



ISSN 2308-9865

№1,  
2015

# 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

№ 1 (47)  
Қаңтар-наурыз  
2015 ж.

*Бас редактор* И.И. Бекбасаров

*Бас редактордың орынбасары* Д.К. Джакияев

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

*Корректор және компьютерлік беттеу* Е.И. Атенов

*Редакция мекен-жайы:*

080012, Тараз қаласы, Төле би көшесі, 60.

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

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

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

Басуға қол қойылған күн 20.03.2015. Форматы 70x180/16. Шартты баспа  
табағы 18,1. Тираж 300 дана. Тапсырыс 1912.

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

© М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, 2015

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

№ 1 (47)  
Январь-март  
2015 г.

*Главный редактор* И.И. Бекбасаров

*Заместитель главного редактора* Д.К. Джакияев

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

*Корректор и компьютерная верстка* Е.И. 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 20.03.2015. Формат 70×180/16. Усл. печ. л. 18,1. Тираж  
300 экз. Заявка 1912.

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

© Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, 2015

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

**№ 1 (47)**

January-March  
2015

*Editor in chief* I.I. Bekbasarov

*Deputy Editor in Chief* D.K. Jakiyaev

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

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

*Editorial address:*

080012, Taraz, Tole bi street, 60.

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

<http://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 20.03.2015. Form 70×180/16. Cond. print. sh. 18.1. Edition 300 copies. Application 1912.

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, 2015

## МАЗМУНЫ / СОДЕРЖАНИЕ / CONTENT

### МАТЕМАТИКА

<b>Абиев Н.А., Кеукербаева С.Е.</b> Анықталмаған ақырлы автоматты анықталған ақырлы автоматқа түрлендірудің тиімді алгоритмі .....	6
<b>Абиев Н.А., Кеукербаева С.Е.</b> Регуляр грамматикаларды айырып танитын ақырлы автоматтарды компьютерде модельдеу .....	13
<b>Жақаш А.Т., Сандибекова М.Қ.</b> Еркіндік дәрежесі екіге тең механикалық жүйенің қозғалысын заманауи есептеу әдістерімен зерттеу .....	21
<b>Жақаш А.Т., Сандибекова М.Қ., Тангирбергенова А.Қ.</b> Жоғарғы класты жазық механизмді кинематикалық тұрғыдан талдау .....	26
<b>Жақаш А.Т., Сандибекова М.Қ., Тангирбергенова А.Қ.</b> Жоғарғы класты жазық механизмдердің кинематикасын жалған салулар әдісімен талдау .....	30
<b>Кадирибетова А.К.</b> Приближенное решение задачи нелинейного граничного управления тепловым процессом, описываемым фредгольмово интегро-дифференциальным уравнением .....	34
<b>Наметкулова Р.Ж.</b> О разрешимости одного класса нелинейных интегральных уравнений ...	42

### ЭКОЛОГИЯ

<b>Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т., Мустафаев К.Ж., Турсынбаев Н.А.</b> Экологические услуги при обустройстве речных бассейнов: ценообразования при использовании водных ресурсов .....	48
<b>Сагындыков А.А., Киргизбаев А.Т., Медетов А.К., Жылысбаев К.Ш.</b> Экологическое оценка деятельности Акбакайского горно-металлургического комбината .....	58
<b>Сейітқазиев Ә.С., Шилибек К.Қ., Турекельдиева Р.Т., Сейітқазиева Қ.Ә., Ыбыраева С.Б.</b> Шалғынды-сұрғылтты гидроморфты топырақтардың қалыптасуын мелиоративтік-экологиялық технологияларды пайдаланып бағалау .....	68
<b>Сейтқазиев А.С., Мұсаев А.И., Шилибек К.К., Сейтқазиева К.А.</b> Экологическая технология опреснения и процессов миграции солей в почве .....	74
<b>Хожанов Н.Н., Естаев К.А.</b> Технология режима орошения суданской травы сточными водами .....	81

## ИНФОРМАТИКА

<b>Жидекулова Г.Е., Садуақасова Н.С.</b> Білім беру жүйесінде ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану .....	87
<b>Сембина Г.К.</b> Моделирование как средство проектирования сложных систем .....	94
<b>Темиргалиев Т.К., Тургунбеков А.М., Баданов И.К., Тлемисов Б.Б.</b> Программный пакет AutomatiCS 2011 на лабораторных и практических занятиях инженерных специальностей .....	100
<b>Темиргалиев Т.К., Тургунбеков А.М., Баданов И.К., Тлемисов Б.Б.</b> Программный пакет System View на лабораторных практикумах радиоинженерных специальностей .....	107

## ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Горбатовская Н.А., Иванова Е.В.</b> Инновационные технологии в производстве мучных кондитерских изделий, как решение проблемы здорового питания .....	114
<b>Gorbatovskaya N.A., Karimova G.D., Atenov Ye.I.</b> Solution of baby nutrition based on using mare's milk .....	119

## НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

<b>Дяденко М.В.</b> Стекловидные материалы для изделий офтальмологической оптики .....	124
---	-----

## МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

<b>Ильясов К.И., Сарсембаева А.Б., Төрбек Б.С.</b> Определение оптимальных режимов плазменной наплавки шеек коленчатых валов .....	137
<b>Spandiyarov Y., Nemerebayev M., Ayazbaev T.</b> The pellet mill for feed mix granulation .....	142

## МЕХАНИКА ГРУНТОВ

<b>Бекбасаров И.И., Атенев Е.И., Монтаева Х.А.</b> О результатах уплотнения суглинка с добавками песка при двухступенчато-возрастающем режиме приложения ударной нагрузки ..	145
<b>Бекбасаров И.И., Атенев Е.И., Монтаева Х.А.</b> О результатах уплотнения суглинка с добавками песка при многоступенчато-возрастающем режиме приложения ударной нагрузки	154
<b>Приложение</b> Требования к оформлению статей для публикации в научном журнале «Механика и технологии» .....	164

---

# МАТЕМАТИКА

---

ӘОЖ 681.3.07

**Н.А. Абиев<sup>1</sup>, С.Е. Кеукербаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Физ.-мат. ғылым. канд., доцент, <sup>2</sup>Магистрант

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

эл. пошта: <sup>1</sup>abievn@mail.ru

## АНЫҚТАЛМАҒАН АҚЫРЛЫ АВТОМАТТЫ АНЫҚТАЛҒАН АҚЫРЛЫ АВТОМАТҚА ТҮРЛЕНДІРУДІҢ ТИІМДІ АЛГОРИТМІ

Бұл жұмыс анықталмаған ақырлы автоматтарды зерттеуге арналған. Жұмыста анықталмаған автоматты анықталған автоматқа түрлендірудің тиімді алгоритмі ұсынылған. Анықталмаған автоматты компьютерде программалау іс жүзінде өте күрделі практикалық мәселелердің бірі екенін айта кетейік. Мұндай жағдайларда кіріс тізбегін бірнеше рет қайталап оқитын программа жазу талап етіледі. Ұсынылған алгоритмнің белгілі алгоритмдерден артықшылығы көрсетілген.

**Түйін сөздер:** анықталмаған ақырлы автомат, анықталған ақырлы автомат, регуляр грамматика, мәнмәтіннен еркін грамматика.

**Кіріспе.** Формальды тілдер және автоматтар теориясы программалау тілдері компиляторларының жалпы заңдылықтарын зерттеуге бағытталған. Теорияда алынатын нәтижелерге сүйене отырып, практикада компилятор құрудың тиімді әрі ортақ технологияларына қол жеткізуге болады.

Формальды тілдер теориясының пайда болуына және дамуына Н.Хомскидің [1] формальды грамматикалар бойынша жұмысы және Backus J.W., Beeber R.J., Best S., Goldberg R. [2] тарапынан ұсынылған Фортран тілі синтаксисінің сипатталынуы өз ықпалын тигізді. Бұл саланың зерттеу нысаны мен өзекті мәселелеріне байланысты сұрақтар келесі жұмыстарда кеңінен баяндалған: А.Ахо., Р.Сети, Дж.Ульман [3], А.Ахо, Дж.Ульман [4], Д.Грис [5], Ф.Льюис, Д.Розенкрац, Р.Стирнз [6], У.Маккиман, Дж.Хорнинг, Д.Уортман [7], Дж.Хопкрофт, Р.Мотвани, Дж.Ульман [8].

Аталған жұмыс [9-12, 5, 6, 8] жұмыстарының нәтижелеріне сүйенеді.

### 1 Формальды грамматикалар және автоматтар теориясынан қысқаша мәліметтер

**Анықтама 1.** *Ақырлы (анықталмаған) автомат* деп  $M = (Q, \Sigma, \Delta, I, F)$  бестігін айтады, мұндағы  $Q$  – автомат жағдайларының ақырлы жиыны;  $\Sigma$  – кіріс символдарының ақырлы жиыны, яғни автоматтың алфавиті;  $\Delta \subseteq Q \times \Sigma^* \times Q$  – үш орынды қатынас;  $I$  – бастапқы жағдайлар жиыны,  $I \subseteq Q$ ;  $F$  – соңғы (қабылдаушы) жағдайлар жиыны,  $F \subseteq Q$ .

Егер  $\langle p, x, q \rangle \in \Delta$  болса, онда  $\langle p, x, q \rangle$  үштігін  $p$  жағдайынан  $q$  жағдайына көшу деп айтады.  $x$  сөзі осы көшудің таңбасы деп аталады.

Ақырлы автоматтарды олардың жағдайларының *диаграммалары* (графтары) түрінде суреттеуге болады. Әрбір жағдай графтың төбесі болатын шеңбермен, ал әрбір көшу доға арқылы белгіленеді.  $p$  жағдайын  $q$  жағдайымен тұтастыратын  $x$  таңбалы доға  $\langle p, x, q \rangle$  үштігі автоматтағы көшу екенін білдіреді. Әрбір бастапқы жағдай оған бағытталған қысқа доғамен, әрбір соңғы жағдай қос шеңбермен белгіленеді. Ақырлы автоматтың *жолы* деп

$$q_0, \langle q_0, x_1, q_1 \rangle, q_1, \langle q_1, x_2, q_2 \rangle, q_2, \dots, q_{n-1}, \langle q_{n-1}, x_n, q_n \rangle, q_n$$

тізбегін айтады. Мұнда әрбір  $i = 1, \dots, n$  үшін  $\langle q_{i-1}, x_i, q_i \rangle \in \Delta$ ;  $q_0$  - жолдың *басы*;  $q_n$  - жолдың *соңы*;  $n$  - жолдың *ұзындығы*;  $x_1 \dots x_n$  - жолдың *таңбасы*. Басы  $I$  жиынына, соңы  $F$  жиынына жататын жолды *дұрыс жол* деп атаймыз.

**Анықтама 2.** Егер  $\omega$  сөзі қайсыбір дұрыс жолдың таңбасы болса, онда  $\omega$  сөзі  $M$  ақырлы автоматында *қабылданады* (немесе  $M$  ақырлы автоматы  $\omega$  сөзін *қабылдайды*) деп айтады.

$M$  ақырлы автоматында қабылданатын сөздерден құрастырылған  $L(M)$  тілін  $M$  ақырлы автоматымен *қабылданатын (айырып танылатын)* тіл деп атаймыз.  $M$  ақырлы автоматы  $L(M)$  тілін *қабылдайды (айырып таниды)* деп те айтады.

**Анықтама 3.** Бірдей тілдерді қабылдайтын ақырлы автоматтар *эквивалентті автоматтар* деп аталады.

**Анықтама 4.** Келесі шарттар орындалған жағдайда  $M = (Q, \Sigma, \Delta, I, F)$  ақырлы автоматы *анықталған* деп аталады:

- (i)  $I$  жиынында бір-ақ элемент бар;
- (ii) әрбір  $\langle p, x, q \rangle \in \Delta$  көшуі үшін  $|x| = 1$  теңдігі орын алады;
- (iii) кез келген  $p \in Q$  жағдайы үшін және кез келген  $x \in \Sigma$  символы үшін  $\langle p, x, q \rangle \in \Delta$  шартын қамтамасыз ететін бірден көп емес  $q \in Q$  жағдайы табылады.

Анықталған автомат көшулерінің функциясы тек бір мәнді болатынына көз жеткізу қиын емес:  $\delta : Q \times \Sigma \rightarrow Q$ .

$$\begin{aligned} \text{Мысал 1. } Q &= \{A, B\}, \Sigma = \{0, 1\}, I = \{A\}, F = \{B\}, \\ \Delta &= \{\langle A, 0, A \rangle, \langle A, 0, B \rangle, \langle A, 1, B \rangle, \langle B, 0, A \rangle\} \end{aligned}$$

автоматы анықталмаған, себебі  $A$  жағдайында  $0$  символы үшін  $\langle A, 0, A \rangle \in \Delta$  және  $\langle A, 0, B \rangle \in \Delta$  шарттары орындалатындай әр басқа  $A$  және  $B$  жағдайлары табылып тұр. Автомат көшулері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1

1- мысалындағы ақырлы автоматтың көшулері

$\delta$	$A$	$B$
0	$A, B$	$A$
1	$B$	

**Анықтама 5.** Кез келген  $p \in Q$  жағдайы және кез келген  $x \in \Sigma$  символы үшін  $\langle p, x, q \rangle \in \Delta$  шартын қамтамасыз ететін бір ғана  $q \in Q$  жағдайы табылғанда анықталған ақырлы автомат *толық* деп аталады.

Анықтамалардан көрініп тұрғандай, анықталған ақырлы автомат кестесінің ұяшықтарында жазу саны бірден аспайды. Ал анықталған толық ақырлы автоматтың кестесінде бос ұяшық болмайды.

**Теорема 1.** Кез келген ақырлы автомат қандай да бір анықталған толық ақырлы автоматқа эквивалентті.

*Дәлелдеу.*  $M = (Q, \Sigma, \Delta, I, F)$  анықталмаған ақырлы автоматы көшулерінің таңба ұзындықтары тура бірге тең деп болжаймыз. Әрбір  $a \in \Sigma$  және  $H \in Q'$  үшін

$$\Delta_a(H) = \{q \in Q: \exists p \in H \quad \langle p, a, q \rangle \in \Delta\}$$

белгілеуін енгіземіз, мұндағы  $Q' = P(Q)$  жиыны –  $Q$  жиыны барлық ішкі жиындарының жиыны.

Ізделінді  $M' = (Q', \Sigma, I', \Delta', F')$  анықталған ақырлы автоматы әрбір  $a \in \Sigma$  және әрбір  $H \in Q'$  үшін  $\Delta_a(H)$  жиындарын табу арқылы құрылады:

$$Q' = P(Q), \quad \Delta' = \{\langle H, a, \Delta_a(H) \rangle: H \in Q', a \in \Sigma\},$$

$$I' = \{I\}, \quad F' = \{H \in Q': H \cap F \neq \emptyset\}.$$

Анықталмаған ақырлы автоматтың кестесінде әрбір жазу жағдайлар жиынын береді, ал анықталған ақырлы автоматтың кестесінде мұндай жазу бір-ақ жағдайды білдіреді.

Кезектегі кіріс символын оқыған соң, анықталмаған автомат көшетін жағдайлардың барлығын анықталған автоматтың бір ғана жағдайы алмастырып қалады. Сөйтіп, анықталған автомат  $\omega$  кіріс тізбегін оқыған соң, анықталмаған автомат жағдайларының жиыны болатын «жағдайға» өтеді. Сол жағдайлар жиынына анықталмаған автоматтың бастапқы жағдайынан  $\omega$  таңбалы жалғыз ғана жолмен жетуге мүмкін. Демек, анықталмаған автомат пен анықталған автомат қабылдайтын тізбектер де бірдей болады, яғни олар бірі-біріне эквивалентті. *Теорема дәлелденді.*

**Ескерту 1.** 1-теоремада ұсынылған қарапайым алгоритм ішкі жиындарды құру алгоритмі деген атпен белгілі. Мұндай алгоритммен жұмыс істеу барысында анықталған автоматтың жетуге мүмкін болмаған жағдайлары пайда болуы мүмкін. Жұмыс соңында мұндай жағдайларды жою қажет. Сонымен бірге, 1-теоремада ұсынылған алгоритм анықталған автоматтың толықтығына да кепілдік бермейді.

## 2 Анықталмаған ақырлы автоматты анықталған ақырлы автоматқа түрлендірудің тиімді алгоритмі

1-ескертуіндегі кемшіліктерді жоятын мынадай алгоритм ұсынамыз.

Кіріс:  $M = (Q, \Sigma, I, \Delta, F)$  - анықталмаған ақырлы автомат;

Шығыс:  $M = (Q', \Sigma, I', \Delta', F')$  - анықталған толық ақырлы автомат.

Қадам 1. Анықталған автомат кестесінде оның бірінші бағанасын анықталмаған автоматтың бастапқы жағдайларының жиыны болатын  $\{I\}$  жиынымен белгілеу;

Қадам 2. Анықталған автомат кестесінің  $H$  жағдайымен белгіленіп тұрған бағанасында, егер  $\Sigma$  символдарына сәйкес жолдар әлі толмаған болса, онда әрбір  $a \in \Sigma$  үшін  $H$  жағдайынан бастап анықталмаған автоматтың жетуге мүмкін болатын жағдайларын табу. Осылайша табылған әрбір жағдайды  $\Delta_a(H)$  жиынына енгізу. Анықталған автомат кестесінде  $H$  бағанасымен  $a$  жолының қиылысына  $\Delta_a(H)$  жиынын орналастыру (бос жиынды да есептейді);

Қадам 3.  $H$  бағанасында пайда болған әрбір жаңа  $\Delta_a(H)$  жиыны (бос жиыннан басқасы) үшін анықталған автомат кестесінде  $\Delta_a(H)$  бағанасы бар екенін тексеру.

Егер осындай бағана болмаса, онда анықталған автомат кестесіне жаңа  $\Delta_a(H)$  бағанасын қосу;

Қадам 4. Анықталған автомат кестесінде жолдары әлі толмаған бағана табылатын болса, 2-қадамға көшу;

Қадам 5. Анықталған автомат бағанасын белгілеп тұрған және өзіне анықталмаған автоматтың соңғы жағдайы  $F$  -ті қамтыған әрбір жиынды  $F'$  жиынына қосу;

Қадам 6. Анықталған автомат жағдайлары үшін жаңа белгілеулерді енгізу.

**Мысал 2.**  $M = (Q, \Sigma, \Delta, I, F)$  анықталмаған ақырлы автоматы берілсін (2-кесте):

$$Q = \{A, B, C, D\}, \quad \Sigma = \{a, b\}, \quad I = \{A\}, \quad F = \{D\},$$

$$\Delta = \{\langle A, a, A \rangle, \langle A, a, B \rangle, \langle A, b, A \rangle, \langle B, b, C \rangle, \langle C, b, D \rangle\}.$$

Кесте 2

$M$  анықталмаған автоматының көшулері

$\delta$	$A$	$B$	$C$	$D$
$a$	$A, B$			
$b$	$A$	$C$	$D$	

Енді алгоритмді қолдана отырып,  $M$  автоматын  $M' = (Q', \Sigma, \Delta', I', F')$  анықталған ақырлы автоматына түрлендіреміз. Алгоритм жұмысын 3-кестеде көрсетейік.

Кесте 3

 $M$  анықталмаған автоматының түрлендірілуі

Қадам	Әрекет және нәтиже				
1,2,3	$\delta'$	{A}	{A, B}		
	$a$	{A, B}			
	$b$	{A}			
4	{A, B} бағанасы толмаған. 2- қадамға көшу				
2,3	$\delta'$	{A}	{A, B}	{A, C}	
	$a$	{A, B}	{A, B}		
	$b$	{A}	{A, C}		
4	{A, C} бағанасы толмаған. 2- қадамға көшу				
2,3	$\delta'$	{A}	{A, B}	{A, C}	{A, D}
	$a$	{A, B}	{A, B}	{A, B}	
	$b$	{A}	{A, C}	{A, D}	
4	{A, D} бағанасы толмаған. 2-қадамға көшу				
2	$\delta'$	{A}	{A, B}	{A, C}	{A, D}
	$a$	{A, B}	{A, B}	{A, B}	{A, B}
	$b$	{A}	{A, C}	{A, D}	{A}
3	Барлық бағаналар табылды				
4	Толмаған бағана жоқ. 5-қадамға көшу				
5	$F' = \{A, D\}$				
6	$H_1 = \{A\}, H_2 = \{A, B\}, H_3 = \{A, C\}, H_4 = \{A, D\}$				

Сөйтіп, көшулері 4-кестеде көрсетілген  $M' = (Q', \Sigma, \Delta', I', F')$  анықталған толық ақырлы автоматы алынды.

Кесте 4

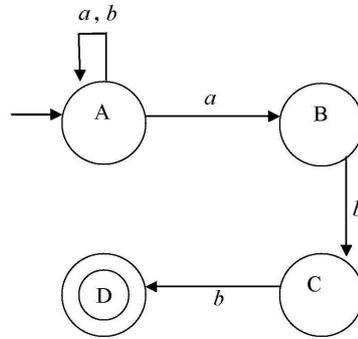
 $M'$  анықталған автоматының көшулері

$\delta$	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$
$a$	$H_2$	$H_2$	$H_2$	$H_2$
$b$	$H_1$	$H_3$	$H_4$	$H_1$

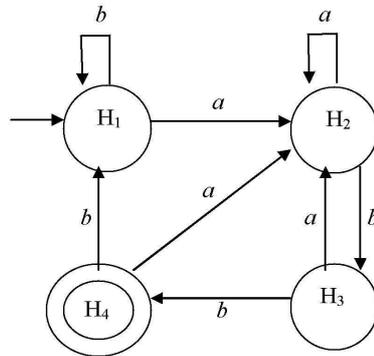
$M = (Q, \Sigma, \Delta, I, F)$  және  $M' = (Q', \Sigma, \Delta', I', F')$  автоматтарының диаграммалары 1-және 2-суреттерде көрсетілген.

**Қорытынды.** 3-кестеден көрініп тұрғандай, егер 1-теоремадағы жалпы алгоритмді қолданған болсақ, онда  $\{B, C\}$  жағдайына жол табылмай, анықталған автомат толық емес болар еді.  $Q$  және  $P(Q)$  жиындарының қуаттары  $|P(Q)| = 2^{|Q|}$  теңдігімен байланысқан себепті, ізделінді анықталған ақырлы автомат жағдайларының максималды саны  $2^{|Q|}$  санынан аспайды.

Сондықтан қандайда бір ақырлы қадамда алгоритм жұмысы аяқталады. Дегенмен, бастапқы автоматтағы жағдайлар саны  $|Q|$  өскен сайын алгоритм күрделілігі шұғыл түрде жоғарылайды. Сонымен қатар, ұсынылған алгоритм бойынша программа дайындалмағанын айта кетуіміз жөн.



Сурет 1.  $M$  анықталмаған автоматының диаграммасы



Сурет 2.  $M$  автоматына эквивалентті болатын  $M'$  анықталған автоматының диаграммасы

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Хомский, Н. Три модели для описания языка [Текст]: Кибернетический сборник / Н. Хомский. – М.: ИЛ, 1961. – Вып.2. – С.237-266.
2. Backus, J.W., Beeber, R.J., Best, S., Goldberg, R. and others. The Fortran automatic coding system. *Western Joint Computer Conference*, 1957, pp.188-198.
3. Ахо, А. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты [Текст] / А. Ахо, Р. Сети, Дж. Ульман. – М.: Вильямс, 2001. – 768 с.
4. Ахо, А. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции [Текст] / А. Ахо, Дж. Ульман. Т.1: Синтаксический анализ. – М.: Мир, 1978. – 612 с.
5. Грис, Д. Конструирование компиляторов для цифровых вычислительных машин [Текст] / Д. Грис. – М.: Мир, 1975. – 544 с.
6. Льюис, Ф. Теоретические основы проектирования компиляторов [Текст] / Ф. Льюис, Д. Розенкрац, Р. Стирнз. – М.: Мир, 1979. – 656 с.

7. Маккиман, У. Генератор компиляторов [Текст] / У. Маккиман, Дж. Хорнинг, Д. Уортман. – М.: Статистика, 1980. – 527 с.
8. Хопкрофт, Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений [Текст] / Дж. Хопкрофт, Р. Мотвани, Дж. Ульман. – М.: Вильямс, 2002. – 528 с.
9. Абиев, Н.А. Моделирование процесса минимизации детерминированных конечных автоматов [Текст] / Н.А. Абиев // Механика и моделирование процессов технологии. –2010. – №1. – С.43-51.
10. Абиев, Н.А. Моделирование генератора языка, порождаемого контекстно-свободной грамматикой [Текст] / Н.А. Абиев // Механика и моделирование процессов технологии. –2010. –№1. – С.69-77.
11. Абиев, Н.А. LR(1) класындағы мәнмәтіннен еркін грамматикалар үшін жоғарыға талдау стратегиясы [Мәтін] / Н.А. Абиев, Б.Н. Байдарманова // Механика и моделирование процессов технологии. – 2012. – №1. – С.30-37.
12. Абиев, Н.А. LL(1) класындағы мәнмәтіннен еркін грамматикалар үшін төменге талдау стратегиясы [Мәтін] / Н.А. Абиев, Б.Н. Байдарманова // Механика и моделирование процессов технологии. –2012. – №1. – С.37-47.

*Материал редакцияға 22.12.2014 түсті*

**Н.А. Абиев, С.Е. Кеукербаева**

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

### **ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НЕДЕТЕРМИНИРОВАННОГО КОНЕЧНОГО АВТОМАТА В ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ КОНЕЧНЫЙ АВТОМАТ**

Работа посвящена исследованию недетерминированных конечных автоматов. Предложен эффективный алгоритм преобразования недетерминированного автомата в детерминированный автомат. Следует отметить, что программирование недетерминированного автомата является одной из сложных практических задач. В таких случаях обычно приходится писать программу, неоднократно сканирующую входную последовательность. Демонстрируется преимущество разработанного алгоритма перед известными алгоритмами.

**Ключевые слова:** недетерминированный конечный автомат, детерминированный конечный автомат, регулярная грамматика, контекстно-свободная грамматика.

**N.A. Abiev, S.E. Keukerbayeva**

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

### **AN EFFECTIVE ALGORITHM OF TRANSFORMATION OF A NONDETERMINISTIC FINITE STATE AUTOMATION TO A DETERMINISTIC FINITE STATE AUTOMATION**

The work is devoted to the study of nondeterministic finite automata. An effective algorithm of transformation of a nondeterministic automation to a deterministic automation is offered. It should be noted that programming of a nondeterministic automation is a very hard practical problem. In such cases it is necessary to write a program repeatedly scanning the input sequence. The advantages of the developed algorithm over known ones are demonstrated.

**Keywords:** nondeterministic finite state automation, deterministic finite state automation, regular grammar, context free grammar.

ӘОЖ 681.3.07

Н.А. Абиев<sup>1</sup>, С.Е. Кеукербаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Физ.-мат. ғылым. канд., доцент, <sup>2</sup>Магистрант

М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз, ҚР  
эл. пошта: <sup>1</sup>abiev@mail.ru

## РЕГУЛЯР ГРАММАТИКАЛАРДЫ АЙЫРЫП ТАНИТЫН АҚЫРЛЫ АВТОМАТТАРДЫ КОМПЬЮТЕРДЕ МОДЕЛЬДЕУ

Бұл жұмыс ақырлы автоматтарды компьютерде модельдеу мәселелеріне арналған. Жұмыста регуляр грамматикалар қарастырылады. Зерттеудің негізгі нәтижесі ретінде осындай грамматикалардың ережелері бойынша құрылатын ақырлы автоматтың алгоритмі мен программалық іске асырылуы ұсынылған. Программа жұмысы мысалдарда сынақтан өткізілген. Алынған нәтижелер формальды тілдер теориясының әр түрлі қолданыс салаларында пайдалы болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** анықталмаған ақырлы автомат, анықталған ақырлы автомат, регуляр грамматика, мәнмәтіннен еркін грамматика.

**Кіріспе.** Формальды тілдер және автоматтар теориясы программалау тілдері компиляторларының жалпы заңдылықтарын зерттеуге бағытталған. Теорияда алынатын нәтижелерге сүйене отырып, практикада компилятор құрудың тиімді әрі ортақ технологияларына қол жеткізуге болады.

Формальды тілдер теориясының пайда болуына және дамуына Н.Хомскидің [1] формальды грамматикалар бойынша жұмысы және Backus J.W., Beeber R.J., Best S., Goldberg R. [2] тарапынан ұсынылған Fortran тілі синтаксисінің сипатталынуы өз ықпалын тигізді. Бұл саланың зерттеу нысаны мен өзекті мәселелеріне байланысты сұрақтар келесі жұмыстарда кеңінен баяндалған: А.Ахо., Р.Сети, Дж.Ульман [3], А.Ахо, Дж.Ульман [4], Д.Грис [5], Ф.Льюис, Д.Розенкрац, Р.Стирнз [6], У.Маккиман, Дж.Хорнинг, Д.Уортман [7], Дж.Хопкрофт, Р.Мотвани, Дж.Ульман [8].

Аталған жұмыс [9-12, 5, 6, 8] жұмыстарының нәтижелеріне сүйенеді.

### 1 Формальды грамматикалар және автоматтар теориясынан қысқаша мәліметтер

**Анықтама 1.**  $M = (Q, \Sigma, I, \Delta, F)$  ақырлы автоматының конфигурациясы деп кез келген реттелген  $(p, \omega)$  жұбын айтады, мұнда

$p \in Q$ ,  $\omega \in \Sigma^*$ . «Автомат конфигурациясы» сөзі «автоматтың дәл қазіргі сәттегі сипаттамасы» деген мағынаны береді.  $(p, \omega)$  конфигурациясындағы  $\omega$  сөзі бастапқы берілген сөздің «кіріс ағынында» тұрған қалдығын (суффиксін), ал  $p$ -автоматтың қазіргі жағдайын білдіреді.

Ақырлы автоматтың барлық конфигурацияларының жиынында  $\vdash$  бинарлық қатынасын мынадай жолмен анықтаймыз:

егер  $\langle p, x, q \rangle \in \Delta$  және  $\omega \in \Sigma^*$  болса, онда  $(p, x\omega) \vdash (q, \omega)$ .

$\vdash$  бинарлық қатынасын ақырлы автоматтың *жұмыс қадамы* деп атайды.  $\vdash$  қатынасы үшін  $\vdash^+$  және  $\vdash^*$  қатынастарын енгізуге болады.

Айталық,  $q_0 \in I$ ,  $q_1 \in F$  болсын. Сонда  $(q_0, \omega)$  конфигурациясы *бастапқы*, ал  $(q_1, \varepsilon)$  конфигурациясы *соңғы* деп аталады.

**Лемма 1.**  $M$  ақырлы автоматы берілсін. Сонда  $\omega$  сөзі  $L(M)$  тіліне тиісті болуы үшін ( $\omega$  сөзінің  $M$  ақырлы автоматында қабылдануы үшін) қандайда бір  $q_0 \in I$  және  $q \in F$  жағдайларында  $(q_0, \omega) \vdash^* (q, \varepsilon)$  шартының орындалуы қажетті және жеткілікті.

**Анықтама 2.** Тілді қабылдайтын ақырлы автомат табылса, онда ол *тіл автоматтық тіл* деп аталады.

**Теорема 1.** *Әрбір автоматтық тіл 3-түрдегі тіл болады.*

**Теорема 2.** *Әрбір 3-түрдегі тіл автоматтық тіл болады.*

**Анықтама 3.** Ережелері  $A \rightarrow a$ ,  $A \rightarrow aB$  немесе  $A \rightarrow \varepsilon$  түрінде болатын 3-түрдегі грамматиканы *регуляр грамматика* деп атайды, мұнда  $A \in N$ ,  $B \in N$ ,  $a \in \Sigma$ .

**Теорема 3.** *Әрбір 3-түрдегі грамматика қандай да бір регуляр грамматикаға эквивалентті.*

## 2 Регуляр грамматиканы талдайтын ақырлы автомат құрудың алгоритмі

Кіріс:  $G = (Q, N, P, S)$  - регуляр грамматика;

Шығыс:  $M = (Q, \Sigma, I, \Delta, F)$ -бастапқы жағдайларының саны мен көшулерінің таңба ұзындықтары бірге тең болатын ақырлы автомат.

Қадам 1. Грамматикада  $A \rightarrow a$  ережесіне сәйкес  $A \rightarrow aB$  түріндегі ереже табылмаса, грамматиканы  $A \rightarrow aE$  ережесімен толықтыру, мұнда  $A \in N$ ,  $a \in \Sigma$ ,  $E$  - жаңа бейтерминал;

Қадам 2. Грамматика бастапқы символы  $S$ -ті ақырлы автоматтың бастапқы жағдайы ретінде қабылдау;

Қадам 3. [Бейтерминал]  $\rightarrow$  [терминал][Оң жақтағы бейтерминал] түріндегі әрбір ережені мынадай теңдікке өзгерту:

$\delta$  (Бейтерминал, терминал) = Оң жақтағы бейтерминал;

Қадам 4. [Бейтерминал]  $\rightarrow \varepsilon$  түріндегі ережелерден соңғы жағдайлар жиынын құрастыру.

**1-мысал.** Алгоритмді пайдаланып,  $(0|10^*1)^*$  регуляр өрнегі бойынша ақырлы автомат құрамыз. Изделінді автомат келесі түрде болатынына көз жеткізу қиын емес:

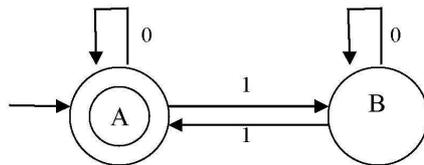
$$Q = \{A, B\}, \Sigma = \{0, 1\}, I = \{A\}, F = \{A\},$$

$$\Delta = \{\langle A, 0, A \rangle, \langle A, 1, B \rangle, \langle B, 0, B \rangle, \langle B, 1, A \rangle\}.$$

Автоматтың көшулері 1-кестеде, диаграммасы 1-суретте көрсетілген.

Кесте 1

1-мысалындағы ақырлы автоматтың көшулері		
$\delta$	A	B
0	A	B
1	B	A



Сурет 1. 1-мысалындағы ақырлы автоматтың диаграммасы

$(0|10^*1)^*$  регуляр өрнегі «нөлдер» мен «бірліктерден» құрастырылатын тізбектерді тудырады. Сонымен бірге, «бірліктердің» саны жұп (немесе нөлге тең) сан болуы тиіс. Бұл теориялық тұжырым талдаушы арқылы да расталынады - «бірліктерінің» саны жұп болмаған тізбектерді талдаушы қабылдамайды. Мысалы, 0101000 сөзін бұл автомат қабылдайды:

$$(A, 0101000) \vdash (A, 101000) \vdash (B, 01000) \vdash (B, 1000) \vdash (A, 000) \vdash (A, 00) \vdash (A, 0) \vdash (A, \varepsilon).$$

### 3 Регуляр грамматиканы талдайтын ақырлы автоматты программа түрінде жүзеге асыру

Автоматты компьютерде іске асыруда 3 шарт тексеріледі.

**1-шарт.** Берілген тізбектің символдарының алфавитке тиістілігі тексеріледі. Пернетақтадан енгізілетін  $w$  тізбегі үшін алгоритм оның әрбір символын кезегімен оқып тексереді. Бұл мақсатта Chain, symbol айнымалыларын және Alphabet жиынын енгіземіз. Егер Chain айнымалысының құрамында Alphabet жиынына тиісті болмаған символ кездесіп қалса, онда программа қате туралы хабарлайды да, өз жұмысын аяқтайды.

**2-шарт.** State айнымалысы ақырлы автоматтың жағдайларын, suffix айнымалысы - кіріс тізбегінің кезектегі қалдығын сипаттайды. Transition функциясының көмегімен ізбасар жағдай анықталады:

State:=Transition(State,symbol).

Егер табылған жағдай автомат жағдайларының жиыны болатын States\_of\_Machine жиынына жатса, талдау процесі ары қарай жалғаса береді, олай болмаған күнде жағдай FictionalState (жалған жағдай) деп табылады да, программа жұмысы аяқталады.

**3-шарт.** Егер кіріс тізбегінің соңғы символын оқыған кезде автомат FinalState соңғы жағдайларының біреуіне келіп тірелген болса, онда программа «тізбек қабылданды», әйтпесе «жағдай-соңғы емес» деп хабарлайды да, жұмысын аяқтайды.

*Программа псевдокоды*

```

program F;
uses crt; label 1,2;
const
States_of_Machine = [Ақырлы автоматтың барлық жағдайлары];
InitialState = 'Бастапқы жағдай'; FinalState = [Соңғы жағдайлар];
FictionalState = 'Фиктивті жағдай';
Alphabet = [Алфавит символдары];
var Chain,suffix: string; symbol, State: char; i,n:integer;

function Transition(var x:char; var y:char):char;
{Ақырлы автоматтың көшу функциясы}

begin clrscr; writeln("Талданатын тізбекті енгізіңіз:"); readln(Chain);
State:= InitialState; suffix:=Chain; writeln(State,' ',suffix) ;
n:=length(Chain);
for i:=1 to n do
begin {1-шарт} symbol:=Chain[i];
if not (symbol in Alphabet) then begin error:=1; goto 1 end;
{2-шарт} State:=Transition(State,symbol) ;
if State in States_of_Machine
then begin suffix:=copy(Chain,i+1,n-i);
if suffix="" then suffix:='epsilon';
writeln(State,' ',suffix);
end
else begin State:= FictionalState;
writeln(State,' ',suffix);
error:=2; goto 1
end
end;
{3-шарт}
if State in FinalState then
begin writeln("Тізбек қабылданды"); goto 2 end
else error:=3;
1: case error of

```

```

1: writeln(symbol, 'символы алфавитте жоқ');
2: writeln(State, '- жалған жағдай');
3: writeln(State, '-соңғы жағдай емес')
end;
writeln('Тізбек қабылданған жоқ');
2: readln;
end.

```

**Ескерту.** Программаның тұрақтылары мен Transition функциясының мәндері әр есеп үшін әр басқа болады.

#### 4 Программаны сынақтан өткізу

Әзірленген программаны 1-мысалындағы  $(0|10^*1)^*$  регуляр өрнегінен туатын регуляр тілге қолданып көрейік.

*Программа тұрақтылары:*

```

const States_of_Machine=['A','B'];
      InitialState='A'; FinalState=['A']; Alphabet=['0','1'];

```

Transition функциясы (1-кестесіне сай толтырылады):

```

function Transition(var x:char; var y:char):char;
begin
if (x='A') and (y='0') then Transition:='A';
if (x='A') and (y='1') then Transition:='B';
if (x='B') and (y='0') then Transition:='B';
if (x='B') and (y='1') then Transition:='A';
end;

```

Кейбір сөздердің  $(0|10^*1)^*$  тіліне тиісті әлде тиісті еместігін программа қалайша анықтайтындығына тоқталайық.

001010101100111000 *сөзінің талдануы*

Талдау процесі 2-кестеде көрсетілген. Кестеден көрініп тұрғандай, автоматтың соңғы конфигурациясындағы (тізбек толығымен оқылып болған кездегі) А жағдайы – автоматтың соңғы жағдайы. 1-леммасы бойынша 001010101100111000 сөзі автоматпен қабылданады, яғни бұл сөз  $(0|10^*1)^*$  регуляр өрнегінен туатын тілге тиісті.

11010001001 *сөзінің талдануы*

Талдау процесі 3-кестеде көрсетілген. Автоматтың соңғы конфигурациясындағы В жағдайы – автоматтың соңғы жағдайлар жиынына кірмейді. 1-леммасы бойынша 11010001001 тізбегі автоматта қабылданбайды, демек тілге тиісті емес.

Кесте 2

001010101100111000 сөзінің талдануы

Автомат жағдайы	Кіріс тізбегі
A	001010101100111000
A	01010101100111000
A	1010101100111000
B	010101100111000
B	10101100111000
A	0101100111000
A	101100111000
B	01100111000
B	1100111000
A	100111000
B	00111000
B	0111000
B	111000
A	11000
B	1000
A	000
A	00
A	0
A	$\varepsilon$

Кесте 3

11010001001 сөзінің талдануы

Автомат жағдайы	Кіріс тізбегі
A	11010001001
B	1010001001
A	010001001
A	10001001
B	0001001
B	001001
B	01001
B	1001
A	001
A	01
A	1
B	$\varepsilon$

**2-мысал.** Программаны енді  $L(G) = \{0^n 1^m : n, m \geq 0\}$  тіліне қолданып көруге де болады. Берілген тілді мынадай мәнмәтіннен еркін грамматика тудыратыны түсінікті:  $\Sigma = \{0,1\}$ ,  $N = \{S, A, B\}$ ,  $P = \{S \rightarrow AB, A \rightarrow 0A, A \rightarrow \varepsilon, B \rightarrow 1B, B \rightarrow \varepsilon\}$ .

Осындай мәнмәтіннен еркін грамматиканы  $S \rightarrow 0A$ ,  $S \rightarrow 1B$ ,  $A \rightarrow 0A$ ,  $A \rightarrow 1B$ ,  $B \rightarrow 1B$ ,  $S \rightarrow \varepsilon$ ,  $A \rightarrow \varepsilon$ ,  $B \rightarrow \varepsilon$  регуляр грамматикасына эквивалентті түрлендіруге болады. Содан соң регуляр грамматика бойынша көшулері 4-кестеде берілген мынадай  $M = (Q, \Sigma, I, \Delta, F)$  ақырлы автоматы құрылады:  $Q = \{S, A, B\}$ ,  $\Sigma = \{0, 1\}$ ,  $I = \{S\}$ ,  $F = \{S, A, B\}$ .

Кесте 4

$M = (Q, \Sigma, I, \Delta, F)$  ақырлы автоматының көшулері

$\delta$	$S$	$A$	$B$
0	$A$	$A$	
1	$B$	$B$	$B$

Ары қарай пернетақтадан 4-кестеге сай Transition функциясы толтырылады және States\_of\_Machine, InitialState, FinalState, FictionalState, Alphabet константалары енгізіледі.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Хомский, Н. Три модели для описания языка [Текст]: Кибернетический сборник / Н. Хомский. – М.: ИЛ, 1961. – Вып.2. – С.237-266.
2. Backus, J.W., Beeber, R.J., Best, S., Goldberg, R. and others. The Fortran automatic coding system. *Western Joint Computer Conference, 1957*, pp.188-198.
3. Ахо, А. Компиляторы: принципы, технологии и инструменты [Текст] / А. Ахо, Р. Сети, Дж. Ульман. – М.: Вильямс, 2001. – 768 с.
4. Ахо, А. Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции [Текст] / А. Ахо, Дж. Ульман. Т.1: Синтаксический анализ. – М.: Мир, 1978. – 612 с.
5. Грис, Д. Конструирование компиляторов для цифровых вычислительных машин [Текст] / Д. Грис. – М.: Мир, 1975. – 544 с.
6. Льюис, Ф. Теоретические основы проектирования компиляторов [Текст] / Ф. Льюис, Д. Розенкрац, Р. Стирнз. – М.: Мир, 1979. – 656 с.
7. Маккиман, У. Генератор компиляторов [Текст] / У. Маккиман, Дж. Хорнинг, Д. Уортман. – М.: Статистика, 1980. – 527 с.
8. Хопкрофт, Дж. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений [Текст] / Дж. Хопкрофт, Р. Мотвани, Дж. Ульман. – М.: Вильямс, 2002. – 528 с.
9. Абиев, Н.А. Моделирование процесса минимизации детерминированных конечных автоматов [Текст] / Н.А. Абиев // Механика и моделирование процессов технологии. – 2010. – №1. – С.43-51.
10. Абиев, Н.А. Моделирование генератора языка, порождаемого контекстно-свободной грамматикой [Текст] / Н.А. Абиев // Механика и моделирование процессов технологии. – 2010. – №1. – С.69-77.
11. Абиев, Н.А. LR(1) класындағы мәнмәтіннен еркін грамматикалар үшін жоғарыға талдау стратегиясы [Мәтін] / Н.А. Абиев, Б.Н. Байдарманова // Механика и моделирование процессов технологии. – 2012. – №1. – С.30-37.

12. Абиев, Н.А. LL(1) класындағы мәнмәтіннен еркін грамматикалар үшін төменге талдау стратегиясы [Мәтін] / Н.А. Абиев, Б.Н. Байдарманова // Механика и моделирование процессов технологии. –2012. – №1. – С.37-47.

*Материал редакцияға 22.12.2014 түсті*

**Н.А. Абиев, С.Е. Кеукербаева**

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

### **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ, РАСПОЗНАЮЩИХ РЕГУЛЯРНЫЕ ГРАММАТИКИ**

Работа посвящена вопросам компьютерного моделирования конечных автоматов. Нами рассматривается класс регулярных грамматик. В качестве результата исследований предложены алгоритм и компьютерная реализация конечного автомата, разрабатываемого по правилам таких грамматик. Работа программы протестирована на примерах. Полученные результаты могут быть полезны в различных приложениях теории формальных языков.

**Ключевые слова:** недетерминированный конечный автомат, детерминированный конечный автомат, регулярная грамматика, контекстно-свободная грамматика.

**N.A. Abiev, S.E. Keukerbayeva**

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

### **COMPUTER MODELLING OF FINITE STATE AUTOMATIONS RECOGNIZING REGULAR GRAMMARS**

The work is devoted to the problem of computer modelling of finite state automations. We consider the class of regular grammars. As a result of research the algorithm and the computer realization of a finite state automation developing by rules of such grammars are offered. The work of the program has been tested on examples. The obtained results can be useful in various applications of the theory of formal languages.

**Keywords:** nondeterministic finite state automation, deterministic finite state automation, regular grammar, context free grammar.

ӨОЖ 531.8

А.Т. Жақаш<sup>1</sup>, М.Қ. Сандибекова<sup>2</sup><sup>1</sup>Техн. ғылымд. канд, доцент, <sup>2</sup>СтудентМ.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., ҚР  
эл. пошта: <sup>2</sup>m.s.k\_meru05@mail.ru**ЕРКІНДІК ДӘРЕЖЕСІ ЕКІГЕ ТЕҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ  
ҚОЗҒАЛЫСЫН ЗАМАНАУИ ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІМЕН ЗЕРТТЕУ**

Еркіндік дәрежесі екіге тең механикалық жүйенің тербелістері қарастырылған. Жүйенің математикалық моделін құру үшін Лагранждың 2-ретті теңдеуі қолданылған. Механикалық жүйедегі денелердің қозғалысын бақылау үшін Maple17 жүйесі мен Delphi тілінде бағдарлама құрылған.

