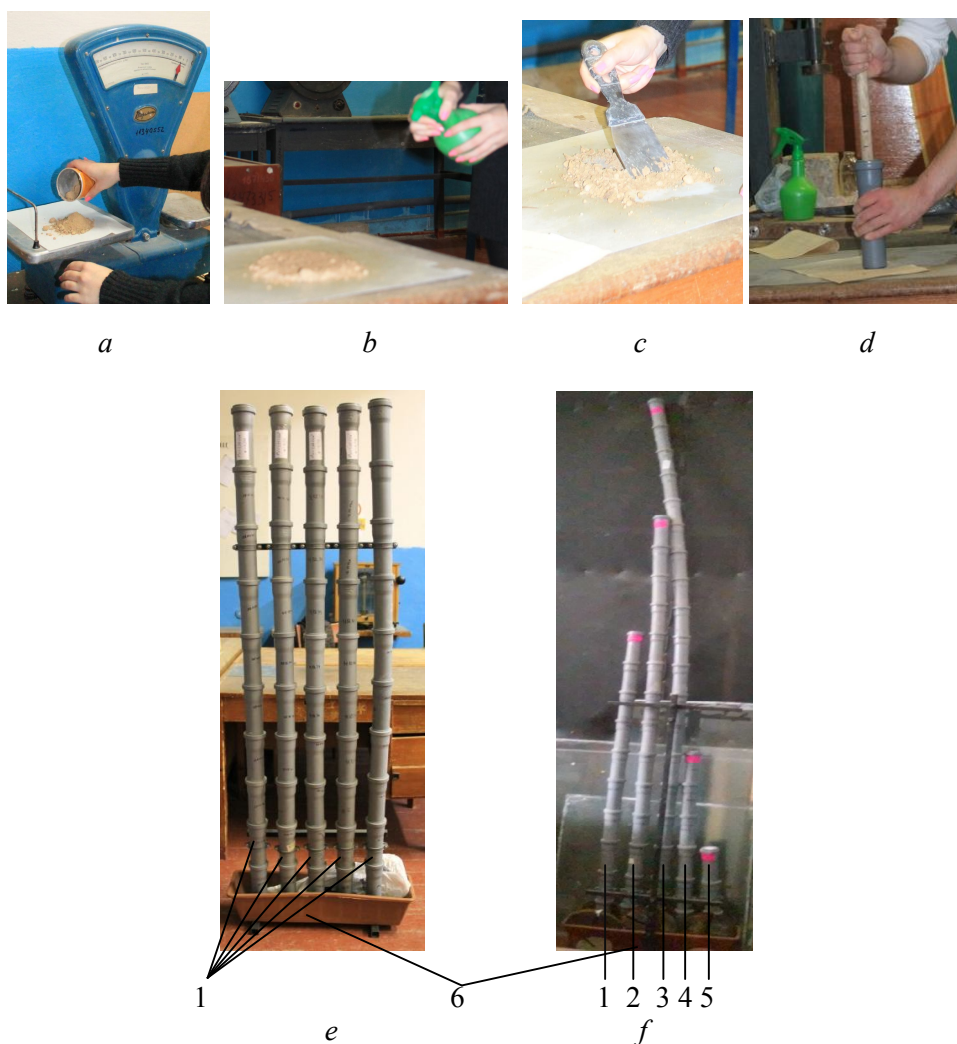


Fig. 1. Stages of compacted highway embankment clay loam moisture conditions laboratory studies:

a – weighting an appropriate research soil mass portion; b – additional moistening of clay soil portion to a given value  $w$ ; c – research soil mixing for it's uniform moistening; d – multilayer (3 cm) compaction of each loam portion; e, f – erected to a common tube links height: 1 – 1,50 m; 2 – 2,10 m; 3 – 2,85 m; 4 – 0,9 m; 5 – 0,45 m; 6 – drainage channel

These tubes with compacted soil layers were installed on a metal vertical frame. The lower tube ends was installed in drainage channel, filled with stone screening dust. Thus, free (gravity) water had opportunity migration for all height of soil in the tube, what imitate it's migration within the thickness of highway embankment. The top of all tubes with compacted soil layers was hermetically closed to avoid evaporation of water «up». On each tubes the dates of initial soil skeleton density  $\rho_d$  and defined moisture  $w$  was sticked down. Then tubes left on vertical frame alone, for, so-called «rest».

After given «rest» time all tubes were dismantled into separate links. From each of the link was selected at least two soil sample bottles, and by normative weight method the final (stabilized) moisture  $w_k$  of compacted clay soil for all tube height was determined.

By the results of laboratory studies of the time factor influence on water migration in the compacted clay soils thickness the moisture changes graphs of light silt loam at soil skeleton density  $\rho_d = 1,55 \text{ g / cm}^3$ , moisture  $w = 0,231$  after 74 and 120 days of the «rest» and a tubes height of 150 cm (Fig. 2 and 3) is plotting.

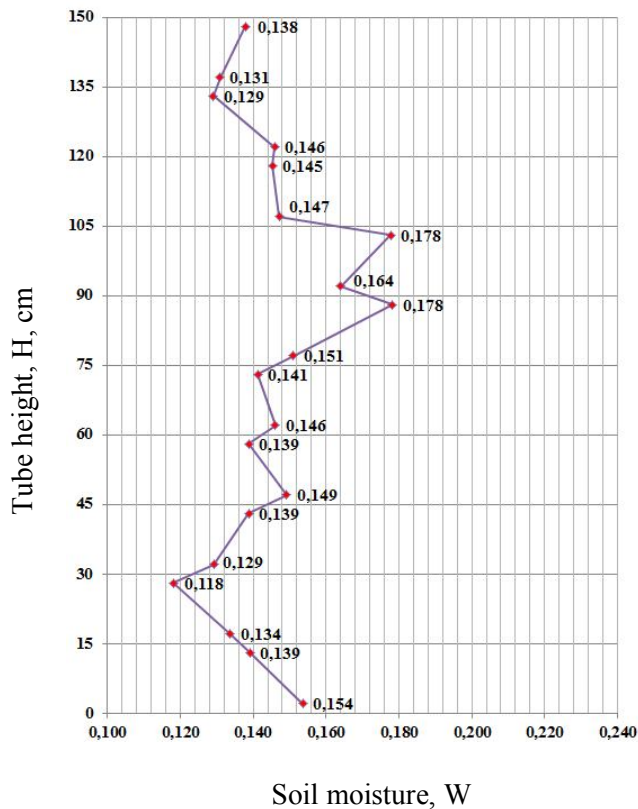


Fig. 2. Plot of compacted light silt loam moisture change at soil skeleton density  $\rho_d = 1,55 \text{ g / cm}^3$  and a tube height of 150 cm (time of the «rest» 74 days)

From the plots, in particular, one can see, that average moisture of compacted highway embankment clay loam by the tube height, except it's upper and lower links after 74 days of the «rest» is  $w_k = 0,148$ , and after 120 days of the «rest» is  $w_k = 0,133$ , so moisture increased on 1,5%.

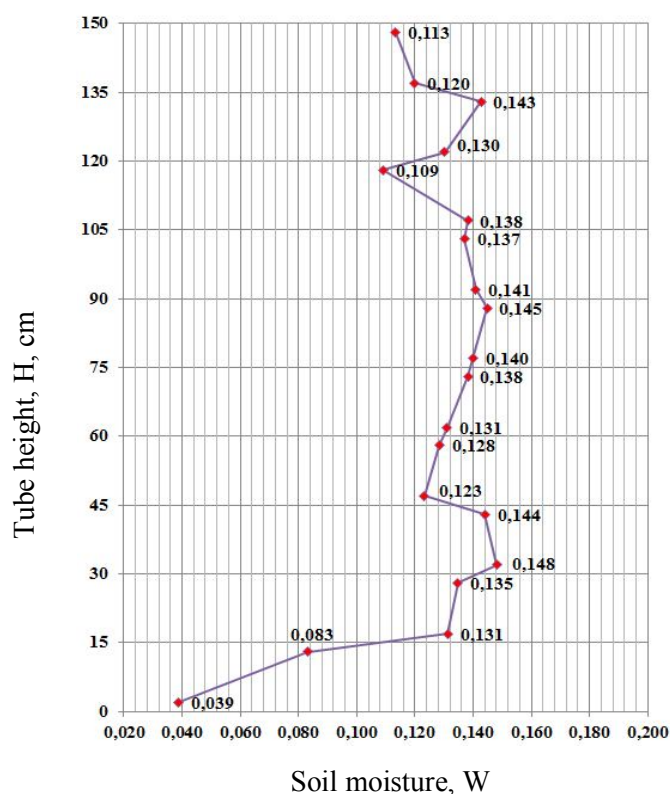


Fig. 3. Plot of compacted light silt loam moisture change at soil skeleton density  $\rho_d = 1,55 \text{ g / cm}^3$  and a tube height of 150 cm (time of the «rest» 120 days)

In this case, however, the final clay soil moisture is close to the so-called maximum molecular moisture capacity. Its value depends mainly on indicative clay soil parameters and soil skeleton density in the embankment.