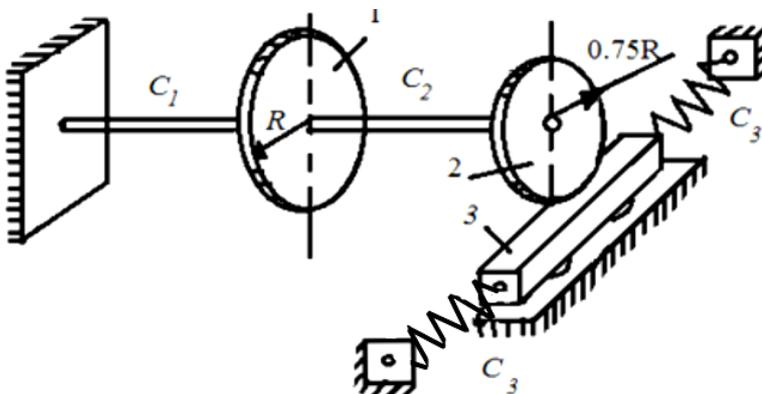
**Түйін сөздер:** жалпылама координаталар, серпімді байланыс, еркіндік дәреже, еркін тербеліс, стержін, кинетикалық және потенциалдың энергия, инерция коэффициенті.

Мұндай жүйе ретінде еркіндік дәрежесі екіге тең серпімді жүйедегі брус пен дискінің механикалық қозғалысын аламыз. Жалпылама координаталар ретінде дискінің тыныштық күйден қозғалыс жасағандағы пайда болған  $\phi$  бұрышын және  $z$  – стержнның тыныштық күйден вертикаль ығысуы. Енді ең алдымен жүйенің кинетикалық және потенциалдық энергияларын табамын. Жүйенің кинетикалық энергиясы екі дискі мен брустың кинетикалық энергиясының қосындысынан тұрады [1]:

$$T = T_1 + T_2 + T_3$$

$$T_1 = \frac{I_1 \dot{\phi}_1^2}{2}, \quad T_2 = \frac{I_2 \dot{\phi}_2^2}{2}, \quad T_3 = \frac{m_3 \dot{z}_3^2}{2} \quad (1)$$

мұндағы:  $I_1, I_2$  – айналу осінің бруске қатысты инерция моменті;  $\dot{\phi}, \dot{z}$  – жалпылама жылдамдықтар;  $R$  – дискінің радиусы (1-сурет).



Сурет 1. Механикалық жүйенің есептеу схемасы

Кинетикалық және потенциалдық энергиялары алдында қарастырылған еркін тербеліс жүйесіндегідей болады:

$$T = 1.2\dot{\phi}_1^2 + 1.575\dot{\phi}_2^2, \quad \Pi = 15000\phi_1^2 - 10000\phi_1\phi_2 + 6800\phi_2^2 \quad (2)$$

мұндағы  $a_{ij}$  – инерция коэффициенттері:

$$a_{11} = \frac{1}{2}m_1R^2 = 2.4\text{кг} \cdot \text{м}^2; \quad a_{12} = 0; \quad a_{22} = \frac{9}{32}(m_3 + m_2)R^2 = 1.8\text{кг} \cdot \text{м}^2$$

$c_{ij}$  – қатандық коэффициенті:

$$c_{11} = c_1 + c_2 = 3 \cdot 10^4 \text{ Нм/рад}; \quad c_{12} = -c_2 = 10 \text{ Нм/рад};$$

$$c_{22} = c_2 + \frac{9}{8}c_3R^2 = 3.9 \cdot 10^4 \text{ Нм/рад}$$

Қарастырылып отырған динамикалық жүйенің математикалық моделін құру үшін Лагранж 2-ретті теңдеуі мына түрде болады [2]:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{z}} \right) - \frac{\partial T}{\partial z} = -\frac{\partial \Pi}{\partial z}; \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\phi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \phi} = -\frac{\partial \Pi}{\partial \phi} \quad (3)$$

Жиілігі мен оған сәйкес коэффициенттерінде табылған:

$$k_1 = 153.5\text{с}^{-1}, \quad k_2 = 103\text{с}^{-1}$$

$$\mu_1 = 0.45\text{рад/м}, \quad \mu_2 = -2.65\text{рад/м}$$

Қарсыласу күшінің көмегімен  $Q_z, Q_\phi$  – жалпылама күштерін табамыз:

$$Q_z = \delta A_{pz} / (\delta z), \quad Q_\phi = \delta A_{p\phi} / (\delta \phi)$$

Менің жағдайымда  $Q_\phi = 0, Q_z = P_0 \cos pt$ .

Еріксіз тербелістер жүйесінің  $z, \phi$ -жалпылама координалары бойынша сипаттайтын (1) дифференциалдық теңдеуінің түрі мынадай болады:

$$a_{11}\ddot{\phi}_1 + c_{11}\dot{\phi}_1 + c_{12}\phi_2 = P_0 \cos pt,$$

$$a_{22}\ddot{\phi}_2 + c_{22}\dot{\phi}_2 + c_{12}\phi_1 = 0$$

$$24\ddot{\phi}_1 + 30000\dot{\phi}_1 + 10000\phi_2 = P_0 \cos pt$$

$$1.8\ddot{\phi}_2 + 39000\dot{\phi}_2 + 10000\phi_1 = 0 \quad (5)$$

Еріксіз тербелістерді анықтайтын (4) дифференциалдық теңдеудің дербес шешімі төмендегідей болады:

$$\phi_1 = A_{\phi 1} \cos pt, \phi_2 = A_2 \cos pt$$

Бұл өрнектерді (4) дифференциалдық теңдеуге қойсақ, мынаны аламыз:

$$(c_{11} - a_{11}p^2)A_{\phi 1} + c_{12}A_{\phi 2} = P_0, c_{21}A_{\phi 1} + (c_{22} - a_{22}p^2)A_{\phi 2} = 0$$

Бұл екі алгебралық теңдіктен  $A_{\phi 1}, A_{\phi 2}$  табамыз:

$$A_{\phi 1} = \frac{P_0 - c_{12}A_{\phi 2}}{(c_{11} - a_{11}p^2)}, A_{\phi 2} = \frac{-c_{21}A_{\phi 1}}{(c_{22} - a_{22}p^2)}$$

Яғни

$$A_{\phi 1} = \frac{P_0(a_{22}p^2 - c_{22})}{[(c_{11} - a_{11}p^2)(a_{22}p^2 - c_{22}) + c_{12}^2]} \quad (6)$$

$$A_{\phi 2} = \frac{P_0c_{12}}{[(c_{11} - a_{11}p^2)(a_{22}p^2 - c_{22}) + c_{12}^2]} \quad (7)$$

$$p = k_1 = 103c^{-1} : \frac{A_{\phi 2}}{A_{\phi 1}} = \mu_1 = 0.45 \text{ рад/м}$$

$$p = k_2 = 153,5c^{-1} : \frac{A_{\phi 2}}{A_{\phi 1}} = \mu_2 = -2,65 \text{ рад/м}$$

Бұл мәндерді (6), (7) теңдеулерге қойсақ, еріксіз тербелістердің бірінші және екінші резонанстардағы теңдеулерін аламыз.

Бірінші резонанс:  $p = k_1 = 103c^{-1}$

$$\phi_1 = 0.0096t \sin 103t - 0.0006 \cos 103t$$

$$\phi_2 = 0.0043t \sin 103t + 0.0016 \cos 103t$$

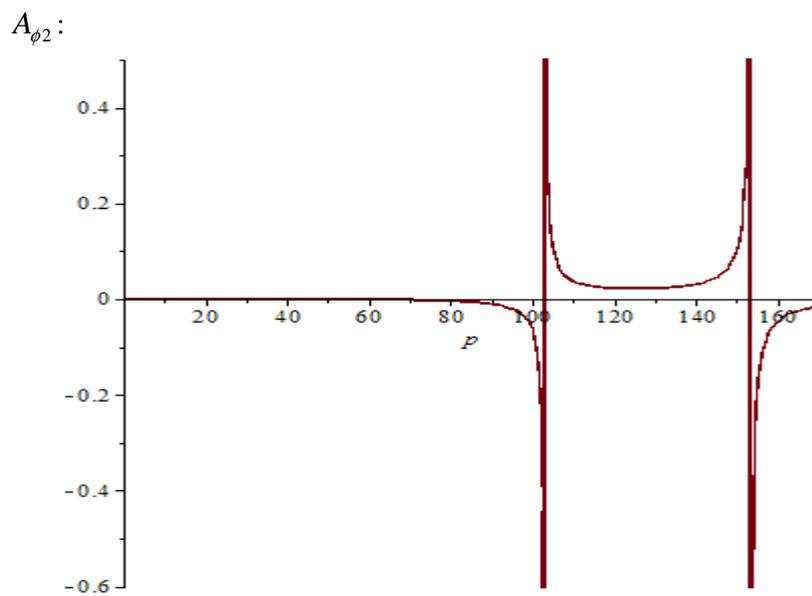
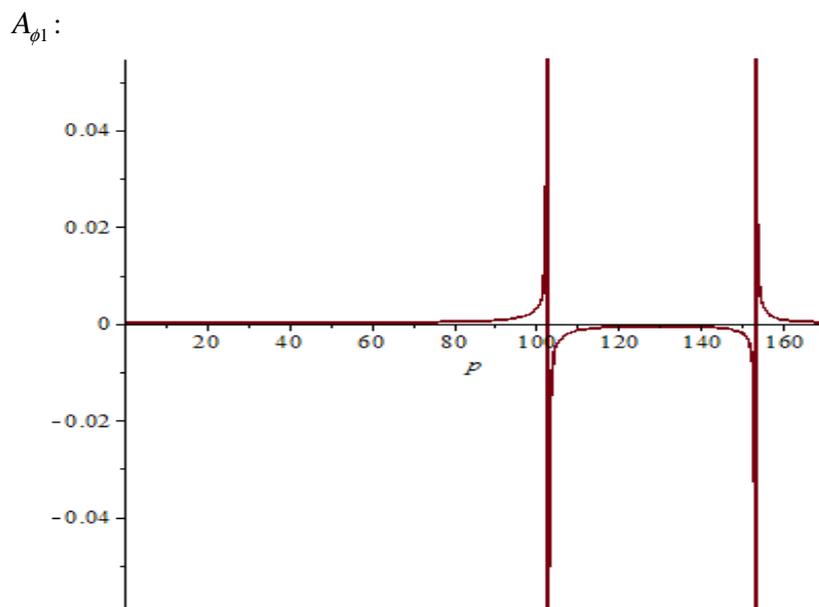
Екінші резонанс:  $p = k_2 = 153,5c^{-1}$

$$\phi_1 = -0.025t \sin 153.5t + 0.00015 \cos 153.5t$$

$$\phi_2 = 0.0067t \sin 153.5t + 0.000068 \cos 153.5t$$

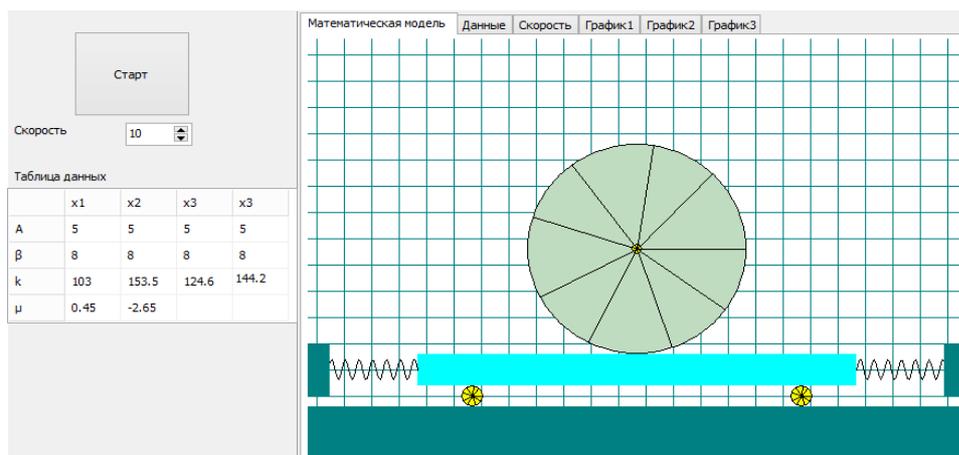
Алынған нәтиже жүйенің резонанс кезінде қарсыласу күшінің аз мәнінде және резонанстық режимнің қысқа мерзімінде болып жатқан тербелісті бағалауға мүмкіндік береді.

Динамикалық жүйенің еркін тербелісінің қозғалыс заңдылықтарының графигін алу үшін Delphi және Maple17 бағдарламаларын қолданамыз. Есептеулердің нәтижелері 2-суретте көрсетілген. Графиктен байқалып тұрғандай, жүйедегі денелердің субгормоникалық заңдылықпен қозғалады [3].



Сурет 2. Жүйенің Maple17-дегі амплитуда нәтижелері

Динамикалық жүйенің жалпы қозғалысын байқау үшін, Delphi тілінде программа құрылды (3-сурет).



Сурет 3. Механикалық жүйенің визуальды көрінісі

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Яблонский, А.А. Курс теоритической механики [Текст] / А.А. Яблонский. Ч. II. – М., 1971. – 140 с.
2. Убакеев, С.У. Теориялық механика [Мәтін] / С.У. Убакеев, М.И. Қасабеков. – Тараз, 1999. – 87 б.
3. Шевцов, А.Н. Математическое моделирование в прикладных задачах [Текст]: Алгоритмы программирования Delphi и Maple / А.Н. Шевцов. – Тараз, 2012.

Материал редакцияға 26.12.14 түсті.

**А.Т. Жақаш, М.Қ. Сандибекова**

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

### ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫМИ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Рассматриваются колебательные движения механической системы с двумя степенями свободы. Для составления математической модели системы использованы уравнения Лагранжа второго рода. Для визуального анализа движения механической системы в системе Maple17 и на языке Delphi составлены программы.

**Ключевые слова:** обобщенные координаты, упругие связи, степень свободы, свободные колебаний, кинетическая и потенциальная энергия, коэффициент инерции.

**A.T. Zhakash, M.K. Sandibekova**

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

### RESEARCHES OF MOVEMENT OF MECHANICAL SYSTEM WITH TWO DEGREES OF FREEDOM WITH THE HELP MODERN NUMERICAL METHODS

In this work vibrations of mechanical systems with two degrees of freedom are considered. For creating of mathematical model of the system the Lagrange equations of the second type are used. The program was prepared in Delphi and Maple 17, allowing visual analysis of motions of bodies in the studied dynamical system.

**Keywords:** generalized coordinates, float, kinetic and potential energy, coefficient inertia.

ӘОЖ 531.1:514.1

А.Т. Жақаш<sup>1</sup>, М.Қ. Сандибекова<sup>2</sup>, А.Қ. Тангирбергенова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Техн. ғылымд. канд., доцент, <sup>2</sup>Студент, <sup>3</sup>Магистрант  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., ҚР  
эл. пошта: <sup>2</sup>m.s.k\_meru05@mail.ru

### ЖОҒАРҒЫ КЛАСТЫ ЖАЗЫҚ МЕХАНИЗМДІ КИНЕМАТИКАЛЫҚ ТҰРҒЫДАН ТАЛДАУ

Жоғарғы класты жазық механизмдердің құрылымы мен кинематикасы қарастырылған. Мұндай жазық механизмдерді нүктелері мен тиектерінің жылдамдықтары мен үдеулерін анықтау үшін Ассурдың ерекше нүктелерін және векторлық теңдеулер жүйесін пайдаланамыз.

**Түйін сөздер:** жазық механизмдер, жылдамдықтар мен үдеулер планы, ерекше нүктелер, векторлық теңдеулер, базистік тиектер.

Құрылымдық тобы екіден жоғары жазық механизмдердің кинематикасын зерттегенде жылдамдықтар мен үдеулер планын тұрғызғанда тиектердің ерекше нүктелерін пайдаланады [1].

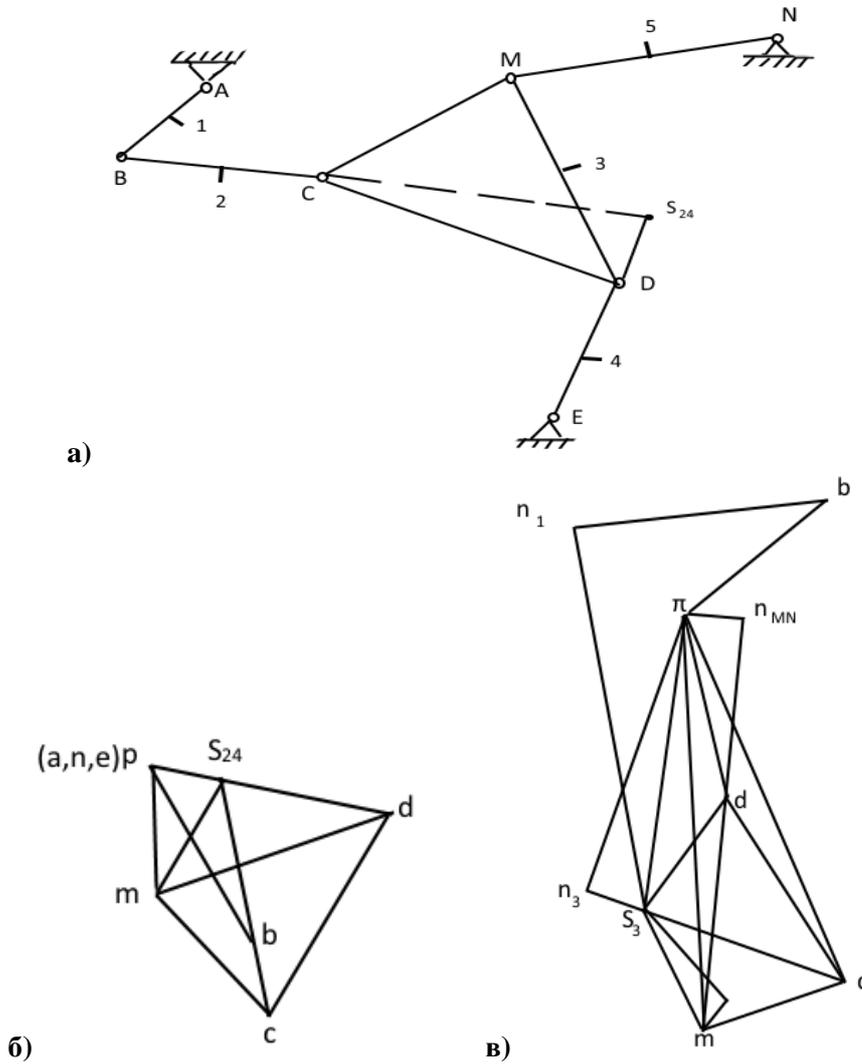
Төрт тиектен, алты айнымалы кинематикалық жұптан тұратын үшінші класты құрылымдық топты қарастырайық (1-сурет). Мұндағы CDM тиегі базисті тиек деп аталады, ал CB, DE және MN –тетіктегі тиектер. Ерекше нүктені кез келген екі жетектегі тиектердің бойымен жүргізілген түзулердің қиылысуы арқылы табуға болады. Суретте бұл  $S_{24}$  нүктесі.

В және Е нүктелерінің белгілі жылдамдықтары арқылы  $S_{24}$  ерекше нүктесінің жылдамдығын өрнектейтін векторлық теңдеулерді жазамыз:

$$\begin{aligned}\overline{v}_{S_{24}} &= \overline{v}_D + \overline{v}_{S_{24}D} = \overline{v}_E + \overline{v}_{DE} + \overline{v}_{S_{24}D} = \overline{v}_E + \overline{v}_{DE} + \overline{v}_{S_{24}D} \\ \overline{v}_{S_{24}} &= \overline{v}_C + \overline{v}_{S_{24}C} = \overline{v}_B + \overline{v}_{CB} + \overline{v}_{S_{24}C} = \overline{v}_B + \overline{v}_{CB} + \overline{v}_{S_{24}C}\end{aligned}$$

Екі вектор теңдеулеріндегі  $\overline{v}_{DE}$ ,  $\overline{v}_{S_{24}D}$  және  $\overline{v}_{CB}$ ,  $\overline{v}_{S_{24}C}$  векторларының әсер ету сызықтары бір-біріне сәйкес, сондықтан олардың үстінен ортақ сызық жүргізілген  $k_\vartheta$  масштабымен  $p$  полюстен (2-сурет) В нүктесінің жылдамдығының  $\overline{pb}$  векторын жүргіземіз:

$$\begin{aligned}\overline{v}_B &= \omega_1 \cdot \overline{l}_{AB} \\ \overline{v}_B &= k_\vartheta (\overline{pb})\end{aligned}$$



Сурет 1. Үшінші класты механизм:  
 а) кинематикалық схемасы; б) жылдамдықтар планы; в) үдеулер планы

Бұдан кейін  $p$  полюсінен DE тиегіне перпендикуляр  $p_{S_{24}} - \overline{p_{S_{24}D}}$  векторының әсер ету сызығын жүргіземіз. Ал  $b$  нүктесінен  $\overline{pb}$  векторының соңынан BC тиегіне перпендикуляр  $b_{S_{24}}$  сызығын  $\overline{b_{S_{24}C}}$  векторының әсер ету сызығын жүргіземіз. Екі жүргізілген сызықтардың қиылысу нүктесі  $p_{S_{24}}$  векторын, яғни 3 тиектің  $S_{24}(s_3)$  ерекше нүктесінің жылдамдығын анықтайды [2].

$s_3$  нүктесінің жылдамдығын біле отырып, M нүктесінің жылдамдығын анықтаймыз, ол үшін мынадай векторлық теңдеулер құрамыз:

$$\vartheta_M = \vartheta_N + \vartheta_{MN}, \vartheta_M = \vartheta_{S_3} + \vartheta_{MS_3}$$

Бұл векторлық теңдеулерді графиктік әдіспен шеше отырып, М нүктесінің жылдамдығын анықтаймыз. С және D нүктелерінің жылдамдықтары механизм планында  $M_{S_3}DC$  фигурасына ұқсас түрде орналасқан жылдамдықтар планының  $m_{S_3}DC$  фигурасымен анықталады.

Үдеулер планын салуды  $s_3$  ерекше нүктесінің үдеуін анықтаудан бастаймыз:

$$\begin{aligned}\overline{\omega_{S_3}} &= \omega_C + \overline{\omega_{S_3C}^n} + \overline{\omega_{S_3C}^\tau} = \overline{\omega_B} + \overline{\omega_{CB}^n \omega_{S_3C}^n} + \overline{\omega_{CB}^\tau \omega_{S_3C}^\tau} \\ \overline{\omega_{S_3}} &= \omega_D + \overline{\omega_{S_3D}^n} + \overline{\omega_{S_3D}^\tau} = \overline{\omega_{DE}^n \omega_{S_3D}^n} + \overline{\omega_{DE}^\tau \omega_{S_3D}^\tau}\end{aligned}$$

Әрбір векторлық теңдеуде нормальдық және тангенциальдық үдеулердің әсер ету сызықтары өзара сәйкес келеді, сондықтан олардың үстінен ортақ сызық жүргізілген.

Суретте  $k_\omega$  масштабымен кез келген  $\pi$  полюсінен В нүктесі үдеуінің векторын саламыз:  $\overline{\omega_B} = \omega_1^2 \cdot l_{AB}$ . Бұл вектор АВ тиексінің осі бойымен В нүктесінен А нүктесіне бағытталған  $b$  нүктесінен  $S_3B$ -ға параллель  $S_3$  нүктесінен В нүктесі бағыты бойынша  $bn_1$  векторын саламыз:

$$\overline{bn_1} = \frac{\omega_{CB}^n \omega_{S_3B}^n}{k_\omega} [MM]$$

$bn_1$  нүктесінен BC тиегіне перпендикуляр  $n_1S_3$  – сызығын – векторлық әсер ету сызығын жүргіземіз. Бұдан соң келген  $\pi$  полюсінен  $S_3$  нүктесінен E нүктесіне қарай бағытталған және  $S_3E$  түзуіне параллель.

$$n_{S_3E} = \frac{\omega_{DE}^n \omega_{S_3D}^n}{k_\omega} [MM]$$

векторын жүргіземіз және бұл вектордың соңынан оған перпендикуляр  $n_2S_3$  әсер ету сызығын жүргіземіз.

$n_1S_3$  және  $bn_1$  векторларының  $S_3$  қиылысу нүктесі 3 тиекның  $S_3$  нүктесі үдеуі  $\pi S_3$  векторының соңы (ұшы) болып табылады.

М нүктесінің үдеуін мына теңдеулер жүйесінің графиктік шешімі бойынша анықтаймыз:

$$\begin{aligned}\omega_M &= \omega_{MN}^n + \omega_{MN}^\tau, \\ \omega_M &= \omega_{S_3}^n + \omega_{nS_3}^\tau + \omega_{\mu S_3}^\tau\end{aligned}$$

$mS_3$  кесіндісінде  $s_3mdc$  фигурасын сала отырып, D және C нүктелерінің үдеулерін табамыз. Мұндағы  $s_3mdc$  фигурасы механизм планындағы  $S_3MDC$  фигурасына ұқсас орналасқан [3].

Тура осындай әдіспен, яғни ерекше нүктелерді қолдана отырып, төртінші, бесінші класты жазық механизмдерді кинематикалық тұрғыдан зерттеуге болады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Левитский, Н.И. Теория механизмов и машин [Текст] / Н.И. Левитский. – М., 1990.
2. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин [Текст] / И.И. Артоболевский. – М., 1988.
3. Жолдасбеков, Ә.А. Машиналар механизмдерінің теориясы [Мәтін] / Ә.А. Жолдасбеков. – Алматы, 1979.

*Материал редакцияға 06.01.15 түсті.*

**А.Т. Жақаш, М.К. Сандибекова, А.К. Тангирбергенова**

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

#### **КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ ВЫСОКОГО КЛАССА**

Рассматривается структурной и кинематический анализ плоских механизмоввысокого класса. Для определения скоростей и ускорений точек и звеньев используем особое точки Ассур и системы векторных уравнений.

**Ключевые слова:** плоские механизмы, планы ускорения и ускоростей, особое точки, векторные уравнений, базисное звено.

**A.T. Zhakash, M.K. Sandibekova, A.K. Tangyrbergonova**

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

#### **KINEMATIC ANALYSIS OF PLANAR MECHANISMSHIGH CLASS**

Consider structural and kinematic analysis of planar mechanisms of high class. To determine the velocity and acceleration points and units use a special point of the Assyrians and the system of vector equations.

**Keywords:** flat mechanisms, plans and accelerate acceleration, singular points, vector equations, the base member.

ӨОЖ 531.1:514.1

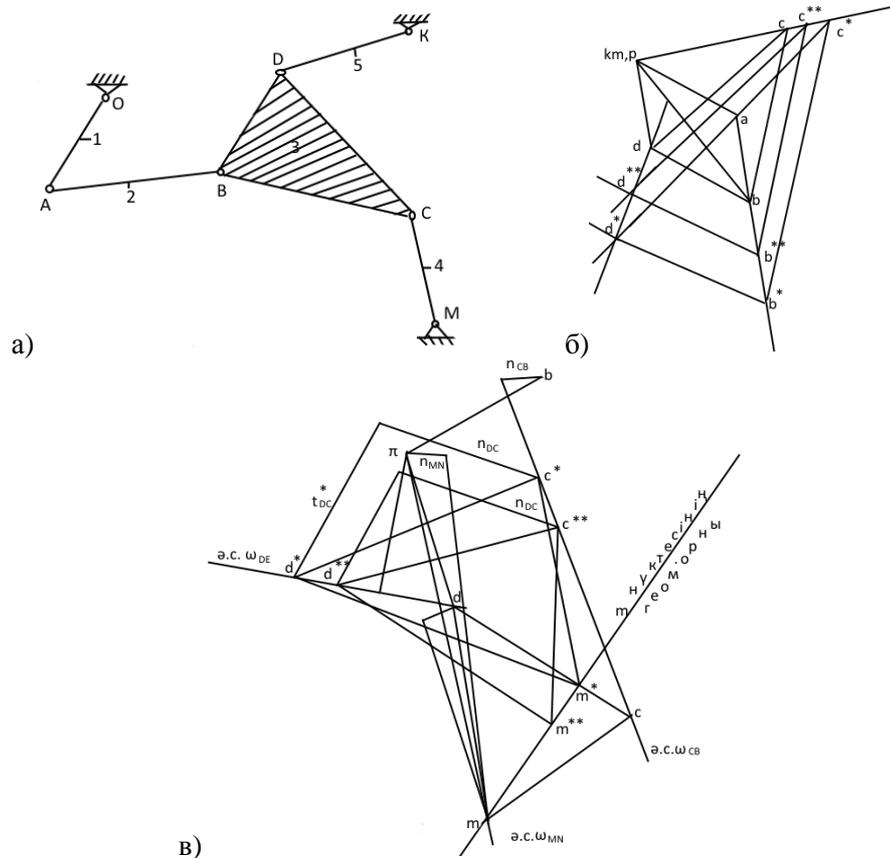
А.Т. Жақаш<sup>1</sup>, М.Қ. Сандибекова<sup>2</sup>, А.Қ. Тангирбергенова<sup>3</sup><sup>1</sup>Техн. ғылымд. канд., доцент, <sup>2</sup>Студент, <sup>3</sup>Магистрант  
М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., ҚР  
эл. пошта: <sup>2</sup>m.s.k\_meru05@mail.ru**ЖОҒАРҒЫ КЛАСТЫ ЖАЗЫҚ МЕХАНИЗМДЕРДІҢ  
КИНЕМАТИКАСЫН ЖАЛҒАН САЛУЛАР ӘДІСІМЕН ТАЛДАУ**

Төртінші және одан да жоғары класты жазық механизмдердің жылдамдықтар мен үдеулер планын тұрғызуда жалған салулар әдісін пайдалану өте тиімді. Себебі, үштен жоғары класты жазық механизмдердің жылдамдықтар мен үдеулер планын ерекше нүктелер арқылы салу мүмкін емес.

**Түйін сөздер:** жалған жылдамдықтар мен жалған үдеулер, жазық механизмдер, жылдамдықтар мен үдеулер планы, ерекше нүктелер, векторлық тендеулер, жылдамдықтар полюсі.

Жоғарғы класты жазық механизмдерді Ассурдың ерекше нүктелер әдісімен қатар жалған салулар әдісін қолдануға болады. Төртінші және одан да жоғары класты жазық механизмдердің жылдамдықтар мен үдеулер планын ерекше нүктелер әдісімен тұрғызу үлкен қиыншылықтарға соқтырады [1].

Алдымен үшінші класты механизмді қарастырайық (1-сурет).



Сурет 1. Үшінші класты механизм:

а) кинематикалық схемасы; б) жылдамдықтар планы; в) үдеулер планы

Бірінші тиектің бұрыштық жылдамдығы  $\omega_1 = const$  берілгендей А нүктесінің жылдамдығын анықтаймыз, яғни

$$v_A = \omega_1 \cdot l_{OA} \quad (1)$$

Масштабпен  $pa \perp OA$  кесіндісін саламыз. Мұндағы  $p$  - жылдамдықтар полюсі. В нүктесінің жылдамдығын табу үшін келесі векторлық теңдеуді жазамыз

$$\overline{v_B} = \overline{v_A} + \overline{v_{BA}} \quad (2)$$

$\overline{v_{BA}} \perp AB$  салыстырмалы жалған жылдамдығының мөлшерін, яғни жылдамдықтар планында  $ab'$  кесіндісін ойша саламыз.  $b'$  нүктесінен ВС тиегіне жүргізілген перпендикуляр мен  $\overline{v_C}$  жылдамдығының әсер ету сызығының қиылысқан нүктесінде  $c'$  нүктесінің жалған орнын табамыз. Келесі ұқсас үшбұрыштар ( $\Delta b'c'd' \sim \Delta BCD$ ) салу арқылы  $d'$  нүктесінің орнын анықтаймыз. Ол үшін жылдамдықтар планында  $b'$  нүктесінен BD тиегіне перпендикуляр, ал  $c'$  нүктесінен CD тиегіне перпендикуляр жүргіземіз.  $b'$  мен  $c'$  нүктелерін қосып  $b'c'd'$  үшбұрышын аламыз. D нүктесінің жалған жылдамдығын анықтаймыз.

$$v_D' = pd' \cdot \mu_{\vartheta} \quad (3)$$

$v_{B''C}$  екінші жалған жылдамдығының мәнін, яғни  $ab''$  кесіндісін бере отырып жоғарыдағы келтірілген әдіспен  $d$  нүктесінің екінші жалған орнын табамыз [2].

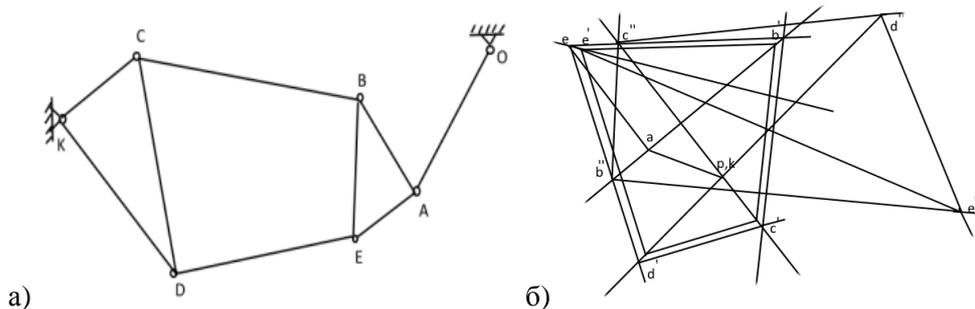
Салыстырмалы жылдамдықтар кескіні жөніндегі теорема бойынша  $d'd''$  түзуі  $d$  нүктелерінің геометриялық орны болып табылады. Жылдамдықтар планы полюсінен KD тиегіне перпендикуляр жүргізу арқылы  $d$  нүктесінің орнын анықтаймыз.  $v_D = pd \cdot \mu_{\vartheta}$  формуласы арқылы D нүктесінің жылдамдығын табамыз. Жылдамдықтар планындағы  $bcd$  үшбұрышынан C және B нүктелерінің абсолюттік жылдамдықтарын анықтай аламыз.

$$v_C = pc \cdot \mu_{\vartheta}, v_B = pb \cdot \mu_{\vartheta} \quad (4)$$

$v_{BA}, v_{CB}, v_D$  жылдамдықтарының мәндері арқылы 2, 3, 4 және 5 тиектердің бұрыштық жылдамдықтарын келесі формулалар арқылы анықтауға болады:

$$\omega_2 = \frac{v_{BA}}{l_{BA}}, \omega_3 = \frac{v_{CB}}{l_{CB}}, \omega_4 = \frac{v_C}{l_{CM}}, \omega_5 = \frac{v_D}{l_{KD}} \quad (5)$$

Енді төртінші класты жазық механизмнің жылдамдықтар планын жалған салулар арқылы тұрғызып көрейік (2-сурет).



Сурет 2. Төртінші класты механизм:  
а) кинематикалық схемасы; б) жылдамдықтар планы

Кез-келген жерден алынған жылдамдықтар полюсінен  $OA$  тиегіне перпендикуляр етіп масштабта  $pa$  кесіндісін саламыз.  $\vartheta'_{BA}$  жалған жылдадығын өрнектейтін  $AB$  тиегіне перпендикуляр  $ab'$  жалған кесіндісін саламыз.  $c'$  жалған нүктені анықтау үшін келесі векторлық теңдеулер жүйесін шешеміз

$$\vartheta'_C = \vartheta'_B + \vartheta'_{CB}, \vartheta'_C = \vartheta'_{CK} \quad (6)$$

Ол үшін  $b'$  нүктесінен  $BC$  тиегіне перпендикуляр, ал полюсте жатқан  $k$  нүктесінен екінші перпендикуляр түзулерді жүргізу арқылы  $c'$  нүктесін табамыз.  $d'$  нүктесін табу үшін келесі векторлық теңдеулер

$$\vartheta_{D'} = \vartheta_{C'} + \vartheta_{D'C}, \vartheta_{D'} = \vartheta_K + \vartheta_{D'K} \quad (7)$$

жүйесіне сәйкес  $c'$  нүктесінен  $CD$  тиегіне, ал полюсте жатқан  $k$  нүктесінен  $KD$  тиегіне перпендикуляр түзулерді жүргіземіз. Қиылысуы ізделініп отырған  $d'$  нүктесін береді.

$e'$  нүктесін анықтау үшін  $\overline{\vartheta}_{D'} + \overline{\vartheta}_{ED'} = \overline{\vartheta}_{B'} + \overline{\vartheta}_{E'B'}$  векторлық теңдеуін пайдаланамыз. Ол үшін  $d'$  нүктесінен  $DE$  тиегіне, ал  $b'$  нүктесінен  $BE$  тиегіне перпендикуляр түзулер жүргіземіз. Қиылысуы ізделініп отырған  $e'$  нүктесін береді.

Тура осылай жылдамдықтар планында  $e''$  нүктесін табамыз.  $E$  нүктесінің нақты мәнін табу үшін  $e''e'$  түзуін созамыз, ал  $a$  нүктесінен  $AE$  тиегіне перпендикуляр түзуді жүргіземіз. Қиылысуы  $e$  нүктесін береді, яғни  $\vartheta_E = pe \cdot \mu_\vartheta$ , бұдан соң басқа нүктелердің де жылдамдықтары анықталады.

Енді үдеулер планын салуға көшейік. Алдымен  $A$  нүктесінің үдеуін анықтап, үдеулер полюсінен  $pa$  векторын саламыз.  $a_A = \omega_1^2 \cdot l_{OA}$ .

$$\overline{a}'_B = \overline{a}'_A + \overline{a}''_{BA} + \overline{a}^\tau_{BA} \quad (8)$$

Векторлық теңдеудегі  $\overline{a}^\tau_{BA}$  үдеуіне жалған мән бере отырып, үдеулер планына  $b'$  нүктесінің жалған орынын анықтаймыз.  $a''_{BA} = \omega_2^2 \cdot l_{BA}$  үдеуін

алдын ала есептеп алып, масштабта  $a$  нүктесінен ВА тиегіне параллель етіп саламыз.

C нүктесінің жалған үдеуін анықтайтын  $c'$  нүктесінің орнын анықтау үшін келесі векторлық теңдеулер жүйесін шешу арқылы табамыз.

$$a_C^* = a_B^* + \overline{a}_{CB}^n + a_{CB}^{*\tau}, \text{ мұндағы } a_{CB}^n = \omega_3^2 \cdot l_{CB} \quad (9)$$

$$a_C^* = a_E^* + \overline{a}_{CE}^n + a_{CE}^{*\tau}, \text{ мұндағы } a_{CE}^n = \omega_4^2 \cdot l_{CE} \quad (10)$$

(9)-шы теңдеудің негізінде  $b'$  нүктесіне масштабта  $n_{CB}$  векторын салып, соңынан  $\tau_{CB}^*$  векторын жүргіземіз, ал (10) теңдеудің негізінде полюсте жататын  $e$  нүктесінен CE тиегіне параллель  $n_{CE}$  векторын саламыз, соңынан CE тиегіне перпендикуляр  $\tau_{CE}^*$  түзуін жүргіземіз. Қиылысуы ізделініп отырған  $c'$  нүктесін береді.

Ұқсастықтар теоремасының негізінде, яғни  $\Delta bcd \sim \Delta BCM d'$  нүктесінің жалған орнын анықтаймыз.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Левитский, Н.И. Теория механизмов и машин [Текст] / Н.И. Левитский. – М., 1990.
2. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин [Текст] / И.И. Артоболевский. – М., 1988.

Материал редакцияға 10.01.15 түсті.

**А.Т. Жақаш, М.К. Сандибекова, А.К. Тангирбергенова**

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

#### КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПЛОСКИХ МЕХАНИЗМОВ ВЫСШИХ КЛАССОВ С ПОМОЩЬЮ ЛОЖНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

Построение планов скоростей и ускорений плоских механизмов четвертого и высших классов с помощью ложных положений является актуальной задачей. Потому что, построение планов скоростей и ускорений невозможно с помощью особых точек Ассур.

**Ключевые слова:** ложные ускорение и ложные скорости, плоские механизмы, планы ускорений и ускоростей, особые точки, векторные уравнений, полюсы скоростей.

**A.T. Zhakash, M.K. Sandibekova, A.K. Tangyrbegonova**

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

#### THE KINEMATIC ANALYSIS OF FLAT MECHANISMS OF THE HIGHER CLASSES BY MEANS OF FALSE SITUATIONS

Construction of plans of speeds and accelerations of flat mechanisms of the fourth and the higher classes by means of false situations is an actual problem. Because construction of plans of speeds and accelerations is impossible by means of special points of Assur.

**Keywords:** false acceleration and false speeds, flat mechanisms, plans acceleration and accelerate, special points, vector the equations, poles of speeds.

УДК 517.97. 62-50

**А.К. Кадиримбетова**

*Магистр естественных наук  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, РК  
эл. пошта: aishafiz@mail.ru*

**ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕЛИНЕЙНОГО  
ГРАНИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМ ПРОЦЕССОМ,  
ОПИСЫВАЕМЫМ ФРЕДГОЛЬМОВО ИНТЕГРО-  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ УРАВНЕНИЕМ**

Исследованы задачи нелинейного граничного управления тепловым процессом, описываемым фредгольмово интегро-дифференциальным уравнением. Указан алгоритм построения приближенного решения задачи оптимизации и доказан его сходимость.

**Ключевые слова:** Функционал, краевая задача, граничное управление, оптимальное управление, нелинейное интегральное уравнение, приближенное решение, сходимость.

*1. Постановка задачи оптимизации и нелинейное интегральное уравнение оптимального управления*

В статьях [1-2] рассмотрена задача нелинейной оптимизации, где требуется минимизировать квадратичный функционал

$$J[u(t)] = \int_0^1 [v(T, x) - \xi(x)]^2 dx + \beta \int_0^T u^2(t) dt, \beta > 0, \quad (1)$$

на множестве решений краевой задачи

$$v_t = v_{xx} + \lambda \int_0^T K(t, \tau) v(\tau, x) d\tau + g(t, x), 0 < x < 1, 0 < t \leq T, \quad (2)$$

$$v(0, x) = \psi(x), 0 < x < 1, \quad (3)$$

$$v_x(t, 0) = 0, v_x(t, 1) + \alpha v(t, 1) = f[t, u(t)], 0 < t \leq T. \quad (4)$$

Здесь функция  $v(t, x)$ ,  $(t, x) \in Q = \{0 < x < 1, 0 < t \leq T\}$  - описывает состояния управляемого процесса, ядро  $K(t, \tau)$  - известная функция,

определенная в квадрате  $A = \{0 < t < T, 0 < \tau < T\}$  и удовлетворяющая условию

$$\int_0^T \int_0^T K^2(t, \tau) d\tau dt = K_0 < \infty; \quad (5)$$

$g(t, x) \in H(Q)$ ,  $\psi(x) \in H(0, 1)$ ,  $\xi(x) \in H(0, 1)$ ,  $f[t, u(t)] \in H(0, T)$  - заданные функции, причем функция  $f[t, u(t)]$  нелинейно зависит от функции управления  $u(t) \in H(0, T)$  и по функциональной переменной  $u(t)$  монотонна, т.е.

$$\frac{\partial f[t, u(t)]}{\partial u} \neq 0, \forall t \in [0, T]; \quad (6)$$

$\lambda$  - параметр, постоянная  $\alpha > 0$ ,  $T$  - фиксированный момент времени,  $H(Y)$  - гильбертово пространство функций, определенных на множестве  $Y$ .

Решение краевой задачи определяется по формуле

$$v(t, x) = \sum_{n=1}^{\infty} v_n(t) z_n(x),$$

где  $v_n(t)$  - решение линейного интегрального уравнения

$$v_n(t) = \lambda \int_0^T K_n(t, s) v_n(s) ds + a_n(t), \quad (7)$$

с ядром

$$K_n(t, s) = \int_0^t e^{-\lambda_n^2(t-\tau)} K(\tau, s) d\tau \quad (8)$$

и свободным членом

$$a_n(t) = e^{-\lambda_n^2 t} \psi_n + \int_0^t e^{-\lambda_n^2(t-\tau)} (g_n(\tau) + z_n(1) f[\tau, u(\tau)]) d\tau. \quad (9)$$

Коэффициенты Фурье  $v_n(t)$  находим по формуле [3]

$$v_n(t) = \lambda \int_0^T R_n(t, s, \lambda) a_n(s) ds + a_n(t),$$

где резольвента  $R_n(t, s, \lambda)$  ядра  $K_n(t, s)$  имеет вид

$$R_n(t, s, \lambda) = \sum_{i=1}^{\infty} \lambda^{i-1} K_{n,i}(t, s), \quad K_{n,i+1}(t, s) = \int_0^T K_n(t, \eta) K_{n,i}(\eta, s) d\eta, \quad (11)$$

$i = 1, 2, 3, \dots,$

и при выполнении условия

$$|\lambda| \sqrt{K_0 T} < \sqrt{2} \lambda_1, \quad (12)$$

является непрерывной функцией, а также удовлетворяет оценке

$$\int_0^T R_n(t, s, \lambda) ds \leq \frac{K_0}{\sqrt{2\lambda_1^2 - |\lambda| \sqrt{K_0 T}}}, \forall t \in [0, T]. \quad (13)$$

Установлено, что оптимальное управление  $u^0(t)$  определяется как решение нелинейного интегрального уравнения

$$\beta u(t) f_u^{-1}[t, u(t)] + \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t, \lambda) \int_0^T G_n(s, \lambda) f[s, u(s)] ds = \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t) h_n, \quad (14)$$

где

$$G_n^*(t, \lambda) = z_n(1) \tilde{L}_n(t, \lambda), \quad \tilde{L}_n(t, \lambda) = \left[ e^{-\lambda_n^2(T-t)} + \lambda \int_0^T R_n^*(s, t, \lambda) e^{-\lambda_n^2(T-s)} ds \right] \quad (15)$$

$$G_n(t, \lambda) = z_n(1) L_n(t, \lambda), \quad L_n(t, \lambda) = \left[ e^{-\lambda_n^2(T-t)} + \lambda \int_s^T R_n(T, s, \lambda) e^{-\lambda_n^2(s-t)} ds \right], \quad (16)$$

$$h_n = \xi_n - \psi_n \left[ e^{-\lambda_n^2 T} + \lambda \int_0^T R_n(T, \tau, \lambda) e^{-\lambda_n^2 \tau} d\tau \right] - \int_0^T L_n(T, \tau, \lambda) g_n(\tau) d\tau, \quad (17)$$

удовлетворяющее дополнительному условию

$$f_u[t, u(t)] \left( \frac{u(t)}{f_u[t, u(t)]} \right)_u > 0. \quad (18)$$

Условие (18) ограничивает класс функций граничных воздействий  $f[t, u(t)]$ . Поэтому будем считать, что функция  $f[t, u(t)]$  удовлетворяет условию (18) для любого управления  $u(t) \in H(0, T)$ . Доказано [2], что интегральное уравнение (14) в пространстве  $H(0, T)$  имеет единственное решение

$$u^0(t) = \varphi[t, p^0(t), \beta], \quad (19)$$

где  $p^0(t)$  определяется единственным образом как предел приближенных решений  $p_k(t)$  нелинейного интегрального уравнения

$$p(t) = G[p(t)] = \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t, \lambda) \left[ h_n - \int_0^T G_n(s, \lambda) f[s, \varphi(s, p(s), \beta)] ds \right], \quad (20)$$

и удовлетворяет оценке

$$\| \bar{p}(t) - p_k(t) \|_H \leq \frac{\gamma^k}{1 - \gamma} \| G[p_0(t)] - p_0(t) \|_H$$

для любого произвольного элемента  $p_0(t) \in H(0, T)$ .

Оптимальный процесс  $v^0(t, x)$  определяется по формуле

$$v^0(t, x) = \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n^0(t) + \lambda \int_0^T R_n(t, s, \lambda) a_n^0(s) ds \right) z_n(x),$$

где

$$a_n^0(t) = e^{-\lambda_n^2 t} \psi_n + \int_0^t e^{-\lambda_n^2(t-\tau)} \left( g_n(\tau) + z_n(1) f[\tau, u^0(\tau)] \right) d\tau. \quad (21)$$

Минимальное значение функционала (1) вычисляется по формуле

$$J[u^0(t)] = \int_0^1 \left[ v^0(T, x) - \xi(x) \right]^2 dx + \beta \int_0^T \left[ u^0(t) \right]^2 dt. \quad (22)$$

Тройка  $(u^0(t), v^0(t, x), J[u^0(t)])$  определяет решения задачи нелинейной оптимизации. Нетрудно заметить, что построить точное решение задачи оптимизации не всегда удается. Поэтому на практике ограничиваются нахождением  $k$ -го приближения  $(u_k(t), v_k(t, x), J[u_k(t)])$  точного решения и доказывает сходимость приближений точному решению  $k \rightarrow \infty$ .

*II Приближенное решение задачи оптимизации и его сходимость.*

1. *Приближения оптимального управления и их сходимость.*

$k$ -е приближение оптимального управления находим по формуле

$$u_k(t) = \varphi[t, p_k(t), \beta]. \quad (23)$$

*Лемма 2.1.* Пусть функция  $\varphi[t, v(t), \beta]$  удовлетворяет условию Липшица по функциональной переменной  $v(t)$ , т.е.

$$\|\varphi[t, v_1(t), \beta] - \varphi[t, v_2(t), \beta]\|_H \leq \varphi_0(\beta) \|v_1(t) - v_2(t)\|_H, \quad \varphi_0(\beta) > 0. \quad (24)$$

Тогда  $k$ -е приближение сходится к оптимальному управлению  $u^0(t)$  по норме гильбертова пространства  $H$ .

*Доказательство.* Утверждение леммы следует из неравенства

$$\begin{aligned} \|u^0(t) - u_k(t)\|_H &= \|\varphi[t, p^0(t), \beta] - \varphi[t, p_k(t), \beta]\|_H \leq \\ &\leq \varphi_0(\beta) \|p^0(t) - p_k(t)\|_H \leq \varphi_0(\beta) \frac{\gamma^k}{1-\gamma} \|G[p_0(t)] - p_0(t)\| \xrightarrow{k \rightarrow \infty} 0. \end{aligned} \quad (25)$$

2. *Приближения оптимального процесса и их сходимость.*

При построении приближений оптимального процесса  $v^0(t, x)$  будем различать следующие приближения:

2.1.  $m$ -е приближение оптимального процесса по резольвенту находим по формуле

$$v^m(t, x) = \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n^0(t) + \lambda \int_0^T R_n^m(t, s, \lambda) a_n^0(s) ds \right) z_n(x),$$

где

$$R_n^m(t, s, \lambda) = \sum_{i=1}^m \lambda^{i-1} K_{n,i}(t, s)$$

$m$ -ое приближение резольвенты  $R_n(t, s, \lambda)$ ;

2.2.  $m, k$ -е приближение оптимального процесса находим по формуле

$$v_k^m(t, x) = \sum_{n=1}^{\infty} \left( a_n^{(k)}(t) + \lambda \int_0^T R_n^m(t, s, \lambda) a_n^{(k)}(s) ds \right) z_n(x),$$

где

$$a_n^{(k)}(t) = e^{-\lambda_n^2 t} \psi_n + \int_0^t e^{-\lambda_n^2(t-\tau)} \left( g_n(\tau) + z_n(1) f[\tau, u_k(\tau)] \right) d\tau.$$

2.3.  $m, k, r$ -ое приближение оптимального процесса находим по формуле

$$v_k^{m,r}(t, x) = \sum_{n=1}^r \left( a_n^{(k)}(t) + \lambda \int_0^T R_n^m(t, s, \lambda) a_n^{(k)}(s) ds \right) z_n(x).$$

*Лемма 2.2.*  $m$ -е приближение  $m \rightarrow \infty$  сходится к оптимальному процессу  $v^0(t, x)$  по норме пространства  $H(Q)$ .

Доказательство следует из соотношения

$$\begin{aligned} \|v^0(t, x) - v^m(t, x)\|_H^2 &= \int_0^T \int_0^1 \left( \sum_{n=1}^{\infty} \lambda \int_0^T (R_n(t, s, \lambda) - R_n^m(t, s, \lambda)) a_n^0(s) ds \right) z_n(x) dx dt = \\ &= \int_0^T \left( \sum_{n=1}^{\infty} \left( \lambda \int_0^T R_n(t, s, \lambda) - R_n^m(t, s, \lambda) \right) a_n^0(s) ds \right)^2 dt \leq \\ &\leq \int_0^T \sum_{n=1}^{\infty} \lambda^2 \int_0^T \left( \sum_{i=m+1}^{\infty} \lambda^{i-1} K_{n,i}(t, s) \right)^2 ds \int_0^T (a_n^0(s))^2 ds dt \leq \\ &\leq C(\lambda) \left( |\lambda| \sqrt{\frac{K_0 T}{2\lambda_1^2}} \right)^{2m} \xrightarrow{m \rightarrow \infty} 0, \end{aligned}$$

где  $C(\lambda)$  - ограниченная положительная постоянная. Это соотношение устанавливается непосредственно вычислением и имеет место, т.к.

$$|\lambda| \sqrt{\frac{K_0 T}{2\lambda_1^2}} < 1.$$

Лемма 2.3. Пусть функция  $f[t, u(t)]$  удовлетворяет условию Липшица по функциональной переменной  $u(t)$ , т.е.

$$\|f[t, u_1(t)] - f[t, u_2(t)]\|_H \leq f_0 \|u_1(t) - u_2(t)\|_H. \quad (26)$$

Тогда  $m, k$ -е приближение при  $k \rightarrow \infty$  сходится к  $v^m(t, x)$  по норме гильбертова пространства  $H(Q)$  для любого  $m = 1, 2, 3, \dots$

*Доказательство.* Непосредственными вычислениями имеем соотношение

$$\begin{aligned} \|v^m(t, x) - v_k^m(t, x)\|_H^2 &= \int_0^T \sum_{n=1}^{\infty} \left[ (a_n^0(t) - a_n^{(k)}(t)) + \lambda \int_0^T R_n^m(t, s, \lambda) (a_n^0(s) - a_n^{(k)}(s)) ds \right]^2 dt \leq \\ &\leq 2T \left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_1^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right) \|f(t, u^0(t)) - f(t, u_k(t))\|_H^2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^2} \leq \\ &\left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_1^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right) \left( \frac{1}{\lambda_1^2} + \frac{1}{6} \right) f_0^2 \|u^0(t) - u_k(t)\|_H^2 \xrightarrow{k \rightarrow \infty} 0, \end{aligned}$$

при любом фиксированном  $m = 1, 2, 3, \dots$ , из которого следует утверждение леммы.

Лемма 2.4.  $k, m, r$ -е приближение при  $r \rightarrow \infty$  сходится к функции  $v_k^m(t, x)$  по норме пространства  $H(Q)$  для любого  $k, m = 1, 2, 3, \dots$

*Доказательство.* Непосредственным вычислением имеем соотношение

$$\begin{aligned} \|v^m(t, x) - v_k^{m,r}(t, x)\|_H^2 &\leq 6 \int_0^T \sum_{m=r+1}^{\infty} \left\{ e^{-2\lambda_n^2 t} \psi_n^2 + 2 \int_0^T e^{-2\lambda_n^2 (T-\tau)} d\tau \int_0^T g_n^2(\tau) d\tau + \right. \\ &+ 2 \int_0^T e^{-2\lambda_n^2 (T-\tau)} d\tau \int_0^T f^2(\tau, u_k(\tau)) d\tau \left. \right\} dt \leq 6 \left\{ \frac{1}{2} \|\psi(x)\|_H^2 + T \|g(t, x)\|_H^2 + \right. \\ &\left. + T \|f(t, u_k(t))\|_H^2 \right\} \sum_{n=r+1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^2} = C_0 \sum_{n=r+1}^{\infty} \frac{1}{(n-1)^2 \pi^2} \xrightarrow{r \rightarrow \infty} 0, \end{aligned}$$

как остаточный член сходящегося ряда, из которого следует утверждение леммы.

Теорема 2.1.  $k, m, r$ -е приближение при  $k, m, r \rightarrow \infty$  сходится к оптимальному процессу  $v^0(t, x)$  по норме пространства  $H(Q)$ .

*Доказательство.* Согласно лемм 2.2. – 2.4. утверждение теоремы следует из соотношения

$$\begin{aligned} \|v^0(t, x) - v_k^{m,r}(t, x)\|_H &\leq \|v^0(t, x) - v^m(t, x)\|_H + \\ &+ \|v^m(t, x) - v_k^m(t, x)\|_H + \|v_k^m(t, x) - v_k^{m,r}(t, x)\|_H \xrightarrow{k, r, m \rightarrow \infty} 0. \end{aligned}$$

*III. Приближения минимального значения функционала и их сходимость.*

В соответствии с приближениями  $v^m(t, x), v_k^m(t, x), v_k^{m,r}(t, x)$  оптимального процесса  $v^0(t, x)$  будем различать следующие виды приближений минимального значения функционала  $J[u^0(t)]$ .

3.1.m-е приближение по резольвенту минимального значения функционала находим по формуле

$$J_m[u^0(t)] = \int_0^1 [v^m(T, x) - \xi(x)]^2 dx + \beta \int_0^T (u^0(t))^2 dt;$$

m, k-е приближение минимального значения функционала находим по формуле

$$J_m[u_k(t)] = \int_0^1 [v_k^m(T, x) - \xi(x)]^2 dx + \beta \int_0^T (u_k(t))^2 dt;$$

m, k, r-ое приближение минимального значения функционала находим по формуле

$$J_m^r[u_k(t)] = \int_0^1 [v_k^{m,r}(T, x) - \xi(x)]^2 dx + \beta \int_0^T (u_k(t))^2 dt.$$

*Леммы 3.1.* Приближение  $J_m[u^0(t)]$  при  $m \rightarrow \infty$  сходится к значению функционала  $J[u^0(t)]$ .

*Доказательство.* Непосредственным вычислением имеем соотношение

$$\begin{aligned} |J[u^0(t)] - J_m[u^0(t)]| &= \int_0^1 \{ [v^0(T, x) - \xi(x)]^2 - [v^m(T, x) - \xi(x)]^2 \} dx \leq \\ &\leq \|v^0(T, x) + v^m(T, x) - 2\xi(x)\|_H \|v^0(T, x) - v^m(T, x)\|_H \xrightarrow{m \rightarrow \infty} 0, \end{aligned}$$

из которого следует утверждение леммы.

*Леммы 3.2.* Приближение  $J_m[u_k(t)]$  при  $k \rightarrow \infty$  сходится к значению функционала  $J_m[u^0(t)]$  для любого  $m = 1, 2, 3, \dots$

*Доказательство.* Непосредственным вычислением имеем соотношение

$$\begin{aligned} |J_m[u^0(t)] - J_m[u_k(t)]| &= \int_0^1 \{ [v^m(T, x) - \xi(x)]^2 - [v_k^m(T, x) - \xi(x)]^2 \} + \\ &+ \beta \int_0^T \{ (u^0(t))^2 - u_k^2(t) \} dt \leq \|v^m(T, x) + v_k^m(T, x) - 2\xi(x)\|_H \times \\ &\times \|v^m(T, x) - v_k^m(T, x)\|_H + \beta \|u^0(t) + u_k(t)\|_H \|u^0(t) - u_k(t)\|_H \xrightarrow{k \rightarrow \infty} 0, \end{aligned}$$

из которого следует утверждение леммы.

*Лемма 3.3.* Приближение  $J_m^r[u_k(t)]$  при  $r \rightarrow \infty$  сходится к значению функционала  $J_m[u_k(t)]$  для любых  $k, m = 1, 2, 3, \dots$

*Доказательство.* Непосредственным вычислением имеем соотношение

$$\begin{aligned} |J_m[u_k(t)] - J_m^r[u_k(t)]| &= \int_0^1 \{ [V_k^m(T, x) - \xi(x)]^2 - [V_k^{m,r}(T, x) - \xi(x)]^2 \} dx \leq \\ &\leq \|V_k^m(T, x) + V_k^{m,r}(T, x) - 2\xi(x)\|_H \|V_k^m(T, x) - V_k^{m,r}(T, x)\|_H \xrightarrow{r \rightarrow \infty} 0, \end{aligned}$$

из которого следует утверждение леммы.

*Теорема 3.1.* Приближение  $J_m^r[u_k(t)]$  при  $m, k, r \rightarrow \infty$  сходится к значению функционала  $J^0[u(t)]$ .

*Доказательство.* Согласно лемм 3.1-3.3 утверждение теоремы следует из соотношения

$$\begin{aligned} |J[u^0(t)] - J_m^r[u_k(t)]| &\leq |J[u^0(t)] - J_m[u^0(t)]| + |J_m[u^0(t)] - J_m[u_k(t)]| + \\ &+ |J_m[u_k(t)] - J_m^r[u_k(t)]| \xrightarrow{m, k, r \rightarrow \infty} 0. \end{aligned}$$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Керимбеков, А. О разрешимости задачи нелинейного граничного управления тепловым процессом, описываемым фредгольмово интегро-дифференциальным уравнением [Текст] / А. Керимбеков, А.К. Кадирибетова // Вестник ОшГУ, спец. вып. – 2013. – №1. – С. 167-172.
2. Керимбеков, А. Решение одной задачи теории нелинейных интегральных уравнений [Текст] / А. Керимбеков, А.К. Кадирибетова // Вестник ОшГУ, спец. вып. – 2013. – №1. – С. 176-173.
3. Краснов, М.В. Интегральные уравнения [Текст] / М.В. Краснов. – М.: Наука, 1975. – 303 с.

*Материал поступил в редакцию 25.11.14.*

**А.К. Кадирибетова**

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

#### **ФРЕДГОЛЬМНЫҢ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУІМЕН СИПАТТАЛАТЫН ЖЫЛУЛЫҚ ПРОЦЕСТІҢ СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ШЕКАРАЛЫҚ БАСҚАРУ ЕСЕБІН ЖУЫҚТАП ШЕШУ**

Фредгольмнің интегро-дифференциалдық тендеуімен сипатталатын жылулық процестің сызықтық емес шекаралық басқару есебі зерттелген. Есепті жуықтап шешудің алгоритмі көрсетілген және оның жинақтылығы дәлелденген.

**Түйін сөздер:** Функционал, шектік есеп, шекаралық басқару, сызықтық емес интегралдық тендеу, жуық шешім, жинақтылық.

**А.К. Kadirimbetova**

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

**APPROXIMATE SOLUTIONS OF NONLINEAR BOUNDARY CONTROL  
THERMAL PROCESS DESCRIBED BY FREDHOLM INTEGRO-  
DIFFERENTIAL EQUATIONS**

Studies of problems in non-linear boundary control thermal processes described by the Fredholm integral-differential equations. Were suggested algorithms for constructing an approximate solution of the problem and proved its convergence.

**Keywords:** functional, boundary value problem, boundary control, optimal control, nonlinear integral equation, an approximate solution, convergence.

УДК 517.97, 62-50

**Р.Ж. Наметкулова**

*Старший преподаватель*

*Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, РК  
эл. пошта: nametkulova65@mail.ru*

**О РАЗРЕШИМОСТИ ОДНОГО КЛАССА НЕЛИНЕЙНЫХ  
ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

Исследованы вопросы однозначной разрешимости нелинейного интегрального уравнения специфического вида и указан алгоритм построения его решения. Установлены достаточные условия существования единственного решения.

**Ключевые слова:** Нелинейное интегральное уравнение, оптимальное управление, принцип сжимающих отображений, метод последовательных приближений.

При изучении задачи оптимального управления процессами, описываемыми уравнениями в частных производных, в случаях, когда функция внешнего источника нелинейно зависит от функции управления, искомое оптимальное управление определяется как решение нелинейного интегрального уравнения и удовлетворяет дополнительному условию в виде неравенства [1, 2]. Такие задачи недостаточно изучены в теории интегральных уравнений, т.е. не разработана методика решения интегральных уравнений, содержащих неизвестную функцию, как под интегралом, так и вне интеграла. В данной работе рассматриваются вопросы однозначной разрешимости одной из таких задачи.

Рассмотрим нелинейное интегральное уравнение вида

$$\beta \frac{u(t, x)}{f_u(t, x, u(t, x))} + \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t) \int_0^T G_n(\tau) \int_0^1 f(\tau, y, u(\tau, y)) z_n(y) dy d\tau z_n(x) =$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t) h_n z_n(x) \quad (1)$$

с дополнительным условием

$$f_u(t, x, u(t, x)) \left( \frac{u(t, x)}{f_u(t, x, u(t, x))} \right)_u > 0, \quad (2)$$

где  $u(t, x)$  неизвестная функция,  $f(t, x, u(t, x))$  заданная функция,

$$G_n(t) = e^{-\lambda_n^2(T-t)} + \lambda \int_t^T R_n(T, s, \lambda) e^{-\lambda_n^2(s-t)} ds,$$

$$G_n^*(t) = e^{-\lambda_n^2(T-t)} + \lambda \int_0^T \tilde{R}_n(s, t, \lambda) e^{-\lambda_n^2(T-s)} ds,$$

$$h_n = \xi_n - \psi_n \left( e^{-\lambda_n^2 T} + \lambda \int_0^T R_n(T, s, \lambda) e^{-\lambda_n^2 s} ds \right),$$

$R_n(t, s, \lambda)$ ,  $\tilde{R}_n(s, t, \lambda)$  известные функции, удовлетворяющие следующим оценкам

$$\int_0^T R_n^2(t, s, \lambda) ds \leq \frac{K_0}{\left( \sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T} \right)^2},$$

$$\int_0^T \tilde{R}_n^2(t, s, \lambda) ds \leq \frac{K_0}{\left( \sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T} \right)^2}; \quad (3)$$

$z_n(x)$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ , ортонормированная (в гильбертовом пространстве  $H(Q)$ ,  $Q = (0, 1)$ ) система собственных функций краевой задачи

$$z''(x) + \mu^2 z(x) = 0, \quad z'(0) = 0, \quad z'(1) + \alpha z(1) = 0,$$

а  $\lambda_n$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots$ , соответствующие им собственные значения, которые удовлетворяют следующим неравенствам

$$\pi(n-1) < \lambda_n < \frac{\pi}{2}(2n-1), \quad n = 1, 2, 3, \dots, \quad (4)$$

$\lambda$  - параметр, постоянная  $\alpha > 0$ ,  $T$  - фиксированный момент времени.

Вопрос однозначной разрешимости нелинейного интегрального уравнения (1) исследуем согласно методике разработанной проф. Керимбековым А. [3].

Положим

$$\beta \frac{u(t, x)}{f_u(t, x, u(t, x))} = p(t, x).$$

Согласно условию (2) это равенство разрешается относительно функции  $u(t, x)$ , т.е. существует функция  $\varphi(\cdot)$ , такая что

$$u(t, x) = \varphi(t, x, p(t, x), \beta). \quad (5)$$

Уравнение (1) перепишем в виде

$$\begin{aligned} p(t, x) + \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t) \int_0^T G_n(\tau) \int_0^1 f(\tau, y, \varphi(\tau, y, p(\tau, y), \beta)) z_n(y) dy d\tau z_n(x) = \\ = \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t) h_n z_n(x) \beta. \end{aligned} \quad (6)$$

Введя обозначения

$$G_0(p) = - \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t) \int_0^T G_n(\tau) \int_0^1 f(\tau, y, \varphi(\tau, y, p(\tau, y), \beta)) z_n(y) dy d\tau z_n(x), \quad (7)$$

$$h = h(t, x) = \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t) h_n z_n(x),$$

уравнение (6) перепишем в операторной форме

$$p = h + G_0[p]. \quad (8)$$

*Лемма-1:* Функция  $p(t, x)$  является элементом гильбертова пространства  $H(Q_T)$ , т.е.  $p(t, x) \in H(Q_T)$ .

*Доказательство.* Утверждение леммы следует из неравенства

$$\|p(t, x)\|_H^2 = \int_0^T \int_0^1 p^2(t, x) dx dt = \beta^2 \int_0^T \int_0^1 \frac{u^2(t, x)}{f_u^2(t, x, u(t, x))} \leq \beta^2 M^2 \|u(t, x)\|_H^2 < \infty,$$

где  $M = \sup \frac{1}{f_u(t, x, u(t, x))}, (t, x) \in Q_T$ .

*Лемма-2:* Функция  $h(t, x)$  является элементом гильбертова пространства  $H(Q_T)$ , т.е.  $h(t, x) \in H(Q_T)$

*Доказательство.* Утверждение леммы следует из неравенства

$$\begin{aligned}
\int_0^T \int_0^T h^2(t, x) dx dt &= \int_0^T \int_0^T \left( \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t) h_n z_n(x) \right)^2 dx dt = \int_0^T \sum_{n=1}^{\infty} [G_n^*(t) h_n]^2 \leq \\
&\leq \int_0^T \sum_{n=1}^{\infty} \left[ e^{-\lambda_n^2(T-t)} + \lambda \int_0^T \tilde{R}_n(s, t, \lambda) e^{-\lambda_n^2(T-s)} ds \right]^2 h_n^2 dt \leq \\
&\leq 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \int_0^T e^{-2\lambda_n^2(T-t)} dt + \int_0^T \lambda^2 \int_0^T \tilde{R}_n(s, t, \lambda) ds \int_0^T e^{-\lambda_n^2(T-s)} ds dt \right] h_n^2 \leq \\
&\leq \left| \int_0^T e^{-2\lambda_n^2(T-t)} dt = \frac{1}{2\lambda_n^2} e^{-2\lambda_n^2(T-t)} \Big|_0^T = \frac{1}{2\lambda_n^2} (1 - e^{-2\lambda_n^2(T-t)}) \leq \frac{1}{2\lambda_n^2} \right| \leq \\
&\leq 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2\lambda_n^2} \left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right) h_n^2 \leq 2 \left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right) \times \\
&\times \left( \|\xi(x)\|_H^2 + 2\|\psi(x)\|_H^2 \left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right) \right) \left( \frac{1}{\lambda_1^2} + \frac{1}{6} \right) < \infty,
\end{aligned}$$

которое устанавливается непосредственно вычислением.

*Лемма-3:* Оператор  $G_0[p]$  переводит пространство  $H(Q_T)$  в себя.

*Доказательство.* Непосредственным вычислением имеем соотношение

$$\begin{aligned}
\int_0^T \int_0^1 G_0^2[p] dx dt &= \int_0^T \int_0^1 \left( \int_0^T \int_0^1 G(t, \tau, x, y) f(\tau, y) dy d\tau \right)^2 dx dt \leq \\
&\leq \int_0^T \int_0^1 \int_0^T \int_0^1 G^2(t, \tau, x, y) dx d\tau \int_0^T \int_0^1 f^2(\tau, y, \varphi(\cdot)) dy d\tau dx dt \leq \\
&\leq \int_0^T \int_0^1 \left( \sum_{n=1}^{\infty} G_n^*(t) \int_0^T G_n(\tau) f_n(u) d\tau Z_n(x) \right)^2 dx dt \leq \int_0^T \sum_{n=1}^{\infty} \left( G_n^*(t) \int_0^T G_n(\tau) f_n(u) d\tau \right)^2 \leq \\
&\leq \int_0^T \sum_{n=1}^{\infty} G_n^2(t) \int_0^T G_n^2(t) d\tau \int_0^T f_n^2(u) d\tau dt \leq \int_0^T \sum_{n=1}^{\infty} G_n^2(t) \int_0^T G_n^2(t) d\tau dt \|f(t, x, \varphi(\cdot))\|_H^2 \leq \\
&\leq \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^4} \left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right)^2 \|f(\cdot)\|_H^2 \leq \\
&\leq \left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right)^2 \left( \frac{1}{\lambda_1^4} + \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{\lambda_n^4} \right) \leq \left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right)^2 \times \\
&\times \left( \frac{1}{\lambda_1^4} + \frac{1}{\pi^2} \frac{4}{3} \right) < \infty
\end{aligned}$$

из которого следует утверждение леммы.

*Лемма-4:* Пусть функция  $f(t, x, u(t, x))$  удовлетворяет условию Липшица по функциональной переменной  $u$ , а функция  $\varphi(t, x, p(t, x), \beta)$  по функциональной переменной  $p$ . Тогда при выполнении условия

$$\gamma = \left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right) \left( \frac{1}{\lambda_1^4} + \frac{1}{\pi^4} \frac{4}{3} \right)^{\frac{1}{2}} f_0 \varphi_0(\beta) < 1,$$

где  $f_0, \varphi_0(\beta)$  – положительные постоянные, оператор  $G[p] = h + G_0[p]$  является сжимающим.

*Доказательство.* Утверждение леммы следует из соотношения

$$\begin{aligned} \|G[p] - G_0[p^0]\|_H &= \|h - G_0[p] - h + G_0[p^0]\|_H \leq \|G[p] - G_0[p^0]\|_H \leq \\ &\leq \left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right)^2 \left( \frac{1}{\lambda_1^4} + \frac{1}{\pi^4} \frac{4}{3} \right)^{\frac{1}{2}} \times \\ &\times \|f[\cdot, \varphi(t, p(t), \beta)] - f[\cdot, \varphi(t, p^0(t), \beta)]\|_H \leq \left( 1 + \frac{\lambda^2 K_0 T}{(\sqrt{2\lambda_n^2} - |\lambda| \sqrt{K_0 T})^2} \right)^2 \times \\ &\times \left( \frac{1}{\lambda_1^4} + \frac{1}{\pi^4} \frac{4}{3} \right)^{\frac{1}{2}} f_0 \varphi_0(\beta) \|p(t, x) - p^0(t, x)\|_H \end{aligned}$$

*Теорема.* При выполнении условий Лемм 1-4 операторное уравнение (8) имеет единственное решение в пространстве  $H(Q_T)$ .

*Доказательство.* При выполнении условий лемм 1-4 имеет место принцип сжимающих отображений [4].

Решение операторного уравнения (8) строится методом последовательных приближений по следующей схеме

$$p_n(t, x) = G[p_{n-1}(t, x)],$$

и удовлетворяет оценке

$$\|p^0(t, x) - p_n(t, x)\|_H \leq \frac{\gamma^n}{1 - \gamma} \|G_0[h(t, x)]\|_H,$$

где  $p^0(t, x) = \lim_{n \rightarrow \infty} p_n(t, x)$  – точное решение операторного уравнения (8).

Оптимальное управление находим по формуле

$$u^0(t, x) = \varphi[t, x, p^0(t, x), \beta].$$

Функция  $u^0(t, x)$  является единственным решением нелинейного интегрального уравнения (1). Это решение, быть может, не всегда удовлетворяет условию (2). Поэтому  $f(t, x, u(t, x))$  берется из класса функций удовлетворяющих условию (2).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Керимбеков, А. Решение задачи нелинейной оптимизации теплового процесса, описываемым фредгольмово интегро-дифференциальным уравнением [Текст] / А. Керимбеков, Р.Ж. Наметкулова // Вестник КРСУ. – 2014. – Т.14, №1. – С. 166-172.
2. Наметкулова, Р.Ж. Приближенное решение задачи нелинейной оптимизации теплового процесса, описываемого фредгольмово интегро-дифференциальным уравнением [Текст] / Р.Ж. Наметкулова // Вестник КРСУ. – 2013. – Т.13, №7. – С. 23-27.
3. Керимбеков, А.К. Нелинейное оптимальное управление линейными системами с распределенными параметрами [Текст]: дисс... докт. физ.-мат. наук / Керимбеков А.К.. – Бишкек, 2003. – 224 с.
4. Люстерник, Л.А. Элементы функционального анализа [Текст] / Л.А. Люстерник, В.И. Соболев. – М.: Наука, 1965. – 520 с.

*Материал поступил в редакцию 25.11.14.*

#### **Р.Ж. Наметкулова**

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

#### **СЫЗЫҚТЫҚ ЕМЕС ИНТЕГРАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРДІҢ БІР КЛАСЫНЫҢ ШЕШІЛУІ ТУРАЛЫ**

Ерекше түрдегі сызықтық емес интегралдық тендеулердің бір мәнді шешімі зерттелген және оның шешімін құрудың алгоритмі көрсетілген. Шешімнің жалғыз болуының жеткілікті шарты жасалған.

**Түйін сөздер:** Сызықтық емес интегралдық тендеу, тиімді басқару, сығылу бейнесінің принципі, біртіндеп жуықтау әдісі.

#### **R.Zh. Nametkulova**

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

#### **SOLVABILITY OF A CLASS OF NONLINEAR INTEGRAL EQUATIONS**

Were studied problems of the unique solvability of a nonlinear integral equation of a specific type and an algorithm for constructing a solution. We establish sufficient conditions for the existence of a unique solution.

**Keywords:** nonlinear integral equations, optimal control, the contraction mapping principle, the method of successive approximations.

---

## ЭКОЛОГИЯ

---

УДК 628.176:631.587.003.13

**Ж.С. Мустафаев<sup>1</sup>, А.Т. Козыкеева<sup>2</sup>, К.Ж. Мустафаев<sup>3</sup>, Н.А. Турсынбаев<sup>4</sup>**

*<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Д-р техн. наук, доцент, <sup>3</sup>Канд. экон. наук, <sup>4</sup>Докторант  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан*

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛУГИ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ: ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Предлагается к рассмотрению методология определения тарифов на воду, основанная на экономических принципах экосистемных услуг, где вода рассматривается как природный ресурс.

**Ключевые слова:** методология, модель, вода, цена, экосистема, услуги, ресурсы, трансграничные воды, река, тариф.

**Введение.** Экосистемы речных бассейнов служат источником множество услуг, которые имеют неопределимое значение для надлежащего функционирования водохозяйственной системы и окружающей среды. С ростом населения и необходимости обеспечения их продовольственной безопасности спрос на эти услуги постоянно возрастает, что иногда приводит к ухудшению экологического состояния речных бассейнов и устойчивого развития.

Рекомендации, касающейся платы за экосистемные услуги (ПЭУ) в контексте комплексного управления водными ресурсами, были приняты Сторонами Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер ЕЭК ООН (конвенции по трансграничным водам) на четвертом совещании (Бонн, 20-22 ноября 2006 года) [1].

Плата за экосистемные (ПЭУ) потенциально является экологически эффективным, экономически рентабельным и содействующим социальной справедливости средствами комплексного управления водными ресурсами (КУВР) трансграничных рек [1].

Для реализации этих принципов необходимо разработать концепцию ценообразования и «пакет» методик по определению тарифной ставки водопользования и экономического ущерба, охватывающего все уровни процесса водопользования от формирования и magazинирования водных ресурсов, и их зоны рассеивания, которые могут быть использованы при разработке интегрированного использования водных ресурсов, и могут являться основой эколого-адаптивного природопользования в бассейнах трансграничных рек [2].

Такой принципиальный подход равноправного и справедливого использования водных ресурсов, во-первых, будет экономически стимулировать государства, расположенных в верховьях речных бассейнов, во-вторых, будет соответствовать правилам пользования водой

международных рек, в-третьих, повышается интерес соблюдения международных обязанностей, в-четвертых, исключаются проявления международных конфликтов [3].

**Цель и методика исследования.** Разработать методику оценки ценообразования водных ресурсов на основе стоимостной оценки экосистемных услуг бассейнов трансграничных рек для обеспечения комплексного управления водными ресурсами и обеспечения экологической устойчивости.

С точки зрения комплексности оценки экосистемных услуг бассейнов трансграничных рек перспективной является концепция общей экономической ценности, которая включает блага и услуги экосистем, что является основой методики и методологии исследования оценки ценообразования водных ресурсов.

**Результаты исследования.** Если принять во внимание экологические принципы использования водных ресурсов трансграничных рек, тогда объем стока и расход воды в реке, который может быть использован для развития производственных сил будет равен [2-4]:

$$Q_{oi} = Q_i - Q_{ci},$$

где:  $Q_i$  – среднееголетний расход воды рек, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{oi}$  – расход воды рек, который может быть использован для развития производительных сил в бассейне рек, м<sup>3</sup>/с.

При разработке порядка деления стока межгосударственной или трансграничной реки, причитающийся каждому государству объем воды (или доли стока) должен строго привязываться к определенному сезону и месяцу.

На основе принципа равного и справедливого использования водных ресурсов можно определить объем или расход воды, выделенный для каждого государства, расположенного в бассейне рек [2-4]:

$$Q_{zi} = a_{zi} \cdot Q_{oi}$$

или

$$W_{zi} = \alpha_{zi} \cdot W_{oi} = 86.4 \cdot \alpha_{zi} \cdot Q_{oi} \cdot T,$$

где:  $Q_{zi}$  – расход воды, выделенный для каждого государства, расположенного в бассейне рек, по месяцам, м<sup>3</sup>/с;  $a_{zi}$  – доля расхода воды выделенных для каждого государства;  $W_{zi}$  – объем стока, выделенный для каждого государства по месяцам, расположенных в бассейне рек, тыс. м<sup>3</sup>;  $T$  – время, сутки.

Объем стока, выделенного для каждого государства, состоит из двух частей: продуктивный объем воды, который формируется за вегетационный период ( $W_{zi}^n = 86.4 \cdot \alpha_{zi} \cdot Q_{oi} \cdot T_e$ , где  $T_e$  – продолжительность вегетационного периода, сутки) и полезный объем стока, который

формируется во вневегетационный период ( $W_{zi}^b = 86.4 \cdot \alpha_{zi} \cdot Q_0 \cdot T_H$ , где  $T_H$  – продолжительность вневегетационного периода, сутки).

Долю расхода воды, выделенную для каждого государства ( $a_{zi}$ ), можно определить на основе принципа равного и справедливого использования водных ресурсов. Тем самым закрепляется право каждого государства получить нужный ему объем в нужное для него время в соответствии с правилами пользования водами международных рек (Хельсинки, 1996), где отмечено, что «каждое государство бассейна имеет право в пределах своей территории на разумное и равноправное участие в полезном использовании воды международного водосборного бассейна».

При этом в естественном гидрологическом режиме водотока не исключен случай, когда в отдельные периоды в нижний пояс реки будет поступать воды больше, чем это предусмотрено правилами межгосударственного вододеления, и которая не будет продуктивно использоваться для нужд хозяйственной деятельности.

На основе межгосударственных договоров за счет регулирования стоков рек весь сток вневегетационных периодов аккумулируется в водохранилищах. При этом этот объем стоков передается тем государствам, на территории которых они построены, с правами продажи как природного ресурса согласно установленным нормам и графикам. В таком случае покупателями воды из водохранилища должны быть компоненты водохозяйственного комплекса.

Государство, где построены и функционируют ряд водохранилищ межгосударственного значения, осуществляющих накопление, регулирование и подачу водных ресурсов трансграничных водотоков в сопредельные государства, имеет право возместить эксплуатационные затраты, рассчитанные по нормативам отчислений на текущий ремонт и амортизацию, затраты на создание страхового фонда для маловодных периодов и материальных ресурсов, для ликвидации аварийных ситуаций, что является нормативной прибылью. В связи с этим возникает вопрос об установлении реализационной стоимости воды и о характере оплаты воды, используемой отдельными компонентами, то есть для ирригации и гидроэнергетики.

При этом, разработка методики расчета тарифной ставки на воду должна базироваться на затратно-нормативном принципе, когда основными ценообразующими элементами являются фактические эксплуатационные затраты на накопление и регулирование объемов воды во вневегетационный период без учета экологического попуска в низовьях реки.

Тарифная ставка на воду состоит из двух частей:

- тариф на воду как природный ресурс для компенсации эксплуатационных затрат на накопление и регулирование режима работы водохранилища ( $C_{np}$ );

- тариф за эксплуатационные услуги водохозяйственных организаций в подаче воды водопотребителям ( $C_y$ ).

Тариф на воду как природный ресурс определяется простым делением суммарных эксплуатационных затрат на объем воды, накопленный во вневегетационный период в водохранилищах:

$$C_{np} = \sum \mathcal{E}_i / \sum W_i ,$$

где:  $\sum \mathcal{E}_i$  – суммарные годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающие нормальный режим работы водохранилища, тенге, сом, доллар;  $\sum W_i$  – суммарный объем воды, накопленный в водохранилищах за вневегетационный период, тыс. м<sup>3</sup>.

Строительство водохранилища, с одной стороны, влечет за собой затопление и подтопление земель, с другой, в низовьях рек происходит опустынивание в связи с зарегулированием стока реки – все это сопровождается ежегодным ущербом, что необходимо учитывать при определении тарифа на воду [2-4]:

$$C_{np} = [\sum \mathcal{E}_i + (Y_{щп} + Y_{що})] / \sum W_i ,$$

где:  $\sum \mathcal{E}_i$  – суммарные годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающие нормальный режим работы водохранилища, тенге, сом, доллар;  $\sum W_i$  – суммарный объем воды, накопленный в водохранилищах за вневегетационный период, тыс. м<sup>3</sup>;  $Y_{щп}$  – ущерб, получаемый при строительстве водохранилища в связи с затоплением и подтоплением земель, тенге, сом, доллар;  $Y_{що}$  – ущерб, получаемый от опустынивания в связи с зарегулированием стока реки, тенге, сом, доллар.

При этом ежегодный экономический ущерб ( $Y_{щ}^6$ ), наносимый государству в зоне расположения водохранилищ в верховьях трансграничных рек, где водохранилище работает в ирригационном режиме, определяется по формуле [5]:

$$Y_{щ}^6 = Y_{щз}^6 + Y_{щэн}^6 ,$$

где:  $Y_{щз}^6$  – величина ежегодного ущерба от затопления и подтопления земель, связанных с созданием водохранилища;  $Y_{щэн}^6$  – величина ежегодного энергетического ущерба при ирригационном режиме работы водохранилища.

Величина ежегодного ущерба от затопления и подтопления земель определяется:

$$Y_{щз}^6 = (D_i \cdot S_3 + D_i \cdot K \cdot S_n) \frac{W_b}{W_n} ,$$

где:  $D_i$  – валовой доход на один структурный гектар орошаемых земель;  $S_3$  – площадь затопляемых сельскохозяйственных угодий, га;  $S_n$  – площадь подтопляемых земель, га;  $K$  – доля потерь дохода, вызванного подтоплением;

$W_b$  – объем воды, использованный для орошения сельскохозяйственных угодий государствами, расположенными в верховьях трансграничных рек и эксплуатирующими водохранилища, м<sup>3</sup>;  $W_n$  – полезный объем водохранилища, м<sup>3</sup>.

Ущерб от отказа дополнительной выработки электроэнергии в зимний период ( $Y_{уз}^6$ ) определяется по формуле:

$$Y_{уз}^6 = \mathcal{E} \cdot C_{\mathcal{E}} - W_3 \cdot C_{\mathcal{E}},$$

где:  $C_{\mathcal{E}}$  – стоимость 1 кВт/ч электроэнергии;  $C_{\mathcal{E}}$  – тарифная стоимость 1 м<sup>3</sup> воды;  $W_3$  – объем накопленной воды в водохранилище, неиспользованный для выработки электроэнергии, м<sup>3</sup>;  $\mathcal{E}$  – ежегодная дополнительная выработка электроэнергии в зимний период, кВт.ч.

При определении ежегодного ущерба от затопления, подтопления и опустынивания ущерб, отнесенный на ирригацию, определяется по формуле:

$$Y_{уз}^u = Y_{уз}^i \cdot K_i,$$

где:  $Y_{уз}^u$  – ущерб, отнесенный на ирригацию, при затоплении, подтоплении и опустынивании;  $Y_{уз}^i$  – ежегодный ущерб от затопления, подтопления и опустынивания;  $K_i$  – коэффициент, учитывающий влияние ирригации на формирование биомассы растительного покрова ландшафтов.

Ежегодный экономический ущерб ( $Y_{уз}^H$ ), наносимый низовьям трансграничных рек за счет создания водохранилища сезонного или многолетнего регулирования, определяется по формуле:

$$Y_{уз}^H = Y_{узн}^H + Y_{уцс}^H + Y_{уцо}^H,$$

где:  $Y_{узн}^H$  – величина ежегодного ущерба от потери продуктивности пастбища;  $Y_{уцс}^H$  – величина ежегодного ущерба от потери продуктивности сенокоса;  $Y_{уцо}^H$  – величина ежегодного ущерба от опустынивания в низовьях реки.

Величина ежегодного ущерба от потери продуктивности пастбища определяется по формуле:

$$Y_{узн}^H = (Y_{до}^n - Y_{но}^n) \cdot F_n \cdot C_m \cdot K_e,$$

где:  $Y_{до}^n$  и  $Y_{но}^n$  – продуктивность пастбища в низовьях трансграничных рек до и после строительства водохранилища;  $F_n$  – площадь пастбища;  $C_m$  – стоимость кормовой единицы;  $K_e$  – коэффициент перевода на кормовую единицу.

Величина ежегодного ущерба от потери продуктивности сенокоса определяется по формуле:

$$Y_{щс}^H = (Y_{до}^c - Y_{но}^c) \cdot F_c \cdot C_m,$$

где:  $Y_{до}^c$  и  $Y_{но}^c$  – продуктивность сенокоса в низовьях трансграничных рек до и после строительства водохранилища;  $F_c$  – площадь сенокоса;  $C_m$  – закупочная цена травы.

Величина ежегодного ущерба опустынивания в низовьях трансграничных рек определяется по формуле:

$$Y_{що}^H = F_o \cdot C_3,$$

где:  $C_3$  – тарифная стоимость земли;  $F_o$  – площадь ежегодного опустынивания.

Таким образом, модель ценообразования для расчета тарифа на воду определяет реализационную стоимость 1 м<sup>3</sup> воды, используемого компонентами водохозяйственного комплекса. Если водохранилище имеет комплексные или многоцелевые задачи, то есть для целей ирригации и гидроэнергетики, тогда суммарные годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающие нормальный режим работы водохранилища, должны быть распределены между участниками водохозяйственного комплекса. Однако для отраслей гидроэнергетики при выработке электроэнергии важным является не только объем, но и напор, с каким эта вода подается к гидроагрегатам [6]. При такой постановке задачи определение стоимости 1 м<sup>3</sup> воды, используемой для выработки энергии гидроагрегатами, можно определить, исходя из следующих условий, то есть, разделив реализационную стоимость 1 м<sup>3</sup> воды как природного ресурса ( $C_{np}$ ) на величину среднего напора водохранилища ( $H_{cp}$ ):

$$C_{np}^2 = \beta \left( C_{np} \cdot H_{\phi}^t \right) / H_{cp},$$

где:  $H_{\phi}^t$  – фактический напор гидроагрегата за период  $t$ ;  $\beta$  – коэффициент, характеризующий распределение платы за использование воды между компонентами водохозяйственного комплекса.

Коэффициент, характеризующий распределение платы за использование воды между компонентами водохозяйственного комплекса, то

есть между гидроэнергетикой и ирригацией, определяется в зависимости от стоимости валового дохода:

$$\beta = D_2 / (D_2 + D_u),$$

где:  $D_2$  – стоимость валового дохода от реализационной стоимости воды для гидроэнергетики;  $D_u$  – стоимость валового дохода от реализационной стоимости воды для сельского хозяйства.

При этом экономическая эффективность каждого компонента водохозяйственного комплекса, то есть в данном случае гидроэнергетики и сельского хозяйства, должна определяться с учетом стоимости объема реализуемой или используемой воды из водохранилища.

В этих условиях тариф на воду как природный ресурс для отраслей сельского хозяйства рассчитывается по формуле:

$$C_{np}^u = 1 - \beta (H_{\phi}^t / H_{cp}),$$

то есть когда  $H_{\phi}^t < H_{cp}$ , стоимость 1 м<sup>3</sup> воды в гидроэнергетике уменьшается – это справедливо, поскольку тот же объем воды обладает меньшей энергией, а при  $H_{\phi}^t > H_{cp}$  – наоборот, увеличивается, следовательно, для гидроэнергетики большой интерес представляет напор в водохранилище, что способствует поддержанию уровня воды в водохранилищах на высоких отметках.

При этом сопредельное государство, расположенное в бассейне трансграничных рек, будет закупать электроэнергию, выработанную комплексным или многоцелевым водохранилищем, в пределах полезного объема стока, который формируется за вневегетационный период, за счет их своей доли и может получить воду на льготных условиях, то есть [2-4]:

$$C_{np}^u = \frac{\sum \mathcal{E}_i + (Y_{уп} + Y_{цo})}{\sum W_i + \mu \cdot W_{2i}^b} \left( 1 - \beta \frac{H_{\phi}^t}{H_{cp}} \right),$$

где:  $\mu$  – коэффициент, учитывающий совместное использование производственных ресурсов водохранилища, то есть  $\mu = \mathcal{E}_{23}^n / \mathcal{E}_{23}$ ;  $\mathcal{E}_{23}$  – выработка электроэнергии комплексным водохранилищем, млрд. кВт.ч;  $\mathcal{E}_{23}^n$  – приобретенный объем электроэнергии сопредельными государствами от выработки электроэнергии комплексным водохранилищем, млрд. кВт. ч;  $\sum W_i$  – суммарный объем воды, накопленный в водохранилищах за вневегетационный период, км<sup>3</sup>;  $W_{2i}^b$  – объем воды, использованных для выработки электроэнергии в вегетационный период из водохранилища, км<sup>3</sup>.