Experimentally proved that time-lagged affects soil moisture, the longer the mound is in the so-called "rest" (before the operation), the less moisture over the entire height of the tube.

By an experimental approach it is proved, that time-lagged influences on soil moisture, the longer embankment is in the so-called «rest» (before the service), the less it's moisture over the entire tube height.

Thus, the new experimental relationships of compacted highway embankment clay loam moisture conditions from it's time-lagged till service start, which it is expedient to consider at optimal clay soils compaction criteria improving, which provide highway embankment long-term strength are received.

#### REFERENCES

1. Vynnykov, Yu.L. Laboratory studies of compacted highway embankment clay loam moisture conditions / Yu.L. Vynnykov, T.V. Lytvynenko // Collect. of research papers Ukrainian State Academy of Railway Transport. – Kharkiv: UkrSART, 2015. – Vol. 155. – P. 158 – 164.
2. Vynnykov, Yu.L. Investigation of Compacted Clay Embankment Stabilized Moisture / Yu.L. Vynnykov, V.I. Kovalenko, T.V. Lytvynenko // Collection of scientific articles «Energy, Energy Saving and Rational Nature Use». – №2 (3), 2014. – Kazimierz Pulaski University of



- Technology and Humanities in Radom, Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University. – Radom, 2014. – P. 53 – 57.
3. Kuzahmetova, E.K. Methodology for subgrade assessing at the reconstruction and repair of highways in difficult environmental conditions. Monograph. – Balashikha: VTU Spetsstroy Russia, 2010. – 160 p.
  4. Lebedev, A.F. Groundwater and groundwater aquifers / A.F. Lebedev. – M.: Selkhozgiz, 1930. – 280 p.
  5. Lourenco, S.D.N. Water repellent soils for slope stability / S.D.N. Lourenco, G.-H. Wang, T.Kamai // Proc. of the 16<sup>th</sup> Europ. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. – Edinburgh, UK, 2015. – P. 1609 – 1613.
  6. Tateyama, K. Working Group on the Earth Structure for Road, Railway and Airport (WG2) // Geotechnical Pavement Research in Japan II – Final Report. – Tokyo, 2013. – P. 110 – 132.

Material received 07.03.16.

**Ю.Л. Винников, Т.В. Литвиненко**

*Юрий Кондратюк атындағы Полтава ұлттық техникалық университеті,  
Полтава қ., Украина*

### **ЖОЛ ҮЙІНДІСІНІҢ САЗДАҚ ТОПЫРАҒЫНЫҢ ТЫҒЫЗДАЛҒАН ҚАБАТЫНДАҒЫ СУДЫҢ КӨШУІНЕ УАҚЫТТЫҢ ӘСЕРІ**

Топырақ қаңқасының тығыздығы  $\rho_d = 1,50-1,65 \text{ г/см}^3$  және суға қанығу коэффициенті  $S_r = 0,85$  кезінде тығыздалған және пластмассалық құбырларға орнатылған саздақтардың уақыт бойынша ылғалдығын зерттеу арқылы жол үйіндісінің биіктігі бойынша судың көшуін физикалық модельдеу әдістемесі жасалған. Жол үйіндісінің тығыздалған саздағының ылғалды режимі мен оны қанықтыру уақытына байланысты эксперименталдық қатынасы анықталған. Оны жол үйіндісінің ұзақ мерзімді беріктігін қамтамасыз ететін саздақ топырақтардың оңтайлы тығыздалу мәндерін жетілдіруге пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** жол үйіндісі, ұзақ беріктік, судың көшуі, тығыздалған саздақ, қанығу уақыты.

**Ю.Л. Винников, Т.В. Литвиненко**

*Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка,  
г. Полтава, Украина*

### **ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ НА МИГРАЦИЮ ВОДЫ В ТОЛЩЕ УПЛОТНЕННОГО ГЛИНИСТОГО ГРУНТА ДОРОЖНОЙ НАСЫПИ**

Разработана и реализована методика физического моделирования миграции воды по высоте дорожной насыпи путем исследований во времени влажности суглинков, помещенных в пластмассовые трубы и уплотненных при коэффициенте водонасыщения  $S_r = 0,85$  к плотности скелета грунта  $\rho_d = 1,50-1,65 \text{ г/см}^3$ . Установлены новые экспериментальные зависимости влажностного режима уплотненного суглинка дорожной насыпи от времени ее выдержки до начала эксплуатации, которые целесообразно учитывать для совершенствования оптимальных критериев уплотнения глинистых грунтов, при которых обеспечивается длительная прочность дорожной насыпи.

**Ключевые слова:** дорожная насыпь, длительная прочность, миграция воды, уплотненный суглинок, время выдержки.

ӘОЖ 691.544

А.Ә. Сағындықов<sup>1</sup>, С.М. Тамабекова<sup>2</sup>,  
А.Б. Турмахамбетова<sup>3</sup>, Е.А. Абуталипов<sup>4</sup><sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Магистрант, <sup>3</sup>Магистр, <sup>4</sup>Студент  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., Қазақстан**ФОСФОГИПС–ГИПС–ПОЛИМЕР ҚОСЫМШАЛАР ЖҮЙЕСІНДЕ  
ҚҰРҒАҚ ҚҰРЫЛЫС ҚОСПАЛАР ҚҰРАМЫН ЖАСАУ**

Зерттеулер нәтижелері фосфогипсті құрғақ құрылыс қоспаларында тұтқыр және белсенді толтырғыш ретінде пайдалануға болатындығын дәлелдейді.

**Түйін сөздер:** гипс, фосфогипс, полимерлер, құрғақ құрылыс қоспалары, дисперстілік, беріктік, минералды қоспалар.

Гипс материалдарының негізгі көрсеткіштері бойынша (оларды дайындауға жұмсалатын еңбек шығындары, отын және энергия шығындары, эстетикалық және т.б.) әртүрлі ғимараттардағы ішкі өңдеу жұмыстарын жүргізу үшін бірнеше артықшылықтары бар. Көбінесе гипс тұтқырларының құны төмен және өндірістің қысқа мерзімділігімен сипатталады [1-2].

Басқаларға қарағанда гипс тұтқырлары шөкпейді, керісінше, қатқан кезде көлемі ұлғаяды. Гипс бұйымдары гигиеналығымен, төмен орташа тығыздығымен (1200-1500 кг/м<sup>3</sup>), жоғары кеуектілігімен (30-60%), отқа төзімділігімен, сәулеттік көріктілігімен, жоғары жылу және дыбыс оқшаулағыштығымен ерекшеленеді. Бірақ олардың беріктігі цемент негізіндегі бұйымдарға қарағанда төмен келеді.

Гипс тасының беріктігін жоғарылату үшін полиамид, базальт талшықтарын [3] немесе дисперсті минералды қоспалар (волластонит, диопсид, әк тас) пайдаланады [4]. Беріктік және деформациялық қасиеттерді жақсарту жүйені талшықтармен жеткілікті дәрежеде қанықтыру жағдайында іске асады. Волластонит, диопсид, әк тасты 20, 30, 40% мөлшерде енгізгенде гипс тасының беріктігі ұлғаймайтындығы анықталған [4].

Фосфогипс алдын ала кептіріліп ұнтақталады. Ұнтақталған фосфогипстің дисперстігі лазерлік анализ көмегімен анықталады (1-кесте).

Кесте 1

Фосфогипстің және гипстің дисперстілігін анықтау көрсеткіштері

Көрсеткіш	Фосфогипс	Гипс
Орташа көлемдегі бөлшектер өлшемі	7,1	6,7
Меншікті бет, см <sup>2</sup> /г	3800	3900
4 мкм кіші бөлшектер, %	28,4	29,3
16 мкм кіші бөлшектер, %	57,5	58,3
32 мкм кіші бөлшектер, %	79,1	81,1

Құрғақ құрылыс қоспаларының (ҚҚК) реологиялық, технологиялық қасиеттерін реттеу үшін ұнтақталған органикалық қоспалар және қосымшалар пайдаланылады. Ондай заттар ретінде С-3 және Neolith (Германия) қолданылады.

Фосфогипс қоспасы құрғақ гипске енгізіліп, мұқият араластарылып, суға салынады. Араласқаннан кейін масса қалыптарға құйылады. Сонан соң үлгілер 80°C температурада 24 сағат кептіріледі. Зерттелген үлгілердің жалпы қабылданған әдістемелер бойынша орташа тығыздығы, сығу және иілу беріктігі анықталады. Үлгілердің өлшемдері 4×4×16 см. Үлгілердің шикізат құрамдары және технологиялық қасиеттері 2-кестеде көрсетілген.