Суммарные годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающие режим работы водохранилища, равны [5]:

$$\mathcal{E}_i = [Z_{\mathcal{E}} + K_{\mathcal{B}OC} \cdot (a_1 + a_2 + a_3)] \cdot \frac{N_i}{\sum N_i} \cdot P_i,$$

где:  $Z_{\mathcal{E}}$  – годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, обеспечивающий режим работы водохранилища, тенге (сом, доллар);  $K_{\mathcal{B}OC}$  – восстановительная стоимость основных производственных фондов водохозяйственной организации, занимающейся режимами работы водохранилища, тенге (сом, доллар);  $a_1, a_2, a_3$  – соответственно, норма отчислений на текущий, капитальный ремонт и на реновацию;  $N_i, \sum N_i$  – соответственно, численность работников водохозяйственной организации, занимающейся режимами работы водохранилища и общая сумма численности в расчетный год, чел.;  $P_i$  – норматив условной прибыли водохозяйственной организации.

Тариф за услуги эксплуатационных водохозяйственных организаций (ЭВО), обеспечивающих подачу воды в пределах установленного лимита в точках водовыделов с учетом продуктивности орошаемых земель определяется по формуле:

$$C_y = \frac{[\mathcal{E}_{\mathcal{E}2} + K_{\mathcal{B}OC}^C (a_1 + a_2 + a_3)] \cdot P_i}{W_{\mathcal{E}} + W_p},$$

где:  $\mathcal{E}_{\mathcal{E}2}$  – годовые эксплуатационные затраты водохозяйственной организации, тенге;  $K_{\mathcal{B}OC}^C$  – восстановительная стоимость основных производственных фондов ЭВО, тенге;  $W_{\mathcal{E}} = \alpha_{\mathcal{E}} \cdot W_{zi}^H$  – объем воды, получаемый водохозяйственной организацией от объема, накопленного в водохранилищах во вневегетационный период, тыс. м<sup>3</sup>;  $\alpha_{\mathcal{E}}$  – доли, получаемые водохозяйственной организацией от объема воды, накопленного в водохранилищах во вневегетационный период;  $W_p = a_{zi} \cdot W_i$  – объем воды, выделенный для каждого государства, расположенного в бассейнах рек, по месяцам, тыс. м<sup>3</sup>.

Общий тариф на воду, используемый в пределах лимита ЭВО ( $C$ ), определяется по формуле:

$$C = C_{np}^u + C_y.$$

При этом по длине бассейна реки изменяется минерализация воды и ее качественный состав, который необходимо учитывать при определении тарифа на воду [7]:

$$C_i = C \cdot \left( \frac{\Delta \mathcal{E}_k - \Delta \mathcal{E}_{opt}}{\Delta \mathcal{E}_i - \Delta \mathcal{E}_{opt}} \right),$$

где:  $C_i$  – цена воды с учетом минерализации и качественного состава в точке водовыдела, тенге за 1 м<sup>3</sup>;  $\Delta \mathcal{E}_i$  – текущие значения коэффициента негативной реакции;  $\Delta \mathcal{E}_{opt}$  – оптимальное значение коэффициента негативной реакции;  $\Delta \mathcal{E}_k$  – критическое значение коэффициента негативной реакции.

Анализ использования водных ресурсов трансграничных рек показывает, что одним из составляющих платы за воду должен быть учтен и такой фактор, как нанесенный народному хозяйству в результате отрицательного воздействия хозяйственной деятельности экологический ( $\mathcal{E}_i$ ), социально-экономический ( $C\mathcal{E}_i$ ) и социальный ( $C_i$ ) ущерб [8]:

$$Y_{щ} = \mathcal{E}_i + C\mathcal{E}_i + C_i.$$

Тогда удельный ущерб, нанесенный народному хозяйству за счет ухудшения экологического состояния водных ресурсов реки, будет равен:

$$\bar{Y}_{щ} = Y_{щ} / W_i,$$

где  $W_i$  – объем стока в данном створе реки, тыс. м<sup>3</sup>.

Тогда стоимость или цену воды в любом створе реки можно определить по формуле:

$$C_{ci} = C + (\bar{Y}_{щ_{i-1}} - \bar{Y}_{щ_i}),$$

где:  $\bar{Y}_{щ_i}$  – удельный ущерб  $i$ -го или нижнего водохозяйственного района, тг.;  $\bar{Y}_{щ_{i-1}}$  – удельный ущерб верхнего водохозяйственного района, тг.

**Выводы и рекомендации.** Разработанная концепция ценообразования и «пакет» методик по определению тарифной ставки водопользования и экономического ущерба, охватывающие все уровни процесса водопользования от формирования и magazинирования водных ресурсов и их зоны рассеивания, могут быть использованы при разработке интегрированного использования водных ресурсов и являться основой эколого-адаптивного природопользования в бассейнах трансграничных рек.

В заключение следует отметить, что разработанная эколого-экономическая концепция использования водных ресурсов трансграничных рек, которая базируется на принципах равного и справедливого вододелия, мягкого управления природой, обеспечивающих сбалансированное природопользование, и на затратно-нормативном принципе формирования ежегодных эксплуатационных издержек водохозяйственных организаций, не претендует на исчерпывающую полноту охвата экономических,

экологических и социальных аспектов вододелиния, во многом носит дискуссионный характер и призвана, в первую очередь, обратить внимание государственных деятелей и научных работников на важность затронутой проблемы, так как именно такого рода требования должны лечь в основу распределения водных ресурсов межреспубликанских рек.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рекомендации, касающиеся за услуги экосистем в контексте комплексного управления водными ресурсами [Текст] . - Нью-Йорк и Женева: Организация объединенных наций, 2007.- 56 с.
2. Мустафаев Ж.С. Моделирование ценообразования при использовании водных ресурсов трансграничных рек [Текст] / Мустафаев Ж.С., Мустафаев К.Ж., Койбагарова К.Б. // Водочистка, Водоподготовка, Водоснабжение, 2013.-№3(63).- С.4-9.
3. Ибатуллин С.Р. Сбалансированное использование водных ресурсов трансграничных рек [Текст] / Ибатуллин С.Р., Мустафаев Ж.С., Койбагарова К.Б.. – Тараз, 2005. – 111 с.
4. Мустафаев К.Ж. Методологические основы экологической оценки емкости природных систем [Текст] / Мустафаев К.Ж..- Тараз, 2014.-316 с.
5. Асанбеков А.Т. Экономический механизм управления трансграничными водными ресурсами и основные положения стратегии межгосударственного деления [Текст] / Асанбеков А.Т., Маматканов Д.М., Шавва К.И., Шапар А.К.-Бишкек, 2000.-48 с.
6. Коволенко Б.Г. Ирригационно-энергетическое определение рек [Текст]. – Фрунзе: АН Киргизский ССР, 1965. – 239 с.
7. Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. О методике оценки стоимости водных ресурсов [Текст] / Коволенко Б.Г. // Водные ресурсы: опыт использования и проблемы / Сборник научных трудов.- Тараз, 1997.- С. 54-56.
8. Мустафаев Ж.С. Методика комплексной оценки ущерба при использовании водных ресурсов трансграничных рек [Текст] / Мустафаев Ж.С., А.Д. Рябцев, С.Р. Ибатуллин, Козыкеева А.Т., Койбагарова К.Б., Мустафаев Л.Ж., Мустафаева Л.Ж., Глеуов О.Т. // Гидрометеорология и экология, 2006.- №2(41) – С. 79-89.

*Материал поступил в редакцию 18.11.14.*

**Ж.С. Мустафаев, А.Т. Козыкеева, К.Ж. Мустафаев, Н.А. Турсынбаев**

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

#### **ӨЗЕН БАССЕЙНДЕРІН ОРНЫҚТЫРУ КЕЗІНДЕГІ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТТЕР: СУ РЕСУРСТАРЫН ПАЙДАЛАНУДАҒЫ БАҒА ТҮЗІЛУІ**

Су маңызды табиғи ресурс болып қарастырылатын, экожүйелік қызметтердің экономикалық принциптеріне негізделген, су тарифін анықтау әдістемесі қарастырылуға ұсынылған.

**Түйін сөздер:** әдістеме, модель, су, баға, экожүйе, қызметтер, ресурстар, трансшекаралық сулар, өзен, тариф.

Zh.S. Mustafaev, A.T. Kozykeyeva, K.Zh. Mustafaev, N.A. Tursynbaev

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

It is proposed to review the methodology for determining water tariffs based on economic principles of ecosystem services, where the water is regarded as a natural resource.

**Keywords:** methodology, model, water, price, ecosystem services, resources, transboundary waters, the river, the tariff.

УДК 504.054

А.А. Сагындыков<sup>1</sup>, А.Т. Киргизбаев<sup>2</sup>, А.К. Медетов<sup>3</sup>, К.Ш. Жылысбаев<sup>2</sup>

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

### ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АКБАКАЙСКОГО ГОРНО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА

Приведены результаты экологической оценки влияния Акбакайского ГМК на окружающую среду. Выявлены концентрации загрязняющих элементов.

**Ключевые слова:** экологическая оценка, окружающая среда, вредные выбросы, твердые отходы золотосодержащего производства, хвосты обогащения руды.

Акбакайский ГМК является одним из крупных производителей золота в Казахстане. Поэтому представляло научный и практический интерес для комплексной оценки деятельности ГМК.

АО «Акбакайский ГМК» производит отработку золотосодержащих руд подземным способом. Отбойка руды, проходка горных выработок производится буровзрывным способом. Выдача руды по стволу шахты клетями в шахтных вагонетках. Вентиляция горных выработок осуществляется нагнетательным способом.

Промышленные площадки предприятия:

- 1) Подземный рудник «Акбакай»;
- 2) Обогащительная фабрика;
- 3) Завод Доре;
- 4) Участок открытых горных работ «Карьерный»;
- 5) Участок кучного выщелачивания (УКВ);
- 6) Гидрометаллургический завод при УКВ;
- 7) Автотранспортный цех (АТЦ);
- 8) Цех горношахтного самоходного оборудования (ГШСО);
- 9) Компрессорный цех;
- 10) Электроремонтный цех;
- 11) Ремонтно-строительный участок (РМЦ);
- 12) Химическая лаборатория;
- 13) Административно бытового комплекс на территории пос. Акбакай.

**Подземный рудник «Амбакай»**

Месторождение вскрыто двумя вертикальными стволами шахт «Главная» и РЭШ-1. Ствол шахты «Главная» пройден до глубины 470 м, РЭШ-1 - до глубины 520 м. Вредными веществами, выделяющимися в атмосферу, являются азота оксид (азота диоксид), серы диоксид (ангидрид сернистый), углерода оксид, пыль неорганическая: 70-20% двуокиси кремния.

Геологические и горнотехнические условия Амбакайского месторождения определяют применение следующих систем разработки:

- система с магазинированием руды для крутопадающих жил;
- система подэтажных штреков для наклонных жил.

Выдача руды по стволу шахты клетями в шахтных вагонетках. Руда из рудника автотранспортом подается на рудную площадку. Пустая порода, образованная при проходке откаточных штреков, вспомогательных выработок транспортируется на автосамосвалах в два отработанных карьера рудника для рекультивации.

На территории рудника имеется кузнечный горн. При работе горна в атмосферу выделяются: азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, пыль неорганическая 70-20% двуокиси кремния. В качестве топлива используется уголь Кулан-Кетпеского бассейна.

На территории рудника имеется заточной станок. При работе оборудования в атмосферу выделяются взвешенные вещества и пыль абразивная.

При перегрузке руды из скиповой клетки в приемный бункер, а также при перегрузке руды из бункера в автотранспорт, в атмосферу выделяется пыль неорганическая 70-20% двуокиси кремния.

На территории рудничного хозяйства имеется ванна для мойки деталей. При мойке деталей выделяются углеводороды предельные С12-С19.

Имеются склады угля и золы для кузнечного горна. При хранении материалов в атмосферу выделяется пыль неорганическая 70-20% двуокиси кремния. При хранении в атмосферу выделяются: смесь углеводородов предельных С1-С5, С6-С10, пентилены, бензол, ксилол, метилбензол, этилбензол.

**Цех горношахтного самоходного оборудования (ГШСО)**

На территории ГШСО источниками воздействия на атмосферный воздух являются два сварочных поста. Вредными веществами, загрязняющими атмосферный воздух при сварке штучными электродами являются железа оксид, марганец и его соединения, фтористые газообразные соединения. При пропан-бутановой сварке выделяется азота диоксид.

**Обогащительная фабрика**

На рудной площадке обогащительной фабрики руда шихтуется и с содержанием 5-8 г/т, в увлажненном состоянии подается в дробильно-сортировочное отделение, где проходит три стадии дробления, затем измельчение руды – флотация – обезвоживание – сброс хвостов фабрики в хвостохранилище. Получаемая продукция – гравикоцентрат и флотоцентрат. В 2005 году начато внедрение концентрационной установки «Итомак», позволяющий проводить трехступенчатую пересортировку гравикоцентратов с получением «золотой головки» с содержанием золота до 10 кг/т. При дроблении и пересыпке руды в атмосферу выделяется пыль неорганическая с содержанием кремния 70-20%. При флотации выделяется сероуглерод.

Для флотации применяется ксантогенатбутиловый и флотомасло Т92. Сырье поступает в металлических бочках. Расход ксантогената согласно

технологическому регламенту составляет 150 грамм на тонну руды. Расход флотомасла – 60 грамм на тонну руды.

При фильтрации (сгущении) добавляют поликромит. Норма расхода поликромита - 20 грамм на тонну руды. Реагент поступает в полиэтиленовых мешках весом от 33 до 35 кг.

На территории фабрики проводятся сварочные работы. Вредными веществами, загрязняющими атмосферный воздух при сварке штучными электродами, являются железа оксид, марганец и его соединения, фтористые газообразные соединения. При пропан-бутановой сварке выделяется азота диоксид.

Отработанная руда – шлам в виде пульпы сбрасывается в хвостохранилище фабрики для обезвоживания – твердая фаза осаждается, жидкая фаза перетекает в пруд чистой воды и включается в оборотную систему производственного водоснабжения фабрики. По содержанию золота до 2 г/т шлам фабрики является вторичным сырьем для кучного выщелачивания. При хранении и транспортировке шлама обогатительной фабрики в атмосферу выделяются: азота диоксид, углерод (сажа), серы диоксид, бензапирен, альдегиды, углеводороды предельные C12-C19 от передвижения транспортных средств и сероуглерод, пыль неорганическая 70-20% двуокиси кремния.

#### ***Завод Доре***

Технологическая схема золотоизвлекательного завода Доре «Дубек» включает: рудоподготовку, выщелачивание по схеме «уголь в щелоке», десорбцию металла на уголь, электролиз, сушку катодного золота (продукция), сброс шлама в хвостохранилище. Получаемая продукция - катодное золото. С 2001 года плавка металла не проводится в связи с неэффективностью очистки от сопутствующих металлов (в основном меди, свинца, сурьмы). В 2006 году завод Доре работал в течение 182 суток из-за дефицита концентрата для переработки. В 2007 году работа завода Доре составила 353 суток.

Измельчение концентрата проводится на двух шаровых мельницах. Измельченный концентрат в виде пульпы подается в 13 резервуаров выщелачивания, куда также подается цианидный раствор, щелочь. Расход цианида согласно нормам технологического регламента 6,49 кг на тонну концентрата. Щелочи – 3,11 на тонну концентрата. Цианид поступает в металлических таблетированных бочках весом по 50 кг. Щелочь поступает в полиэтиленовых мешках весом 25 кг. Время выщелачивания 72 часа. Резервуар выщелачивания угля. При выщелачивании в атмосферный воздух выбрасываются: кальция дихлорацетат, гидроцианид. Отработанная хвостовая пульпа (шлам) обеззараживается гипохлоритом кальция (от цианидов), железным купоросом (от мышьяка) и сбрасываются в хвостохранилище завода. Гипохлорит кальция поступает в бочках. После осаждения жидкую фазу перекачивают в пруд-испаритель завода, а твердую фазу - шлам, перевозят на обогатительную фабрику для дальнейшей переработки на флотосекциях. По содержанию золота до 12 г/т, шлам завода является вторичным сырьем для дальнейшего обогащения.

Одним из источников выделения вредных веществ в атмосферный воздух является плавильная печь на дизтопливе. В атмосферу выбрасываются: азота диоксид, углерод, серы диоксид, углерода оксид, углеводороды предельные C12-C19.

Печь обжига катодов выделяет в атмосферу железа оксиды углеводороды предельные C12-C19.

При работе выделяются: аммиак, гидроцианид.

Нагреватель десорбционных растворов и печь регенерации угля работают на дизтопливе. В атмосферу выделяются: азота диоксид, углерод, серы диоксид, углерода оксид, углеводороды предельные C12-C19.

Перемешиватель В-1 и общеобменная вентиляционная труба ВЕ-1 выделяют: кальция дихлорацетат и кальция гипохлорид.

Общеобменная вентиляционная труба ВЕ-2 выделяет гидроцианид.

Общеобменная вентиляционная труба ВЕ-5 выделяет гидрохлорид.

Общеобменная вентиляционная труба ВЕ-7 выделяет кальция гипохлорид.

Уголь, применяемый при десорбции, поступает в полиэтиленовых мешках. Норма расхода угля – 0,09 кг на тонну концентрата. При десорбции также используется соляная кислота в объеме 4,5 кг на тонну концентрата. Кислота поступает в бочках, которые возвращаются производителю.

На территории завода проводятся сварочные работы. Вредными веществами, загрязняющими атмосферный воздух, при сварке штучными электродами являются железа оксид, марганец и его соединения, фтористые газообразные соединения. При пропан-бутановой сварке выделяется азота диоксид.

Ванна для мойки деталей расположена на территории завода. В атмосферу выделяются углеводороды предельные C12-C19.

Хвостохранилище завода Доре является источником выделения пыли неорганической 70-20% двуокиси кремния.

#### **Участок «Карьерное»**

Карьер открытых горных работ расположен в восточном направлении от основных объектов предприятия.

Извлечение руды производится буровзрывным способом. При бурении скважин для заряда в атмосферу выделяется пыль неорганическая с содержанием кремния 70-20%.

Заряд укладывается в пробуренные скважины и с периодичностью 2 раза в месяц производятся взрывные работы. При взрывах в атмосферу выделяются пыль неорганическая с содержанием кремния 70-20%. углерода оксид и азота диоксид.

Выемочно-погрузочные работы сопровождаются выделением пыли неорганической с содержанием кремния 70-20%.

При движении автотранспорта по карьеру происходит сдувание пыли с поверхности карьера. В атмосферу выделяются пыль неорганическая с содержанием кремния 70-20%. углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, сажа, бензапирен, альдегиды, углеводороды предельные C12-C19.

#### **Участок кучного выщелачивания гидрометаллургического завода.**

В настоящее время завод (ГМЗ) не работает в связи с временной консервацией. Расчеты проведены для участка кучного выщелачивания. Формирование штабелей не производится. Ведутся работы по выщелачиванию сформированных штабелей общей площадью 40000 м<sup>2</sup>. Формирование новых штабелей в пятилетней перспективе не предусматривается.

Технологическая схема переработки золотосодержащих руд на участке кучного выщелачивания включает в себя:

- дробление руды до класса - 10мм;
- формирование штабелей руды для кучного выщелачивания;
- выщелачивание золота цианистыми растворами;
- сорбционное извлечение золота из растворов активированным углем;

- десорбцию золота с активированного угля;
- электролиз десорбатов с получением золотосодержащего порошка;
- обжиг порошка;
- плавку порошка с получением сплава «Доре»;
- обезвреживание выщелоченной рудной массы и рекультивацию отработанных штабелей.

Сырьем для опытно-промышленной установки кучного выщелачивания являются забалансовые руды месторождений «Карьерное» и «Акбакай». Содержание золота в руде, направляемой на кучное выщелачивание (КВ), не менее 1.5 г/т. Усредненный химический состав руд для КВ приведен в таблице 1.

Таблица 1

Усредненный химический состав руд для КВ, в %

Оксид кремния	55,65
Оксид алюминия	14,46
Оксид кальция	4,82
Оксид магния	2,7
Сульфат бария	2,33
Железо	4,3
Свинец	0,003
Цинк	0,007
Медь	0,004
Мышьяк	0,15
Сера общая	0,62
Сера сульфидная	0,32

Отсыпка штабеля осуществлялась на заранее подготовленное основание. Формирование штабеля производилось бульдозером на гусеничном ходу, снижавшим уплотнение руды в штабеле в процессе его формирования. Высота штабеля руды, готового к выщелачиванию, 8 метров, углы бортов штабеля к горизонту не должны превышать 43 градусов.

Сформированный штабель оснащен оросительной системой, позволяющей обеспечить равномерно распределение выщелачивающих растворов с интенсивностью орошения не менее 10 л/м ч.

Кучное выщелачивание (растворение) золота из руды осуществляется 0,1% аэрированным раствором цианида натрия, подаваемым через оросительную систему на подготовленный штабель руды. Цианид натрия в водном растворе подвергается гидролизу с образованием цианистоводородной кислоты (свободной):



Золото в руде при выщелачивании окисляется кислородом воздуха, а цианид натрия связывает золото в устойчивый комплекс. Протекающая при этом химическая реакция описывается уравнением:



Образующийся в результате реакции цианоаурит натрия легко растворим в растворах цианидов щелочных металлов. Совместно с золотом из руды выщелачиваются серебро, медь, железо с образованием соответствующих цианистых соединений.

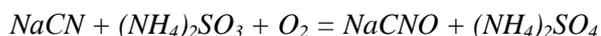
Золотосодержащие растворы от кучного выщелачивания с концентрацией золота более 1 мг/дм<sup>3</sup> направляются на сорбционное извлечение металла. С целью увеличения концентрации золота в продуктивных растворах и ее стабилизации допускается циркуляция золотосодержащих растворов через выщелачиваемый штабель руды.

Растворы с концентрацией золота менее 1 мг/дм до укрепляются цианидом натрия и после азирования направляются на вновь вводимый рудный штабель.

По окончании процесса выщелачивания штабель руды будет промыт водой с интенсивностью орошения 5 л/м ч. Продолжительность отмывки составит 8-10 суток. Полученные промывные воды насосами направляются в земляную емкость и используются для приготовления выщелачивающего раствора для следующих штабелей.

Полное обезвреживание от цианидов производится по окончании отработки последнего штабеля руды одним из следующих растворов:

- 1-2% гипохлорита кальция,
- 10% суспензией, получаемой при смешении известкового молока и раствора железного купороса. Суспензия готовится непосредственно перед применением. Расход железного купороса составляет 12 кг/кг иона CN, гашеной извести 12 кг/кг иона CaOH. В этом процессе цианиды связываются в малорастворимые двойные соли железа и цветных металлов, – азированным раствором сульфата аммония. Протекающая при этом химическая реакция описывается уравнением:



Образующийся продукт окисления цианида натрия - цианат натрия - менее токсичное вещество, распадающееся с образованием азота, двуокиси углерода и карбоната натрия. Реакция протекает в области температуры от 5 до 60°C при pH = 8 - 10, при наличии в растворе соединений меди с концентрацией около 0,05 г/л.

Обезвреженный штабель покрывается слоем земли и производится посев трав.

В таблице 2 приведен перечень загрязняющих веществ и их количество, выброшенное в атмосферу.

Параметры выбросов загрязняющих веществ по предприятию представлены в таблице 2. Учтены как организованные, так и неорганизованные источники.

Приведенный годовой лимит выбросов загрязняющих веществ в природную среду  $M_{it}$ , усл. т/год определяется по формуле [1]:

$$M_{it} = K_i * m_i,$$

где:  $m_i$  – лимит выбросов  $i$ -го загрязняющего вещества в натуральном измерении, значения которого устанавливаются в соответствии с разработанными нормативами ПДВ, т/год;  $K_i$  – коэффициент приведения

загрязняющего вещества, учитывающий относительную опасность загрязняющего вещества, определяется по формуле:

$$K_i = 1/ПДК_i$$

где ПДК<sub>i</sub> – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ (мг/м<sup>3</sup>);

Размер платы предприятия за установленный лимит выбросов загрязняющих веществ, определяется по формуле:

$$П = Mit * P,$$

где P – норматив платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, устанавливаемый за 1 усл. т. выброшенных в атмосферу загрязняющих веществ.

Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ произведен по утвержденным ставкам платы за загрязнение окружающей среды на 2014 год [2, 3].

Лимит платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников на существующее положение, составит:

$$П = 6543,92595 \times 394 = 2578307 \text{ тенге}$$

Расчет лимитированного выброса (усл.т/год) на существующее положение приведен в таблице 2.

Таблица 2

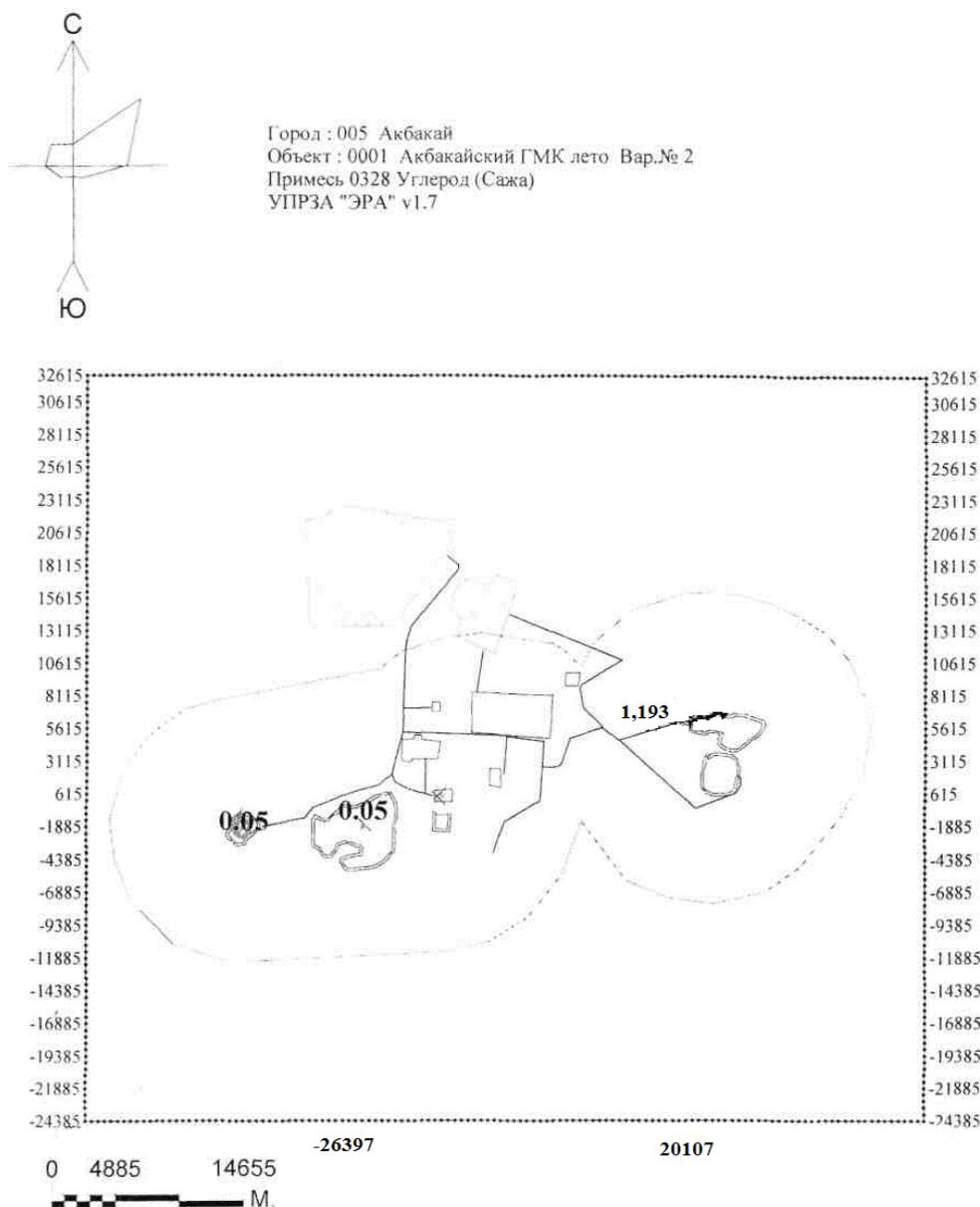
Определение лимитированного выброса загрязняющих веществ в атмосферу (на существующее положение)

Код в-ва	Наименование Вещества	Выброс вещества, т/год	Кэф-т приведения, 1/ПДК	Приведенная масса выбр. усл. т/год
1	2	3	4	5
0103	Альфа-3 (действующее начало -кальций дихлорацетат)	0.1132036	3.333	0.37734533
0123	Железо (II, III) оксиды /в пересчете на железо/	0.092024	25	2.3006
0127	Кальций гипохлорид	0.0945	10	0.945
0143	Марганец и его соединения /в пересчете на марганца(IV)	0.0083	1000	8.3
0150	Натрий гидроксид (Натрия гидроокись; Натр едкий; Сода каустическая)	0.051	100	5.1
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	-	-	-
0317	Гидроцианид (Водород цианистый; Синильная)	1.550587	100	155.0587
0328	Углерод (Сажа)	0.28473	20	5.6946
0334	Сероуглерод	0.389	200	77.8
0415	Смесь углеводородов	0.07766	0.02	0.0015532

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
0416	Смесь углеводородов предельных C6-C10	0.01891	0.0333	0.00063033
0501	Пентилены (амилены - смесь изомеров)	0.002572	0.6667	0.00171467
0602	Бензол	0.002058	10	0.02058
0616	Ксилол (смесь изомеров о-, м-)	0.0001544	5	0.000772
0621	Метилбензол (Толуол)	0.001492	1.6667	0.00248667
0627	Этилбензол	0.0000514	50	0.00257
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	-	-	-
1061	Этанол (Спирт этиловый)	0.0133	0.2	0.00266
1115	Ацетальдегида этилацеталь	-	-	-
1301	Проп-2-ен-1-аль (Акролеин)	-	-	-
1317	Ацетальдегид	0.000481	100	0.0481
1555	Этановая кислота (Уксусная кислота)	0.0012	16.6667	0.02
2735	Масло минеральное нефтяное (веретенное, машинное, цилиндрическое и др.)	0.000818	20	0.01636
2754	Углеводороды предельные C12-19 /в пересчете на суммарный органический	1.5817	1	1.5817
2902	Взвешенные вещества	0.0910764	6.6667	0.607176
2930	Пыль абразивная (Корунд белый; Монокорунд)	0.023071	25	0.576775
2936	Пыль древесная	0.145	10	1.45
2937	Пыль зерновая /по грибам	0.003216	6.6667	0.02144
0301	Азот (IV) оксид (Азота)	5.026557	25	125.663925
0302	Азотная кислота /по молекуле НШЗ/	0.7359	6.6667	4.906
0303	Аммиак	0.75686	25	18.9215
0316	Гидрохлорид (Водород хлористый; Соляная кислота)	0.0588	10	0.588
0322	Серная кислота	0.0671	10	0.671
0330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	4.6510324	20	93.020648
0333	Сероводород	0.0001092	125	0.01365
0337	Углерод оксид	11.85651013	0.333	3.95217004
0342	Фтористые газообразные соединения (фтористый)	0.002516	200	0.5032
2908	Пыль неорганическая: 70-20% двуокиси кремния	603.5755091	10	6035.75509
	Всего	631.27699863		6543.92595

Распределение углерода (сажи) по территории Акбакайского ГМК (рис.1) выполнено с применением компьютерной программы [4].



Макс концентрация 1,193 ПДК достигается в точке  $x=20107$ ;  $y=6115$ ;  
При опасном направлении  $251^\circ$  и опасной скорости ветра 3,1м/с  
Расчетный прямоугольник №1, ширина 63500м, высота 57000м,  
шаг расчетной сетки 500м, количество расчетных точек 128 – 115  
расчет на существующее положение

Рис. 1. Распределение углерода (сажи) по территории Акбакайского ГМК

Для определения фазового состава хвостов флотации был проведен рентгено-фазовый анализ. Дифрактограмма пробы хвостов приведена на рисунке 2. По данным рентгенофазового анализа в пробе идентифицированы

следующие минералы: кварц, серицит, хлорит, биотит, полевой шпат и смектит.

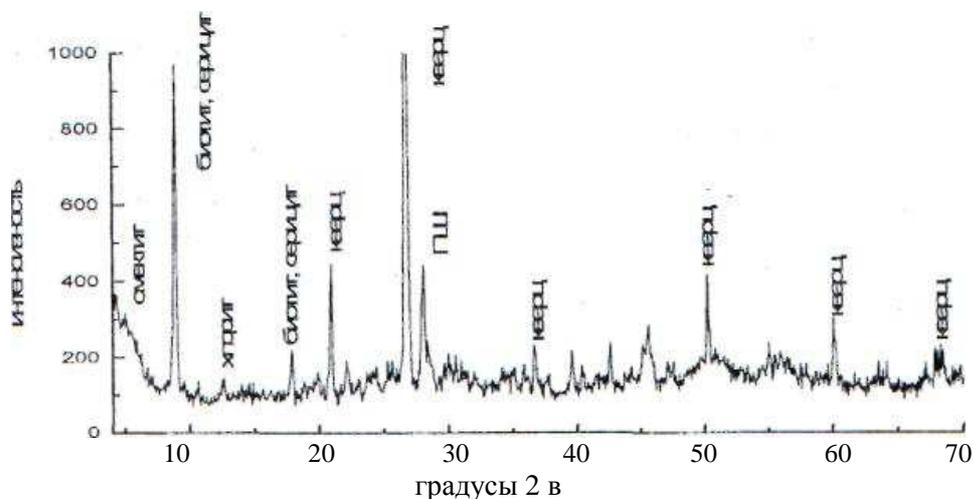


Рис. 2. Дифрактограмма хвостов флотации месторождения Акбакай

После извлечения из хвостов флотации золота предлагаем их использовать в производстве строительных материалов.

Наиболее перспективные направления утилизации хвостов показаны на рисунке 3. Преимуществом хвостов флотации является их высокая дисперсность (50-100 мкм) в результате применения, которого активизируются процессы твердения, спекания.

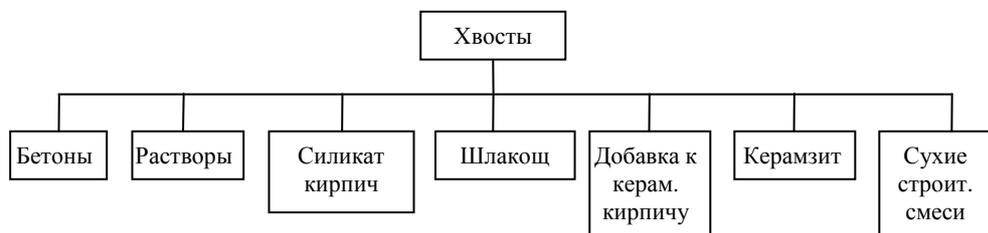


Рис. 3. Направление использования отходов

Таким образом, произведена экологическая оценка Акбакайского ГМК и выявлены перспективные направления утилизации отходов путем переработки в различные строительные материалы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РНД 211.2.01.01-97 МПРООС. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [Текст]. – Кокшетау, 1997.
2. РНД 211.3.01.01-96 Правила по организации государственного контроля по охране атмосферного воздуха на предприятиях [Текст]. – Алматы, 1996.
3. Инструкция по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [Текст]. – Алматы, 1997.

4. Унифицированная программа расчета величин концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [Текст]. – Алматы: ЭРА, версия 1.7.

*Материал поступил в редакцию 29.01.15.*

**А.А. Сагындыков, А.Т. Киргизбаев, А.К. Медетов, К.Ш. Жылысбаев**

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

#### **АҚБАҚАЙ ТАУ МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ КОМБИНАТЫ ҚЫЗМЕТІН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ**

Ақбақай ТМК қоршаған ортаға әсерін экологиялық бағалау нәтижелері келтірілген. Ластағыш элементтердің концентрациялары анықталған.

**Түйін сөздер:** экологиялық бағалау, қоршаған орта, зиянды заттар, алтын құрамды қатты қалдықтар, руданы байыту қалдықтары.

**A.A. Sagyndykov, A.T. Kirgizbaev, A.K. Medetov, K.Sh. Zhylyysbaev**

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

#### **ECOLOGICAL ASSESSMENT OF AKBAKAY MINING IRON AND STEEL WORKS**

The results of the environmental assessment of the impact Akbakay MMC on the environment are given. Concentrations of pollutants are identified.

ӘОЖ 574.3:631.42

**Ә.С. Сейітқазиев<sup>1</sup>, К.Қ. Шилибек<sup>2</sup>, Р.Т. Турекельдиева<sup>3</sup>,  
Қ.Ә. Сейітқазиева<sup>4</sup>, С.Б. Ыбыраева<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Техн. ғылымд. д-ры., профессор, <sup>2</sup>Техн. ғылымд. канд., доцент,

<sup>3</sup>Биол. ғылымд. канд., доцент, <sup>4</sup>Магистр, <sup>5</sup>Магистрант

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

#### **ШАЛҒЫНДЫ-СҰРҒЫЛТТЫ ГИДРОМОРФТЫ ТОПЫРАҚТАРДЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫН МЕЛИОРАТИВТІК-ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНЫП БАҒАЛАУ**

Сугармалы аймақтағы су қорларын тиімді пайдалану үшін, тұзданған және сортаңданған сұрғылтты-шалғынды топырақтардың топырақ-экологиялық жағдайларына негізделіп алынған мәліметтер бойынша экологиялық-мелиоративтік шаралар арқылы терең қопсытып жақсарту әдістері дайындалды.

**Түйін сөздер:** геохимия, геожүйе, гидрохимия, фитомелиорация, терең қопсыту, су қорлары, шаю мөлшері.

Гидроморфты топыраққа шалғынды және шалғынды батпақты, шалғынды-сұрғылтты топырақтар жатады. Гидроморфты топырақтар, әсіресе, бұл өңірде көп таралмаған, дегенмен, ыза суы деңгейі жақын орналасқан (2-3,0 м) аралықтағы сұрғылтты топырақтар егістік жерлерде кездеседі. Әдетте, бұл топырақтар сайлы қыспақта, ағынсыз, су өткізгіштігі әлсіз, жер бетіндегі, жер астындағы ыза суларының ұзақ мерзімді дымқылдану әсері бойынша қалыптасады. Гидроморфты топырақтар жер бедерінің орналасуына қарай көлдер мен шөлді-аллювиальды тегістікке жақын орналасады. Топырақ түзуші жыныстар болып аллювиальды шөгіндіде әр түрлі механикалық құрамда кездеседі. Сипаттап отырған топырақтың түзілу ерекшеліктері болып, мұндағы пішінде капиллярлық қаныққан ылғал тұрақты, олар ыза суы деңгейінен келеді. Ыза суының орналасу деңгейі 2-3 м. Топырақтың тұздану құрамы негізінен хлорлы-сульфатты, сульфатты-хлорлы.

Зерттеу нысанындағы топырақтың үстіңгі қабатындағы қара шіріктің құрамы 1,5-4,0%. Дәл осындай пішіндегі қарашірік және жалпы азоттың құрамы өзгереді: мәселен, А қабатында, оның құрамы 0,15-0,20%, ал, төмендеген сайын азот бірден азаяды. Көптеген жағдайларда сіңірілу сыйымдылығы 100 г топыраққа есептегенде 10-15 мг/экв аралығында, кейде бұл шамадан төмен және жоғары болып келеді. Төменгі қабаттарда сіңірілу сыйымдылықтары бұл мәліметтен жоғары болады. Топырақтағы сіңірілу комплексі кальцийдің катионы басымдау, ал, натрийдің сіңірілуі 5%-дан аспайды [1-2].

Топырақтағы фосфордың А қабатындағы қозғалысымен қамтамасыздануы әлсіз және орташа, В қабатында фосформен қамтылуы өте төмен (1,5-5 мг/экв 100 г топыраққа шаққанда). Топырақтағы кальцийдің қозғалысы көптеген жағдайда жеткілікті қамтылған (25-140 мг/экв 100 г). Топырақтың тұздану дәрежесі әлсізден күшті тұздануға дейінгі аралықта. Топырақ барлық аудандастырылған және бейімделген дақылдарды суғаруын өнім алу үшін жарамды, дегенмен, ауаландыру аймағындағы пішіндерді жақсартуға іс-шаралар жүргізуді талап етеді.

Топырақтың мелиоративтік-экологиялық топтарға бөлінуі, ондағы орындалатын экологиялық шараларға сәйкес қажеттілігімен қиындығын көрсетеді. Зерттеуде Талас суғармалы жерлерінде қарастырылатын аймақтың топырағын төмендегідей бірнеше топқа бөлуге болады. Бұл бөлінген топтарды зерттеудің өзіндік ерекшелігі бар. Өйткені, әрбір топтың орналасқан егістік орны, топырағының механикалық құрамы, тектік қабаттағы қоректік заттар, судың сіңімділік қаблеті т.б. жеткілікті зерттеуді талап етеді.

Бірінші топтағы жерлер – жақсарту шараларының қажетінсіз игеруге жарамды, ал топырақтың механикалық құрамына байланысты топ екі түрге бөлінеді. 1а топтағы жерлер – жақсартудың көмегінсіз игеруге жарамды, топырағы орта және ауыр саздақты, балшықты. Бұл топтың бөліктеріне қарапайым сұрғылтты, шалғынды-сұрғылтты, кейде әлсіз сортаңды, сұрғылтты-шалғынды, батпақты-шалғынды топырақтар біріктірілген, сонымен қатар әлсіз тұздаған топырақтар 30%-ға дейін кездеседі. Мұндағы топырақ топтары аса көп емес қарашірікті (0,73 -2,4% ) қамтиды. Бір метрлік қабаты тұзданбаған, екінші метрде әлсіз тұзданған, анион бойынша тұздық түрі сульфатты, ал катион бойынша – кальцийлі магнийлі.

Аталған топырақтар үшін аймақтық агротехника қажет, яғни күнделікті жерді тегістеу, органикалық-минералдық тыңайтқыштар өндіру, топырақтың

қабыршықтарын болдырмау үшін суғарудан кейін жер бетін қопсытуды қажет етеді. Суғару мөлшері 800 – 900 м<sup>3</sup>/га аралығынан аспауы керек.

16 топтағы жерлер – жақсартудың қажетінсіз иеруге жарамды, топырақтың механикалық құрамы – құмдақты, жеңіл саздақты болып келеді. Бұл топырақ тобына жататындар – қарапайым сұрғылтты, шалғынды – сұрғылтты, аллювиальды – шалғынды, кейін әлсіз сортаңды немесе әлсіз терең тұзданғаны байқалады. Бұл жерлердегі топырақтың органикалық құрамы (қарашірігі 0,6-2,70%) қоры өте төмен. Дәндік дақылдар үшін орташа жылжымалы фосфор мен (2,8 мг - 100 г топыраққа) қамтамасызданады, тамыр жемістілер үшін төмен, көкөністік дақылдар үшін өте төмен.

Бір метрлік қабатта топырақ әлсіз тұзданған, ал екінші метрде (тығыз қалдық – 0,48%), тұздардың түрі 1а топтағыдай. Бұл жердің топырағы аймақтық агротехниканы қолданумен жақсарту шаралардың көмегінсіз суландыру жолымен игеруге болады. Органикалық минералдық тыңайтқыштарды өңдеуді қажет етеді. Әдеттегі тегістеу, жаңбырлатып суғару қолайлы әдістің бірі. Суғару мөлшері 1а – топтағыдай есеппен алынады.

Екінші топтағы жерлер – егістікке жарамды, шаю шараларын қажет етпейді, дегенмен суғарудың тәртібін өзгертіп, үстеме сулармен алмастыруды талап етеді. Топырақтың механикалық құрамы орташа және ауыр саздақты болып келеді. Алатын ауданы 150 га. Бұл топқа шалғынды – сұрғылтты, сұрғылтты – шалғынды, батпақты – шалғынды, әлсіз сор және сортаңқан суғармалы топырақтар бірлестігінен құралады. Топырақтардағы қарашіріктің құрамы 0,5 ден 0,7% аралығында ауытқиды. Жылжымалы фосформен қамтамасыздануы 1,0- нен 3,5 мг 100г топыраққа, калиймен 45-50 мг 100 г топыраққа. Топырағы тұзданбаған, кейбір жерлерде әлсіз тұзданған. Тұзданудың түрі анион бойынша сульфатты, катион бойынша – магнийлі – натрийлі, кальцийлі – магнийлі – натрийлі тұздар кездеседі. Бұл суғармалы жерлер үстемелі суғаруды және суғару мөлшерінен 20-30% артық суды талап етеді. Топырақтың бұл тобы аймақтық агротехниканы талап етеді. Органикалық – минералдық тыңайтқыштар енгізіледі: суғару мөлшерінің шамасы 900- 1000 м<sup>3</sup>/га [2-4].

Үшінші топтағы жерлер, егістік үшін жарамды. Тұзды шаю шараларына 5000-8000 м<sup>3</sup>/га көлемдегі суды талап етеді. Мұндағы аудан – 60 га. Бұл жерлерге сұрғылтты – шалғынды суғармалы, механикалық құрамы орташа және күшті сорлы балшықты және ауыр саздақты топырақтар кіреді. Қарашіріктің құрамы 1,0%-ды құрайды. Жыртылатын қабаттағы жылжымалы фосфордың құрамы 1,0 мг 100 г топыраққа, яғни қамтамасыздығы өте төмен. Жылжымалы калийдің мөлшері жоғары (6,5 мг 100 г топыраққа). Екі метрлік қабаттағы тұздану күшті немесе орташа, тығыз қалдық 0,6-1,35% аралығында өзгереді. Анион бойынша тұздың түрі – сульфатты, ал катионында – магнийлі – натрийды құрайды.

Керіздеу желілері негізінде 5000 -8000 м<sup>3</sup>/га шаю мөлшерін алдын- ала жүргізгенде егістік алқабын игеруге мүмкіндік болады. Суғару кезінде сортаңдану үрдісі болуы мүмкін. Есептік суғару мөлшері 900- 1000 м<sup>3</sup>/га.

Төртінші топқа жерлер, құмдақты техникалық, оның ішінде қант қызылшасы дақылдары үшін жарамсыз, бірақта жемістік дақылдар мен көп жылдық шөптер үшін жарамды. Ауданы 100 га. Бұл топқа кіретіндер суғармалы кәдімгі сұрғылтты, шалғынды – сұрғылтты топырақтар. Топырақ екі метрлік қабатқа дейін тұзданбаған, жыртылатын қабаттағы бардық қарашірік құрамы 0,4%, қоректік заттармен қамтамасыздауы өте төмен.