Кесте 2

## Үлгілердің шикізат құрамдары және технологиялық қасиеттері

№ р/с	ФГ, %	Гипс, %	С-3, %	Полимер Neolith, %	С/Г	Айқасу уақыты, мин		
						баста- луы	аяқта- луы	су ұстау, %
1	10	90	0,14	0,6	0,69	20	40	97,4
2	15	85	0,14	0,6	0,69	20	45	97,3
3	20	80	0,14	0,6	0,69	22	48	97,1
4	25	75	0,14	0,6	0,69	22	50	96,4
5	30	70	0,14	0,6	0,68	24	52	96,1
6	35	65	0,14	0,6	0,68	25	51	95,7
7	40	60	0,14	0,6	0,68	26	62	95,1
8	45	55	0,14	0,6	0,67	27	66	94,6
9	50	50	0,14	0,6	0,67	28	69	94,0
10	55	45	0,14	0,6	0,67	29	71	93,1
11	60	40	0,14	0,6	0,65	30	72	92,4
12	65	35	0,14	0,6	0,65	31	73	91,7
13	70	30	0,14	0,6	0,65	32	75	91,3

Гипс тұтқыры ретінде Г-5 маркалы құрылыс гипсі пайдаланылды (ГОСТ-125-79 Гипсовое вяжущее). Оның физикалық-механикалық қасиеттері келесідей: сығу беріктілігі – 5,3 МПа, иілу беріктілігі – 3,1 МПа, орташа тығыздығы – 1200 кг/м<sup>3</sup>.

Фосфогипс гипс тұтқыр құрамына 10-70% мөлшерде енгізіледі. ҚҚК физикалық-механикалық қасиеттері 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3

## Құрғақ құрылыс қоспаларының физикалық-механикалық қасиеттері

№ р/с	ФГ, %	Гипс, %	С-3, %	Полимер Neolith, %	Физикалық-механикалық қасиеттер			
					R <sub>c</sub> , МПа	R <sub>n</sub> , МПа	адгезиялық беріктік, МПа	бу өткізу коэф., мг/м с·Па
1	10	90	0,14	0,6	7,44	3,75	1,2	0,05
2	15	85	0,14	0,6	7,21	3,64	1,1	0,05
3	20	80	0,14	0,6	7,06	3,51	1,0	0,05
4	25	75	0,14	0,6	6,71	3,33	0,91	0,06
5	30	70	0,14	0,6	6,52	3,01	0,84	0,06
6	35	65	0,14	0,6	6,02	2,84	0,78	0,06
7	40	60	0,14	0,6	5,18	2,72	0,71	0,06
8	45	55	0,14	0,6	4,41	2,65	0,64	0,06
9	50	50	0,14	0,6	3,82	2,34	0,58	0,06
10	55	45	0,14	0,6	3,76	2,12	0,54	0,06
11	60	40	0,14	0,6	3,62	1,94	0,51	0,05
12	65	35	0,14	0,6	3,42	1,78	0,49	0,05
13	70	30	0,14	0,6	3,21	1,56	0,47	0,05

Ең жоғары беріктілікке фосфогипс қоспасы 10-30% мөлшеріндегі үлгілер ие. Ол көрсеткіштер қоспасыз гипс құрамдарына қарағанда 20-30% жоғарылаған. Фосфогипс мөлшері артқан сайын беріктік төмендей береді. Ол көрсеткіштер 70% ФГ және 30% гипс құрамдарында 3,16 МПа-ны құрайды. Зерттеулер нәтижесінде минералды бөлігі өндірістік және жергілікті шикізат компоненттерінен тұратын М35 және М50 маркалы құрғақ сылақ қоспаларының құрамы әзірленді. ҚҚҚ физикалық-механикалық қасиеттері келесідей: үйінді тығыздығы – 935 кг/м<sup>3</sup>; түсі – сұр, ақ; тіршілікке қабілеттілігі – 60 мин; қабат қалыңдығы – 5-20; ұстасу беріктігі – 0,5-0,6 МПа; су ұстағыштық қабілеті – 97-99%; сығылған кездегі беріктігі – 3,5-8,6 МПа; иілген кездегі беріктігі – 1,4-3,5 МПа; аязға төзімділігі – F35; қиыршықтығы – 2 мм-ден артық емес; сақталу мерзімі – құрғақ жерде 6 айға дейін.

Пластификациялық қоспалар әсерін бағалау үшін С-3 суперпластификаторы, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), метилцеллюлоза (Ресей) және алыс шет елден әкелінетін «Тилоза», «Мовилит», «Кларинт» фирмалары (Германия), «Адингколор», «Адинг» фирмалары (Македония) әсері зерттелді.

Пластификациялық қоспалар тұтқыр құрамына қатты күйде ұнтақталып енгізілді.

Ангидрит тұтқырына полимер қоспалардың әсері 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4

## Ангидрит тұтқырына полимер қоспалардың әсері

Қоспа түрі	Мөлшері, %	Қоюлығы, %	Айқасу ақыты, сағ-мин		Сығу беріктігі, МПа	Орташа тығыздығы, кг/м <sup>3</sup>	Жұмсару коэф.	Су сорғыштығы, %	Гидратты су мөлшері, %
			басы	соңы					
-	-	34	1.40	4.00	29.4	1740	0.54	12.1	16.7
С-3	0.25	31	1.30	3.40	38.4	1800	0.56	9.7	17.3
«-»	0.50	27	1.30	3.30	43.3	1870	0.58	8.8	16.4
«-»	0.75	26	1.130	3.40	45.1	1880	0.60	8.3	15.5
«-»	1.00	25	1.40	3.45	45.7	1890	0.61	8.0	14.3
Тилоза	0.05	30	1.40	3.50	35.1	1762	0.59	12.0	16.7
	0.3	27	1.50	3.60	37.4	1773	0.61	9.7	16.1
	0.6	25	2.00	3.70	39.3	1785	0.63	8.5	15.7
Мовилит	1	29	1.50	4-00	36.2	1765	0.60	11.9	16.5
	2	26	2.00	4-15	37.9	1782	0.62	26	15.9
	3	25	2.10	4-30	39.8	1789	0.64	83	15.1
КМЦ	0.1	31	1.25	3.30	35.1	1742	0.55	12.0	17.0
	0.2	29	1.35	3-45	35.8	1748	0.59	11.4	16.7
	0.3	27	1.45	3.45	36.4	1752	0.61	10.8	16.3
Метилцеллюлоза	0.1	31	1.45	3-45	34.1	1732	0.57	12.1	16.9
	0.2	30	1.55	4-00	35.8	1741	0.58	11.5	16.4
	0.3	29	2.10	4-30	36.9	1753	0.59	11.1	16.1
Репаратур	1	29	2-20	4-50	34.3	1736	0.57	11.9	16.7
	2	28	2-40	5-10	35.9	1742	0.59	11.7	16.3
	3	26	3-50	5-30	36.7	1756	0.63	10.4	15.9

С-3 0,25-1,0% мөлшердегі қоспасы тұтқыр су қажеттілігін 34-тен 25% төмендетеді, орташа тығыздықты 1740-тан 1890 кг/м<sup>3</sup> дейін жоғарылатады, беріктік – 45-53%, жұмсару коэффициенті 0,54-тен 0,61 дейін жоғарылатады. Пластификациялау қоспалардың тиімді мөлшерден асуы тұтқыр

түйіршіктерінде және жаңадан пайда болған фазалар бөлшектерінде адсорбцияланатын активті заттар молекулаларының экрандау эффектісімен түсіндіріледі.

Тұтқыр құрамына С-3 0,25-1% мөлшерінде қоспаға енгізгенде, оның гидратациялану дәрежесі төмендейді. Гипс тасындағы гидратты су мөлшері 17,1%-тен 14,3 % дейін азаяды.

Сонымен, тұтқырлардың пластикалық және физикалық-механикалық қасиеттерінің жақсаруы қоспалардың әсерімен тығыз байланысты.

Полимер қоспалардың ішінде ең көп айқасу мерзімін ұзартатындар Репаратур мен Тилоза, ал аз деңгейде – Адингколор, МЦ, КМЦ қоспалары. Гипс және цемент құрғақ қоспаларын талшықтармен бекемдету созылу және иілу қасиеттерін, соққы беріктігін, жарықшалар қарсылығын, адгезиялық қасиеттерін, тозу төзімділігін жоғарылатады.