Топыраққа органикалық минералдық тыңайтқыштар беруді талап етеді. Есептік суғару мөлшері 700-900 м<sup>3</sup>/га. Топырақ сыртқы ортамен тығыз қарым-қатынас жасай алады. Топырақ күн сәулесін, суды сіңіре алады, құрамында әр түрлі микроорганизмдер мен өсімдіктердің тіршілік етуіне қолайлы орта бар. Борпылдақ бөлшектерінің аралықтарына ауа, су орналасатын қуыстар көп.

Топырақтың табиғаттың басқа бөліктерінен ерекше бір ғажап қасиеті бар. Топырақ көптеген микроорганизмдердің, көп клеткалы организмдердің қатысуымен өздігінен тазаланып, қалпына келе алады. Демек организмдердің тіршілік үрдісінде органикалық заттар, қи, өсімдіктердің қалдықтары мен жан-жануарлардың өліктері ыдырап минерал тұздарын, су, көмірқышқыл газы түзіледі. Бұл заттарды өсімдіктер пайдаланады. Мұнымен бірге, топырақта қарашірік жасалып, топырақ тыңаяды. Топырақтың жаңа қабаты түзіледі. Топырақтың түзілуі көп уақытқа созылатын күрделі үрдіс. Адамның әрекеті топырақта құнарлы қарашіріктің жинақталуын өзгертеді. Оған ғылыми әрекет жасаса адам құнарлы қабатты көбейте алады, ал жауапсыздықпен қарайтын болса, керісінше, топырақ құнарлылығын төмендетіп немесе түгелдей жойып жібереді. Ғалымдардың үлкен тобы республиканың әр аймағында топырақты ғылыми негізде пайдалануды зерттеп, ұсыныстар даярлады. Жер комплексті түрде тиімді пайдалану жұмысын ұйымдастыру, агротехникалық агромегиоративтік және гидротехникалық шаралар біріктірілген [4-6].

Шалғынды сортаң топырақтың тұзданбаған топырақтан айырмашылығы төменгі жағында жеңіл еритін тұздардың болуында. Беткі тұзды жиек 50-100 см тереңдікте орналасқан.

Сортаң топырақтың шығу тегі топырақтың ортаңғы бөлігі жағынан қарағанда жер асты суларының көтерілетін капиллярлы ылғалды тоқтарынан тұздардың ұмытылуына негізделген және шоғырланған сумен кезекті терең жуылу. Тұздарды бұдан терең жуылуы, жер асты суының бірқалыпты деңгейде болуына байланысты жүрмейді.

Тұздардың құрамына қарай бөлінген топырақтар әлсіз сортаңды. Оларға тұздың аз мөлшері тән, бүтіндей, тұздың құрамы: қабаттағы жиынтық нәтиже 50-100 см, 0,34-0,28 аралығында ауытқиды, тұздардың қосындысы 0,03-0,09%-ға. Жалпы тұз жинағы бір метрлік қалыңдықта 5,9-12,5 т/га-ды құрайды. Жоғарғы метрлік қалыңдықта ең көп таралған тұзданудың түрлері соданың қатысуымен сульфатты-гидрокарбонатты және сульфатты-натрийлік кальцилі-натрийлік.

Шалғынды сортаң топырақтың өзіне тән 0-30 см қабатында тез еритін тұздары болатын белгілері болады. Минералданған жер асты суларының жақын тереңдікте болу жағдайында қалыптасқан. Шалғынды топырақтар үшін өзара байланысқа сәйкес және орташа сортаңдарда жер асты суларының тереңдігі 1,9 м және минералдылығы 3-7 г/л, күшті сортаңдар үшін 1,7 м және минералдылығы 8,4 г/л. Шалғынды сор топырақтар өзара беткі тұзды жиекте болатын тез еритін тұздардың мөлшеріне байланысты ажыратылады.

Шалғынды әлсіз сор топырақтар шалғынды топырақ арасында тұздалған сол сияқты тұзданбаған топырақтарда кеңінен таралған. Бұл топырақтар үшін 0-30 см қабаттағы жиынтық нәтиже 0,42-0,73, сульфатті-гидрокарбонатты-кальций-натрийлік және сода-сульфатты-гидрокарбонатты-натрийлік тұздану типтерінде тұздардың жиыны 0,08-0,14% құрайды [6-7].

Республиканың көп жерін шөл және шөлейт жерлер алып жатыр. Ол жерлерде шамадан тыс мал жайып, техникалардың кең қоданылуы

өсімдіктердің жойылуына әкелуде. Беті ашық қалып, бекімеген топырақтар желмен ұшып, құрамның қозғалысын көбейтті. Бұл қауіптен қорғаудың бірден-бір жолы мал жайылатын жерлерге қорғаныс тоғайлар өсіріп, мал жаюды оқшаулау.

Республика бойынша егістік жердің жартысынан көбі шөл-шөлейтті жерлер екенін айттық, сондықтан бұл аудандарда жердің су алмасуын жақсартпаса, ауыл шаруашылық дақылдарынан жоғары өнім алу мүмкін емес. Барлық егістіктен алынатын ақшалай табыстың 27% осы суғармалы егіс береді. Сондықтан суармалы жерді қорғап, тиімді пайдалануды шаруашылықтардың әр мүшесі естен шығармауы тиіс. Республикада суғармалы жерлерді тиімді пайдалануда үлгі ететін алдыңғы қатарлы шаруашылықтар бар.

Жердің жарамсызданып, тозуы топырақ үшін өте қауіпті және жыл сайын ұлғайтып келе жатқан құбылыс. Топырақтың тозуының үш түрі бар: жел, су, техникалық және ирригациялық (сулық) тозулар. Тегіс емес қыратты жерлерде жауын сулары топырақты жуып кетеді. Ал, тегіс жерлерде топырақтың сыртқы құнарлы қабатының жуылып кетуі үшін жердің 1-2 градус егістігінің өзі жеткілікті. Суармалы жерлер үшін бірден-бір қауіпті құбылыс сортаңдану мен сор тарту. Сортаңдану үрдісі көбінесе, ауа райы ыстық, жаңбыр аз жауатын аймақтарда болады. Жер асты суы жақын орналасқан жағдайда топырақта қалып қояды. Мінеки, осыдан кейін тұздар көп мөлшерде жиналады.

Топырақ сыртқы ортамен тығыз қарым-қатынас жасай алады. Топырақ күн сәулесін, суды сіңіре алады. Құрамында әр түрлі микроорганизмдер мен өсімдіктердің тіршілік етуіне қолайлы орта бар. Борпылдақ бөлшектерінің аралықтарында ауа, су орналасатын қуыстар көп. Топырақ көптеген микроорганизмдердің, көп клеткалы организмдердің қатысуымен өздігінен тазаланып, қалпына келе алады. Демек, организмдердің тіршілік ету үрдісіне байланысты жүреді.

Суғармалы жер үшін бір қауіпті құбылыс – тұздану. Әдетте топырақтың құрамында әр түрлі тұздар болады. Топырақта төмендегідей көмірқышқыл тұздары көбірек кездеседі: көмірқышқыл натрий- $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , көмірқышқыл магний- $\text{MgCO}_3$ , көмірқышқыл кальций- $\text{CaCO}_3$  және  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ , т.б. Мұндай тұздардың ішінде әк ( $\text{CaCO}_3$ ), әктас ( $\text{Ca SO}_4$ ) топырақ үшін зиянсыз. Ал, қалған тұздар өсімдіктерге азды-көпті зиянды болып келеді. Ең зияндысы натрий тұздары. Ол топырақтың құрамын өзгертіп, құнарлығын төмендетеді. Топырақтың сортаңдануы көбіне ауа райы ыстық, жаңбыр аз жауатын жерлерде болады.

Дәл қазіргі белгілі бір ландшафты терең зерттеп, ондағы топырақтың эволюциялық құрылымына қарап, арнайы методологиялық ой-пікір алу немесе аймақтардың – ауа райын, жердің геоморфологиясына, географилық орналасуы мен шаруашылық жағдайларына, топырақтың сапалылығына (бонитетіне) толық сипаттама беруді қажет етеді. Дегенмен, отандық және шетел ғалымдарының зерттеулерімен көпжылдық зерттелген өндірістік және зертханалық өңделген тұзданған және суғармалы жерлерде жүргізілген ғалымдардың тәжірибелеріне негізделіп (В.И. Вернадский, В.В. Докучаев, В.М. Боровский, Ж.У. Аханов, Е.У. Жамалбеков және т.б.) топырақтың экологиялық күйін өнім алу үшін қалай жақсартуға болатынын қарастырылған. Табиғатта кездесетін аймақтардың қай-қайсысы болмасын, әсіресе, қуаңшылық аймақтардағы топырақтың түрімен, оның ауыспалы

егістік талабындағы құрылымы – қолданылған мелиорациялық шаралардың тиімділігіне тікелей байланысты [2, 5-7].

Ауыл шаруашылық дақылдарынан тұрақты да жоғары өнім алу үшін, сол өсімдік түрлерінің дұрыс өсуі мен дамуы үшін топырақтан алатын нәрдің (ылғалдың) экологиялық тиімділігі бірдей емес. Олай дейтініміз – дәнді және тамыр тұқымдастар үшін тиімді ылғалдылық 55-70%, техникалық дақылдар (капуста, картоп) – 60-75%, ал көп жылдық шөптер – 65-80% егіс құрайды. Осы көрсетілген бағытта мелиоративтік жүйедегі экологиялық қауіпсіздік баламасының мазмұнына көңіл бөлу қажет. Бұл мәселені нақты талдай білсек, онда суғармалы жерлердің экологиялық-мелиоративтік күйі, экологиялық жүйені қалыптастыру тәртібінің егіншілік жүйемен сәйкес болып және оған қажетті көрсеткіштерді дұрыс таңдап жүргізуге тікелей байланыстылығын білеміз. Бұл үшін табиғатта бар үрдістерді толық қамтып, оның бағытын, алатын орнын, нақты мәліметтерге сүйеніп негіздеуіміз керек.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Сейітқазиев, Ә.С. Тұзданған жерлердің ластануын болдырмаудың экологиялық тиімді шаралары [Мәтін] / Ә.С. Сейітқазиев // Изденис-поиск. – 2008. – №2. – Б.105-110.
2. Seitkaziyeu Adeubai, Asanov Amankait, Shilibek Kenzhegali, Hoganov Nietbai. Saline Land Ecological Assessment in Gray-Meadow Soils Environment. *World Applied Science Journal*, 26(9):1234-1238, 2013.
3. Сейтқазиев, А.С. Механизм опреснения почв [Текст] / А.С. Сейтқазиев, И.И. Ортықов // Межвузов. сб. научн. трудов. – 2002. – С.68-72.
4. Seitkaziyeu Adeubai, Shilibek Kenzhegali, Salybaiev Satipalde, Seitkaziyeu Karlygash. The Research of the Ground Water Supply Process on Irrigated Soils at Various Flushing Technologies. *World Applied Science Journal*, 26(9):1168-1173, 2013.
5. Сейтқазиев А.С., Тайчибеков А., Сейтқазиева К.А. Methods of Salt and Alkaline Soils Improvement in Zhambylsk Region. *European Researcher*, 2013, Vol. (64), №12-1, pp.2768-2773.
6. Сейтқазиев, А.С. Экологическая оценка мелиоративного режима засоленных почв на орошаемых геосистемах [Текст] / А.С. Сейтқазиев, Ю.И. Винокуров, Л.А. Алжанова // Международн. науч. журнал «Мир науки, культуры, образования». – 2010. – №1 (20). – С. 100-102.
7. Сейтқазиев, А.С. Моделирование водно-солевого и теплового режимов деградированных почв [Текст] / А.С. Сейтқазиев, К.М. Музбаева, С.Ж. Салыбаев. – Тараз, 2011. – 356 с.

Материал редакцияға 25.12.14 түсті.

**А.С. Сейтқазиев, К.К. Шилибек, Р.Т. Турекельдиева,  
К.А. Сейтқазиева, С.Б. Ыбыраева**

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

**ОЦЕНКА ОБРАЗОВАНИЯ СТЕПНЫХ СЕРОЗЕМНЫХ  
ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЛИОРАТИВНО-  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ**

На основе данных по почвенно-экологическим условиям сероземно-луговых засоленных и солонцовых почв, для эффективного использования водных ресурсов в орошаемых зонах разработаны методы улучшения эколого-мелиоративных мероприятий на фоне глубокого рыхления, а также установлены оптимальные нормы промывки исследуемого участка.

**Ключевые слова:** геохимия, геосистема, гидрохимия, фитомелиорация, глубокое рыхление, водные ресурсы, нормы промывки.

**A.S. Seitkaziev, K.K. Shilibek, R.T. Turekeldieva,  
K.A. Seitkazieva, S.B. Ibrarva**

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

### **EVALUATION OF FORMATION OF STEPPE HYDROMORPHIC GRAY SOILS USING MELIORATION-ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY**

On the basis of data on soil and environmental conditions of sierozem-meadow-saline soils, for efficient use of water in irrigated areas has developed methods to improve ecological-reclamation measures on the background of subsoiling and abandoned the optimal rule flushing of the plot.

**Keywords:** geochemistry, geosystem, hydrochemistry, fitomelioration, deep loosening, water resources, norms of washing.

УДК 574, 3:631.4

**А.С. Сейтказиев<sup>1</sup>, А.И. Мусаев<sup>1</sup>, К.К. Шилибек<sup>2</sup>, К.А. Сейтказиева<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Д-р техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>4</sup>Магистр  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, РК*

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕСНЕНИЯ И ПРОЦЕССОВ МИГРАЦИИ СОЛЕЙ В ПОЧВЕ**

Для повышения эффективности промывки, а также экономии поливной воды необходимо исследовать механизм рассоления почвы при их промывании. В данной работе предлагается метод расчета скорости и степени опреснения почв на основе анализа движения частиц соли. При этом основным расчетным элементом является скорость и дальность пробега частицы соли в растворе. Данный метод позволяет обосновать и определить технологию тактовых промывок засоленных почв.

**Ключевые слова:** почва, соли, миграция солей в почве, опреснение, экология, промывка, поливная вода, рассоление, засоленные почвы.

Наибольший интерес представляет выявление аналогий в процессах миграции солей в почве и детально изученных явлений в фундаментальных науках. Для выводов по аналогии важно установить связь механизма явления с особенностями его протекания. Заключение могут следовать от общности течения процесса, и, наоборот, от общности хода процесса к общности

механизмов. Более частый случай, когда удастся выявить аналогию в характере процессов, механизмы явлений остаются непознанными.

В физике детально исследован процесс радиоактивного распада. Сущность его заключается в том, что количество атомов  $dA$ , распадающихся за время  $dt$ , пропорционально числу атомов  $A$  и величине промежутка времени [1-3].

После интегрирования имеет закон радиоактивного превращения.

$$A = A_0 \cdot e^{-p \cdot t}, \quad (1)$$

где:  $A_0$  – количество нераспавшихся атомов в начале процесса;  $A$  – количество нераспавшихся атомов в момент времени,  $t$ ;  $p$  – вероятность распада одного атома в единицу времени – постоянная распада.

Убыль числа радиоактивных атомов  $A_e$  определяют из выражения

$$A_e = A_0 - A = A_0 (1 - e^{-p \cdot t}) \quad (2)$$

В физике вычисляют также время, за которое распадается половина первоначального количества атомов – период полураспада  $T$ ,

$$T = \frac{\ln 2}{p}, \quad (3)$$

Непосредственным результатом этого факта является возможность применения уравнений вида (2) и (3) при решении различных задач в мелиорации. Многие физические явления, важные для науки и техники, характеризуются взаимодействием частиц в виде столкновений. Сталкивающимися частицами могут быть самые различные тела: от элементарных частиц до тел, имеющих внутреннюю структуру. Основными понятиями теории столкновения являются: сечение, мишень, частица-снаряд и др.

Некоторые выводы теории столкновений и закономерность опреснения почвы по глубине также описываются одинаковыми уравнениями. Покажем это. Если поправить поток частиц-снарядов на мишень, представляющую слой некоторого вещества малой толщины  $dx$ , то в результате взаимодействия с частицами мишени некоторые, либо вообще исчезнут. Относительное изменение плотности потока частиц – снарядов составляет [2-4]:

$$-\frac{dI}{I} = \delta n dx$$

Интегрированием получают такую зависимость:

$$I = I_0 e^{-\mu \cdot x}, \quad (4)$$

где:  $I_0$  – плотность потока частиц-снарядов при  $x=0$ ;  $I$  – плотность потока частиц, проникших на глубину  $x$ ;  $\mu = \delta n$ ,  $n$  – плотность частиц вещества

мишени;  $\delta$  – эффективное сечение, характеризующее вероятность взаимодействия частиц.

Закономерности, описываемые уравнениями (1) и (4), аналогичны. В данном случае имеет место сходство не только кинетики сравниваемых процессов, но и, в определенной степени, механизма явлений.

Из других физических процессов, закономерность которых описывается уравнениями вида (1) и (4), можно назвать закон Бургера, характеризующий поглощение света, закономерность затухания силы звука, закономерность затухающих колебаний, барометрическую формулу.

Имеется аналогия и с некоторыми важнейшими явлениями, рассматриваемыми в химии. Прежде всего можно допустить, что химическая реакция и опреснение промываемой почвы имеют много общих черт. Действительно, со статической точки зрения, как реакция, так и опресненные почвы, протекают одновременно в сторону равновесия и в противоположном направлении. Многие химические реакции также состоят из совокупности нескольких стадий.

Опреснение почвы можно рассматривать как бы реакцию взаимодействия некоторых молекул промывной воды адсорбированных ионов, в результате которого последние переходят в почвенный раствор. Реакция заключается, таким образом, в переходе частицы в раствор и последующей вынос ее из заданного слоя почвы. Скорость протекания сравниваемых процессов определяется концентрацией веществ. Указанное взаимодействие осуществляется путем столкновений, часть которых приводят к реакции.

Скорость мономолекулярной реакции описывают уравнением [3-4]:

$$\frac{dx}{dt} = \kappa(a - x)$$

где:  $a$  – количество молей веществ в начальный момент времени;  $x$  – число молей прореагировавшего вещества к моменту,  $t$ ;  $\kappa$  – константа скорости химической реакции.

Из этого уравнения легко определить количество непрореагировавшего вещества к моменту времени  $t$

$$a - x = ae^{-\kappa t}, \quad (5)$$

Или количество вещества, вступившего в реакцию:

$$x = a(1 - e^{-\kappa t}), \quad (6)$$

Однотипность уравнений (5) и (1) очевидна. Рассматриваемые аналогии в данном случае более широкие. Совпадают не только кинетические уравнения, но и механизм явлений. В частности, обратимость реакции подобна актам сорбции-десорбции частиц, имеющим место при промывке почвы. Скорость процесса и в том и в другом случае определяется числом соударений с энергией, не меньшей энергии активации. Количество их можно вычислить по уравнению Аррениуса [5-7]:

$$K = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (7)$$

где:  $K$  – константа скорости реакции;  $A$  – коэффициент, учитывающий число соударений и др. факторы;  $E_a$  – энергия активации;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – температура.

Применяя уравнение Фоккера-Планка в физической химии, определяют скорость перехода  $j$  частиц через барьер  $Q$  [7]

$$j = \frac{a\epsilon B}{2\pi} e^{-\frac{Q}{kT}}, \quad (8)$$

где:  $B$  – подвижность частицы;  $a$  и  $\epsilon$  – ширина потенциальной ямы и барьера.

Зависимость числа  $n$ , находящихся в потенциальной яме, от времени  $t$ , описывается уравнением:

$$n = n_0 e^{-jt}, \quad (9)$$

где,  $n_0$  – исходное число частиц в яме.

Эти уравнения аналогичны выше рассмотренным, и они характеризуют физическую сущность процесса.

В химической технологии для оценки неравномерности потока, обусловленной многим причинами, применяют специальные функции распределения, которые отражают однозначное соответствие положения частицы потока и некоторого характерного для нее промежутка времени [7]. Эти функции рассматривают как вероятности. Например, некоторую функцию  $F(\tau)$  называют вероятностью пребывания частицы в аппарате время, не более  $\tau$ , а дополняющая  $F^+(\tau)$  есть вероятность пребывания в течение времени, превышающего  $\tau$ .

Функция плотности вероятности  $f(\tau)$  получается так:

$$f(\tau) = \frac{dF(\tau)}{d\tau} = -\frac{dF^+(\tau)}{d\tau}, \quad (10)$$

Так как перечисленные функции характеризуют распределение времени пребывания на выходе из системы, ее называют внешней функцией распределения и обозначают  $E(\tau)$ .

Аналогично, для характеристики частиц, пребывающих внутри системы, применяют понятие возраст частиц. Функцию распределения частиц системы по возрастам определяют как долю частиц системы, возраст которых на конкретный момент времени  $\tau^*$  равен моложе  $\tau$ . Такая функция называется внутренней функцией распределения частиц по возрастам и обозначается  $J(\tau)$ .

Если рассматривать перемещение в орошаемой отдельных ионов (или молекул, или атомов) – далее будем называть их «частицами», – то движение их будет крайне неупорядоченным в силу причин, описанных выше. Внешне оно сходно с броуновским движением. Но если проследить за большим

количеством частиц, то их совокупность начинает обнаруживать определенные закономерности.

Этого факта достаточно для вывода формулы, характеризующей процесс опреснения почвы при промывке. Экспериментальную закономерность математически можно представить так:

$$\frac{dS}{SdN} = const, \quad (11)$$

Если скорость фильтрации при промывке равна  $V$ , и она не изменяется во времени, то имеет место равенство:

$$dN = V \cdot dt, \quad (12)$$

Последнее соотношение позволяет оперировать на объемами воды  $dN$ , а пропорциональными им величинами интервалов времени  $dt$ . Такая замена позволяет перейти от факторного анализа явления к процессному. Следовательно, экспериментальную закономерность можно записать и так:

$$\frac{dS}{Sdt} = \frac{d(\ln S)}{dt} = const, \quad (13)$$

Интересно отметить, что А.И.Перельманом [7-8] еще в 1940 г. была предложена такая зависимость для характеристики  $P_x$  – интенсивности миграции элемента «х»;

$$P_x = \frac{1}{B_x} \cdot \frac{dB_x}{dt}, \quad (14)$$

где:  $B_x$  – общее количество атомов в элементе;  $dB_x$  – количество атомов, перешедшее в подвижное состояние за время  $dt$ .

Аналогия двух последних формул, позволяет считать рассматриваемую закономерность не только соответствующей действительности, но и имеющей общий характер в природе. Таким образом, в геохимии постоянную в уравнении (14) называют «интенсивностью миграции». По-видимому, более правильным было бы название коэффициента интенсивности миграции.

Интегрирование уравнения (13) при условиях  $t = 0, S = S_0$  приводит в такому решению:

$$S = S_0 e^{-pt} \quad (15)$$

где  $P$  – обозначена константы в уравнении (13).

Следовательно, обобщение экспериментальных данных вновь приводит к рассмотренному выше результату, что свидетельствует о правильности анализа явления. Полученная однопараметрическая модель промывки позволяет прогнозировать степень опреснения почвы во времени (или по тахтам промывки) вычислять соответствующие затраты воды на промывку. Основным параметр – ее постоянную  $p$  – можно называть коэффициентом скорости опреснения, и определять экспериментально.

Рассмотрение закономерности опреснения почвы во времени (13) позволяют сделать следующую интерпретацию механизма опреснения почвы. Удаление солей происходит не простым вытеснением почвенного раствора промывной водой, а путем осуществления нескольких стадий. В общем случае к ним относятся: диффузионное перемещение частицы (иона, молекулы) из внутреннего объема почвенного агрегата к его поверхности, расположение частицы в активном центре агрегата, соударение частицы с молекулой воды, обладающей высокой энергией, отрыв частицы от агрегата, транспортирование ее на определенное расстояние. Совокупность перечисленных стадий составляет механизм рассоления почвы. Закономерности опреснения почвы неразрывно связаны с механизмом рассоления при решении уравнения конвективной диффузии. Получающиеся решения отличаются простотой и доступностью для широкого круга специалистов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сейітқазиев, Ә.С. Суғармалы геозкожүйедегі тұзданған топырақтың сұтұз алмасуы [Мәтін] / Ә.С. Сейітқазиев. – Тараз, 2010. – 294 б.
2. Айдаров, И.П. Регулирование водно-солевого и питательного режимов орошаемых земель [Текст] / И.П. Айдаров. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.
3. Сейтказиев, А.С. Моделирование водно-солевого режима почв на засоленных землях [Текст] / А.С. Сейтказиев, К.Л. Буданцев // Межвузов. сб. научн. трудов. – 2002. – С.72-79.
4. Файбишенко, Б.А. Закономерности и модели водной миграции ионов в почвах аридной и семиаридных областей [Текст]: автореферат дисс... доктора биологических наук / Б.А. Файбишенко. – М., 1987. – 32 с.
5. Волобуев, В.Р. Расчет промывки засоленных почв [Текст] / В.Р. Волобуев. – М., 1975. – 71 с.
6. Пачепский, Я.А. К проблеме прогноза динамики влаги и солей в почвах и грунтах орошаемых территорий [Текст] / Я.А. Пачепский, Л.Б. Пачепская, Е.В. Мироненко // Имитационное моделирование и экология. – 1990. – С. 51-59.
7. Эмануэль, Н.М. Курс химической кинетики [Текст] / Н.М. Эмануэль, Д.Г. Кнорре. – М., 1974. – 400 с.
8. Seitkazyev Adeubai, Asanov Amankait, Shilibek Kenzhegali, Hoganov Nietbai. Saline Land Ecological Assessment in Gray-Meadow Soils Environment. *World Applied Science Journal* 26(9):1234-1238, 2013.
9. Сейтказиева К.А. Статистические закономерности миграции солей в почве [Текст] / К.А. Сейтказиева, М.Ж. Оракбаева, М.С. Асилова // Республиканской научно-практ. конф. магистрантов, 2013. – С.158-162.

*Материал поступил в редакцию 23.12.14.*

**А.С. Сейтказиев, А.И. Мусаев, К.К. Шилибек, К.А. Сейтказиева**

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

**ТОПЫРАҚТЫ ТҰЩЫТУДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ  
ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ ЖӘНЕ ОНДАҒЫ ТҰЗДАРДЫҢ КӨШУ ҮРДСІ**

Шаюдың тиімділігін арттыру үшін, сондай-ақ суғаратын су шығынын үнемдеу үшін топырақты шаю кезіндегі тұссыздандыру механизмін зерттеу қажет. Аталған жұмыста тұз бөлшектерінің қозғалысын талдау негізінде топырақтарды тұщытудың жылдамдығы мен дәрежесін есептеу әдісі келтірілген. Бұл ретте негізгі есептік элемент ерітіндідегі тұз бөлшектерінің жылдамдығы мен жүру жолының ұзақтығы болып табылады. Аталған әдіс тұзданған топырақтардың тактық шаюларының технологиясын негіздеуге және таңдауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** топырақ, топырақтағы тұздардың көшуі, тұщыту, экология, шаю, суғаратын су, тұзданған топырақтар, тұссыздандыру.

**A.S. Seitkaziev, A.I. Musaev, K.K. Shilibek, K.A. Seitkazieva**

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

### **ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY OF DESALINATION SOIL AND SALTS MIGRATION PROCESSES IN THE SOIL**

To improve the washing efficiency, and economy of water for irrigation is necessary to investigate the mechanism when the soil desalination washing. In this paper, we propose a method of calculating the rate and extent of soil desalination based on analysis of the motion of particles of salt. Thus the basic element is calculated speed and distance in the particle range of salt solution. This method makes it possible to justify and define the technology clock leaching of saline soils.

**Keywords:** soil, salt, migration of salts in the soil, desalination, ecology, flushing, irrigation water, saline soils.

---

## МЕЛИОРАЦИЯ

---

УДК 631.587.633

**Н.Н. Хожанов<sup>1</sup>, К.А. Естаев<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Канд. с.-х. наук, доцент, <sup>2</sup>Канд. с.-х. наук

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

**ТЕХНОЛОГИЯ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ  
СТОЧНЫМИ ВОДАМИ**

Представлены результаты исследования сточных вод г. Алматы в целях использования для орошения кормовых культур и оценка качества воды и почвы.

**Ключевые слова:** расчетный слой, режим орошения, наименьшая влагоемкость почвы, влажность воздуха, корневая система, иссушение почвенного горизонта, сточные воды, ПДК, кормовые культуры, качество воды и почвы, органогез растений, загрязнения воды и почвы.

В настоящее время дефицит водных ресурсов нацеливает на поиски источников, восполняющих недостаток влагозапасов в почвогрунтах. Одним из источников, пригодных для орошения сельскохозяйственных культур и древесных насаждений, являются подготовленные до нормативных требований сточные воды городов и промышленных предприятий. Сточные воды должны отвечать требованиям предельно-допустимой концентрации (ПДК) веществ для оросительной воды.

В решении проблем загрязнения водных ресурсов Или-Балхашского бассейна большая роль отводится разработке целенаправленного использования их на земледельческих полях орошения в современных социально-экономических условиях. Это вызывает необходимость проведения исследований по целенаправленному и эффективному использованию сточных вод г. Алматы в производстве кормовых культур, получение экологически чистой продукции, направленных на повышение плодородия почв, обеспечивающие высокую эффективность земледельческих полей орошения.

Объектом исследований является сточные воды г. Алматы, кормовые культуры, почвы и грунтовые воды. Для оценки качества почвогрунтов, грунтовой воды и биохимического состава растений в лабораторных условиях определялись (N, P, K), а также тяжелые металлы (Zn, Cu, Fe, Ca, Cr, Pb и др.) в соответствии ГОСТом, инструкциям Гостандарта, методиками технического контроля работы очистных сооружений.

По данным метеостанций Айдарлы, Аксенгер, которые наиболее характеризуют климат объекта исследований, поверхность почвы в среднем прогревается до 21-23°C, а в июне, августе – до 25-30°C. Скорость ветра свыше 15 м/с составляет 20 дней в году, с пыльной бурей – 8 дней. Среднегодовая сумма осадков 212-255 мм, из них в вегетационный период около 140-150 мм.

Как отмечают многие исследователи [1-3] при изучении режима орошения кормовых культур наибольшую значимость представляет знание их биологической особенности к водному режиму в течение вегетации в различных этапах органогенеза. Так, например, в первый период развития суданская трава от всходов до образования 7 листа имеет слабый рост в высоту. Водопотребление в указанный период, обуславливается за счет влагозарядковых поливов и зимне-весенних осадков.

В мелиоративной практике вопросы рационального использования поливной воды во все времена системы земледелия была и остается главной. Тем не менее, в последние годы в силу дефицита поливной воды, а также антропогенного опустынивания огромных территорий в орошаемой зоне возникают проблемы связанные с пересмотрами некоторых теоретических аспектов мелиорации земель. Как известно, поливные и оросительные нормы сельскохозяйственных культур рассчитывались экспериментально по данным полевых опытов, где во главе угла стоит расчетный слой почвы по культурам и фенологическим фазам. Так, по данным СНиП 2.06.03-85 «Мелиоративные системы и сооружения», глубина расчетного слоя почвы по культурам и фенологическим фазам колеблется в пределах 50-80 см.

По результатам многочисленных исследований [4-7] в орошаемой зоне оптимальной предполивной влажностью почвы является 70-80%. В орошаемой зоне обычно при поливах в зависимости от культуры и фазы развития растений придерживаются наименьшую влажность от 60 до 80%. Влажность почвы перед поливами не зависимо от гранулометрического состава почвы колеблется в пределах 16-24%, а относительная влажность воздуха от начала до конца поливного периода находится в интервале 25-60%. Отсюда, как свидетельствуют наши теоретические предположения с увеличением глубины расчетного слоя от 50 до 100 см, пропорционально увеличивается зона иссушения почвогрунта. Так, при глубине 50 см в зависимости от НВ, данная зона колеблется в пределах 2-6 см, когда при 100 см глубине – она составляет 42-48 см. Поэтому исходя из вышеизложенного мы считаем целесообразным глубину расчетного слоя почвы принимать в пределах 50-60 см (рис. 1). При этом, как следует из данных многолетних исследований при бороздковых поливах в начальный период развития сельскохозяйственных культур межполивной период несколько укорачивается и составляет порядка 6-8 дней. Для того чтобы удлинить эти сроки следует предпринять дополнительные меры по затенению дневной поверхности почвы.

Иссушение корнеобитаемой зоны приводит к разрыву корневых волосок, что способствуют замедлению роста и развития сельскохозяйственных культур. Кроме того, в силу иссушения затрудняется доступ питательных веществ, а также чрезмерное нагревание почвы сдерживают перехода соответствующих фаз развития растений. Поэтому снижение глубины иссушения расчетного слоя появы на наш взгляд позволять несколько смягчить ситуацию и стабилизировать урожайность возделываемых культур.

В современных условиях, когда в корне изменились внешние и внутренние факторы жизнедеятельности мелиоративных и агрономических явлений, вопросы режима орошения должна базироваться на процессах оптимизации поливной воды. В этом плане рекомендуемый расчетный слой позволять усилению развития корневой системы и тем самым качественно повысить производительность возделываемой культуры.

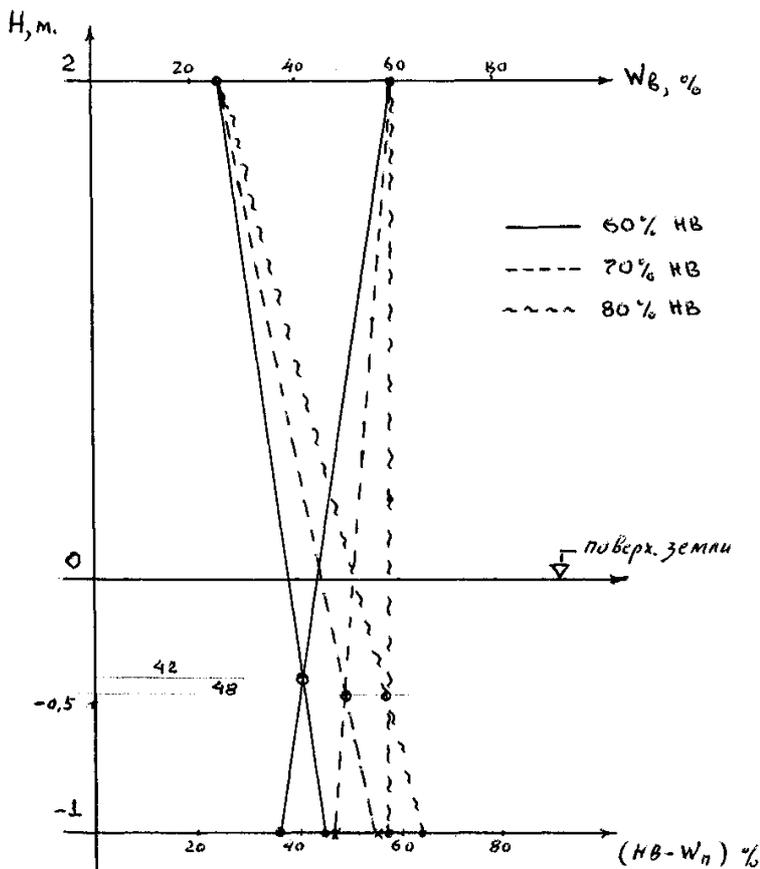


Рис. 1. Графо - аналитический метод определения расчетного слоя почвы

Общеизвестно, что поливная норма сельскохозяйственных культур рассчитываются по формуле А.Н. Костякова [5].

$$M=H(A-r) \quad (1)$$

где:  $H$  – мощность активного слоя почвы, см;  $A$  и  $r$  – соответственно верхний и нижний пределы оптимального увлажнения активного слоя, %. За верхний предел увлажнения принимается наименьшая влагоемкость почвы, за нижний предел – влажность разрыва капилляров, равной примерно 0,7 НВ.

Согласно уравнению (1) для количественной оценки поливной нормы необходимо располагать информацией о мощности активного слоя почвы и наименьшей влагоемкости почвы. Мощность активного слоя почвы  $h$  является объективным показателем, характеризующим развитие хлопчатника в процессе вегетации, и по данным [8-10], достигает 100 см или даже 140 см [11] в активные фазы вегетации. Для глубин УГВ до 1 м [12] рекомендует рассчитывать поливную норму исходя из увлажнения слоя почвы 40-50 см, но если УГВ залегает на глубине 1-2 и 2-3 м, то  $h$  соответственно равно 70-80 и 80-100 см. Аналогичный ход изменения  $h$  под влиянием глубины УГВ приводят [13], но данные этих авторов на 20-40 см ниже рекомендуемых Б.В.Федоровым для глубин 1-2 и 2-3 м.

Как свидетельствует Л.Н. Побережский [14], при прочих равных условиях мощность активного слоя почвы является функцией времени и глубины стояния УГВ. Такая зависимость обобщает данные перечисленных

выше авторов, а также результаты, полученные на наших опытных участках. Согласно этого, влияние глубины УГВ на  $h$  прогрессивно увеличивается от начала вегетации к концу. В уравнении (1) величина  $W_{нв}$  является константной, хотя и условной, для почвы данного механического состава, и потому размер поливной нормы целиком определяет  $h$ , величина которого в 5-гидромодульном районе (глубина УГВ 2-3 м) к концу бутанизации, в цветение и к началу созревания хлопчатника равна соответственно 45, 70 и 80 см.

Учитывая вышесказанное, Петинов Н.С. и Гильдиев С.А. рекомендуют увеличивать вычисленные по влажности почвы поливные нормы и в начале вегетации при минимальных значениях  $h$  [12] и в последующие фазы, полагая  $h = 120-150$  см независимо от глубины преимущественного распространения корней [13]. По мнению В.Р. Шредера [15], поливная норма, установленная по наименьшей влагоемкости, должна быть увеличена в 1,5-2,0 раза для того, чтобы обеспечить увлажнение почвы на заданную глубину.

В соответствии с требованиями экологической чистоты алгоритм расчета режима орошения и назначения технологии поверхностного полива состоит из условия без эрозионного полива, оптимальных величин поливной струи и поливных норм, которые соответствуют влагоемкости расчетного слоя почвы и оптимальной предполивной влажности. Поливная норма была разработана из условий недопущения поливной эрозии, разрушения структуры почвы и глубины увлажнения физиологически активной массы корневой системы растений (0-70 см). Поливная норма, установленная для почвенных условий Сорбулака при 70%НВ, составила в среднем  $700 \text{ м}^3/\text{га}$ . В дальнейшем в зависимости от сложившихся метеоусловий режим орошения корректировался по пятидневкам по данным метеостанции. Режим орошения суданской травы за исследуемые годы представлены в таблице 1.

Таблица 1

Режим орошения суданской травы

Годы	Число поливов,	Поливная норма, $\text{м}^3/\text{га}$	Оросительная норма, $\text{м}^3/\text{га}$	Межполивной период, дни	Урожайность, ц/га
1999	8	637	5100	9-16	42
2000	7	685	4800	9-15	62
2001	8	681	5450	9-16	55

В суммарном водопотреблении поливы составляют 80%, осадки – 16%, а почвенная влага – 4,0%.

Оценка мелиоративного качества сточных вод за годы исследований свидетельствуют, что минерализация находилась в пределах 0,354-1,968 г/л. При этом наибольшая минерализация наблюдалось в период наполнения. В период орошения сельскохозяйственных культур после механической и биологической очистки минерализация сточных вод не превышало 0,6 г/л.

Исследованиями выявлены, что оптимальный режим орошения обеспечивает наивысшие темпы роста суданской травы. Так, среднесуточный прирост за два месяца (от фазы выметывания до конца цветения) составил в среднем 3,3 см. Урожай зеленой массы в среднем за три года колебались в пределах 58,6 т/га.

Сточные воды г. Алматы обогащенные макро- и микроэлементами и органическими веществами, способствовали повышению плодородия почв.

При оросительной норме 5 тыс. м<sup>3</sup>/га привнос только основных элементов питания составил: азота – 51,6, фосфора – 14,7 и калия – 61,8 кг/га.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асанов, К.А. Пастбищное хозяйство Казахстана [Текст] / К.А. Асанов, Б.П. Шах, И.И. Алимаев, С.Н. Прянишников. – Алма-Ата: Ғылым, 1992. – 51 с.
2. Петрунин, В.М. Поливной режим кукурузы в условиях юго-востока Казахстана [Текст]: автореферат канд. дисс... с/х наук / Петрунин В.М. – Алма-Ата, 1963. – 28 с.
3. Лукашев, А.А. Сорго в Казахстане [Текст] / А.А. Лукашев. – Алма-Ата, 1960. – 9 с.
4. СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения (приложение-5).
5. Костяков, А.Н. Основы мелиорации [Текст] / А.Н. Костяков. М.: Сельхозгиз., 1951. – 750 с.
6. Муминов, Ф.А. Тепловой баланс и формирование урожая хлопчатника [Текст] / Ф.А. Муминов. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 247 с.
7. Еременко, В.Е. Режим орошения и техника полива хлопчатника [Текст] / В.Е. Еременко. – Ташкент: Изд. АНУзССР, 1957. – 402 с.
8. Рыжов, С.Н. Орошение хлопчатника в Ферганской долине [Текст] / С.Н. Рыжов. – Ташкент: Изд. АНУзССР, 1948. – 243 с.
9. Шаумян, В.А. Основы эксплуатации оросительных и осушительных систем [Текст] / В.А. Шаумян. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 462 с.
10. Федоров, Б.В. Принципы построения дифференцированного режима орошения сельскохозяйственных культур [Текст]: В кн. Биологические основы орошаемого земледелия / Б.В. Федоров. – М.: Изд. АН СССР, 1957. – 140 с.
11. Беспалов, Н.Ф. Почвенно-мелиоративное и гидромодульное районирование Голодной степи и режим орошения хлопчатника [Текст]: В кн. Тезисы докладов научно-технического совещания по итогам мелиоративных исследований в Голодной степи / Н.Ф. Беспалов, С.Н. Рыжов. – Ташкент: Фан, 1971. – 70 с.
12. Побережский, Л.Н. Водный баланс зоны аэрации в условиях орошения [Текст] / Л.Н. Побережский. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 157 с.
13. Гильдиев, С.А. О глубине увлажнения почвы при поливах хлопчатника [Текст] / С.А. Гильдиев, С.С. Набиходжаев // Хлопководство. – 1965. – №6. – С.16-19.
14. Петин, Н.С. Современное состояние и пути дальнейшего развития научно-исследовательских работ по орошению и теории водного режима сельскохозяйственных растений [Текст]: В кн. Биологические основы орошаемого земледелия / Н.С. Петин. – М.: Изд. АН СССР, 1957. – 71 с.
15. Шредер, В.Р. О поливной норме [Текст] / В.Р. Шредер // Хлопководство. – 1963. – №2. – С.42-44.

*Материал поступил в редакцию 24.12.14.*

---

**Н.Н. Хожанов, К.А. Естаев***М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ., ҚР***СУДАН ШӨБІН АҚАБА СУЛАРМЕН СУҒАРУ  
РЕЖИМІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

Алматы қаласының ақаба суларын азықтық дақылдарды суғару үшін пайдалануды зерттеу және су мен топырақтың сапасын бағалау нәтижелері келтірілген.

**Түйін сөздер:** есептік қабат, суғару режимі, топырақтың ең аз ылғал сыйымдылығы, ауа ылғалдығы, тамыр жүйесі, топырақ горизонттын құрғату, ақаба сулар, ШПК, азықтық дақылдар, су мен топырақ сапасы, өсімдіктер органогенезі, су мен топырақтың ластануы.

**N.N. Hozhanov, K.A. Estayev***Taraz State University named after M.Kh .Dulati, Taraz, Kazakhstan***IRRIGATION TECHNOLOGY OF SUDAN GRASS BY WASTEWATER**

The results of the study of wastewater in Almaty in order to use for irrigation of fodder crops and assessment of water quality and soil are presented.

**Keywords:** settlement layer, irrigation regime, the lowest soil moisture, humidity, root system, draining soil horizon, wastewater, MPC, fodder crops, water and soil quality, organogez plants, water and soil pollution.

---

## ИНФОРМАТИКА

---

ЭОЖ 004.032.6

Г.Е. Жидекүлова<sup>1</sup>, Н.С. Садуақасова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Техн. ғылымд. канд., доцент, <sup>2</sup>Магистр

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

эл. пошта: <sup>1</sup>gul2006@mail.ru, <sup>2</sup>nazi93@mail.ru

### БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕСІНДЕ АҚПАРАТТЫҚ - КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

Білім беру жүйесінде білім беру бағыттары және инновациялық технологиялар қарастырылып, ақпараттық коммуникациялық технологияларды қолдану әдістері талқыланып, бірнеше бағыттары көрсетілген.

**Түйін сөздер:** ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, инновациялық технологиялар, мультимедиялық, телекоммуникация, презентация, интернет.

Қазақстан Республикасының Президенті – Елбасы Н.Ә. Назарбаевтың «Қазақстан-2050» стратегиясы: Қалыптасқан мемлекеттің жаңа саяси бағыты» атты 2012 жылғы 14 желтоқсандағы Қазақстан халқына Жолдауында «Бәсекеге қабілетті дамыған мемлекет болу үшін біз сауаттылығы жоғары елге айналуымыз керек» деп атап өткен болатын [1].

Қазіргі әлемде жай ғана жаппай сауаттылық жеткіліксіз болып қалғалы қашан. Біздің азаматтарымыз үнемі ең озық жабдықтармен және ең заманауи өндірістерде жұмыс жасау машығын меңгеруге дайын болуға тиіс.

Сондай-ақ балаларымыздың, жалпы барлық жеткіншек ұрпақтың функционалдық сауаттылығына да зор көңіл бөлу қажет. Балаларымыз қазіргі заманға бейімделген болуы үшін бұл аса маңызды – деп ел алдында атап айтты.

Орта білім бер жүйесін ақпараттандырудың мәмлкеттік бағдарламасына сәйкес жалпы білім беретін мектептерді 100 пайызға компьютерлендіру аяқталады. Орталық коммуникациялық орталық құрылып, оған Білім және ғылым министрлігінің орталық ақпаратының торабы және облыстық білім департаменттерінің телекоммуникациялық тораптары қосылған. Жалпы орта білім беретін ұйымдарға арналған электрондық оқулық басылымдары мектеп пәндерінің 25%-ін қамтиды. Қашықтан оқудың спутниктік арнасына республиканың алты облысының 717 мектебі қосылған (8,7%).

Сонымен қатар, ақпараттық және коммуникациялық технологияларды дамыту және білім беру саласында қолдану, қажеттіліктен әлдеқайда артта қалуда.