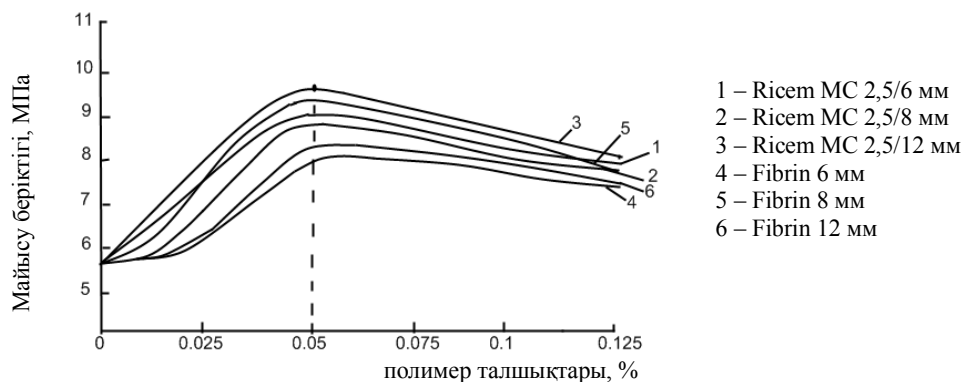
Құрғақ қоспаларды бекемдеу үшін органикалық немесе бейорганикалық талшықтар ретінде ағаш, асбест, шыныны пайдаланылады. Соңғы жылдары физикалық-механикалық қасиеттері берік және химиялық төзімділігі жоғары полимер талшықтар кең қолданыс табуда. Оларды қолдану ұзақ мерзімді композициялық құрылыс материалдарын алуға мүмкіндік береді. Максималды бекемдеу эффектісі, талшықтардың белгілі бір ұзындығы мен қоспадағы мөлшеріне байланысты болады. Талшықтар көп қосылған жағдайда қоспаның өңделуі қиындап, өнім сапасы нашарлайды.

Талшықтардың тиімді ұзындығы талшық-матрица шекарасындағы адгезиялық беріктікке байланысты алынады және технологиялық факторлармен шектеледі.

Қазіргі кезде келесі талшықтар түрлері кең қолданыс тапқан: полиакрил Ricem MC ұзындығы 3, 6, 12 мм; асбестоцемент зауыттарының қалдықтары – шифер сынықтары, асбестоцемент құбырларын өңдеу жоңқалары, асбестоцемент бұйымдарының ақаулы өнімдері.

Шет елдерде целлюлоза талшықтары кең пайдаланылуда. Оларды құрғақ қоспа ретінде еден үшін пайдалану барысында гипсті материалдармен салыстырғанда беріктігі едәуір жоғары материалдар екендігі байқалған. Бұл материалдар шетелдік нормативті құжаттарға енгізілген (DIN 18 560, Германия). Құрғақ қоспаларға енгізу алдында оларды құммен немесе басқа да толтырғыштармен масса бойынша 1:20 қатынасында араластыру қажет.

Суретте талшықтардың өздігінен тегістелетін едендерге пайдаланатын құрғақ қоспалардың иілу беріктігіне әсері келтірілген.



Сурет 1. Иілу беріктігінің полимер талшықтарының мөлшеріне және ұзындығына тәуелділігі

Алынған нәтижелерге сәйкес полимер талшықтарын тұтқыр массасынан 0,05% алу тиімді – полиакрил талшықтарының Rіsem MC ұзындығы 7-8 мм және полипропилен Fіbrin – 5-6 мм. Иілу беріктігі 5,8 МПа-дан 9,6 МПа-ға жоғарылаған. Асбестоцемент қалдықтарын 5-7% мөлшерде пайдалану иілу беріктігін 4-5,5 МПа-дан 8-9,5 МПа-ға жоғарылатады.

Зерттеу нәтижелері фосфогипсті құрғақ құрылыс қоспаларында тұтқыр және белсенді толтырғыш ретінде пайдалануға болатындығын дәлелдейді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Корнеев, В.И. Сухие строительные смеси: состав, свойства [Текст] / В.И. Корнеев, П.В. Зозуля. – М.: Стройматериалы, 2010. – 320 с.
2. Шептянин, А.А. Сухие смеси для отделочных и общестроительных работ [Текст]: монография / А.А. Шептянин. – Самара: Самарский гос. арх.-строит. ун-т, 2004. – 119 с.
3. Логанина, В.И. Разработка органоминеральной добавки для сухих строительных смесей [Текст] / В.И. Логанина, Н.А. Петухова, Э.Р. Акжигитова // Вестник БГТУ им. ВТ. Шухова. – 2011. – № 3. – С. 8-12.
4. Сулейменов, Ж.Т. Композиционные ангидритовые вяжущие и бетоны из фосфогипса [Текст]: монография / Ж.Т. Сулейменов, А.А. Сагындыков. – Тараз: Тараз университеті, 2014. – 146 с.

*Материал редакцияға 15.04.16. түсті.*

**А.А. Сагындыков, С.М. Тамабекова,  
А.Б. Турмахамбетова, Е.А. Абуталипов**

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

#### **РАЗРАБОТКА СОСТАВА СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ С ДОБАВКОЙ ФОСФОГИПС-ГИПС-ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Представлены результаты исследования сухих строительных смесей на основе фосфогипса, предназначенных для использования в качестве вяжущих и активных заполнителей.

**Ключевые слова:** гипс, фосфогипс, полимеры, сухие строительные смеси, дисперсность, прочность, минеральные добавки.

**A.A. Sagyndykov, S.M. Tamabekova,  
A.B. Turmakhambetova, E.A. Abutalipov**

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

#### **DEVELOPMENT OF DRY CONSTRUCTION COMPOSITES WITH THE ADDITION OF PHOSPHOGYPSUM-GIPSUM-POLYMER MATERIAL**

The results of the study of dry building mixes on the basis of phosphogypsum for use as binders and active fillers are presented.

**Keywords:** gypsum, phosphogypsum, polymers, dry mixes, dispersion, strength, mineral additives.

УДК 666.42

А.А. Сагындыков<sup>1</sup>, Ж.Т. Наширалиев<sup>2</sup>, Е. Нурат<sup>3</sup>, Р. Жанузак<sup>3</sup><sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>3</sup>Магистрант  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПОИСК  
ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ПЕНОШЛАКОПЕМЗОБЕТОНА**

Методом математического моделирования определены составы пеношлакопемзобетонных изделий, используемых в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала.

**Ключевые слова:** пеношлакопемзобетон, прочность, средняя плотность, математическое моделирование.

Согласно закону РК «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» [1] необходимо шире применять энергоэффективные легкие заполнители типа шлаковой пемзы [2].

С этой целью проведены серия экспериментов по изучению свойств и составов пеношлакопемзобетона. В качестве крупного заполнителя использованы: шлакопемзовый щебень (далее – «щебень»), а также рядовая и высокопрочная гравиеподобная шлаковая пемза (далее – «гравий»). Характеристики шлаковой пемзы приведены в таблице 1.

В качестве мелкого заполнителя использован шлаковый пемзовый песок с модулем крупности 1,8, а в качестве вяжущего – портландцемент марки 400 Карагандинского цементного завода. В качестве пенообразователя (ПО) использован пенообразователь марки ПБ-2000.

Таблица 1

Физико-механические свойства шлаковой пемзы

Вид пемзы	Плотность, кг/м <sup>3</sup>			Водопоглощение, %	Прочность, МПа	
	насыпная	средняя	истинная		сухом	водонасыщенном
Гравий рядовой	715	1482	2912	21,1	1,9	1,4
высокопрочный	834	1745	3124	11,8	2,8	2,4
щебень	740	1658	2924	15,7	1,1	0,8

В результате анализа процесса получения пеношлакопемзобетона с использованием гравиеподобной и шлакового щебня выделены три основных фактора, существенно влияющие на качественные показатели прочности:

- $X_1$  – жесткость бетонной смеси, сек;
- $X_2$  – отношение мелкий заполнитель/крупный заполнитель;
- $X_3$  – содержание активной минеральной добавки, кг/м<sup>3</sup>.

Приготовленные по вышеописанной методике образцы изделия исследованы на прочность, при котором достигается максимальная прочность изделия методом математического моделирования.

Решение данной задачи было получено с использованием специально разработанных программ для ПК (система Mathcad-14 [3]) и выполнено в два этапа:

- первый этап – разработка математических моделей, адекватных исследуемому объекту, описывающие влияние состава на выбранные целевые показатели качества  $Y_1$ ;

- второй этап – поиск оптимального состава с использованием полученных трех математических моделей.

**На первом этапе** с целью сокращения количества опытов нами использованы методы планирования экспериментов [3-5]. В частности, применен ротатбельный план второго порядка Бокса-Хантера [3]. Это позволило получить математическую модель исследуемой системы в виде уравнения регрессии (1) при проведении только 20 опытов. В том числе, было проведено 6 параллельных опытов, необходимых для оценки воспроизводимости опытов, значимости коэффициентов уравнения регрессии и проверки адекватности математической модели.

На основе предварительного анализа, выбраны следующие диапазоны изменения факторов (табл. 2).

Таблица 2

Диапазоны варьирования состава (входов)

Факторы	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Нижний уровень (-1)	5	0,25	120
Верхний уровень (+1)	15	0,75	140
Нулевой уровень (0) (середина плана)	10	0,5	130
Интервал варьирования ( $\Delta X$ )	5	0,25	10
Плечо $+\alpha$ ( $\alpha = 1,682$ ) (дополнительные точки плана)	18,4	0,92	146,8
Плечо $-\alpha$ (дополнительные точки)	1,59	0,0795	113,2

Получены три математические модели для каждого из входов  $Y_1$ . Значения коэффициентов  $b_i$  математической модели (1) определены методами регрессионного анализа [3-5] при помощи специально разработанных программ.

**На втором этапе** математической обработки результатов проведенных экспериментов для поиска оптимального состава применен метод нелинейного программирования на основе т.н. квази-ньютоновского алгоритма [3-5], реализованного в системе Mathcad-14. Результаты определения оптимальных составов приведены ниже в таблицах.

Дополнительно нами было проведено имитационное компьютерное моделирование с использованием полученных математических моделей вида (1).

План, результаты проведенных эксперимента и имитационного моделирования, полученные значения коэффициентов математической модели в натуральном физическом масштабе, ошибки аппроксимации, а также значения критерия адекватности R-квадрат сведены в таблицу 3. Там же приведены найденные оптимальные соотношения компонентов, обеспечивающие максимальную и минимальную прочность.

Полученные значения коэффициентов математической модели в натуральном физическом масштабе приведены в таблице 3.



Таблица 3

План и результаты обработки экспериментов по исследованию прочности

№ опыта	Входные переменные			Выход		Погрешность (ошибка)	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	Y <sub>эксп.</sub>	Y <sub>расч.</sub>	абсолютная	относительная %
1	5,00	0,25	120,00	8,600	8,5838	0,0162	0,1878
2	15,00	0,25	120,00	8,800	8,7581	0,0419	0,4763
3	5,00	0,75	120,00	8,700	8,7124	-0,0124	-0,1424
4	15,00	0,75	120,00	9,100	9,0866	0,0134	0,1469
5	5,00	0,25	140,00	8,700	8,6670	0,0330	0,3787
6	15,00	0,25	140,00	9,200	9,1413	0,0587	0,6382
7	5,00	0,75	140,00	8,800	8,7956	0,0044	0,0501
8	15,00	0,75	140,00	8,900	8,8698	0,0302	0,3390
9	1,59	0,50	130,00	8,300	8,3021	-0,0021	-0,0254
10	18,41	0,50	130,00	8,700	8,7634	-0,0634	-0,7285
11	10,00	0,08	130,00	8,900	8,9667	-0,0667	-0,7493
12	10,00	0,92	130,00	9,100	9,0988	0,0012	0,0132
13	10,00	0,50	113,18	8,900	8,9128	-0,0128	-0,1435
14	10,00	0,50	146,82	9,000	9,0527	-0,0527	-0,5858
15	10,00	0,50	130,00	9,300	9,2231	0,0769	0,8265
16	10,00	0,50	130,00	9,200	9,2231	-0,0231	-0,2515
17	10,00	0,50	130,00	9,250	9,2231	0,0269	0,2904
18	10,00	0,50	130,00	9,200	9,2231	-0,0231	-0,2515
19	10,00	0,50	130,00	9,150	9,2231	-0,0731	-0,7993
20	10,00	0,50	130,00	9,250	9,2231	0,0269	0,2904
Суммарная ошибка =						4,9117 E-09	-0,0396
Среднее значение ошибки =						2,4558 E-10	-0,0020
Значение критерия Rквadrat =						0,9758	
Найденный режим с минимальным значением Y							
	X <sub>1</sub> мин	X <sub>2</sub> мин	X <sub>3</sub> мин	Y <sub>мин</sub>			
	1,59	0,0795	146,82	7,66			
Найденный режим с максимальным значением Y							
	X <sub>1</sub> макс	X <sub>2</sub> макс	X <sub>3</sub> макс	Y <sub>макс</sub>			
	11,348	0,53325	131,68	9,25			

На данном этапе математической обработки результатов проведенных экспериментов для поиска оптимального состава использован метод нелинейного программирования на основе т.н. метода оптимизации Левенберга (Levenberg-Marquardt method) [3-5], реализованного в системе Mathcad-14 с использованием уравнений связи.

В нашем случае использованный алгоритм оптимизации показал высокую устойчивость и быструю сходимость.

Как показано выше, в результате математической обработки результатов экспериментов нами найдены математические модели вида (1), адекватно описывающая влияние состава изделия на прочность (Y):

$$\begin{aligned} \hat{Y}_1 = & -5,4256 - 0,1574 \cdot X_1 - 2,4662 \cdot X_2 + 0,2101 \cdot X_3 - \\ & - 0,0098 \cdot X_1^2 - 1,0767 \cdot X_2^2 - 0,0008 \cdot X_3^2 + 0,76 \cdot X_1 \cdot X_2 + \\ & + 0,0030 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,03 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,0060 \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \end{aligned} \quad (1)$$

Результаты поиска оптимальных составов приведены выше в таблице 3 и сведены в таблицы 4 и 5.

Таблица 4

Результаты поиска экстремумов функций в заданном диапазоне входов X

Входы	Диапазоны изменения входов (ограничения, диапазоны поиска)		Результаты поиска экстремумов	
			Y - прочность [МПа]	
	минимум	максимум	минимум	максимум R
			7,66	9,25
$X_1$	1,59	18,4	1,59	11,348
$X_2$	0,08	0,92	0,0795	0,53325
$X_3$	113	147	146,82	131,68

Таблица 5

Состав изделия, обеспечивающего наибольшую прочность

$X_1$	11,348
$X_2$	0,53325
$X_3$	131,68

Проведя имитационное компьютерное моделирование с использованием уравнения (1) и найденных параметров модели нами получены графики зависимостей прочности от значений состава шлакопемзобетона (рис .1).

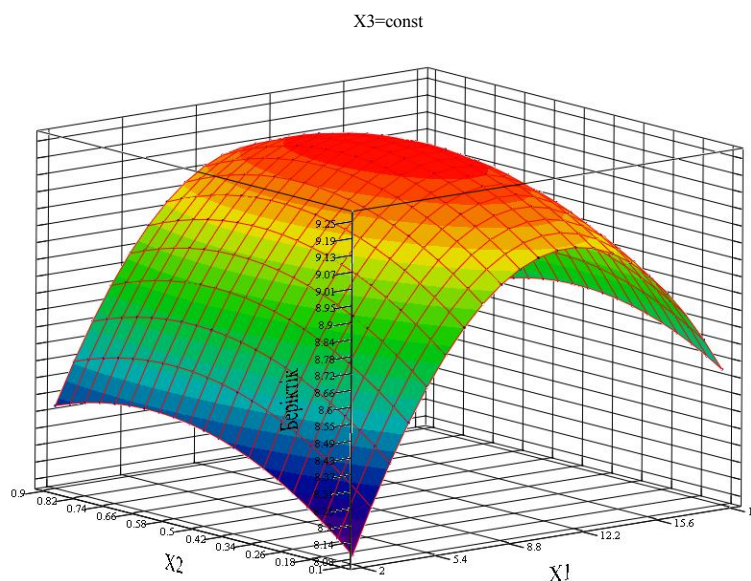


Рис. 1. Трехмерный график функции Y (прочность) при фиксированном значении  $X_3 = 130$  (со значением в середине плана)

В таблице 6 приведены физико-механические свойства шлакопемзобетонных образцов.

Таким образом проведенные исследования свидетельствуют о возможности получения пеношлакопемзобетонных изделий, используемых в качестве конструктивно-теплоизоляционного материала.

Таблица 6

Физико-механические свойства шлакопемзобетонных образцов

Вязущее	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				Кубиковая прочность, МПа	Призменная прочность, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>
	Гравий	Шлаковый песок	Вода	ПО				
300	280	125	170	1,8	7,2	7,0	1,7	750
305	280	125	170	1,7	7,5	7,3	1,75	760
310	280	125	170	1,6	7,9	7,9	1,8	775
315	280	125	170	1,5	8,2	8,2	1,86	810
320	280	125	170	1,4	8,5	8,6	1,94	820
330	280	125	170	1,3	8,8	8,9	1,1	830
335	280	125	170	1,2	9,2	9,2	1,14	840
340	280	125	170	1,1	9,8	9,5	1,18	850

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон Республики Казахстан №547–IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности», 13.01.2012.
2. Александров, С.Е. Шлаковая пемза – эффективный строительный материал [Текст] / С.Е. Александров, Г.М. Васильева, В.С. Грызлов. – Воронеж, 1974. – 89 с.
3. Очков, В. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов ВНУ [Текст] / В.Очков. – СПб., 2007.
4. Химмельблау, Д. Прикладное нелинейное программирование материалов [Текст] / Д. Химмельблау. – М.: Мир, 1985. – 554 с.
5. Черноруцкий, И.Г. Методы оптимизации в теории управления [Текст]: учебн. пос. / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: Питер, 2004. – 256 с.