Білім беруді ақпараттандыру процесі қоршаған орта мен пәндік облыстардың заңдылықтарын танудың интеграциялық тенденцияларын қолдай отырып, оқушының тұлғалық дамуы, оның белсенділік деңгейінің артуы, альтернативті ойлау қабілетінің дамуы, практикалық есептердің шешімдерін іздеу стратегиясын құрастыру, зерттелу объектілерін, құбылыстарын, процестерін, олардың арасындағы қарым-қатынасты

модельдеудің негізінде қабылданған шешімдерді жүзеге асыру нәтижесін болжау үшін жаңа ақпараттық технологиялардың потенциалын қолдану тәсілдерін зерттеудің маңыздылығы зор.

Ақпараттық білім ортасының тарихи процесі негізгі екі бағытта жүзеге асады: басқарылатын және басқарылмайтын.

Ақпараттық және телекоммуникациялық технологияның енуі педагогикалық қарым-қатынастың жаңа формаларын, оның құрамына кіретін уақытқа және кеңістікте бөліктенген қашықтан оқыту формаларын құруға мүмкіндік берді. Ақпараттандыру жаңа оқу курстардың, материалдар мен оқу әдістемелердің нашар құрылған теориялық тәсілдерін қозғады.

Осыдан жоғарыда айтылған факторлардың негізінде де қоғам өміріне ақпараттық технологиялардың енуінің білім беру бағыттары бар екендігі туралы айтуға болады. Төменде 1-ші кестеде ақпараттық қоғам мүшесінің ақпараттық мәдениет құрылымы келтірілген. Бұндай бағыттарға:

1. Ақпараттық қоғам шарттарының білім беру функциялары мен мазмұнының, педагогикалық қызметтің формалары мен әдістерінің өзгеруі;
2. Ақпараттық технология кәсіби бейімделу және шығармашылық қасиетін даудың оң ықпалы;
3. Ақпараттық технологияның тәрбиелік әсері;
4. Ақпараттық технологияның негізінде ашық оқу архитектурасын құру;
5. Мультимедиялық технологияларды білім беруде пайдалану мүмкіндігі;
6. Ақпараттық қоғам шарттарында білім берудің үздіксіз дамуы;
7. Педагогикалық оқу құралдарының электрондық моделдерін күнделікті пайдалану және дамыту;
8. Білім берудің дамуы қоғамдағы ақпараттық ресурстарының негізінде құрылуы;
9. Ақпараттық және коммуникациялық технологияны қосымша білім беруге енгізу;
10. Ақпараттық қоғамдағы дәстүрлі және жаңа оқыту әдістерінің мүмкіндіктерінің үйлесімділігі;
11. Мұғалімдер оқу процесінің барлық формаларында жұмыс істеу үшін ақпараттық мәдениетті құру;
12. Мұғалімдер еңбек сапаларының бағалауы мен оқу орындарды басқарудың жаңа тәсілдері;
13. Ақпараттық қоғамдағы білім беру қызметінің ауқымдандыруы және ықпалдасуы.

Кесте 1

Ақпараттық қоғам мүшесінің ақпараттық мәдениет құрылымы

Ақпараттық мәдениеттің компоненттері	
Аталуы	Маңызы
<i>Аксиологиялық</i>	Адамның ақпараттық қызметінің гуманистикалық құндылығының жеке деңгейінде қалыптасуы
<i>Коммуникативті-этикалық</i>	Мәдени қатынас және ақпараттық қатынас саласының ынтымақтастығы, тұлға аралық және ұжымдық қарым-қатынастағы компьютерлік коммуникацияның мүмкіндіктерін пайдалану, ақпараттық қатынас саласының адамгершілік тәртібі
<i>Танымдық - интеллектуалдық</i>	Ақпараттық технология саласындағы толық бейімделу және құзырлық, ойлау икемділігі мен дағдылығы

Болжаушылық	Ақпараттық қызметтің нәтижелерін болжау, профессионалды-әлеуметтік адаптациясының ақпараттық жағдайында қайта жаңартуы
Қолданбалы	Профессионалды есептерді нәтижелі шығару үшін ақпараттық-технологиялық мүмкіндіктерін пайдалану
Заңдық	Ақпараттық қарым-қатынасты реттеудің негізгі заңдық нормаларын білу және орындау, компьютердің көмегімен жасалған әрекеттер үшін жауапкершіліктерді жете түсіну
Эргономикалық	Ақпараттық кәсіби қызметте еңбекті ғылыми ұйымдастыруды, денсаулық үшін қауіпсіздікті, физиологиялық және ыңғайлылықты жүзеге асыру

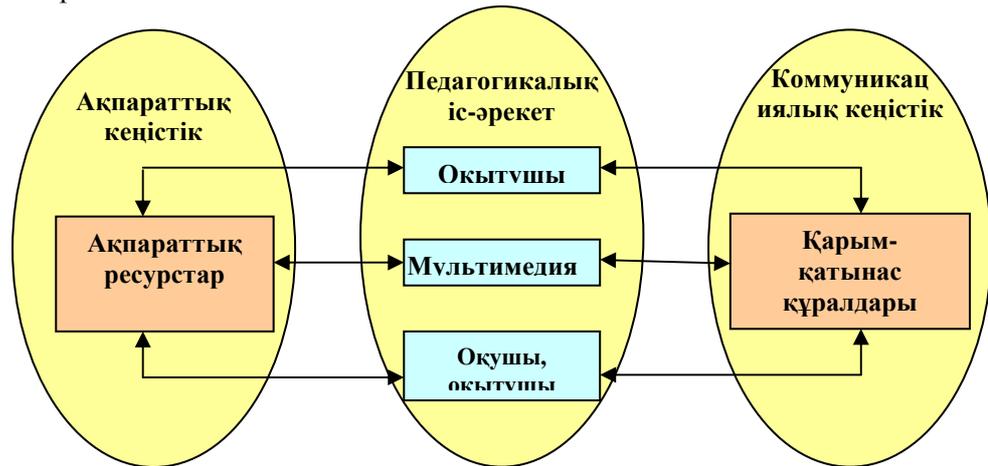
Еліміздегі білім беру жүйесінде телекоммуникацияларды қолдану мәселесі 90-жылдардың ортасында қарастырылды. Зерттеушілердің бір тобы өз еңбектерін арнайы білім жүйесіндегі телекоммуникациялық желілердің мүмкіндіктеріне немесе А.Ю. Уваровтың анықтауы бойынша «Компьютерлік оқыту жүйесіне» арнады. Қазіргі кезде білім беру жүйесіндегі телекоммуникациялық технологиялар Е.С.Полат, Ф.Ю.Уваров, С.Д.Каркозов, Н.Д.Угринович, Д.А.Богданова, Е.Ы.Бидайбеков пен В.В.Гриншкун, К.Т.Изтлеуова, А.В.Шелухина, Е.И.Костенко, С.Н.Конева, А.Л.Муховиков және т.б. басқа еңбектерінде қарастырылған. 1-ші суретте телекоммуникация құралдарының жіктелуі келтірілген.



Сурет 1. Телекоммуникациялардың жіктелуі

Бұл авторлар орта және жоғарғы білім беру жүйесіндегі компьютерлік телекоммуникацияларды қолдануға арналған жұмыстарды пайдалануда телекоммуникацияларды басқа ақпараттық технология құрылғылармен салыстыруда олардың көпфункционалды екенін ерекшелеп айтады.

*Мультимедиялық технологиялар* – әртүрлі типті мәліметтерді дайындау, өңдеу, біріктіру, ұсыну әрекеттерін ақпараттық және бағдарламалық жабдықтарды пайдалану арқылы жүзеге асыратын құралдар, әдістер мен тәсілдер жиынтығы [3]. 2-суретте Мультимедиялық технологиялардың оқыту үрдісіндегі ақпаратты-коммуникативті қызметі келтірілген.



Сурет 2. Мультимедиялық технологиялардың оқыту үрдісіндегі ақпаратты-коммуникативті қызметі

Ақпараттық-коммуникациялық технология білім беру жүйесін ақпараттандыруға, білім сапасын арттыруға, әлемдік білім беру кеңістігіне енуге, электрондық есептеуіш техникамен жұмыс істеуге, электрондық оқулықтарды, интерактивтік құралдарды қолдануға, интернет желісін пайдалануға, телекоммуникациялық технологияларды пайдалана отырып, қашықтықтан білім беру – Елбасымыздың жолдауында айтылып кеткендей елімізде оқыту теледидарын құруға негізделген міндет.

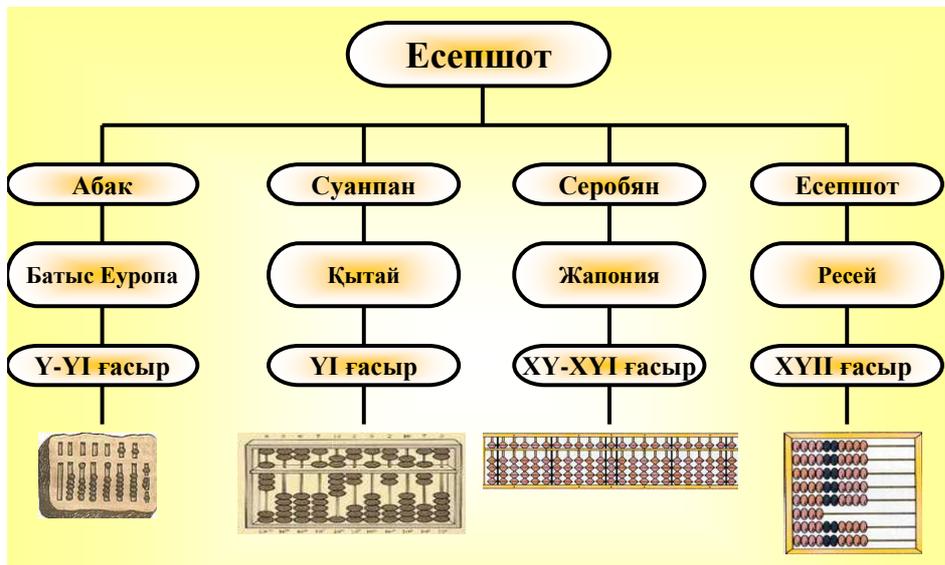
Қоғамның ақпараттандырылуы білім беруге қойылатын талаптарды да өзгертеді. Білім беру саласының қызметкерлерінің міндеті ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдалана отырып, баланың рухани мүмкіндігін дамыту, білім беру, тәрбиелеу, олардың өзіндік жұмыс жасау қабілетінің дамуына мүмкіншілік жасау. Сонымен бірге ақпараттық-коммуникациялық технологиялар білім беру саласының қызметкерлерінің шығармашылық ізденіс қабілетін дамытуға, жаңа педагогикалық технологияларды жете меңгеруге, мамандық шеберлігін қалыптастыруға ықпалын тигізеді.

Ақпараттық-коммуникациялық технологиялар – мұғалімнің мүмкіндігін жоғарылататын құрал. Компьютердің мүмкіндіктерін психологиялық және дидактикалық тұрғыда талдап, керек кезінде педагогикалық талаптарға сай қолдану, ішкі тиімділігіне көңіл бөлу мұғалімнің шеберлігі болып табылады. Компьютердің графикалық мүмкіндігі жаңа сабақты бояулы суреттермен, тірек сызбалармен, кестелермен меңгертуге жол ашады. Компьютерді мұғалім әртүрлі мағлұматтар, қосымша

ақпараттар беру үшін көрнекі құрал ретінде пайдалана алады. Электрондық оқулықтарды енгізу уақыт үнемдейді, мұғалім араласпай-ақ оқушылар өздері меңгеруге тиісті ақпараттар беріледі. Сонымен қатар ақпараттық-коммуникациялық технологиялар – мұғалімнің өз жұмыстарының әдістері мен ұйымдастыру түрлерін түбегейлі өзгертуге, оқушылардың жеке қабілеттілігін дамытуға, оқудағы пәнаралық байланысты күшейтуге, оқу процесін ұйымдастыруды үнемі жанартып отыруға мүмкіндік береді. Ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың негізгі ерекшелігі мұғалімдер мен оқушыларға өз бетімен және бірлесіп шығармашылық жұмыс істеуге мүмкіншілік туғызады [2].

Ақпараттандырылған қоғамның талабына сай мұғалім де, оқушы да жаңаша көзқарасты, терең ойлы болуы керек. Сондықтан заман талабына сай жас ұрпақты көкірегі ояу, ізденімпаз, өзіндік шығармашылық жұмыспен айналыса алатын дәрежеге жеткізуіміз керек.

«Есептеуіш техниканың даму тарихы» тақырыбын өту барысында пайдаланған ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың кейбір элементтеріне мысал келтіретін болсақ 3-ші суретіне сәйкес келтірілген:



Сурет 3. «Есептеуіш техниканың даму тарихы» тақырыбын өту барысында пайдаланған ақпараттық-коммуникациялық технологиялар

Сабақты меңгергенін тексеру үшін гиперсілтемелер арқылы жасалынған «Ғажайып тоғыздық» ойыны 4-шы суретіне сәйкес және сабақты бекіту үшін 5-ші суретіне сәйкес пайдаланылған «Сәйкестендіру тесті» келтірілген.

Сабақты қорытындылау үшін сөзжұмбақ -ші суретіне сәйкес алынған. Оқушылар тақтаға шығып, сұрақтарға жауап береді және интерактивті қаламмен жұмыс жасауды үйренеді.

Сабақта оқушылардың білімге ынтасы мен қызығушылығын арттыру үшін сабақтың құрылымы мен әдістерін түрлендіріп, тірек сызбаларды техникалық құралдар көмегімен түрлендіре отырып, түрлі ойындарды тиімді қолдану керек. Интерактивті тақтаның бұл жағдайда көмегі мол. «Баланың ынтасын арттыру үшін оқытылатын нәрседі бір жаңалық болуы керек» деп Ж.Аймауытов айтқандай әр сабақты жаңаша түрде өтуге ұмтылу қажеттігі

туындайды. Мұғалім мен оқушылардың шығармашылық ізденісіне мол мүмкіндік ашылады.



Сурет 4. Ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың «Ғажайып тоғыздық» ойынымен гиперсілтемелер арқылы сабақты бекіту



Сурет 5. Сабақты бекіту үшін пайдаланылған «Сәйкестендіру тесті»



Сурет 6. Сабақты қорытындылау үшін сөзжұмбақ алынған

Ақпараттық-коммуникациялық технологияны бәсекеге қабілетті ұлттық білім беру жүйесін дамытуға және оның мүмкіндіктерін әлемдік білімдік ортаға енудегі сабақтастыққа қолдану негізгі мәнге ие болып отыр.

Оқытудың ақпараттық технологиясы – бұл ақпаратпен жұмыс жасау үшін арнайы тәсілдер, педагогикалық технологиялар, бағдарламалық және техникалық құралдар (кино, аудио және видео құралдар, компьютерлер, телекоммуникациялық желілер). Оқытудың ақпараттық технологиясы – білімді жаңаша беру мүмкіндіктерін жасау (педагогикалық іс-әрекетті өзгерту), білімді қабылдау, білім сапасын бағалау, оқу-тәрбие үрдісінде оқушының жеке тұлғасын жан-жақты қалыптастыру үшін ақпараттық технологияның қосымшасы деп түсіну керек.

Жаңа технологиясын меңгеру мұғалімнің интеллектуалдық, рухани азаматтық және басқа да көптеген адами келбетінің қалыптастыруына игі әсерін тигізді. Жаңа ақпараттық технология құралдарын қолдау адамзаттың әртүрлі сферасында, соның ішінде білім беру саласында көптеген өзекті маңыздылыққа қол жеткізіп отырғаны белгілі.

Оқушыларға білім беруде жаңашыл технологияларын қолдану инновациялық бағытта жұмыс жасау заман ағымына сай талап етілуде. Оқу үрдісінде осындай жаңарған озық тәжірибелерді белсенді пайдалану және қолдану кейінгі жылдары айтарлықтай оң тәжірибе беріп отыр. Бүгінде қоғамның жеке тұлғалы, дамыған адамын тәрбиелейтін маманға өзінің үздіксіз шығармашылық ізденуі, оқытуда жаңа педагогикалық технологиялар мен инновациялық әдіс-тәсілдерді меңгеруі, кәсіби құзырлығының жоғары деңгейде болуы қажет.

Қазіргі кезде белгілі бір білім көлемімен қамтамасыз ету жеткіліксіз. Оқушыны білім алуға, оқуға, үйретуге көп мән берілуі тиіс. Оқушыларды кәсіптік білім алуымен қатар шешендік шеберлігі мен баяндау жүйелілігі қалыптасқан, өз пікірін ашық білдіретін саналы ұрпақ етіп тәрбиелеу керек.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Назарбаев, Н.А. Казахстан 2050. Процветание, безопасность и улучшение благосостояния всех казахстанцев [Текст]: Послание Президента страны народу Казахстана / Н.А. Назарбаев. – Астана: РГП на ПХВ Республиканский центр правовой информации Министерства юстиции Республики Казахстан, 2012. – 34 с.
2. Баженова, Ю.А. Delphi 7 самоучитель программиста [Текст] / Ю.А.Баженова. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ. 2008.
3. Доллинер, Л. Ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың мәселелері және болашағы [Мәтін] / Л. Доллинер // Информатика негіздері. – 2009. – №4. – Б. 26-30.

*Материал редакцияға 17.05.15 түсті.*

**Г.Е. Жидекулова, Н.С. Садуақасова**

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

#### **ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО – КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ**

В системе образования рассматриваются направления педагогической деятельности и применение инновационных технологий, обсуждены методика применения информационно-коммуникационных технологий и показаны несколько направлений.

**Ключевые слова:** информационно-коммуникационные технологии, инновационные технологии, мультимедиа, телекоммуникация, презентация, интернет.

**G.I. Zhidekulova, N.S. Saduakasova**

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

### **APPLICATION IS INFORMATIVE - COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN SYSTEM EDUCATIONS**

In the system education examined directions of pedagogical activity and application innovative to technology, discussed methodology of application informatively-communication to technology and a few directions are shown.

**Keywords:** informatively are communication technologies, innovative technologies, multimedia, telecommunication, presentation, and internet.

УДК 004.41(075.8)

**Г.К. Сембина**

*Канд. техн. наук, доцент*

*Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, РК  
эл. почта: sembina\_tar@mail.ru*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

В статье рассмотрены этапы системного проектирования программных систем, как разработка исходных требований для технического задания на проект систем, предварительный анализ и моделирование процессов обработки данных. Приведены основные цели моделирования и описаны организационные моменты построения формализованного описания системы, анализированы возможности современных средств проектирования программных систем.

**Ключевые слова:** программные системы, инженерия, предварительный анализ и моделирование, процессы обработки данных, прототип системы, инструментальные средства разработки систем.

**Основная цель системного проектирования в программной инженерии** – подготовить, обосновать и согласовать замыслы и решения заказчика (потребителя) и разработчика (поставщика) о необходимости, направлениях и концепции создания или модернизации существующего программного средства (ПС) и изменениях его качества. Методы и средства системного проектирования должны подготавливать эффективную

технологическую базу для обеспечения всего жизненного цикла ПС требуемого качества. Характеристики комплексов программ должны анализироваться и формулироваться в начале их жизненного цикла и определять эффективность всех последующих процессов. Результатом этих работ должны быть системный проект, техническое задание и контракт на продолжение разработки ПС или решение о ее нецелесообразности и прекращении.

Системное проектирование сложных комплексов программ является фундаментом для обеспечения функциональной адекватности требованиям всего жизненного цикла ПС. От полноты и тщательности системного проектирования зависит эффективность реализации функций системы и степень удовлетворения ожиданий и требований заказчика и пользователей [1].

**Системное проектирование в программной инженерии** охватывает период жизненного цикла сложных комплексов программ, начиная от формулирования первичного замысла на создание или модернизацию системы и до начала детального проектирования и разработки ПС. Результатом этого периода работ должно быть согласованное и формализованное разработчиком и заказчиком представление о целях, назначении, функциональных задачах и качестве будущего программного продукта, способного удовлетворить надежды и запросы пользователей. В системном проекте должны быть обобщены и отражены следующие основные результаты выполненных системных исследований и разработок:

- обобщенный анализ проведенного обследования объекта информатизации, функций существующей информационной системы, качества ее основных программных компонентов и базы данных;
- совокупность предварительных исходных требований к функциям и характеристикам комплекса программ;
- оценки имеющихся и потенциально доступных ресурсов (финансовых, вычислительных средств, специалистов) для обеспечения всего жизненного цикла и требуемого качества проекта комплекса программ;
- результаты предварительного анализа возможной архитектуры комплекса программ на основе моделей и прототипов аналогичных систем, позволяющие наметить планы разработки и всего жизненного цикла проекта ПС;
- цели, задачи и функции предполагаемой новой или модернизированной системы, обобщенные в концепции создания соответствующего программного средства;
- проекты планов жизненного цикла, гарантирования требуемого качества ПС, защиты и обеспечения безопасности его функционирования;
- результаты технико-экономического обоснования целесообразности и основных направлений продолжения проектирования и всего ЖЦ ПС;
- результаты анализа существующей и возможной инструментальной среды разработки, а также системы обеспечения качества, перспективы их развития и совершенствования;
- предварительный план организации работ, требования к составу и квалификации специалистов для выполнения проекта;

- проект формализованного технического задания и спецификации требований к ПС, а также предложения по его финансированию и обеспечению ресурсами;

- системный проект, обобщающий проведенные исследования и разработки, позволяющий заключить контракт между разработчиком и заказчиком на финансирование и продолжение проектирования и/или на весь жизненный цикл ПС.

Системное проектирование сложных ПС начинается с обследования объекта информатизации, системного анализа предметной области и выявления потребности в создании или модернизации комплекса программ с определенными функциями и качеством. При создании сложных ПС важно учитывать, что только заказчик и потенциальный пользователь системы вправе и способен корректно формулировать требования и впоследствии судить насколько успешно проведена разработка соответствующего ПС.

**Разработка исходных требований для технического задания на проект ПС** начинается с анализа результатов обследования объекта информатизации и оценки доступных ресурсов для реализации проекта. Эта деятельность требует специальной организации специалистов наивысшей квалификации и тесной совместной работы представителей заказчика и разработчика. Они должны подготовить исходные данные и документы, в которых содержатся предварительные требования и пожелания к функциональным и конструктивным характеристикам качества программного комплекса. Функциональные требования заказчика к процессам и результатам обработки информации необходимо скоординировать с конструктивными требованиями и возможностями их эффективной реализации разработчиками в спецификациях требований к комплексу программ и его программным и информационным компонентам. Должна быть предусмотрена корректировка, конкретизация и развитие совокупности предварительных требований в процессе системного проектирования и в дальнейшем по мере реализации проекта при тесном взаимодействии заказчика и разработчика. Для крупных проектов ПС целесообразно использовать специальный инструментальный и хранилище решений в процессе отработки требований, которые следует учесть в системном проекте и техническом задании, а также применять для контроля их реализации [1, 2].

**Предварительный анализ и моделирование процессов обработки данных** при системном проектировании должны проходить этапы от простого установления базовых отношений между понятиями, через определение интерфейсов доступа и атрибутов, к проекту модели состояний и взаимодействий между реальными объектами и процессами ПС. Эти модели должны служить базой при разработке схем потоков управления и данных, описывающих процессы их обработки, а впоследствии интегрироваться с отработанными моделями процессов для комплексного исследования функционирования прототипов – пилотных проектов ПС в целом.

Моделирование процессов обработки данных при системном проектировании преследует **две основные цели:**

- моделирование проблемно-ориентированных процессов и конкретных функциональных задач с целью исследования принципов, методов и

характеристик обработки информации и принятия решений для последующего их использования в проектах;

- моделирование архитектуры объектов и процессов, а также их взаимодействия, предполагаемых для применения в конкретном проекте, без акцента на особенности функциональных характеристик компонентов.

При построении формализованного описания системы, выполняемом ее разработчиком, принципиальными являются два организационных момента: специалисты – заказчики или пользователи создаваемой системы должны активно участвовать в процессе анализа и реализации ее описания; каждый шаг описания должен обязательно документироваться. Наглядными и удобными в работе являются графические представления описаний проектных решений, которые позволяют создавать прототипы ПС. Они обеспечивают эффективную визуализацию и обратную связь между разработчиком и потенциальным пользователем с целью оценки реализации требований, корректировки функций и качества компонентов, а также форм пользовательского интерфейса. Для этого разработана целая гамма методологий для моделирования, структурного анализа и визуального проектирования. Современные инструментальные CASE-средства обеспечивают широкие возможности выбора процессов моделирования, автоматизированного анализа системных предложений и выработки первичных требований к предполагаемому проекту ПС. Схемы потоков данных, потоков управления, сущность-связь и другие – составляют комплекс удобных и гибких графических методов и средств описания систем, облегчающих взаимопонимание между разработчиками и заказчиками на разных уровнях детализации функций, качества и архитектуры ПС.

**Концепция создаваемого комплекса программ** на естественном языке данной предметной области должна включать предварительные требования к ПС, основные понятия и термины. Она является первым исходным документом, согласуемым с заказчиком для создания комплекса программ. На основе этого описания формируется предварительное техническое задание на систему и её основные компоненты.

Одним из наиболее эффективных направлений сокращения затрат и повышения качества комплексов программ является активное использование методического, технологического, алгоритмического и программного задела из предшествующих проектов, которое может быть названо прототипированием в широком смысле слова. Прототипирование позволяет наглядно представить заказчику и пользователю функции системы, виды и динамику применения экранов, меню, отчетов и форм запросов, а также откорректировать их для развития ПС на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ). Методами математического моделирования должны создаваться варианты, фрагменты и компоненты прототипа ПС и выделяться возможные методы реализации предполагаемых функций и обеспечения их качества. Для этого следует анализировать и выбирать прототипы комплексов программ, характеристики которых наиболее близки к создаваемой версии ПС и которые позволили бы получить в результате объекты с необходимыми характеристиками. На их основе, возможно прогнозировать процессы разработки и достигаемые показатели качества вновь создаваемого ПС. Этим же целям способствует предварительное распределение ресурсов, доступных для создания проекта [2].

**Стратегическое планирование проекта** должно содержать долгосрочные цели развития ЖЦ ПС определенного функционального назначения. Планы должны отражать предварительные проекты всего будущего жизненного цикла ПС, обеспечения их качества, защиты и безопасности функционирования, верификации и тестирования, управления конфигурацией и сопровождения.

Постепенное повышение достоверности прогнозов приводит к целесообразности оценки достигаемых значений качества по этапам и к возможности разработки укрупненного, поэтапного плана выполнения всего комплекса работ в ЖЦ ПС. Эти данные позволяют принимать решения по корректировке требований к ПС, по изменению среды разработки или состава коллектива специалистов. Таким образом, последовательное прогнозирование, планирование и системное управление проектом обеспечивают рациональное использование ресурсов в процессе создания сложных ПС гарантированного качества.

Прогнозы и анализ вариантов технологических процессов проектирования ПС, их технико-экономических показателей и характеристик объекта разработки являются основой для выбора, предварительного планирования и последующего системного анализа всего жизненного цикла ПС. Достоверность планов и прогнозов определяется точностью сведений об объекте разработки, характеристиках технологической среды и прототипов, принятых за основу при планировании. Таким образом, производится технико-экономическое обоснование проекта, определяются приближенные значения трудоемкости и длительности всей разработки ПС, а также число необходимых специалистов, что позволяет оценить предварительный укрупненный план создания ПС в заданных условиях, ресурсах и сроках.

Проведенные оценки проекта ПС позволяют осуществить предварительный выбор основных методов и инструментальных средств для проведения последующего детального и рабочего проектирования и поддержки всего ЖЦ ПС. Кроме того, должна подготавливаться адаптация средств автоматизации, применительно к особенностям объекта и среды проектирования. Разрабатываются проекты руководств для специалистов, выделяемых на данный проект, и осуществляется их обучение. Интегрированные инструментальные средства служат для формализации знаний заказчика на этапе проведения обследования, анализа и подготовки технического задания, а также для проектирования концептуальной и логической структуры комплекса программ и базы данных. При этом должно активно использоваться моделирование и тестирование корректности системных решений. Благодаря высокому качеству проработки и документирования системного проекта, создается основа для снижения трудоемкости тестирования, испытаний, а также сопровождения и модификации ПС.

В процессе системного проектирования должны предварительно определяться состав и структура основных технологических и эксплуатационных документов для поддержки всего ЖЦ ПС. Эти документы должны обеспечивать реализацию процессов жизненного цикла ПС, планирования и управления, регистрировать выполнение требуемых действий, формализовать систему качества. При этом следует подготовить первоначальные требования к документации и обеспечить их реализацию, которая должна быть однозначной [2, 3].

**Системный проект программного средства** новой или модернизированной системы должен содержать достаточно полные требования к функциям и характеристикам качества комплекса программ, описание и графическое представление его архитектуры, базы данных и взаимодействия компонентов, предполагаемую модель жизненного цикла, предварительные планы последующих этапов и работ. В него также должны входить проекты технического задания и контракта на детальное проектирование и весь жизненный цикл программного средства.

Таким образом, **целевое системное управление проектами** позволяет планировать, контролировать и анализировать информацию о состоянии и тенденциях изменения объекта разработки, его качестве и затраченных ресурсах. При этом непрерывно должны сохраняться основные цели проекта и главные пути ее достижения. Это позволяет рассматривать альтернативы технических решений и предотвращает от сосредоточения внимания на частных задачах или вариантах решений, которые кажутся полезными и интересными, но мало отражаются на достижении главной цели проекта программного средства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гагарина, Л.Г. [?][Текст]: учебное пособие / Л.Г. Гагарина, Е.В. Кокорева, Б.Д. Виснадул; под ред. Л.Г. Гагариной. – М.: Форум, ИНФРА-М, 2008. – 400 с.: ил.
2. Липаев, В.В. Проектирование и производство сложных заказных программных продуктов [Текст]: монография / В.В. Липаев. – М.: СИНТЕГ, 2011. – 408 с.
3. Гецци, К. Основы инженерии программного обеспечения [Текст]: [пер. с англ.] / К. Гецци, М. Джазайери, Д. Мандриоли. – СПб.: БХВ-Петербург. – 2005. – 84 с.

*Материал поступил в редакцию 15.01.15.*

**Г.К. Сембина**

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

#### МОДЕЛЬДЕУ КҮРДЕЛІ ЖҮЙЕЛЕРДІ ЖОБАЛАУ ҚҰРАЛЫ РЕТІНДЕ

Мақалада жүйе жобасының техникалық тапсырмасына алғашқы талаптарды құру, алдын ала талдау және деректерді өңдеу процесін модельдеу тәріздес программалық жүйелерді талдау кезеңдері қарастырылады. Модельдеудің негізгі мақсаттары келтіріліп, жүйенің формалды сипатын құрудың ұйымдастық кезеңдер сипатталып, программалық жүйелерді жобалаудың заманауи құралдарының мүмкіндіктері талданды.

**Түйін сөздер:** программалық жүйелер, инженерия, алдын ала талдау және модельдеу, деректерді өңдеу процесі, жүйе прототипі, жүйе құрудың инструменталдық құралдары.

**G.K. Sembina***Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan***MODELING AS A MEANS OF DESIGNING COMPLEX SYSTEMS**

The article describes the stages of system design software systems, as the development of initial requirements for the technical project systems, preliminary analysis and data modeling. Here are the main objectives of modeling and the organizational aspects of building a formalized description of the system, analysis of the possibility of modern software design.

**Keywords:** software systems, engineering, preliminary analysis and modeling, data handling processes, a prototype system, development tools systems.

УДК 621.39-027.31; 621.39:658.512.2

**Т.К. Темиргалиев<sup>1</sup>, А.М. Тургунбеков<sup>2\*</sup>, И.К. Баданов<sup>2</sup>, Б.Б. Тлемисов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Магистрант  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, РК  
эл. почта: \*azat\_007\_91@mail.ru

**ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ AUTOMATICS 2011  
НА ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ  
ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Система автоматизированного проектирования (САПР) – автоматизированная система, которая представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности. В статье описан используемый в учебном процессе на кафедре «Автоматика и телекоммуникации» ТарГУ программный продукт САПР AutomatiCS 2011, который предназначен для автоматизации проектирования, реконструкции и эксплуатации систем контроля и управления (СКУ, КИПиА, АСУТП), учета энергии, целей вторичной коммутации.

**Ключевые слова:** система автоматизированного проектирования, управление, контроль, интерфейс, база данных.

Специальность 5В070200 – «Автоматизация и управление» на завершающем этапе обучения предполагает изучение принципов и методов разработки и проектирования автоматизированных систем управления (АСУ). Использование программного продукта AutomatiCS 2011 позволяет автоматизировать сам процесс проектирования, то есть процесс создания виртуальной модели проектируемой системы, на основе которой впоследствии автоматически формируется комплект проектных документов. При этом все автоматические процедуры являются открытыми и доступными для настройки непосредственно пользователями системы.

AutomatiCS 2011 – это современная многопользовательская САПР (система автоматизированного проектирования) сложных

электротехнических систем, основанная на применении агрегативно-декомпозиционной технологии проектирования (АДТ-технология), которая поддерживает все этапы проектирования: от получения задания на разработку технического обеспечения АСУТП до создания проектного решения и формирования выходной проектной документации.

Система AutomatiCS 2011 позволяет:

- повысить качество проектной документации;
- сократить сроки проектирования;
- снизить количество ошибок в выполняемых проектах;
- многократно использовать данные уже реализованных проектов (автоматизированное тиражирование проектных решений).

AutomatiCS 2011 обеспечивает возможность одновременной работы нескольких проектировщиков с одним проектом, предоставляя многопользовательский доступ к проекту и базе данных технических средств и типовых проектных решений.

Гибкость системы AutomatiCS 2011 позволяет адаптировать ее к любым государственным, отраслевым и корпоративным стандартам, в том числе к стандартам предприятий. Адаптацию системы могут осуществлять как специалисты компании-поставщика, так и сам пользователь. Открытый интерфейс предоставляет пользователю возможность добавлять собственные формы документов, вносить изменения в базу данных, выполнять настройку интеллектуальных проектных процедур и операций.

#### **Основные возможности AutomatiCS 2011.**

1. Автоматизированное формирование табличных и графических проектных документов:

- настраиваемые формы проектных документов;
- удобные инструменты для создания и редактирования шаблонов, штампов;
- встроенный редактор графических блоков;

2. Интеллектуальный выбор состава, схем подключения и характеристик технических средств;

3. Централизованное хранение всех проектных данных на основе СУБД MS SQL Server;

4. Автоматизированное подключение к многоканальным приборам:

- подключение датчиков к блокам питания, вторичным приборам;
- подключение сигналов к модулям контроллера;
- подключение блоков питания к автоматическим выключателям и др.

5. Автоматическое/автоматизированное формирование клеммников и кабелей;

6. Интеллектуальные проектные процедуры и операции;

7. Редактируемая база технических средств;

8. Особенности сетевой версии:

- удобный интерфейс для администрирования баз данных — ACS Administrator;

- сетевой доступ к базам данных;
- многопользовательский режим работы над проектом [1].

#### **Особенности сетевой версии AutomatiCS.**

В сетевой версии программы осуществляется разделение пользовательского приложения AutomatiCS 2011 и программы администрирования ACS Administrator.

Сетевой режим работы предполагает нахождение всех баз данных на отдельном сервере и организацию доступа к ним различных пользователей. Используя ACS Administrator, администратор проекта назначает пользователей, которые будут иметь доступ к проекту, и определяет их права (рис. 1).



Рис. 1. Организация работы с многопользовательской версией AutomatiCS

Многопользовательский режим работы позволяет нескольким пользователям одновременно производить различные проектные операции и процедуры при работе над общим проектом – базой данных, которая физически располагается на сервере.

**Централизованное хранение проектных данных.** Для обеспечения надежного хранения и быстрой обработки большого объема данных в AutomatiCS применяется современная система управления базами данных (СУБД) – MS SQL Server.

Комплекс обладает всеми необходимыми инструментами, которые позволяют производить действия по созданию, удалению, архивированию и восстановлению всех задействованных в AutomatiCS баз данных. Эти инструменты имеют дружелюбный интерфейс и не требуют от пользователя каких-либо навыков работы с СУБД MS SQL Server.

**База данных и знаний.** База данных и знаний (БДЗ) является центральным элементом информационной структуры AutomatiCS. Она содержит описание технических средств автоматизации различных производителей, а также типовых технических и структурных решений.

Особенность базы данных и знаний AutomatiCS – иерархическая структура, которая предполагает пошаговый выбор характеристик технических средств по принципу декомпозиции – перехода от более крупных частей системы к более мелким.

**Импорт данных.** В системе AutomatiCS техническим заданием на проектирование является перечень требований к каналам контроля и управления. Как правило, такой перечень поступает от инженеров-технологов в виде таблицы, в которой отражены требования, функции, управляющие воздействия для проектируемой системы с учетом особенностей технологического процесса. AutomatiCS предоставляет удобный инструмент импорта данных из внешних приложений, таких как MS Excel или Access. Кроме того, возможен прямой импорт данных из программы PLANT-4D, предназначенной для создания трехмерной модели проектируемого объекта.

**Выбор технических средств автоматизации.** В программе AutomatiCS выбор технического решения или средства осуществляется последовательно: на каждом шаге параметры технических средств выбираются из БДЗ в соответствии с требованиями технического задания на проектирование. При этом каждый последующий шаг почти всегда зависит от решения, принятого ранее, что позволяет отсекаать заведомо неподходящие варианты и осуществлять оптимальный выбор технических средств (рис. 2).

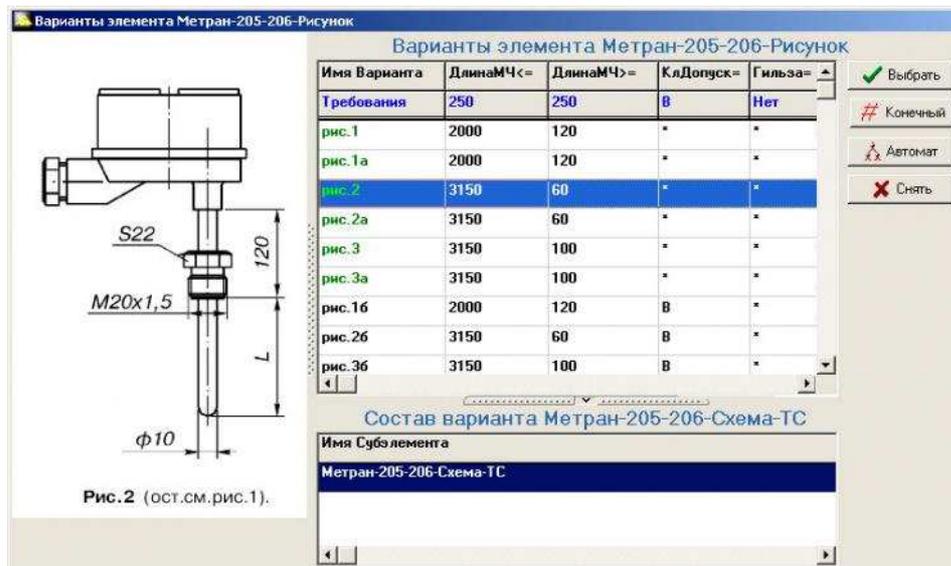


Рис. 2. Выбор варианта для термометра сопротивления

**Выбор конкретной модели технического средства.** Определение характеристик прибора в соответствии с номенклатурой завода-изготовителя.

Это наиболее распространенный подход, при котором формула заказа формируется автоматически. Рекомендуется применять, когда завод-изготовитель известен на начальном этапе проектирования, а необходимый прибор представлен в базе данных и знаний. В этом случае выбор характеристик технического средства осуществляется в соответствии с частной областью базы данных и знаний.

**Формирование требований к техническому средству.** Позволяет определить основные характеристики прибора, в том числе схему электрического подключения, без привязки к конкретному заводу-изготовителю технических средств. Выбор схемы подключения позволяет продолжить работу в части монтажа: задействовать полученные связи при формировании клеммников, кабелей. Такой подход осуществляется в соответствии с универсальной областью базы данных и знаний.

**Подключение к многоканальным приборам.** Инструмент подключения к многоканальным элементам позволяет удобно и быстро в ручном или автоматическом режиме выполнить подключение:

- датчиков к вторичным приборам;
- приборов к блокам питания и искрозащиты;
- сигналов к модулям ввода/вывода контроллеров;
- блоков питания к одному или нескольким автоматическим выключателям;
- электроприводов к типовым шкафам питания и управления и т.д.

В процессе подключения автоматически выполняется анализ параметров подключаемых приборов. В результате, проектировщику предлагаются только подходящие по всем параметрам варианты подключения. Такой подход позволяет избежать случайных ошибок и обеспечивает высокий уровень автоматизации.

Кроме того, в новой версии программы добавлены пользовательские команды (Проектирование функциональной аппаратуры, Проектирование схемы питания, Проектирование контроллеров), которые позволяют выполнять подключение к многоканальным приборам в автоматическом режиме [2].

**Интеллектуальные проектные процедуры.** Интеллектуальные проектные процедуры (пользовательские команды) позволяют в значительной степени повысить уровень автоматизации проектирования. AutomatiCS предоставляет пользователям возможность редактировать имеющиеся и создавать собственные пользовательские команды, которые можно применять как в текущем проекте, так и при выполнении последующих проектов.

**Разводка общих точек.** Программа содержит отдельный инструмент для разводки общих точек – связей, которые соединяют более двух контактов одного или нескольких элементов. Процедура разводки общих точек может выполняться как в специальном диалоговом окне, так и на графической странице AutomatiCS (рис. 3).

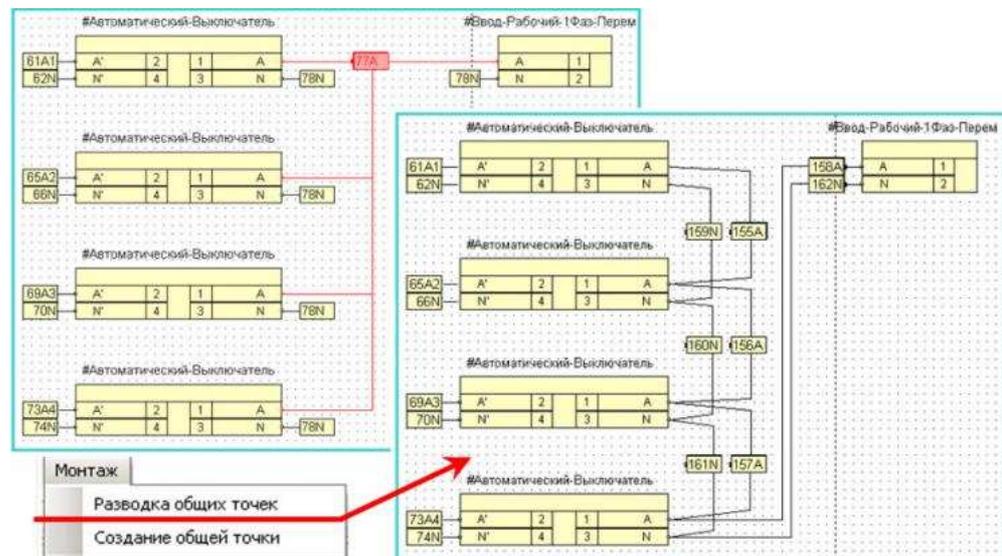


Рис. 3. Разводка общих точек на графической странице

**Групповые операции над элементами.** В AutomatiCS имеется несколько инструментов для выполнения групповых операций над элементами и связями проекта. К таким операциям относятся:

- классификация элементов/связей по любым правилам;
- сортировка элементов/связей по любым параметрам, в том числе с использованием сложных правил сортировки;
- сохранение и повторное применение правил сортировки, классификации, настроек параметров таблиц элементов/связей;

- добавление/удаление параметров;
- автоматическое воспроизведение любых действий над элементами за счет применения пользовательских команд;
- одношаговая отмена выполнения пакетных действий (Undo).

Эти инструменты в значительной мере упрощают работу над проектом, позволяя в любой момент производить необходимые действия над элементами проекта.

**Формирование клеммников и кабелей.** В AutomatiCS предусмотрено несколько способов формирования клеммников и кабелей (рис. 4):

- пакетное формирование – от элементов (клеммники монтажных единиц щитов), от связей (промежуточные клеммники, клеммники кроссовых панелей, кабели);
- индивидуальное формирование – во встроенном графическом редакторе;
- автоматическое формирование – с применением интеллектуальных проектных процедур.

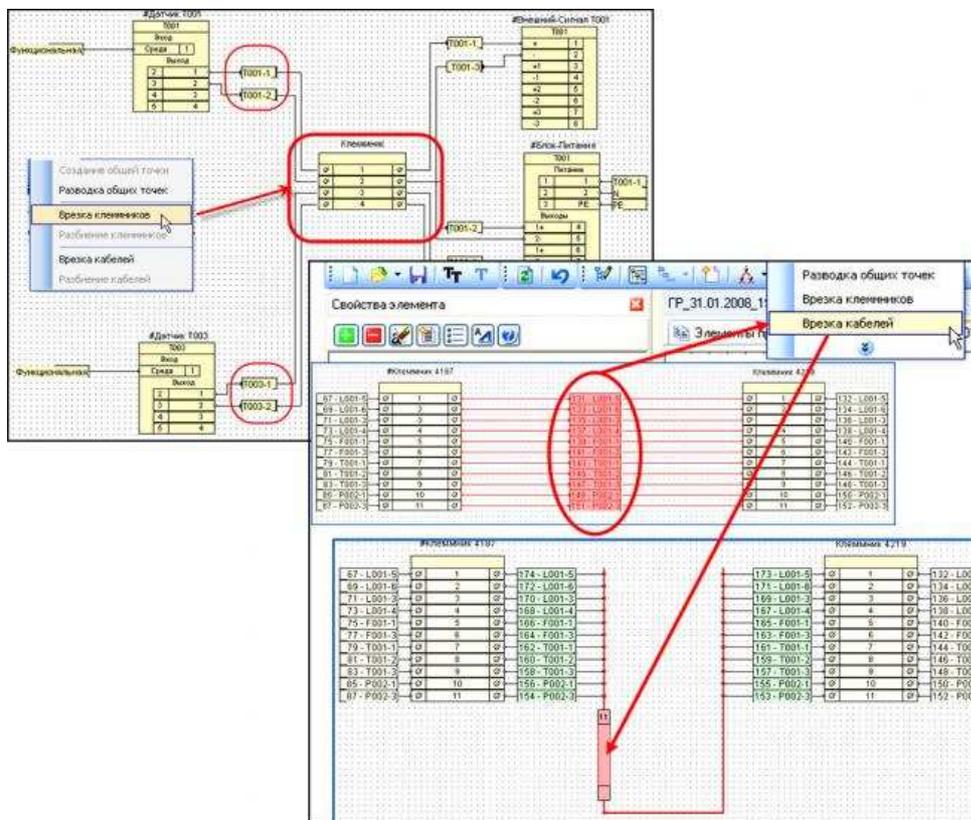


Рис. 4. Формирование клеммников и кабелей на графической странице AutomatiCS

**Графическая страница – наглядное представление структуры модели проекта.** Графическая страница значительно упрощает процесс работы над проектом и позволяет осуществлять:

- просмотр и редактирование элементов и связей модели проекта;
- добавление/удаление элементов, создание/удаление, переключение, подключение связей;

- просмотр и редактирование элементов и связей в базе данных и знаний: добавление/удаление элементов, создание/удаление, переключение, подключение связей в БДЗ;

- наглядное выполнение монтажных операций (врезка клеммников и кабелей);

- наглядное редактирование клеммников: добавление/удаление, перемещение, сортировка клемм, разбиение клеммников, создание и редактирование перемычек;

- наглядное редактирование кабелей: добавление/удаление, перемещение, сортировка жил, разбиение кабелей;

- формирование графических документов;

- автоматическое формирование монтажно-функциональной схемы, автоматический вывод транзита сигнала [3].