Материал поступил в редакцию 21.05.16.

**А.А. Сагындыков, Ж.Т. Наширалиев, Е. Нурат, Р. Жанузак**

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

### ПЕНОШЛАКОПЕМЗОБЕТОНДЫ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛЫ ҚҰРАМЫН АНЫҚТАУ

Математикалық модельдеу әдісімен құрылыс-жылу оқшаулағыш материал ретінде пайдаланылатын пеношлакопемзобетон бұйымдарының құрамы анықталған.

**Түйін сөздер:** пеношлакопемзобетон, беріктік, орташа тығыздық, математикалық модельдеу.

**A.A. Sagyndykov, Zh.T. Nashiraliyev, E. Nurat, R. Zhanuzak**

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

### MATHEMATICAL MODELING AND DETERMINATION OF THE OPTIMAL COMPOSITION OF FOAM SLAG PUMICE CONCRETE

Compositions foam-slag pumice concrete products used as a heat insulating material are defined by mathematical modeling methods.

**Keywords:** foam slag pumice concrete, strength, medium density, mathematical modeling.

## ТРАНСПОРТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

UDC 338 (574.52)

N.A. Semernin<sup>1</sup>, A.N. Semernin<sup>2</sup>, A. Urstembekova<sup>3</sup>,  
Sh. Zeidaliyev<sup>3</sup>, Sh. Tursynbek<sup>3</sup>, R. Atygayev<sup>4</sup><sup>1</sup>Master, Senior teacher, <sup>2</sup>Candidate of technical sciences, Professor,  
<sup>3</sup>Master student, <sup>4</sup>Student

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

E-mail: <sup>1</sup>Semernin.nik@mail.ru, <sup>2</sup>Semernin1954@mail.ruSOLUTION OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS ON THE CROSSING  
OF ZHAMBYL AND TOLE BI AVENUES IN TARAZ CITY

The article provides information about traffic organization on the Tole bi avenue in Taraz. Statistical indexes and parameters of the researched section of Tole bi avenue shows disadvantages and the ways to improve them. General conclusions and recommendations on the improvement of road traffic at the intersection of Tole bi and Zhambyl avenues are given in the end of the paper.

**Keywords:** section, crossing, cross-road, road accident, ecology.

Research of statistic data of Taraz city street-road network (SRN) and organization of traffic on Tole bi avenue demonstrates series of definite problems shall be solved within a viewed section.

Research of transport and pedestrian flows within the selected section showed the disadvantages of traffic organization along Tole bi avenue. The conflict positions on the crossings along Tole bi avenue have been identified enabling identification of complex crossings. Afterwards, narrow places of Tole bi avenue resulting in vehicles delay have been determined. Carrying capacity and the level of load on the crossings have been identified.

Based on the research performed, analysis and identified disadvantages of organization of traffic along Zhambyl avenue recommendations to improvement of traffic within the said SRN section have been developed.

The work views the most complicated, to our opinion, crossing on Zhambyl avenue, i.e. crossing of Tole bi and Zhambyl avenues.

Growth of vehicles number and quantity of carried passengers and cargos leads to increasing density of traffic, that, under conditions of cities with existing historical street development results, in turn, in transport problems. This problem is acute in junctions of street-road network (SRN). Transport delays are observed here, the so-called “jams” appear, leading to reduced speed of traffic, and, consequently, excess consumption of fuel and lubricants, high wear of vehicle units, parts and devices.

Traffic mode variable in time, permanent stoppages and “jams” on the crossing – the reason of atmosphere pollution with exhaust emissions from fuel burning. Population in Taraz city is affected by transport noise and emissions.

Increasing density of traffic and pedestrian flows intensity also affects the

safety of traffic. More than 65% of road accidents occur in the cities and other settlements. Moreover, about 35% of all accidents occur on the crossings, making up the smallest part of settlements.

Security of intensive and safe traffic in settlements requires using complex measures, both architectural and planning.

Architectural and planning measures includes: construction of new and reconstruction of existing streets and roads, construction of junctions in different conditions, pedestrian tunnels, bypass roads around the city for diversion of transit vehicles and etc.

Organizational measures are used for improvement of traffic on the existing street-road network. These measures include introduction of one-way traffic, circular traffic, organization of onground pedestrian crossings and pedestrian areas (safety islands), stops of public transport, car parks and etc.

Implementation of architectural and planning measures requires significant additional investments and comparatively long period for implementation, whereas organizational measures may result in temporary but quick effect. Organizational measures are often the only method for solution of transportation problems. As for historically developed quarters of old cities which are monuments and cultural legacy and, therefore, cannot be reconstructed, organizational measures are used. Development of street-road network is frequently connected with removal of green plantations, which is often ungrounded.

In connection with all the said, this work contains measures developed for improvement of traffic on the crossing of Zhambyl and Tole bi avenues.

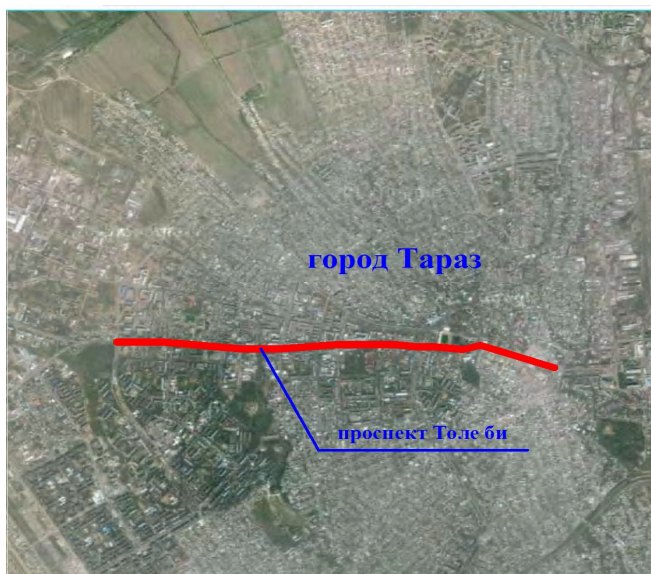


Figure 1. Avenue location in Taraz city

Service of road control of Administration of Internal Affairs of the Department of Internal Affairs in Zhambyl region carries out systematic control and analysis of accidents, all accidents resulted in injuries, deaths or damage of vehicles, cargos, roads, road structures or other property of the serviced road or street sections are liable for control [1].

To identify sections and places of accidents analysis of accident rate by types, severity, vehicle types, time of day and season, days of weeks and conditions

of traffic is carried out, as a result accident reasons are identified and plan of measures on traffic safety improvement is developed [1-3].

Analysis of accident rate on Zhambyl avenue for 2013-2015 is provided in the table 1.

Table 1

Analysis of accident rate on Zhambyl avenue for 2013-2015

Indexes	2013	2014	Up %	Down %	2014	2015	Up %	Down %
Accidents	24	29	21	-	31	34	17	-
Dead	6	10	33	-	8	12	-	-
Injured	26	32	23	-	35	38	19	-

The analysis of accidents by years demonstrates that number of accidents on Zhambyl avenue are grows. The number of accidents for 2015 compared to 2013 grew by 21%, and for 2015 – for 17% in comparison with 2013.

Histogram of accidents distribution on Zhambyl avenue by years is shown on Figure 2.

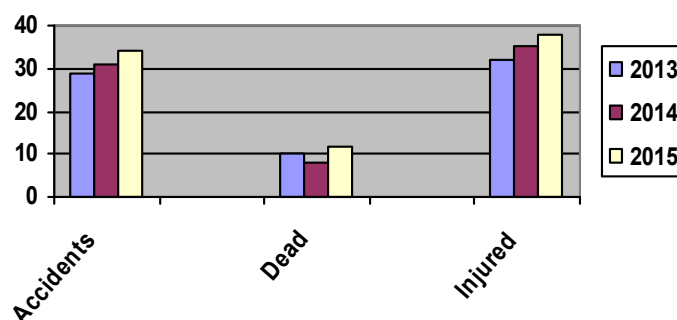


Figure 2. The histogram of distribution of road accidents and the severity of their consequences for 2013-2015 years

Data of accidents analysis by months executed for 2013-2015 on Zhambyl avenue has specific interest and is provided in the table 2 below.

Table 2

Analysis of accidents by the months for 2013-2015

Month	2013			2014			2015			2013-2015		
	Accident	Dead	Injured	Accident	Dead	Injured	Accident	Dead	Injured	Accident	Dead	Injured
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
January	4	2	3	4	0	4	-	-	-	8	2	7
February	2	0	3	1	0	1	3	1	2	6	1	6
March	-	-	-	1	0	1	2	0	2	3	0	3
April	-	-	-	-	-	-	4	0	4	5	0	5
May	5	0	5	1	0	1	5	0	5	10	0	10
June	-	-	-	3	0	3	6	0	8	9	0	11
July	3	0	3	2	1	3	1	0	1	6	1	7

2 Table continuation

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
August	2	0	2	5	0	5	2	0	3	9	0	10
September	2	0	3	4	0	5	2	0	2	8	0	10
October	3	1	2	2	1	1	7	1	8	12	3	11
November	1	0	3	5	0	7	2	0	3	8	0	13
December	2	0	2	1	0	1	-	-	-	3	0	3
TOTAL	29	3	26	31	2	32	34	2	38	94	7	96

Accidents are most frequent in autumn – 28 crashes making out 32% of total accident rate. The second season is summer – 24 (28%), following by spring – 18 (20,5%), and winter – 17 (19,5%).

High accident rate in autumn is explained by rainy weather and short daylight hours [4]. Vision through windscreen is impaired, road surface is wet and dirty. Adhesion properties of road surface prolong brake path of vehicle and the risk of drift arises. This is not always considered by drivers and accident rate rises in comparison with summer period. In winter traffic moves mainly under conditions of artificial lighting or without it. Drivers wear warm clothes, constricting movements. Snow on the road surface makes traffic difficult, icing rapidly increases brake path and creates drifting risk. This all requires significant reduction of speed and avoidance of abruptness while driving. This period follows autumn that had already made drivers attentive as number of accidents goes down.

Analysis of accidents distribution by days of week certifies that majority occur on Friday and Tuesday [4, 5]. Wednesday is relatively calm/ number of accidents on other days is close to average weekly value (Table 3).

Table 3

Distribution of accidents by days of week

Week days	2013		2014		2015		2013-2015	
	Quantity	%	Quantity	%	Quantity	%	Quantity	%
Monday	-	-	5	17	7	21	12	14
Tuesday	4	17	6	21	7	21	17	19
Wednesday	1	4	2	7	3	9	6	7
Thursday	2	8	5	17	4	12	11	13
Friday	6	25	6	21	3	9	15	17
Saturday	5	21	2	7	6	16	13	15
Sunday	6	25	3	10	4	12	13	15
TOTAL	29	100	31	100	34	100	94	100

Histogram of accidents distribution by months is shown on Figure 3.

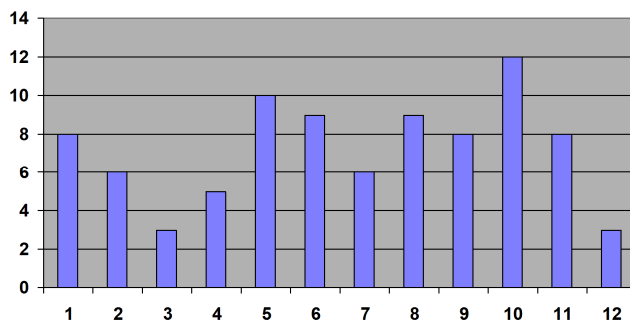


Figure 3. Histogram of accidents distribution by months

Histogram of accidents distribution by week days is shown on Figure 4.

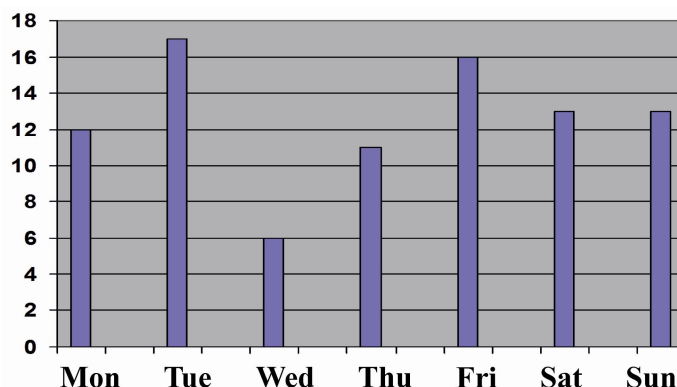


Figure 4. Histogram of accidents distribution by week days

Analysis of accidents by day time is required for optimal arrangement of traffic police inspectors by day time.

Accidents analysis by day time for three years is provided in the Table 4 below.

Table 4

Accidents analysis by day time for three years

Time period	2013		2014		2015		2013-2015	
	Quantity	%	Quantity	%	Quantity	%	Quantity	%
00 <sup>00</sup> -03 <sup>00</sup>	2	8	4	14	4	12	10	11
03 <sup>00</sup> -06 <sup>00</sup>	1	4	2	7	1	3	4	5
06 <sup>00</sup> -09 <sup>00</sup>	1	4	2	7	4	12	7	9
09 <sup>00</sup> -12 <sup>00</sup>	6	25	7	24	4	12	17	20
12 <sup>00</sup> -15 <sup>00</sup>	2	8	3	10	4	12	9	10
15 <sup>00</sup> -18 <sup>00</sup>	3	13	2	7	3	9	8	9
18 <sup>00</sup> -21 <sup>00</sup>	4	17	6	21	6	18	16	18
21 <sup>00</sup> -24 <sup>00</sup>	5	21	3	10	8	22	15	18
TOTAL	29	100	31	100	34	100	94	100

Having executed accidents analysis by day time for 2013-2015 we can state that the most dangerous times are 09.00-12.00 and 18.00-24.00, when accidents rate is the highest [6]. It can be explained that during these periods intensity grows under conditions of insufficient lighting in the evening. For instance, the highest per cent of accidents by types includes runovers on pedestrians, because the majority of pedestrians are school children who do not follow traffic rules and are the main offenders in accidents. Collision of vehicles can be also noted as a type of accidents.

Drivers sometimes do not follow elementary traffic rules such as driving on the oncoming lane to outrun other vehicles without considering speed and distance to the approaching car. It is connected with false calculation of distance to the objects during night time [4, 5-8].

Histogram of accidents distribution by time of the day is shown on the Figure 5.



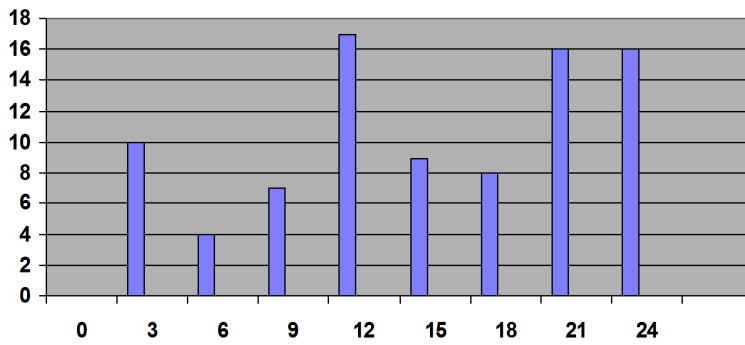


Figure 5. Histogram of accidents distribution by time of the day

The layout of arrangement of technical facilities of traffic organization on the viewed crossing (see Figure 6).

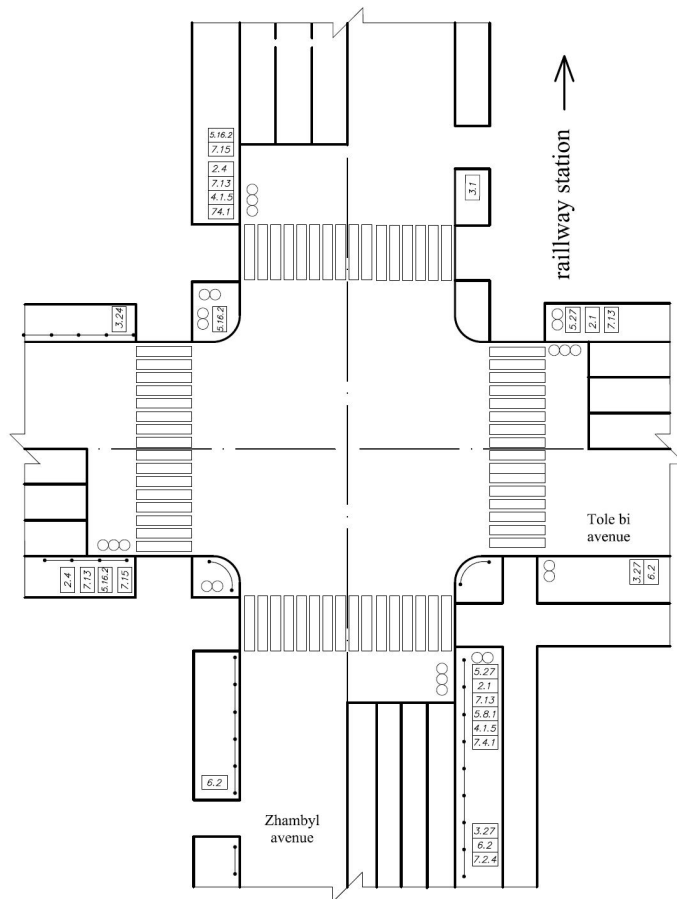


Figure 6. Arrangement of technical facilities of traffic organization on the crossing of Zhambyl and Tole bi avenues

Analysis of conflict points on the crossing of Zhambyl and Tole bi avenues (Figure 7) showed the following results of 6 deviation points, 6 points of merging and 25 of crossing. Transport and pedestrian flows occur on 16 points. When values are substituted in the formula (2.1) it is obtained:

$$m = 5 \cdot 25 + 3 \cdot 6 + 6 = 149$$

Thus, it can be concluded that the unit is complex.