Пакет AutomatiCS полностью доступен для общего использования в триал-версии. Распространено более чем 17 000 копий. Для большого числа пользователей система AutomatiCS стала основным инструментом проектирования систем автоматизации.

Программа AutomatiCS отличается очень понятным и дружелюбным интерфейсом, позволяющим даже новичку очень быстро научиться работать с ней.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Целищев, Е. AutomatiCS 2011: разрабатывать КИПиА просто и эффективно [Текст] / Е. Целищев, А. Глязнецова, И. Кудряшов // САПР и Графика. Часть I. Это действительно САПР. – 2012. – № 4. – С. 76-81.
2. Целищев, Е. AutomatiCS 2011: разрабатывать КИПиА просто и эффективно [Текст] / Е. Целищев, А. Глязнецова // САПР и Графика. Часть II. Проектирование и документирование клеммников и кабелей. – 2012. – № 6. – С. 18-21.
3. Целищев, Е. AutomatiCS 2011: разрабатывать КИПиА просто и эффективно [Текст] / Е. Целищев, А. Глязнецова // САПР и Графика. Часть V. Подключение к многоканальным приборам. – 2012. – № 2. – С. 76-78.

*Материал поступил в редакцию 08.12.14.*

**Т.К. Темиргалиев, А.М. Тургунбеков, И.К. Баданов, Б.Б. Тлемисов**

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

#### **ИНЖЕНЕРЛІК МАМАНДЫҚТАРДЫҢ ТӘЖІРИБЕЛІК ЖӘНЕ ЗЕРТХАНАЛЫҚ САБАҚТАРЫНА АРНАЛҒАН AUTOMATICS 2011 БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ПАКЕТІ**

Автоматтандырылған жобалау жүйесі (АЖЖ) – бағдарламалық және басқа да автоматтандыру тәсілінің қызметінен, дербес және кешенді техникалықтан тұратын, өздігімен техникалық-ұйымдастыру жүйесін ұсынатын, жобалау үрдісінің автоматтандыруға арналған, автоматтандырылған жүйе. Бұл мақалада екілік коммутация тізбегі, энергияны ескергенде, басқару мен бақылау жүйесін пайдалану және

ұйымдастыруда (ББЖ, БӨҚЖА, ТПБАЖ), жобалау автоматизациясына арналған, АЖЖ AutomatiCS 2011 бағдарламалық өнімі ТарМУ «Автоматика және телекоммуникация» кафедрасында оқу үрдісінде қолданылуы сипатталған.

**Түйін сөздер:** жобалаудың автоматтандырылған жүйесі, басқару, тексеру, интерфейс, дерек қоры.

**Т.К. Temirgaliev, А.М. Turgunbekov, I.K. Badanov, B.B. Tlemisov**

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

### **SOFTWARE PACKAGE OF AUTOMATICS 2011 ON THE LABORATORY AND PRACTICAL TRAINING OF ENGINEERING SPECIALTIES**

System of the automated design (SAD) – the automated system which represents the organizational and technical system intended for design process automation, consisting of the personnel and a complex of technical, program and other automation equipment of its activity. In article the SADAutomatiCS 2011 software product used in educational process on Automatic Equipment and Telecommunications chair by TARGU which is intended for automation of design, reconstruction and operation of control and management systems (SKU, instrumentation and automated control systems, the automated process control system), the accounting of energy, chains of secondary switching is described.

**Keywords:** system of the automated design, management, control, the interface, database.

УДК 621.39-027.31; 621.39:658.512.2

**Т.К. Темиргалиев<sup>1</sup>, А.М. Тургунбеков<sup>2\*</sup>, И.К. Баданов<sup>2</sup>, Б.Б. Тлемисов<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Магистрант*

*Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан  
эл. почта: \*azat\_007\_91@mail.ru*

### **ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ SYSTEM VIEW НА ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМАХ РАДИОИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Моделирование электрических схем непосредственно связано с проектированием соответствующих устройств. В системах конструкторского проектирования электронных устройств широкое распространение получили программы моделирования, объединенные общим названием – SPICE-программы (например, программы PSpice, TSpice, XSpice и т.д.). В статье описан используемый в учебном процессе на кафедре «Автоматика и телекоммуникации» ТарГУ программный пакет LTSpice, входящей в систему SwitcherCADIII.

**Ключевые слова:** моделирование, схемотехника, интерфейс, сигнал, электроника.

На старших курсах специальности 5В071900 – «Радиотехника, электроника и телекоммуникации» имеет место качественный скачок в освоении учебного материала: переход от изучения принципов действия, схемотехники и характеристик радиоэлектронных устройств (РЭУ) к изучению радиоэлектронных систем (РЭС), входящих в состав телекоммуникационной аппаратуры.

В качестве мощного средства анализа радиотехнических средств можно использовать прикладной пакет SystemView компании ELANIX. Пакет SystemView обеспечивает возможность всестороннего анализа свойств радиоэлектронных систем, включая алгоритмы аналоговой или цифровой обработки сигналов, синтеза фильтров, анализа и синтеза систем управления и систем связи. Пакет SystemView осуществляет моделирование динамических систем на уровне функциональных блоков.

Открытая архитектура пакета позволяет пользователям и разработчикам выпускать собственные дополнения и подключать их в виде динамических библиотек.

Пользовательский интерфейс программы достаточно прост в использовании и интуитивно понятен, по крайней мере, он значительно проще интерфейса Simulink. Основу пакета составляет базовый модуль SystemViewProfessionalEdition, к которому подключаются различные специализированные библиотеки. В случае если уже имеющаяся модель не устраивает разработчика, существует возможность создать собственную пользовательскую модель, в том числе и внешними средствами (MatLAB, Delphi и т.п.).

В состав пакета SystemView входят следующие библиотеки:

- CommunicationsLibrary – содержит модели каналов, кодеров и декодеров, модуляторов и демодуляторов;
- DSP Library – предназначена для моделирования цифровых сигнальных процессоров;
- RF/AnalogLibrary – содержит модели различных радиотехнических устройств трактов аналоговой обработки сигналов;
- LogicLibrary – библиотека цифровых логических схем;
- CDMA/PCS Library – включает модели устройств, используемых в современных системах связи, в том числе, и с кодовым разделением каналов;
- DigitalVideoBroadcasting (DVB) Library – объединяет модели функциональных блоков, используемых в аппаратуре цифрового телевизионного вещания;
- EnTegraAdaptiveFilterLibrary – библиотека компонентов адаптивных фильтров, разработанная фирмой EnTegra.

В пакете SystemView реализована связь системы моделирования с программным обеспечением компании XILINX, позволяющим программировать программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС). Программируемая логическая интегральная схема (англ. ProgrammableLogicDevice – PLD) – электронный компонент, используемый для создания цифровых интегральных схем. В отличие от обычных цифровых микросхем, логика работы ПЛИС не определяется при изготовлении, а задаётся посредством программирования (проектирования). Для программирования используются программаторы и отладочные среды, позволяющие задать желаемую структуру цифрового устройства в виде принципиальной электрической схемы или программы на специальных языках описания аппаратуры: Verilog, VHDL, AHDL и др.

Интерфейс SystemView с пакетом Matlab обеспечивает возможность использования отработанных алгоритмов этого пакета, что сильно расширяет возможности разработчика.

В пакете SystemView возможна генерация исполняемого кода для операционных систем Windows, что позволяет превратить промоделированную и отлаженную систему обработки сигнала в исполняемую программу, требующую только входные параметры и данные, а это, в свою очередь, позволяет создавать готовые специализированные программы, не требующие установки SystemView.

Система содержит множество дополнительных средств для наращивания и усложнения модели с целью максимального приближения её к реальной аппаратуре. Внутренние средства анализа ограничены, в общем-то, осциллографом и анализатором спектра, однако в системе имеется возможность записи временной реализации в файл, и это позволяет выполнять обработку данных с помощью других программных средств, например, таких как LabView.

Рассмотрим основные приёмы работы с пакетом SystemView. Начнём с программного интерфейса SystemView. Окно программы (рис. 1) содержит меню, панель инструментов (рис. 2), полосы горизонтальной и вертикальной прокрутки, область проектирования, область сообщений и перечень модулей.

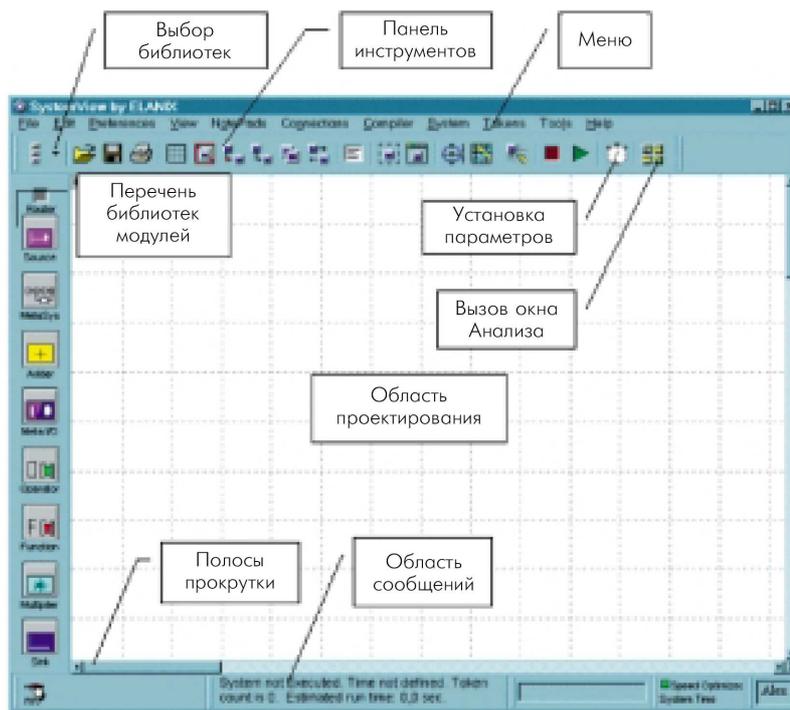


Рис. 1. Окно программы SystemView 5.0

Интерфейс программы SystemView интуитивно понятен и очень напоминает пакет Simulink. Доступные библиотеки модулей расположены в левой части окна программы, представленного на рисунках 1 и 2. Для того, чтобы добавить модуль в функциональную схему, нужно «перетащить» мышью значок соответствующего модуля в область проектирования, а затем дважды щёлкнуть левой кнопкой мыши на перенесённом значке (или нажать

правую кнопку мыши и в появившемся меню выбрать пункт Library), выбрать в появившемся окне библиотеки необходимый функциональный модуль. Для установки параметров и характеристик необходимо нажать кнопку Parameters, расположенную справа.

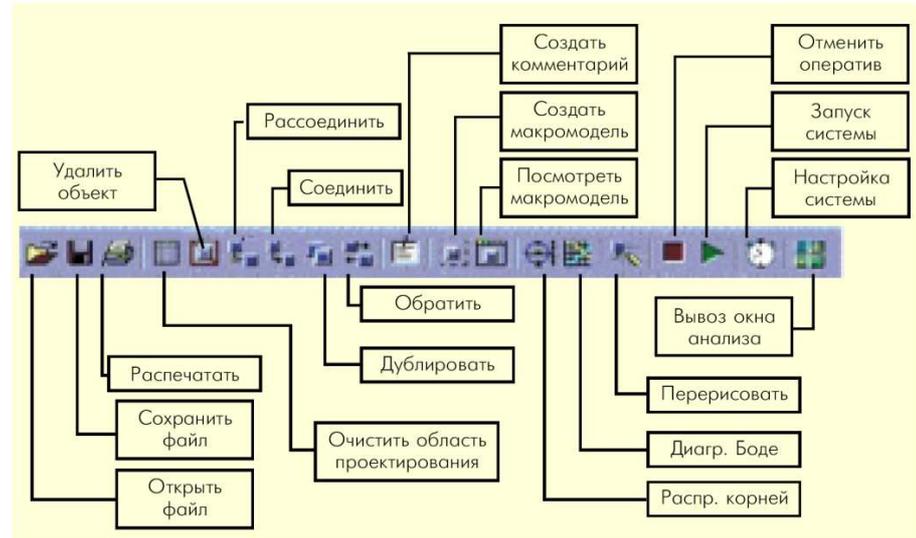


Рис. 2. Панель инструментов программы SystemView 5.0

Для смены библиотек модулей, отображаемых в перечне, необходимо нажать кнопку выбора библиотек, которая расположена в левом верхнем углу основного окна программы (см. рис. 1).

Рассмотрим пример построения и реализации простой радиотехнической системы в пакете SystemView. Выполним реализацию супергетеродинного приёмника АМ-сигнала в системе SystemView. На рисунках 3 и 4 приведены, соответственно, структурная схема и модель супергетеродинного приемника АМ сигнала. На вход приёмника подаётся ансамбль АМ-сигналов с плавно изменяющимися частотами модулирующих сигналов от 0 до  $W$ .

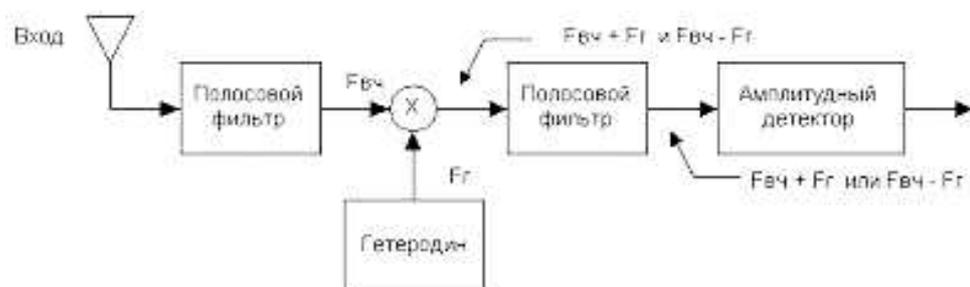


Рис. 3. Структурная схема супергетеродинного приемника АМ сигнала

В данной модели отсутствует входной фильтр, но при необходимости он может быть добавлен. Настойка фильтра промежуточной частоты определяет, какой из трёх входных сигналов необходимо принять. В данной

реализации принимается сигнал с несущей частотой 40 кГц. Амплитудный детектор выполнен на диоде, который моделируется характеристикой.

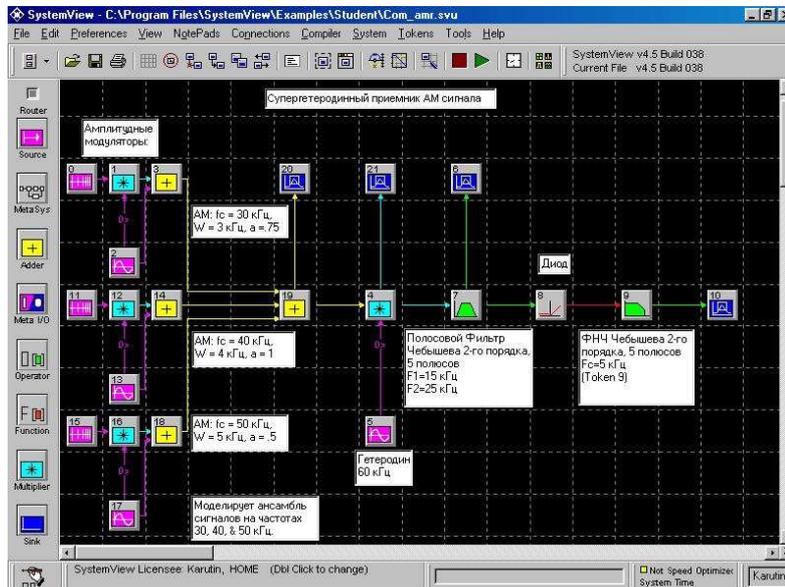


Рис. 4. Модель супергетеродинного приемника АМ сигнала в пакете SystemView 5.0

В пакете SystemView имеются средства анализа процессов, происходящих в модели. На рисунке они представлены в виде пиктограмм с белым рисунком на синем фоне (пиктограммы 6, 10, 20 и 21). Запуск процесса моделирования осуществляется нажатием кнопки <11>, в окне анализа можно наблюдать процессы, происходящие в соответствующих точках модели.

На рисунке 5 представлены результаты анализа процессов, происходящих при приёме выбранных сигналов. В левом верхнем углу приведён спектр группового сигнала на входе приёмника, под ним спектр сигнала после преобразования частоты. В правом верхнем углу – спектр сигнала после полосового фильтра промежуточной частоты, и наконец, в правом нижнем углу – зависимость от времени сигнала на выходе диодного детектора.

В заключение отметим, что компания AgilentTechnologies в 2009 году объявила о выпуске новой платформы САПР SystemVue, которая является преемницей САПР SystemView. Платформа SystemVue 2009 позволяет вдвое сократить время проектирования физического уровня высокопроизводительных алгоритмов связи и системной архитектуры как в области беспроводных приложений, так и для аэрокосмической и оборонной промышленности. Новая платформа SystemVue 2009 превосходит предыдущие предложения САПР компании Agilent для системного уровня, представляя собой новую категорию средств проектирования для системных архитекторов и разработчиков алгоритмов на самом высоком уровне проектирования устройств связи. Платформа компании AgilentSystemVue 2009 предоставляет собой простую в использовании среду с передовыми технологиями моделирования, с возможностью подключения к аппаратной

реализации и проведения испытаний. Она позволяет создавать алгоритмы и прототипы архитектур для сложных систем связи. Платформа SystemVue заполняет важный разрыв в процессе проектирования между разработчиками алгоритмов и основной группой проектировщиков, а также снижает стоимость владения, создавая единый технологический процесс за приемлемую цену. SystemVue дополняет существующие средства автоматизации проектирования электроники общего назначения, используемые при проектировании FPGA, цифровых сигнальных процессоров (DSP), прикладных интегральных схем (ASIC) и аналоговых/радиочастотных компонентов [1].

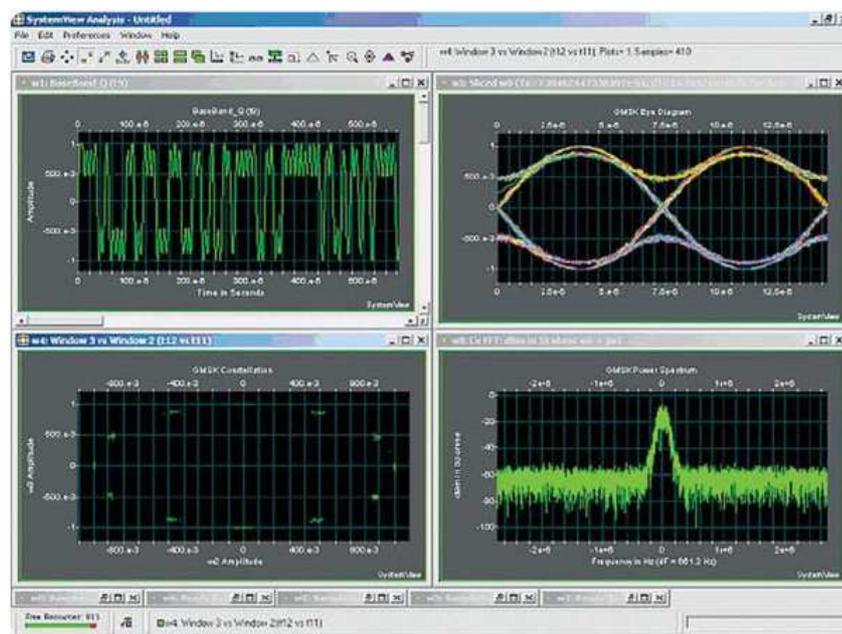


Рис. 5. Результаты анализа супергетеродинного приемника АМ сигнала

В 2013 году компания AgilentTechnologies представила новую версию передовой платформы для проектирования коммуникационных и оборонных систем. SystemVue 2013.01.

Новая версия позволяет разработчикам принимать более эффективные решения, касающиеся архитектуры ВЧ-тракта и тракта цифровой обработки сигналов за счет моделирования реальных условий, проверки соответствия требованиям стандартов и работы с контрольно-измерительным оборудованием в процессе проектирования. Это сокращает число итераций проектов в ходе разработки и снижает риски проектирования.

Кроме того, САПР SystemVue 2013.01 предлагает обновления для множества библиотек и элементов проектирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Златин, И. Systemview 6.0 (SystemVue). Системное проектирование радиоэлектронных устройств [Текст] / И. Златин. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2006. – 424 с., ISBN: 5-93517-258-5

*Материал поступил в редакцию 08.12.14.*

**Т.К. Темиргалиев, А.М. Тургунбеков, И.К. Баданов, Б.Б. Тлемисов**

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

**РАДИОИНЖЕНЕРЛІК МАМАНДЫҚТАРЫНА ТӘЖІРИБЕЛІК ЖӘНЕ  
ЗЕРТХАНАЛЫҚ САБАҚТАРЫНА АРНАЛҒАН SYSTEM VIEW  
БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ПАКЕТІ**

Сәйкес құрылғыларды жобалаумен тікелей байланысты электр схемаларын модельдеу. Электр құрылғыларын құрастырып жобалау жүйесінде моделдеу бағдарламаларын алу кеңінен таралғаны, SPICE-бағдарламалары жалпы аталумен біріктірілген (мысалы, PSpice, TSpice, XSpice және т.б. бағдарламалары). Бұл мақалада ТарМУ «Автоматика және Телекоммуникация» кафедрасында оқу үрдісінде SwitcherCAD III жүйесіне кіретін, LTSpice бағдарламалық пакеті қарастырылған.

**Түйін сөздер:** модельдеу, схемотехника, интерфейс, сигнал, электроника.

**T.K. Temirgaliev, A.M. Turgunbekov, I.K. Badanov, B.B. Tlemisov**

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

**SOFTWARE PACKAGE OF SYSTEM VIEW ON LABORATORY  
PRACTICAL WORKS OF RADIO ENGINEERING SPECIALTIES**

Modeling of electric circuits is directly connected with design of the corresponding devices. In systems of design design of electronic devices the programs of modeling united by the general name – SPICE program were widely adopted (for example, the programs PSpice, TSpice, XSpice, etc.). In article the software package of LTSpice which is a part of the system SwitcherCAD III used in educational process on “Automatic and telecommunications” chair by TARGU is described.

**Keywords:** modeling, circuitry, interface, signal, electronics.

## ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК .664.6/7

**Н.А. Горбатовская<sup>1</sup>, Е.В. Иванова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Канд. техн. наук, профессор, <sup>2</sup>Магистрант

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

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ, КАК РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ**

В статье приведены основные проблемы питания, связанные со здоровьем человека. Особая роль отводится дефициту белков, витаминов, пищевых волокон и микроэлементов в рационе питания и его последствий. Рассмотрены вопросы решения проблемы питания путем разработки инновационных технологий по производству функциональных продуктов массового спроса, в т.ч. и мучных кондитерских изделий с использованием гороховой, кукурузной муки, яблочного волокна и сахарозаменителя.

**Ключевые слова:** проблема питания, функциональное питание, бисквитный полуфабрикат, кукуруза, горох, сахарозаменитель, пищевая ценность, безопасность питания

Здоровое питание и безопасность пищевых продуктов относятся к основным факторам, определяющим уровень общественного здоровья, качество жизни, долголетие, трудовую и социальную активность.

Рацион питания, который на сегодняшний день базируется на включении в продукты питания пищевых добавок под кодом Е, использовании генетически-модифицированных источников сырья, экологические загрязнения сырья и продовольственных продуктов оказывают существенное влияние на формирование важнейших факторов риска и рост социально-значимых заболеваний: сердечнососудистых, онкологических, желудочно-кишечных, сахарного диабета, ожирения, аллергии и др.

По данным ВОЗ более 60 % всех причин смертности напрямую связано с предотвратимыми нарушениями в питании и развитием неинфекционных заболеваний [1].

По данным Министерства здравоохранения РК наше население имеет высокий уровень смертности от сердечнососудистых заболеваний, диабета и новообразований (рак).

Кроме того, современный мир в последнее десятилетие признал одной из главных угроз физическому и интеллектуальному здоровью человека проблему «скрытого голода». Последним принято называть хронический дефицит белков, витаминов и микроэлементов в рационе питания. Этот «голод» не менее опасен, чем явный, поскольку он очень широко распространен, что особо остро отражается на здоровье детей, беременных и кормящих женщин [2].

Постоянный дефицит малых количеств важнейших микроэлементов и витаминов, белка способен провоцировать возникновение и усугублять течение практически всех болезней человека. Механизмы старения также связаны с дефицитом эссенциальных факторов питания – прежде всего незаменимых аминокислот, полиненасыщенных жирных кислот (Q<sub>3</sub>, Q<sub>6</sub>, Q<sub>9</sub>), витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон.

В связи с этим особую актуальность приобретают инновационные технологии по созданию функциональных продуктов питания повышенной пищевой ценности, которые будут восполнять суточную потребность организма в белках, витаминах и минеральных и других веществах. Данная задача успешно решается учеными Казахской Академии питания РК, Академии профилактической медицины РК, учеными вузов страны.

Важнейшая роль в разработке и внедрении пищевых продуктов функционального назначения, отличающихся повышенной пищевой и биологической ценностью, отводится хлебопекарной и кондитерской промышленности, так как изделия этой отрасли широко употребляются всеми группами населения и являются продуктами массового спроса (рис. 1).

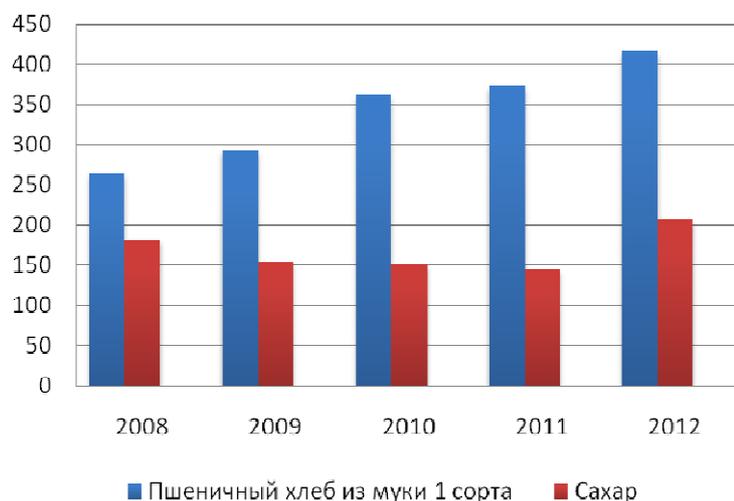


Рис. 1. Широко употребляемые продукты питания

Определенную лепту в решении поставленных задач проблемы здорового питания, расширения ассортимента пищевых продуктов, сбалансированных по химическому составу, вносят ученые Таразского государственного университета им. М.Х. Дулати. На базе научно-исследовательской лаборатории инженерного профиля «Наноинженерные методы исследования» им. А. С. Ахметова (НИЛИП «НИМИ») проводятся исследования, на основании которых разрабатываются рецептуры и технологии продуктов нового поколения: хлебобулочные и мучные кондитерские изделия, национальные кисломолочные продукты, безалкогольные напитки, которые соответствуют сбалансированному питанию и имеют функциональную значимость.

К данным исследованиям относится научная разработка инновационной технологии по производству мучных кондитерских изделий – бисквита, пользующегося значительным спросом населения. Известно, что каждые 100 г бисквитного полуфабриката, выпекаемого из муки пшеничной высшего сорта, дают организму человека большое количество энергии (1340

кДж) за счет значительного содержания сахара (35,5 % от массы продукта), что не всегда полезно для человека.

Кроме того, к недостаткам мучного изделия – бисквита, имеющего определенное значение в структуре питания человека, относятся такие факторы, как низкая биологическая ценность и высокая калорийность. Бисквит в этом случае исключен в питании для большой группы людей, страдающих сахарным диабетом, желудочно-кишечными заболеваниями, ожирением, аллергией к пшеничному белку и т.д., что и определило поставленную цель исследований – коррекция химического состава бисквитных продуктов.

Большой вклад в решение данного вопроса внесли многие ученые, разработки которых включали обогащение бисквитного полуфабриката амарантовой, ржаной мукой, люпиново-меланжевым гидролизатом, овощными и другими добавками.

В исследованиях, проведенных в НИЛИП «НИМИ» и Санкт-Петербургском научно-исследовательском университете информационных технологий, механики и оптики на кафедре «Пищевая биотехнология продуктов из растительного сырья», рецептура и технология бисквитных полуфабрикатов разрабатывалась с внесением в муку пшеничную высшего сорта и до полной ее замены мукой гороховой и кукурузной, а также добавлением яблочного волокна (Витацель) и полной заменой сахара сахарозаменителями, что позволит употреблять продукт людям с вышеуказанными заболеваниями. Обоснованием внесения муки из гороха и кукурузы послужило: во-первых, богатый химический состав и высокая пищевая ценность культур, которые восполняют недостающие химические компоненты в готовой продукции, исключают аллергенные белки пшеницы; во-вторых – использование местных натуральных сырьевых ресурсов. Внесение яблочного волокна обогатит бисквит недостающими пищевыми волокнами, а сахарозаменители снизят содержание сахара, вредного для большинства людей.

Кукурузная и гороховая мука имеют высокое содержание белка, витаминов, минеральных веществ.

В горохе представлены все витамины группы В (В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub> и В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>). Витамин В<sub>9</sub> заслуживает особое внимание уделяется, так как фолиевая кислота является компонентом многих биохимических реакций в организме и, в частности, участвует в синтезе нуклеотидов (компонент ДНК). Без фолиевой кислоты невозможны процессы деления клеток и развития тканей и органов. В достаточном количестве в горохе содержатся макро- и микроэлементы, антиоксиданты, которые защищают клетки организма человека от радионуклидов и свободных радикалов. Употребление гороха способствует нормальной работе органов пищеварения. Регулярное употребление гороха снижает риск развития онкологических заболеваний, стимулирует процессы регенерации в тканях и органах. Горох помогает контролировать сахарный диабет, находящиеся в нем углеводы состоят из глюкозы и фруктозы, которые попадают (без инсулиновой помощи) прямо в кровь.

Научный практический интерес в мучном кондитерском производстве представляет и кукурузная мука. Кукуруза богата токоферолом, фолиевой и аскорбиновой кислотой. Она обладает множеством полезных свойств и является источником витаминов группы В, РР, D и К. В муке содержится магний, медь, фосфор, калий, никель и крахмал. Установлено, что при регулярном употреблении кукурузы можно сократить риск сердечнососудистых заболеваний, диабета и инсульта. Это объясняется

активизацией метаболических процессов за счет обеспечения организма клетчаткой, пищевыми волокнами, магнием, калием, фосфором и токоферолом которые содержатся в кукурузе в достаточном количестве. В следствие улучшается иммунная система и здоровье человека. Химический состав гороховой и кукурузной муки представлен в таблице 1.

В дополнении к выбранным кукурузной и гороховой муки, в качестве добавки были подобраны натуральные растительные волокна «Витацель». Недостаток пищевых волокон в пище приводит к появлению почечнокаменной болезни, диабета, заболеванию кишечника, сердечнососудистой системе, ожирению и другим заболеваниям.

Таблица 1

Химический состав гороховой и кукурузной муки (на 100 г продукта)

Пищевые вещества	Гороховая мука	Кукурузная мука
Белки, г	16	23
Жиры, г	1	1,6
Углеводы, г	70	48,1
Пищевые волокна, г	9,6	4,7
Крахмал, г	58,2	44,7
Кальций, мг	250	34
Магний, мг	50	107
Натрий, мг	25	27
Калий, мг	300	340
Фосфор, мг	250	301
Витамин В1 (тиамин), мг	0,2	0,38
Витамин В2 (рибофлавин), мг	0,5	0,14
Витамин В6 (пиридоксин), мг	0,5	0,48
Витамин В9 (фолиевая кислота), мкг	16	26
Калорийность, ккал	355,5	325

Основными компонентами пищевых волокон являются: целлюлоза, гемицеллюлоза, пектин, лизин и сопутствующие им соединения. Для нормальной жизнедеятельности человека в пище должны присутствовать структурные элементы клеточных стенок растений, которые практически не усваиваются в желудочно-кишечном тракте, но выполняют очень важные функции в процессе пищеварения. В выбранном яблочном волокне фирмы «Витацель» содержится 60-98% балластных веществ – целлюлозы и гемицеллюлозы, причем 35-95% из них нерастворимые. Кроме того внесение яблочного волокна в бисквитный полуфабрикат способствует изменению вкусовых достоинств.

В результате исследований были подобраны композитные смеси муки: пшеничной с гороховой, кукурузной мукой, возможность получения бисквитного полуфабриката только на кукурузной муке, получение бисквита с максимальным процентом внесения гороховой муки. Цель замены сахара и внесение яблочного волокна – расширение ассортимента бисквита, имеющего целенаправленное функциональное назначение (диетическое питание).

Необходимо как можно быстрее решать поставленную проблему правильного питания, внедрять рекомендуемый ассортимент в производство. Иначе замедленные действия и отсутствие должных продуктов питания могут привести к негативным последствиям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шарманов, Т.Ш. Питание – важнейший фактор здоровья человека [Текст] / Т.Ш. Шарманов. – Алматы, 2010. – 408 с.
2. Шарманов, Т.Ш. О роли, дефиците и профилактике важнейших микронутриентов. [Текст] / Т.Ш. Шарманов, Ш.С. Тажибаев, И.Г. Цой. – Алматы: Раритет, 2009. – 368 с.

*Материал поступил в редакцию 11.03.15.*

**Н.А. Горбатовская, Е.В. Иванова**

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

#### ДҰРЫС ТАМАҚТАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІНІҢ ШЕШІМІ РЕТІНДЕ ҰНДЫ КОНДИТЕР ӨНІМДЕРІНІҢ ӨНДІРІСІНДЕГІ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Мақалада адам денсаулығымен байланысты тамақтанудың негізгі проблемалары келтірілген. Тамақтану рационында және оның салдарына ақуыз, дәрумендер, тағамдық талшықтар және микроэлементтер жетіспеушілігіне ерекше назар аударылған. Жаппай сұранысқа ие функционалдық өнімдер, соның ішінде бұршақ, жүгері ұндарын, алма талшығы мен қант алмастырғышты пайдалана отырып дайындалған ұнды кондитер өнімдерін өндіру бойынша инновациялық технологиялар дайындау арқылы тамақтану проблемаларын шешу мәселелері қарастырылған.

**Түйін сөздер:** тамақтану проблемасы, функционалдық тамақтану, бисквитті жартылай өнім, жүгері, бұршақ, қант алмастырғыш, тағамдық құндылығы, тамақтану қауіпсіздігі.

**N.A. Gorbatovskaya, Ye.V. Ivanova**

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

#### INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF FLOUR CONFECTIONERY PRODUCTS

The main problems of nutrition and its impact on human health are presented. Special role composes protein deficiency, vitamins, dietary fibers and micronutrients in the diet and its effects. View questions to solve the problem through the development of innovative technologies for production of functional foods in mass demand and flour confectionery products using pea, corn flour, apple fiber and sweetener.

**Keyword:** power supply problem, functional food, sponge cake, corn, peas, sweetener, nutritional value, food security.

UDC 13.22:637.12'61

**N.A. Gorbatovskaya<sup>1</sup>, G.D. Karimova<sup>2</sup>, Ye.I. Atenov<sup>2</sup>***<sup>1</sup>Candidate of technical sciences, Professor, <sup>2</sup>Master, Engineer  
Taraz State University named after M.Kh. Dulati, Taraz, Kazakhstan***SOLUTION OF BABY NUTRITION BASED ON USING MARE'S MILK**

The problem of child nutrition and the state of its production in Kazakhstan, near abroad and foreign countries is presented. Given that the majority of children has cow's milk protein intolerance and in need of special food products, offered an alternative solution – the use of mare's milk in the production of baby food.

**Keywords:** mare's milk, baby nutrition, dry milk, freeze drying, cereal based, food safety.

The decisive factor in the formation of human health since its birth is good nutrition.

Providing breast-feeding up to 4-6 months of life is the guarantor of its immunobiological protection, harmonious, physical and intellectual development. Proper nutrition, being one of the important mechanisms of formation of health in childhood is particularly important.

According to Statistic Department of RK, the number of children in Kazakhstan is more than 5 million. Established that today about 30% of children under the age of 1 year are in mixed or artificial feeding [1]. Among them are children suffering from intolerance to cow's milk protein, which need special food products.

In Kazakhstan, in recent years there are favorable conditions for the development and expansion of the market of baby food. However, today it is more represented mainly by foreign-made products.

Segment of breast-milk substitutes are widely distant foreign manufacturers: Nestle (Switzerland) together with the brand Gerber (USA), Friesland Foods (The Netherlands), Humana (Germany) and Nutritek (Russia), Nutricia (The Netherlands) [2, 3].

Category of cereal porridges for baby food, soups and puddings, represented by companies: Nestle (Switzerland), Heinz (CIIA), HIPPI (Austria), Nutritek (Russia), Lebyadinsky (Russia), Kolinska (Slovenia). The largest share from the list of cereals supplied to Kazakhstan, made in Russia. In this case, the foundation is dry cereal porridges cow's milk.

Because young children – a group at particular risk, life requirements for the production of breast milk substitutes are very hard, both in terms of nutritional value, and safety.

The problem of the production of baby food has exceptional sharpness, as nearly one-third of infants in the first days of life are in need of additional food, and some in the full translation of artificial feeding, some of whom are children suffering from intolerance to cow's milk protein and are in need of special food products [4].

In that in the production of baby food the main raw material is cow's milk, the use of mare's milk, it might be the best solution to replace the allergenic components of cow's milk and baby food production special purpose directly in Kazakhstan. Mare's milk – it's eco-friendly, natural product, which is historically

linked to the Kazakh people, and in modern times is of particular importance dry mare's milk as a raw material for baby food.

After examining the brief analysis of the markets of the EU, Japan, China, the dry mare's milk, it can be noted that in Europe no organization tracks the availability of dairy farms and statistics are difficult to assess [3, 4].

The largest and oldest farm in Germany for the production of kumys is Kurgestut Hoher Odenwald, having experience of more than 50 years, with 400 horses. Besides kumys produced since 1975 (bio-kumys), produces a dry concentrate supplementation in infant formula. That product implemented in the frozen and dried form through pharmacy chains. On the farm of kumys also produce dry concentrate kumys, which after regeneration (dissolving in water) was obtained by reducing kumys, without alcohol, but all the nutrients it retains. The company produces cosmetic products based on mare's milk and its derivatives - kumulak (patented protected trademarks Kumulak\*). This idea is common in other European countries. So mare's milk is produced in Austria, the Netherlands, Italy, and Belgium, where the medicine is an interest existed to the mare's milk. But mostly it is carried out on farms, sold fresh, frozen or dry form to the local population, and is realized in the form of cosmetic products in the European and American countries. In the Netherlands invented a way of converting milk into powder. As a result of freeze-drying it preserves the natural properties of the milk. Such a situation occurs in the ground and in the above mentioned countries. However, the EU remains one of the main suppliers of milk and derivative products. Japan has self-sufficiency in dairy products at 70%. The use of mare's milk in China is much less common than in European countries.

Decision of questions of baby food based on mare's milk is currently under study and research.

On the creation of baby food, which will be based on mare's milk, scientists are working SRI baby food of the Russian Academy of Agricultural Sciences. Scientists claim that the baby food from mare's milk, such as fashionable breastfeeding mixture, curds, yoghurts, are hypo-allergenic. The use of such dairy products in the diet of children will help provide children the full range of all nutrients as when fed breast milk.

By scientists of Research Institute of Agricultural Sciences of baby food (NIIDP RAAS) has been proved that the mare's milk in all major biochemical parameters and biological properties closer to breast milk. In the mare's milk, as well as in the human milk, contained 6% of lactose and protein belongs to the albumin group. It does not form an infant's stomach dense cheesy clots is well absorbed and does not cause painful phenomena. The Institute of Medical Sciences of the RF power proved the possibility of the use of mare's milk as a natural substitute for human milk and the main component of children's products [5].

Much attention is paid to research the use of mare's milk in the Republic of Bashkortostan, Yakutia. The main direction of the dairy horse breeding is production kumys, drying or freezing of mare's milk.

Develop high-quality baby food products based on mare's milk, is relevant, high-technical task. So German entrepreneurs engaged in deep processing of mare's milk and a large north-Kazakhstan businessmen farm "Arkalyk" are showing interest in the development of baby food based on mare's milk. In the research of German scientists proved the positive effect of mare's milk in the treatment of lung diseases, digestive problems and weakened immunity, mare's milk is very useful for children who are allergic to cow's milk protein, and children who do not have enough breast milk [4, 5].

The company "Snipe" is dynamic, rapidly developing enterprise in Russia. In the future, agriculture is planning to increase production volumes of mare's milk and koumiss, as well as the organization of production of dry milk and mare's own baby food industry based on it, developed in conjunction with the Institute of Nutrition, Russian Academy of Sciences and baby food Russian Academy of Agricultural Sciences (RAAS).

Production of pasteurized milk and mare's milk with biological additives for children over 1 year launched in 2011 in the Tver region. Also provides for the start of production of dry mixes for feeding children less than 1 year. For drying milk is supposed to use technology developed by the Russian Space Agency [6].

Based on the sources correspondent of Tengrinews.kz, who gave an interview to the head of the Laboratory of Biotechnology specialized food Kazakh Academy of Nutrition Yu.Sinyavsky, by the end of 2014 planned production of baby food from mare's milk in the Akmola region. The local businesses, farms and factories have interested by project. Scientists are working on projects for the production of an entire line of functional immunostimulating products - pasty cream, milk drinks, and baby food. These products will be delivered to hospitals, schools and preschools.

Despite the fact that Kazakhstan is historically horse breeding dairy region, industrial production and processing of mare's milk is only in recent years began to develop rapidly. In different regions of the country are developing breeding farms engaged in horse breeding such as LLP "Kazakh tulpary» Kostanay, LLP "Kulandy" Aral region, the farm "Sarsenov and K" Shiely (involved in breeding horses Kazakh breed), farm "Arkalyk", LLP "ZAN" Zhambyl region, etc.

Alternative raw mare's milk for the production of baby food can be dried mare's milk, which according to all indicators and biological properties are not different from the original product, has a longer shelf life, and when dissolved retains primary indicators of quality of mare's milk. Drying mare's milk - the most efficient method of preserving it and solve the problem associated with the seasonality of production of raw materials [7].

In Kazakhstan, in the framework of Consortium "Kazakh-French Centre of Technology Transfer", was realized a project "Preparation of freeze-dry powder method of mare's milk" (LLP "Igeru" Semei). This is so far the only production, which was engaged in canning mare's milk [5, 6]. Interest in the production and acquisition of Kazakh dry mare's milk are many countries in Europe, China, Korea, UAE, Germany, France, since is widely used medicine, pharmacology, cosmetology.

Today there is no technology and recommendations for the production of baby food based on a dry mare's milk and grain products in the countries far, near abroad and Kazakhstan.

We propose to solve this issue on the basis of horse and kumys farms in Kazakhstan, including the Zhambyl region, where one of the largest farms is LLP "ZAN" breeding farm "Absent", which is located in Taraz.

Breeding Farm "Absent" has 158 horses, 105 of which - breeding stock. The farm works steadily since 2001 at the farm shop was constructed for the production of kumys with the daily workload of 1000 liters. Full power workload plans are underway to produce 3000 liters. This perspective justified, there is support at the level of deputies of the Mazhilis of the Parliament of Kazakhstan and senators. After receiving by the farm necessary equipment is planned to produce powdered milk, kumys, their tableting, with further transition to the production of baby food and cosmetology.

Scientific communication TarSU M.Kh. Dulati, in particular with the research laboratory of engineering profile "Nanoengineering research methods" LLP "ZAN" breeding farms "Absent" conducted from 2011, the result of research is the development of long-term storage technology kumys, the production of which is obtained by an innovative patent. In May 2013, obtained the standard of organization and the trademark "Khan kumys".

Exploratory research is conducted jointly also in baby food (cereals). Under laboratory conditions, obtained various children's special cereals (buckwheat, rice, oats), on a dry mare's milk, in loose and pelletized form. The project of "Technology Directions baby food on a dry mare's milk and flour of cereals" is developed.

According to the recommendations of the first National Forum "Kumys – national treasure" (31.10.2013, the Taraz, on the basis of Taraz State University), which was attended by experts and scientists from Russia, Turkey, Yakutia, Kyrgyzstan and different regions of Kazakhstan, Taraz State University, LLP "Zan" et al. are proposed (including):

- Greater involvement universities and research institutes of the Republic of Kazakhstan for a comprehensive study of raw materials, the composition and properties of national food for the development of modern technologies of industrial production, expanding the range of products;

- To create a republican and regional chambers of mare's milk producers. Through the chambers in 2014 provide to consider subsidizing the activities of producers of mare's milk.

In the forum is also presented a report of scientists of TarSU M.Kh. Dulati "Comprehensive assessment of the potential and prospects of mare's milk extract the baby foods", which was approved by the participants.

In Zhambyl region in this regard there is a lot of unused reserves. For their effective development should improve the organizational forms of doing horse breeding, strengthen the food base, mechanized milking mares, create a farm enterprise with production lines for the production of traditional national food, using the population of the republic in great demand.

This will solve the problem of not only the production of kumys and other Kazakh national products, but also baby food in Kazakhstan on an industrial basis. And, as a social effect, will provide people of all ages, especially children, natural, high-quality and wholesome food.