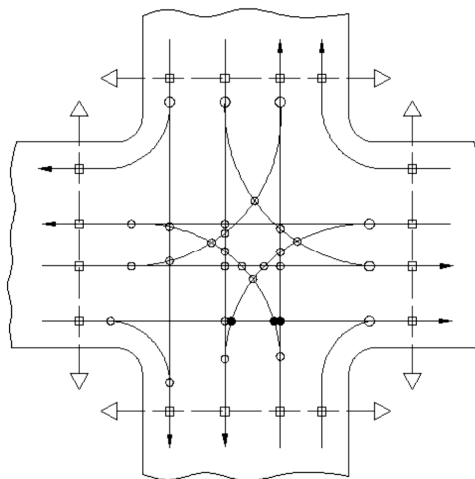


Figure 7. Analysis of conflicting points on the viewed crossing

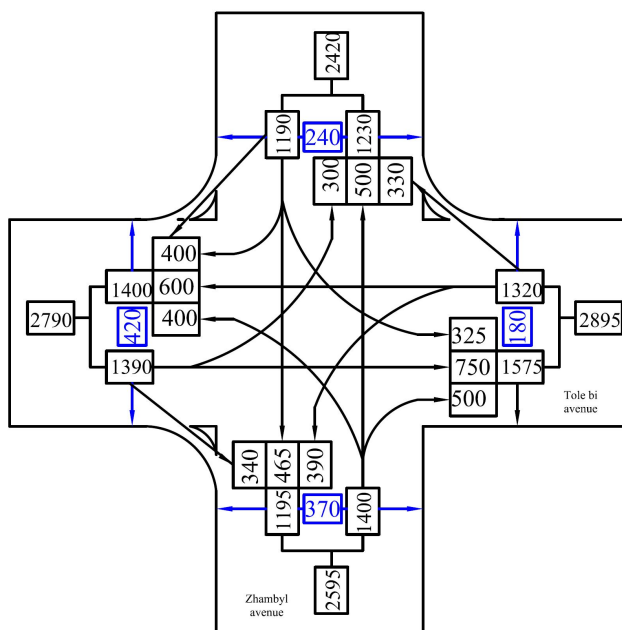


Figure 8. Map of pedestrian and transport flows distribution within the viewed crossing

To separate the conflicting traffic and pedestrian flows and reduce delays of vehicles the crossing is proposed to be equipped with underground pedestrian crossings.

Arrangement of the crossing Zhambyl avenue – Tole bi avenue is provided on the Figure 9.

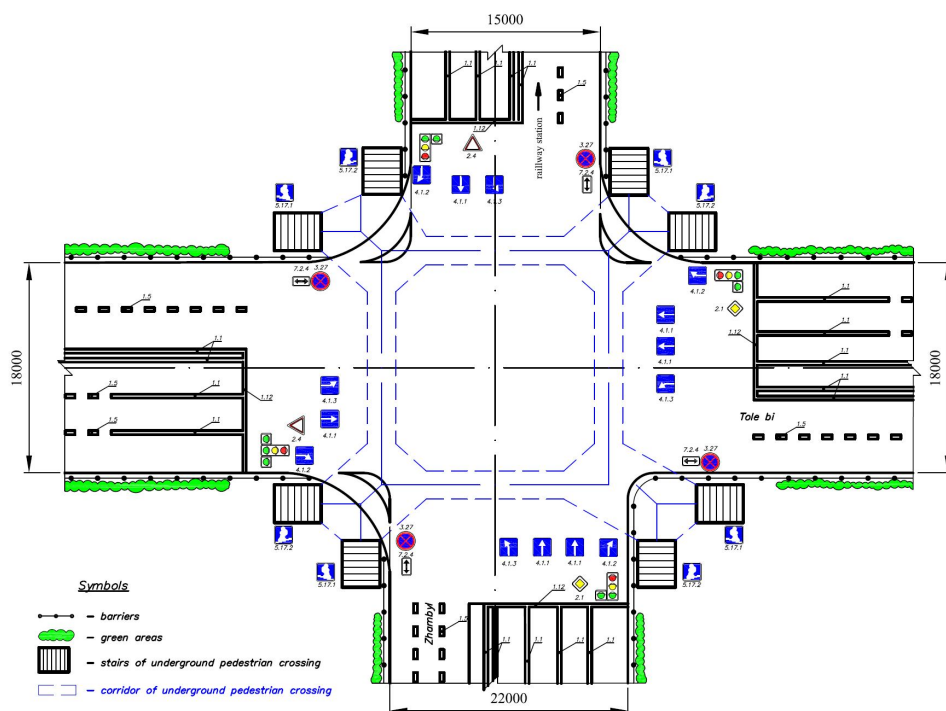


Figure 9. Arrangement of the viewed crossing with additional technical facilities of road traffic organization [9, 10]

Construction of underground pedestrian crossings enables to reducing vehicle delay by 30%.

#### REFERENCES

1. Martynov, V.P., Kamidin V.B. Analysis of road-transport accidents. Methodical guide book. – M: VNIIBD MIA, 1997. – p.79.
2. Astanov, V.S. Vasyukov V.A., Kochetov L.A. and others. Issues of legal regulation and organization of traffic. Collection of scientific works. – M: VNIIBD MIA, 1978. – p. 125.
3. Zaluga, V.P., Kamkin S.K. Signs and indicators on the roads. - M: Transport, 1984. – p.128.
4. Khilatov, Ye.B. [?]. – M: Transport, 1996. – p.94.
5. Silyanov, V.V. Methodical recommendations on assessment of roads carrying ability. – M.: Transport, 1999. – p. 136.
6. Ruslevskiy, P.V. Organization and regulation of traffic by means of automated control. – M.: Higher school, 1995. – p.230.
7. Yakubovskiy, Yu. Motor vehicles and environmental protection. – M.: Transport, 2009. – p.198.
8. Ryazanov, V.A. Biological effect and hygienic meaning of atmosphere pollution. – M.: Medicine, 1998. – p.206.
9. Rotenberg, R.V. Basics of reliability of the system «Driver – vehicle – road – environment». – M.: Mechanical engineering, 1996. – p.216.
10. Traffic rules of the Republic of Kazakhstan. – Almaty: Lawyer, 2015. - p.64.

Material received 05.05.16.

**Н.А. Семернин, А.Н. Семернин, А. Урстембекова,  
Ш. Зейдалиев, Ш. Турсынбек, Р. Атыгаев**

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

**ТАРАЗ ҚАЛАСЫНДАҒЫ ТӨЛЕ БИ ЖӘНЕ ЖАМБЫЛ  
ДАҒҒЫЛДАРЫНЫҢ ҚИЫЛЫСЫНДА ЭКОЛОГИЯ МӘСЕЛЕЛЕРІН  
ШЕШУ**

Мақалада Тараз қаласының Төле би даңғылындағы жол қозғалысын ұйымдастыру бойынша статистикалық деректер келтірілген. Төле би даңғылының қарастырылып отырған бөлігінің сипаттамасы мен параметрлері оның кемшіліктерін және оларды жою мүмкіндіктерін көрсетеді. Жалпы қорытындылар мен Төле би даңғылының Жамбыл даңғылымен қиылысындағы жол қозғалысын ұйымдастыруды жетілдіру бойынша ұсыныстар келтірілген.

**Түйін сөздер:** учаске, қиылыс, жол қиылысы, жол-көлік оқиғалары, экология.

**Н.А. Семернин, А.Н. Семернин, А. Урстембекова,  
Ш. Зейдалиев, Ш. Турсынбек, Р. Атыгаев**

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

**РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ  
ПРОСПЕКТОВ ТОЛЕ БИ И ЖАМБЫЛА В г. ТАРАЗ**

В статье приводятся статистические данные по организации дорожного движения на проспекте Толе би в г. Тараз. Характеристики и параметры исследуемого участка проспекта Толе би отражают недостатки и возможности их устранения. Приведены общие выводы и рекомендации по совершенствованию дорожного движения на пересечении проспектов Толе би и Жамбыла.

**Ключевые слова:** участок, пересечение, перекресток, дорожно-транспортное происшествие, экология.

*Журнал «Механика и технологии»:*



*Входит в реферативную базу данных Information Service for Physics, Electronics and Computing (INSPEC DIRECT) Института Инжиниринга и Технологий Великобритании.*

<http://inspecdirect-service.theiet.org/private/home.aspx>



*Зарегистрирован в российской национальной библиографической базе данных научного цитирования РИНЦ*

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

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