From an economic point of view, the identification and the involvement in the production of reserve factors such as mare's milk, determine ways to use them effectively will lead to improving the functioning of the dairy and food industries, expanding the range of clean and safe food [7].

In view of the above, the development of baby food on a dry mare's milk is an important task, representing scientific and practical significance for the implementation of the Concept of healthy lifestyle and nutrition of the population of the Republic of Kazakhstan and the quality issues and food safety of children.

It is important to note that the market breast milk substitutes in the world is not yet saturated with suppliers, so foreign companies have shown great interest in the development of breast milk substitutes based on mare that had similar chemical composition. Therefore, Kazakhstan is necessary and important to take it its own niche.

The research results can make a significant contribution to solving the problems of child nutrition not only in Kazakhstan, but the near and far abroad as mixes and cereals on a dry mare's milk and grain products at the level of internal and external market is not made.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Курмангалиев, С. Проблемы детского питания [Текст] / С. Курмангалиев, Ж. Меренбаев // Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана. – 2010. – № 3-4.
- 2 Дуйсебаев, А.Ж. Совершенствование управления стратегическим развитием предприятий молочной промышленности на основе обеспечения конкурентноспособности продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://do.gendocs.ru/docs/index-250374.html>.
- 3 Инвестиционная привлекательность рынка продуктов детского питания, декабрь, 2008» [Электронный ресурс]. – Режим доступа [http://bta.kz/files/3-baby\\_main.pdf](http://bta.kz/files/3-baby_main.pdf).
- 4 Майкенов, М. Исследование рынка кобыльего молока [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.skachatreferat.ru/referaty/391656.html>.
- 5 Сырье для производства детского питания [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.znaytovar.ru/new558.html>.
- 6 Исаев, В.А. О профилактической направленности детского питания: Новые решения по обеспечению продовольственной безопасности [Текст] / В.А. Исаев // Пищевая промышленность. – 2012. - № 12. – С. 30-31.
- 7 Шилин, В.А. Альтернативные технические средства для сушки молока [Текст] / В.А. Шилин, О.А. Гусейнов // Молочная промышленность. – 2012. – № 8. – С. 40-42.

*Material received 11.03.15.*

**Н.А. Горбатовская, Г.Д. Каримова, Е.И. Атепов**

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

### **БИЕ СҮТІН ПАЙДАЛАНУ НЕГІЗІНДЕ БАЛАЛАР ТАҒАМЫ МӘСЕЛЕЛЕРІН ШЕШУ**

Балалар тағамының түйіткілді мәселелері және Қазақстанда, алыс және жақын шет елдерде оны өндіру жағдайы қарастырылған. Көптеген балалардың сиыр сүті ақуызын қорыта алмауынан және оларға арнайы өнімдер қажеттігі себебінен баламалы шешім – балалар тағамының өндірісінде бие сүтін пайдалану мүмкіндігі ұсынылады.

**Түйін сөздер:** бие сүті, балар тағамы, құрғақ сүт, сублимациялық құрғату, дәндік негіз, тамақтану қауіпсіздігі.

**Н.А. Горбатовская, Г.Д. Каримова, Е.И. Атепов**

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

### **РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДЕТСКОГО ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОБЫЛЬЕГО МОЛОКА**

Представлена проблема детского питания и состояние его производства в Казахстане, дальнем и ближнем зарубежье. Учитывая, что большинство детей страдают непереносимостью белка коровьего молока и нуждаются в продуктах специального питания, предлагается альтернативное решение – возможность использования кобыльего молока в производстве детского питания.

**Ключевые слова:** кобылье молоко, детское питание, сухое молоко, сублимационная сушка, зерновая основа, безопасность питания.

---

## НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

---

УДК 666.227.3

**М.В. Дяденко**

*Канд. техн. наук, ст. преподаватель  
Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
эл. почта: dyadenko-mihail@mail.ru*

### СТЕКЛОВИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Представлены результаты исследований высокоиндексных стекол для изделий офтальмологического назначения. Определены технологические особенности синтеза оптических стекол, состоящие в следующем. При варке в газопламенной печи непрерывного действия в фарфоровых тиглях титансодержащие стекла с соотношением оксидов  $K_2O:TiO_2$  ниже 0,8 имеют выраженный желтый оттенок. По результатам исследований разработан состав стекла для изделий офтальмологического назначения на основе системы  $K_2O-Na_2O-TiO_2-SiO_2$  при соотношении  $K_2O:Na_2O$ , равном 7:1, модифицированный оксидами бария и циркония. Стекло разработанного состава характеризуется показателем преломления 1,702, плотностью  $2703 \text{ кг/м}^3$ , величиной микротвердости 3479 МПа и светопропусканием 80 % на длине волны 540 нм. По сочетанию оптических и технологических свойств указанное стекло может быть рекомендовано для изготовления облегченных очковых линз с высокой оптической силой.

**Ключевые слова:** оптическое стекло, линза, показатель преломления, плотность, оксид титана, рефракция, микротвердость.

К изделиям офтальмологической оптики относят в первую очередь линзы различного назначения (очковые, контактные, интраокулярные, корригирующие и т.д.) и офтальмологические вискохирургические имплантаты.

Эволюция дизайна очковых оправ идет в сторону увеличения размера проемов и усложнения их формы. Это требует использования очковых линз большого диаметра. В связи с этим производители очковых линз стремятся максимально уменьшить массу линзы за счет использования в технологии производства очковых линз составов высокоиндексных стекол с минимальной величиной плотности. Применение такого типа стекол позволяет уменьшить толщину линзы и улучшить ее эстетические свойства.

Для изготовления очковых линз применяют два типа материалов, обладающих необходимыми оптическими свойствами – стекло и полимеры.

Стекла, из которого изготавливается линза, классифицируют следующим образом: стекло оптическое бесцветное; стекло оптическое органическое; стекло фотохромное и стекло оптическое цветное [1-2].

В соответствии с [3] материалы, используемые для изготовления очковых линз, должны удовлетворять целому ряду требований:

- иметь высокий показатель преломления, большую величину коэффициента дисперсии; невысокую плотность и значение микротвердости порядка 3300–3500 МПа;

- быть химически устойчивыми к воздействию влажной атмосферы и пятнающих агентов;

- иметь малый коэффициент отражения и показатель светорассеяния для излучения видимого диапазона, а также характеризоваться малым коэффициентом пропускания ультрафиолетового и инфракрасного излучений;

- иметь малые внутренние напряжения и требуемую обрабатываемость поверхности.

Полимерные линзы изготавливаются из современных полимерных материалов и имеют ряд преимуществ перед минеральными линзами: высокую ударпрочность и, следовательно, высокую степень травмобезопасности; примерно в 2 раза меньшую массу по сравнению с минеральными линзами, окрашиваемость в любой цвет и оттенок; возможность нанесения широкого спектра многослойных покрытий, придающих линзам дополнительные свойства; возможность создания линз со сложной геометрией (асферические линзы).

Однако у полимерных линз есть недостатки: они легко царапаются; характеризуются невысокой устойчивостью к воздействию атмосферных осадков и сложностью утилизации органических материалов. Дело в том, что захоронение полимерных отходов не представляется возможным в связи с накоплением в земле токсических веществ, превращающих почву в бесплодную пустыню. Сжигание или газификация полимерных отходов могут быть осуществлены лишь с использованием дорогостоящего оборудования – печей, снабженных необходимой газоочистительной системой.

Линзы, изготовленные из неорганического оптического стекла характеризуются рядом достоинств перед органическими: они имеют высокую оптическую силу и устойчивость к царапанию в процессе их эксплуатации.

Очковые заготовки и линзы согласно требованиям европейского стандарта должны иметь коэффициент пропускания в УФ области на длине волны 315 нм меньше 0,1 %. Как известно, повышенное рассеяние оптических стекол приводит к уменьшению коэффициента пропускания, что ухудшает качество изображения, разрешающую способность и контрастность изображения.

Целью проводимых исследований являлась разработка составов оптических стекол для изделий очковой оптики с показателем преломления не менее 1,65 и минимально возможным значением плотности, характеризующихся высокой химической устойчивостью к пятнающим агентам и кристаллизационной устойчивостью в интервале формования линзы.

На основе анализа литературных данных установлено, что в оптических стеклах высокий показатель преломления достигается путем введения в их состав оксидов свинца, лантана и бария [4]. Однако оксид свинца относится к компонентам первого класса опасности, применение которого является крайне нежелательным. Использование оксида лантана является нецелесообразным, так как он существенно повышает плотность оптических стекол. Кроме того, данный оксид является дорогостоящим

компонентом, что существенно удорожает состав стекла. При введении оксидов титана и лития обеспечивается достаточно высокое значение показателя преломления при минимальном приращении показателя плотности. Вместе с тем введение  $\text{Li}_2\text{O}$ , который является типичным глушителем, в состав стекол, вызывает склонность их к объемной кристаллизации, что ограничивает использование  $\text{Li}_2\text{O}$  в стеклах данного типа.

Как известно [5], количество оксида титана, вводимого в состав титансодержащих стекол, определяется в первую очередь основностью стекла и его кристаллизационной способностью. Так калиевые титаносиликатные стекла устойчивы к кристаллизации в процессе их термообработки, если содержание  $\text{TiO}_2$  не превышает 25–30 мас. %.

Существенной особенностью оптических стекол по сравнению с техническим или бытовым стеклом является преимущественное использование оксида калия, а не оксида натрия. Это объясняется следующими причинами: при одинаковом содержании красящих примесей коэффициент светопоглощения стекол с  $\text{K}_2\text{O}$  меньше, чем стекол с  $\text{Na}_2\text{O}$ ; при одинаковом мольном содержании  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  многокремнеземистые калиевые стекла обладают меньшей кристаллизационной способностью, чем натриевые.

Также с ростом содержания  $\text{Na}_2\text{O}$  увеличивается склонность опытных стекол к кристаллизации и снижается их химическая устойчивость.

Поэтому для разработки составов оптических стекол с высоким показателем преломления и минимальным приращением плотности в качестве основы выбрана система  $\text{K}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$ , при следующем содержании компонентов, %<sup>1</sup>:  $\text{SiO}_2$  – 55–75,  $\text{K}_2\text{O}$  – 15–35,  $\text{TiO}_2$  – 10–30 (рис. 1).

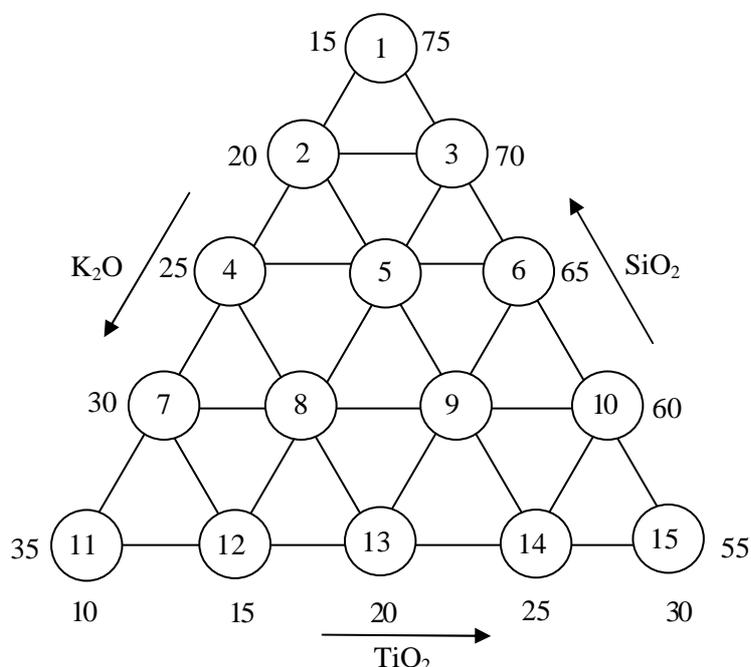


Рис. 1. Составы синтезируемых стекол системы  $\text{K}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$

<sup>1</sup> Здесь и далее по тексту, если не оговорено особо, приведено молярное содержание, мол. %

Выбор исследуемой системы обусловлен наличием в ней достаточно широкой области стеклообразования, а также необходимостью синтеза стекол, характеризующихся устойчивостью к влажной атмосфере, с показателем преломления не ниже 1,65 и значением плотности 2600–3000 кг/м<sup>3</sup>.

Синтез стекол для очковой оптики осуществлялся в газовой пламенной печи периодического действия при максимальной температуре (1450±10) °С и создании в печном пространстве окислительных условий варки.

По результатам синтеза установлено, что практически все стекла прозрачны, однородны по составу, не имеют газовых включений. Кроме того, титансодержащие стекла с соотношением оксидов K<sub>2</sub>O:TiO<sub>2</sub> ниже 0,8 имеют желтую окраску, которая обусловлена, по нашему мнению, образованием хромофорных комплексов Fe<sup>+2</sup>-O-Ti<sup>+4</sup>. При высоком окислительном потенциале шихты обеспечивается следующее: во-первых, переход Fe<sup>+2</sup>→Fe<sup>+3</sup> (комплексы Fe<sup>+2</sup>-O-Ti<sup>+4</sup> характеризуются низкой интенсивностью поглощения), во-вторых, Ti<sup>+4</sup> не переходит в окрашивающую форму Ti<sup>+3</sup>.

Данный факт согласуется с результатами работы [5], в которой указано, что возможность образования красящих комплексов зависит от основности стекла, в частности, от содержания оксидов группы R<sub>2</sub>O (где R<sub>2</sub>O – Li<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O) и от их вида. Автор отмечает, что при соотношении R<sub>2</sub>O:TiO<sub>2</sub> больше единицы образуются комплексы [TiO<sub>4/2</sub>O]<sup>-2</sup>R<sub>2</sub><sup>+</sup>, а красящие комплексы Fe<sup>+2</sup>-O-Ti<sup>+4</sup> при этом разрушаются. Это обуславливает уменьшение интенсивности окраски либо ее устранение.

С этих позиций можно объяснить устранение нежелательной окраски и в стеклах системы K<sub>2</sub>O-TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>, характеризующихся соотношением K<sub>2</sub>O:TiO<sub>2</sub> не менее 0,8. Образование комплексов [TiO<sub>4/2</sub>O]<sup>-2</sup>K<sub>2</sub><sup>+</sup> оказывает влияние не только на окраску стекол. Благодаря их формированию подавляется склонность к фазовому разделению (ликвации, кристаллизации), характерному для титаносиликатных стекол.

Указанные комплексы образуются при наличии примесей оксида железа, который вводится в стекло не только с сырьевыми материалами, но и в процессе синтеза диффундирует из материала стекловаренного сосуда. Последнее обстоятельство исключается при варке стекол в платиновых тиглях. На образование хромофорных комплексов влияют также окислительно-восстановительные условия синтеза, что связано с изменением соотношения Fe<sup>+2</sup>/Fe<sup>+3</sup>. Окислительная газовая среда в печи обуславливает повышение окислительного потенциала шихты и стекломассы, обеспечивая переход Fe<sup>+2</sup>→Fe<sup>+3</sup> и, как результат, устранение либо ослабление нежелательной окраски.

Для определения склонности стекол к кристаллизации проведена их градиентная термообработка в интервале температур 600–1100 °С в течении 1 ч, по результатам которой установлено, что определяющее влияние на кристаллизационную способность опытных стекол оказывает оксид кремния. Так, с повышением его содержания до значений 70–75 % опытные стекла характеризуются ярко выраженной объемной кристаллизацией.

Плотность опытных стекол определялась расчетным способом и экспериментальным (методом гидростатического взвешивания). При сравнении расчетных показателей с экспериментальными отмечено их различие: результаты расчетных значений несколько завышены, поэтому в дальнейших исследованиях используются экспериментальные данные.

По результатам исследований установлено, что плотность титаносиликатных стекол изменяется от 2415 до 2790 кг/м<sup>3</sup>.

Влияние химического состава опытных стекол системы  $K_2O-TiO_2-SiO_2$  на их плотность приведено на рисунке 2.

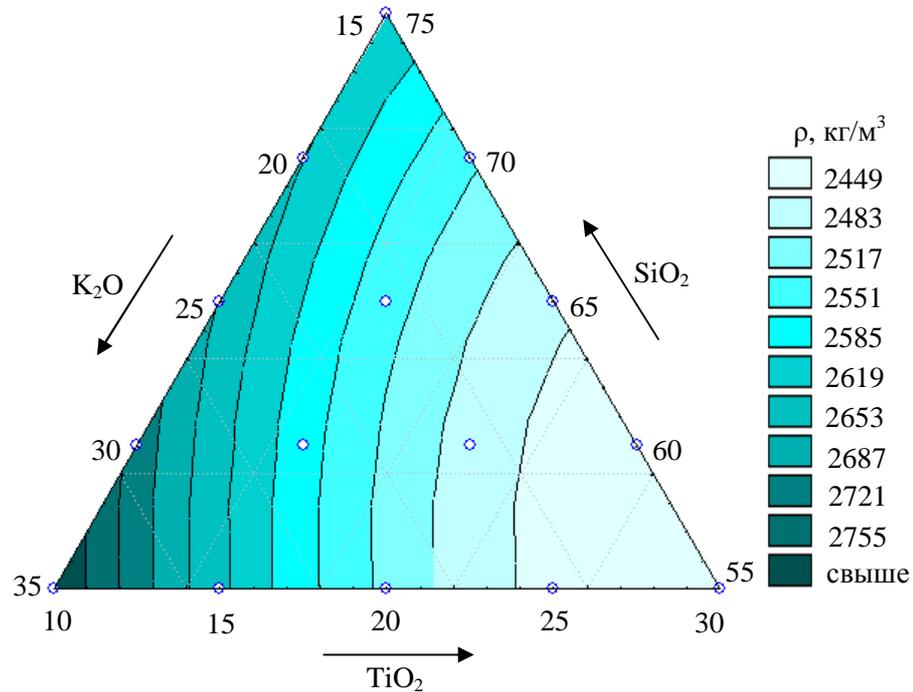


Рис. 2. Графическая зависимость плотности опытных стекол системы  $K_2O-TiO_2-SiO_2$  от химического состава

Как видно из рисунка 2, максимальные значения плотности характерны для стекол, включающих 30–35 %  $K_2O$ , а минимальные – для стекол с содержанием  $TiO_2$  25–30 %. Данный факт вызван различием в радиусах вводимых катионов ( $r_{K^+} = 0,133$  нм;  $r_{Ti^{+4}} = 0,068$  нм), которые определяют плотность упаковки структурных элементов.

Показатель преломления, коэффициент дисперсии, средняя дисперсия опытных стекол рассчитывались по методу Демкиной [4] в соответствии с формулами (1-3), а рефракция ( $n$ ) рассчитывалась в соответствии с формулой Лорентца–Лоренца (4):

$$n_D = (\sum n_i \cdot m_i) / 100; \quad (1)$$

$$\Delta n = \sum n_i / 100; \quad (2)$$

$$V = (n_D - 1) / \Delta n; \quad (3)$$

$$r = \frac{1}{d} \cdot \frac{n_D^2 - 1}{n_D^2 + 2}. \quad (4)$$

По результатам расчетов стоит отметить, что показатель преломления опытных стекол изменяется от 1,556 до 1,687; коэффициент дисперсии – от

52,5 до 54,7; средняя дисперсия – от 0,013 до 0,022, а рефракция – от 0,122 до 0,158.

На величину рефракции значительное влияние оказывает введение  $\text{TiO}_2$  в состав опытных стекол. Максимальные значения рефракции характерны для стекол, включающих 25–30 %  $\text{TiO}_2$ . Величина рефракции обратно пропорциональна показателю плотности. В связи с этим стекла, характеризующиеся максимальным значением плотности, имеют низкую величину рефракции.

Величина показателя преломления зависит главным образом от количества оксида титана, вводимого в состав синтезированных стекол, при этом значения данного показателя в пределах 1,65–1,70 достигаются при содержании  $\text{TiO}_2$  20–30 %.

Значительное влияние на величину показателя преломления оказывает количество щелочного металла, вводимого в состав опытных стекол. Так, с ростом содержания оксида щелочного металла показатель преломления увеличивается. Это связано с тем, что введение модификатора приводит к увеличению доли немостиковых атомов кислорода, которые являются более поляризуемыми, и согласно результатам работы [6] вызывает рост показателя преломления. Как известно [7], о способности ионов к поляризации судят по их рефракции: ионы, имеющие высокую рефракцию, легко поляризуются. Поляризующее влияние катионов определяет физико-химические свойства стекол.

Определенное влияние на коэффициент дисперсии опытных стекол оказывает оксид титана. Так, максимальные значения коэффициента дисперсии характерны для стекол, включающих 25–30 %  $\text{TiO}_2$ . Это обусловлено высоким парциальным числом коэффициента дисперсии для данного оксида.

Величина температуры начала размягчения стекла имеет важное значение: этой температуре соответствует состояние стекла, при котором оно под действием некоторой нагрузки начинает деформироваться. Таким образом, если известна температура начала деформации стекла, то нетрудно определить высшую температуру отжига стеклоизделий, которая обычно на 10–15 °С ниже температуры начала размягчения стекла.

По результатам определения температуры начала размягчения установлено, что значение данного показателя изменяется от 635 до 670 °С.

На рисунке 3 приведено влияние  $\text{K}_2\text{O}$ , вводимого взамен  $\text{TiO}_2$  в количестве от 15 до 35 %, на температуру начала размягчения опытных стекол.

Установлено определяющее влияние соотношения  $\text{K}_2\text{O}:\text{TiO}_2$  на данный показатель. Так, если соотношение не превышает единицы, отмечено увеличение температуры начала размягчения от 645 до 670 °С, а в случае, если  $\text{K}_2\text{O}:\text{TiO}_2 > 1$ , – ее уменьшение до значений 655 °С. Это связано, в первом случае с преобладанием более прочных групп  $[\text{TiO}_4]$  в сравнении с  $[\text{TiO}_6]$ , а во втором – с ростом доли более слабых комплексов  $[\text{TiO}_{4/2}\text{O}]^{-2}\text{K}^+$ .

Увеличение постоянного содержания  $\text{SiO}_2$  от 55 до 60 % приводит к снижению температуры начала размягчения на 5–6 °С, что обусловлено преобладанием группировок  $[\text{TiO}_4]$  и ростом более прочных связей  $\text{Ti}^{\text{IV}}-\text{O}$  (455 кДж/моль), чем связь  $\text{Si}-\text{O}$  (444 кДж/моль).

В процессе производства очковой линзы заготовка стекла подвергается ряду технологических операций, в том числе механической обработке. Для получения качественного изделия (очковой линзы) стекло, с одной стороны, должно характеризоваться относительно невысокими показателями

микротвердости (3200-3400 МПа), а с другой стороны, низкие значения микротвердости не обеспечат изделию требуемую устойчивость к механическим воздействиям в процессе эксплуатации линзы – царапинам. Поэтому оптимальная величина микротвердости для стекол офтальмологического назначения составляет 3400-3700 МПа.

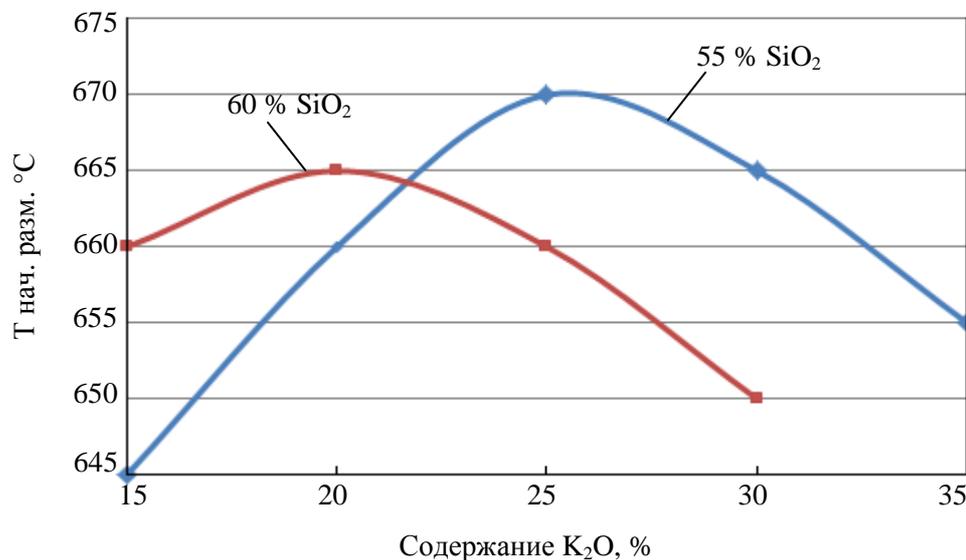


Рис. 3. Влияние  $K_2O$ , вводимого взамен  $TiO_2$ , на температуру начала размягчения опытных стекол системы  $K_2O-TiO_2-SiO_2$

По результатам исследований определено, что микротвердость опытных стекол изменяется от 3330 до 3980 МПа.

Зависимость микротвердости опытных стекол от количества  $TiO_2$ , вводимого взамен  $K_2O$  в количестве от 15 до 35 %, приведена на рисунке 4.

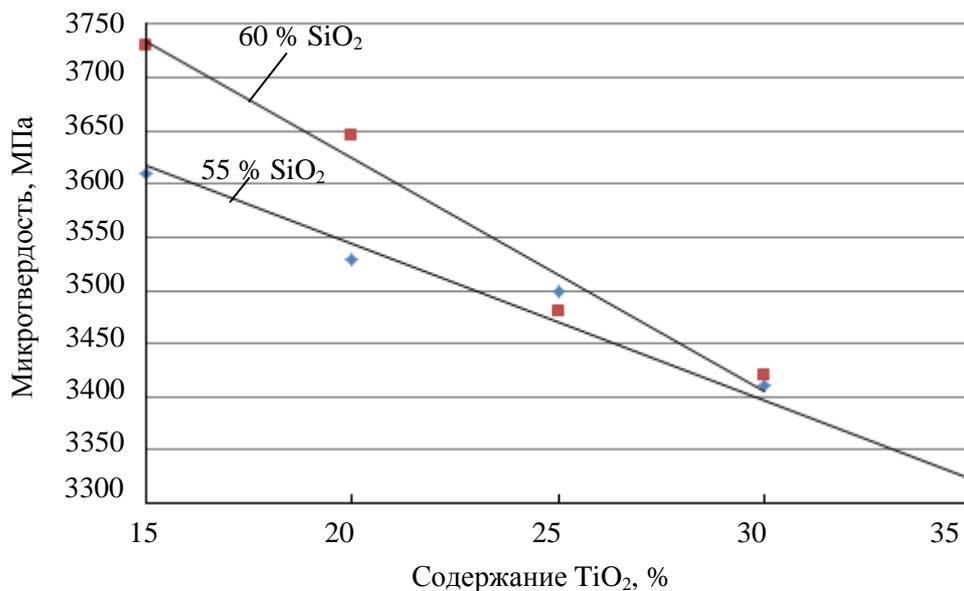


Рис. 4. Зависимость микротвердости опытных стекол от количества  $TiO_2$ , вводимого взамен  $K_2O$

Как следует из рисунка 4, более высокие значения микротвердости характерны для стекол с высоким содержанием  $K_2O$ .

Установлено, что величина микротвердости опытных стекол определяется не только количеством в их составе оксида титана, но и соотношением  $K_2O:TiO_2$ . Данный факт объясняется прочностью связи  $Ti-O$  (309 кДж) и изменением доли группировок  $[TiO_4]$  и  $[TiO_6]$  в структуре щелочных титаносиликатных стекол. Наряду с этим рост постоянного содержания  $SiO_2$  от 55 % до 60 % вызывает рост градиента микротвердости опытных стекол, что обусловлено преобладанием более прочных кремнекислородных связей  $Si-O$  (444 кДж) в структуре титаносиликатных стекол в сравнении со связью  $Ti-O$  (309 кДж).

Зависимость микротвердости опытных стекол при постоянном содержании  $K_2O$  15 и 20 % представлена на рисунке 5.

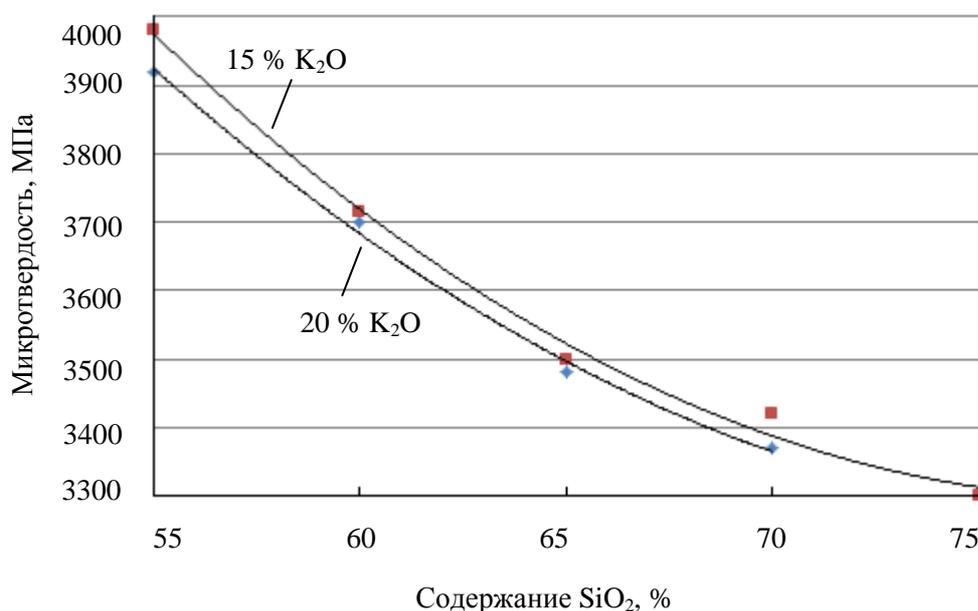


Рис. 5. Зависимость микротвердости стекол от химического состава

Как видно из графической зависимости, увеличение количества  $SiO_2$  от 55 до 75 %, при постоянном содержании  $K_2O$ , равном 15 %, обуславливает уменьшение микротвердости опытных стекол в связи с уменьшением доли групп  $[TiO_6]$  и менее прочных связей  $Ti^{VI}-O$  (309 кДж), чем связь  $Si^{IV}-O$  (444 кДж). Увеличение постоянного содержания  $K_2O$  от 15 % до 20 % приводит к уменьшению значений микротвердости, вследствие увеличения основности стекла и деполимеризации кремнекислородного каркаса.

Химическую устойчивость опытных стекол определяли по зерновому методу, сущность которого заключается в обработке определенного количества зерен опытного стекла водой с последующим определением потерь массы испытуемого образца в граммах или процентах от общей массы [8]. Потери массы опытных стекол находились в пределах 0,08–0,12 мг/г, что позволяет отнести составы опытных стекол ко II гидролитическому классу.

Определение коэффициента светопропускания стекла проводилось согласно ГОСТ 26302-93 [9].

На рисунке 6 представлены спектры пропускания стекол с различным содержанием  $\text{TiO}_2$ , вводимого взамен  $\text{K}_2\text{O}$  при постоянном содержании  $\text{SiO}_2$ , составляющем 55 %.

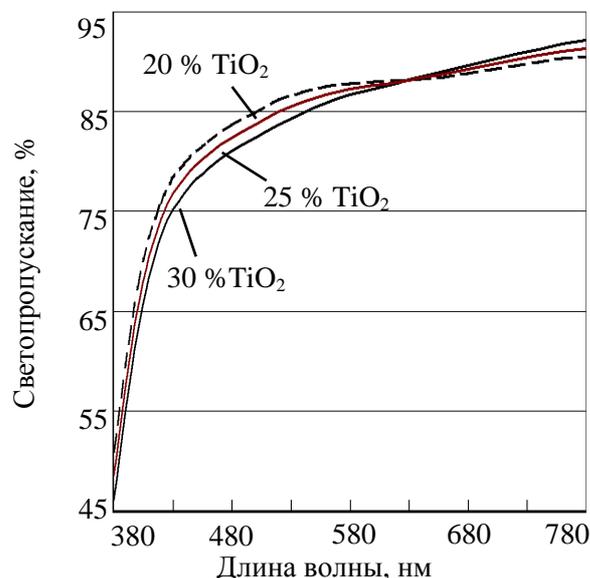


Рис. 6. Спектры пропускания стекол системы  $\text{K}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$

Как следует из рисунка, край поглощения опытных стекол сдвигается в длинноволновую область с ростом содержания оксида титана. Для  $\text{Ti}^{+4}$  характерно поглощение высокой интенсивности в области 370 нм, что обуславливает резкое снижение пропускания титансодержащих стекол в ультрафиолетовой части спектра. Это является положительным фактором, поскольку стекла для очковой оптики должны обеспечивать защиту глаз от ультрафиолетового излучения.

По результатам исследований определен базовый состав стекла с отношением  $\text{K}_2\text{O}:\text{TiO}_2 < 1,0$  в максимальной степени отвечающий требованиям, предъявляемым к стеклам для очковых линз. Однако недостатками его являются склонность к поверхностной кристаллизации в интервале температур 950–1050 °С и значение показателя преломления, не превышающее 1,65.

В связи с этим на последующем этапе работы в указанном составе стекла проведена эквимольная замена  $\text{K}_2\text{O}$  на  $\text{Na}_2\text{O}$  в количестве от 5 до 15 % с шагом 2,5 %.

По результатам синтеза установлено, что практически все стекла прозрачны, однородны по составу и не имеют газовых включений.

Экспериментально определено, что при введении оксида  $\text{Na}_2\text{O}$  в состав стекла системы  $\text{K}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$  взамен  $\text{K}_2\text{O}$  в количестве до 2,5 % в процессе термообработки наблюдается уменьшение интервала поверхностной кристаллизации опытных стекол до значений температуры 950–1080 °С. Дальнейшее увеличение  $\text{Na}_2\text{O}$  до 5–10 % вызывает развитие поверхностной кристаллизации и увеличение температурного интервала до значений 700–1100 °С соответственно.

По результатам определения плотности опытных стекол системы  $\text{K}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{TiO}_2-\text{SiO}_2$  установлено, что при увеличении содержания оксида  $\text{Na}_2\text{O}$

значения плотности изменяются от 2500 до 2660 кг/м<sup>3</sup>. Дело в том, что введение Na<sub>2</sub>O в состав опытных стекол вместо K<sub>2</sub>O вызывает рост данного показателя, в связи с увеличением плотности упаковки структуры за счет преобладания более прочных связей Na–O (84 кДж/моль), чем связь K–O (54 кДж/моль).

Указанная замена вызывает увеличение показателя преломления от 1,595 до 1,689, в связи с чем введение Na<sub>2</sub>O ограничивается количеством 2,5–5 %.

Значение микротвердости опытных стекол системы K<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>O–TiO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> изменяется от 3420 до 3736 МПа.

Зависимость микротвердости от содержания оксида натрия, вводимого взамен K<sub>2</sub>O, представлена на рисунке 7.

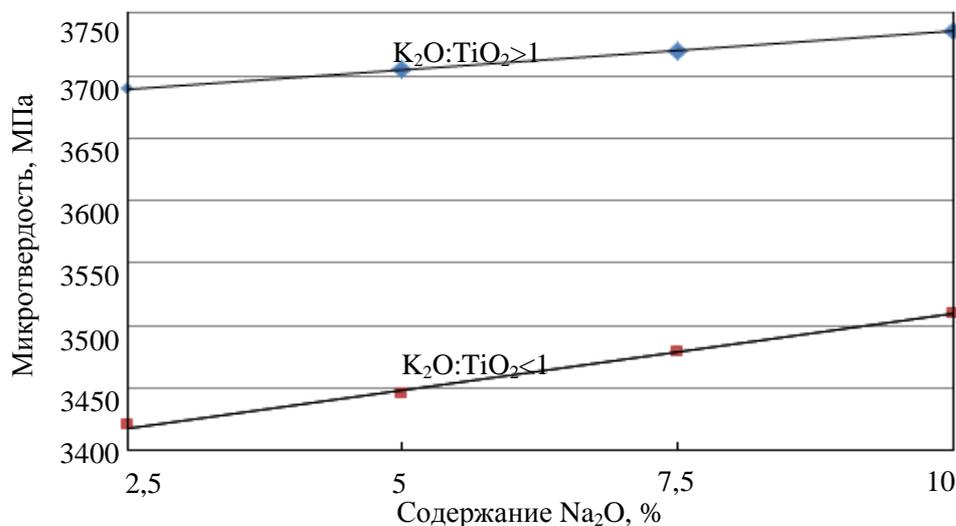


Рис. 7. Зависимость микротвердости от содержания оксида натрия, вводимого взамен K<sub>2</sub>O

Как известно, микротвердость силикатных стекол тем выше, чем меньше при прочих равных условиях радиусы входящих в них катионов. Как видно из графической зависимости, с увеличением содержания оксида натрия от 2,5 до 10 %, вводимого взамен K<sub>2</sub>O, значения микротвердости увеличиваются, так как ионный радиус калия больше, чем ионный радиус натрия ( $r_{K^+} = 0,133$  нм,  $r_{Na^+} = 0,098$  нм).

По результатам исследований опытных стекол в качестве базового стекла системы K<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>O–TiO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> выбран состав с соотношением Na<sub>2</sub>O:K<sub>2</sub>O, равным 1:7. Стекло указанного состава проявляет склонность к кристаллизации в температурном интервале 900–1000 °С. В связи с этим в дальнейшем проведена частичная замена K<sub>2</sub>O на BaO в количестве от 2,5 до 10%.

При введении оксида BaO в составы опытных стекол системы K<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>O–BaO–TiO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> взамен K<sub>2</sub>O в количестве 2,5% в процессе термообработки наблюдается уменьшение интервала поверхностной кристаллизации до значений 950–1000 °С. Дальнейшее увеличение BaO до 5–10 % вызывает развитие поверхностной кристаллизации и увеличение температурного интервала до значений 750–1100°С соответственно.

Выявлено, что введение оксида BaO в состав опытных стекол вместо K<sub>2</sub>O приводит к росту значений плотности, в связи с увеличением плотности упаковки структуры за счет введения катиона с более высокой молекулярной массой ( $M_{Ba^{+2}} = 137,33$  г/моль,  $M_{K^+} = 39,09$  г/моль).

Замена K<sub>2</sub>O на оксид бария в количестве от 2,5 до 10 % приводит к увеличению показателя преломления от 1,605 до 1,732; коэффициента дисперсии – от 52,1 до 54,3; средней дисперсии – от 0,015 до 0,021; рефракции – от 0,131 до 0,148. Величина показателя преломления опытных стекол определяется рядом таких параметров, как радиус и заряд катиона, атомная масса, поляризуемость иона, диэлектрическая проницаемость, прочность связи катиона с кислородом. Множественность факторов, определяющих величину показателя преломления, обуславливает необходимость рассмотрения на практике двух случаев: в первом необходимо рассматривать замещение катиона в составе стекла на равнозарядный, а во втором – на разнозарядный. В случае разнозарядных ионов изменение показателя преломления определяется напряженностью поля по Дитцелю  $z/(r_k + r_a)^2$ , где  $r_k$  – радиус катиона;  $r_a$  – радиус аниона. В связи с тем, что сила поля по Дитцелю для K<sup>+</sup> составляет 0,13, а для Ba<sup>+2</sup> – 0,24 наблюдается рост показателя преломления опытных стекол.

Введение BaO вызывает увеличение рефракции в связи с тем, что ион Ba<sup>+2</sup> сильнее поляризует кислород и крепче с ним связан. Вследствие этого связи K<sup>+</sup>–O и Na<sup>+</sup>–O в структурном элементе Me<sup>+</sup>–O–Me<sup>2+</sup>, наоборот оказывается слабее. В связи с этим разная степень поляризации катионов отражается на свойствах опытных стекол.

С повышением содержания BaO от 2,5 до 10 % температура начала размягчения опытных стекол увеличивается в связи с упрочнением структуры стекла за счет преобладания доли более прочной связи Ba–O (138 кДж/моль), чем связь K–O (54 кДж/моль). При этом микротвердость опытных стекол уменьшается, так как ионный радиус бария больше, чем ионный радиус калия ( $r_{K^+} = 0,133$  нм,  $r_{Ba^{2+}} = 0,138$  нм).

По результатам исследований опытных стекол в качестве базового стекла системы K<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>O–BaO–TiO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> выбран состав с соотношением K<sub>2</sub>O:Na<sub>2</sub>O:BaO, составляющим 6:1:1. Стекло указанного состава проявляет склонность к кристаллизации в температурном интервале 950–1000 °С.

С целью повышения устойчивости опытных стекол к кристаллизации в температурном интервале 600–1050 °С и увеличения показателя преломления опытных стекол до значений 1,65 при минимальном приращении показателя плотности в базовом составе стекла системы K<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>O–BaO–TiO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> проведена эквимольная замена TiO<sub>2</sub> на ZrO<sub>2</sub> в количестве от 2 до 8 % с шагом 2 %.

По результатам синтеза установлено, что стекло с содержанием ZrO<sub>2</sub>, равным 8 %, характеризуется газовыми включениями по всему объему стекла.

Установлено, что при введении оксида ZrO<sub>2</sub> в состав базового стекла системы K<sub>2</sub>O–Na<sub>2</sub>O–BaO–TiO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> взамен TiO<sub>2</sub> в количестве 2–4 %, в процессе термообработки наблюдается уменьшение интервала поверхностной кристаллизации до значений 850–930 °С. В составах стекол, включающих 6 % ZrO<sub>2</sub>, наблюдается отсутствие признаков кристаллизации при их термообработке. Дальнейшее увеличение ZrO<sub>2</sub> до 8 % вызывает развитие поверхностной кристаллизации и увеличивает ее температурный интервал до 920–1080 °С.

Экспериментально установлено, что с увеличением содержания оксида  $ZrO_2$  плотность опытных стекол возрастает, показатель преломления изменяется от 1,606 до 1,702; коэффициент дисперсии – от 54,1 до 54,4; средняя дисперсия – от 0,014 до 0,019, а значения рефракции – от 0,132 до 0,147.

Определено, что с увеличением содержания  $ZrO_2$  микротвердость опытных стекол увеличивается от 3427 до 3781 МПа.

Увеличение микротвердости опытных стекол связано с тем, что радиус катиона циркония меньше, чем титана. Кроме того, прочность единичной связи  $Zr-O$  составляет 338 кДж/моль, а  $Ti-O$  – 304 кДж.

По результатам проведенных исследований в качестве оптимального принят состав с содержанием оксида циркония, равным 2 %, который характеризуется отсутствием признаков кристаллизации при градиентной термообработке в течение 1 ч; значением плотности  $2703 \pm 20$  кг/м<sup>3</sup>; показателем преломления равным  $1,702 \pm 0,0002$ . Для стекла указанного состава значение микротвердости составляет  $3479 \pm 10$  МПа, температура начала размягчения –  $650 \pm 5$  °С. Стекло данного состава относится ко II гидролитическому классу. Кроме того, стекло указанного состава характеризуется величиной микротвердости 3479 МПа и светопропусканием 80 % на длине волны 540 нм.

Составы высокоиндексных стекол для изделий очковой оптики апробированы в условиях ОАО «Завод «Оптик». По сочетанию оптических и технологических свойств указанное стекло может быть рекомендовано для изготовления облегченных очковых линз с высокой оптической силой.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зверев, В.А. Оптические материалы [Текст]: учебное пособие для конструкторов систем и приборов / В. А. Зверев, Е. В. Кривоустова. – М.: СПбГУ ИТМО, 2009. – 244 с.
2. Бегунов, Ю.З. Критерии качества очковых линз [Текст] / Ю. З. Бегунов [и др.] // ВЕКО. – 1997. – №7. – С. 8.
3. Хацевич, Т.Н. Медицинские оптические приборы [Текст] / Т.Н. Хацевич. – Новосибирск: СГГА, 2002. – Ч. 2: Очковая оптика. – 241 с.
4. Демкина, Л.И. Физико-химические основы производства оптического стекла [Текст] / Л.И. Демкина. – Л.: Химия, 1976. – 456 с.
5. Ходаковская, Р.Я. Химия титансодержащих стекол и ситаллов [Текст] / Р.Я. Ходаковская. – Минск: Химия, 1978. – 288 с.
6. Шелби, Дж. Структура, свойства и технология стекла [Текст] / Дж. Шелби. – М.: Мир, 2006. – 288 с.
7. Аппен, А.А. Химия стекла [Текст] / А.А. Аппен. – М.: Химия, 1974. – 360 с.
8. Бобкова, Н.М. Химическая технология стекла и ситаллов [Текст]: практикум для студентов специальности «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий» / Н.М. Бобкова, Л.Ф. Папко. – Минск: БГТУ, 2005. – 196 с.
9. Методы определения коэффициентов направленного пропускания и отражения света [Текст]: ГОСТ 26302–93. – Введ. 01.01.95 – РФ: Госстрой России, 1995. – 20 с.

Материал поступил в редакцию 21.01.15.

**М.В. Дяденко***Беларусь мемлекеттік технологиялық университеті,  
Минск қ., Беларусь Республикасы***ОФТАЛЬМОЛОГИЯЛЫҚ ОПТИКА БҰЙЫМДАРЫ ҮШІН  
ӘЙНЕК ТӘРІЗДІ МАТЕРИАЛДАР**

Офтальмологиялық мақсаттағы бұйымдар үшін жоғары индекстік әйнектердің зерттеу нәтижелері келтірілген. Оптикалық әйнектер синтезінің технологиялық ерекшеліктері анықталған. Фарфор тигельдерінде үздіксіз әрекетті газ-жалынды пеште пісіру кезінде  $K_2O:TiO_2$  тотығының қатынасы 0,8 төмен титанқұрамдас әйнектер сары түске ие. Зерттеу нәтижесінде барий және цирконий тотықтарымен модификацияланған  $K_2O:Na_2O$  жүйесінің  $K_2O-Na_2O-TiO_2-SiO_2$  жүйесіне 7:1 тең қатынасы негізінде офтальмологиялық бұйымдар үшін әйнек құрамы жасалған. Дайындалған құрамдағы әйнектің шағылысу көрсеткіші 1,702, тығыздығы  $2703 \text{ кг/м}^3$ , микроқаттылық шамасы 3479 МПа және 540 нм толқын ұзындығындағы жарық өткізгіштігі 80 %. Оптикалық және технологиялық қасиеттері бойынша аталған әйнекті жоғары оптикалық күші бар жеңілдетілген көзәйнек линзаларын дайындау үшін ұсынуға болады.

**Түйін сөздер:** оптикалық әйнек, линза, шағылысу көрсеткіші, тығыздығы, титан тотығы, рефракция, микроқаттылық.

**M.V. Dyadenko***Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus***GLASS MATERIALS FOR PRODUCTS  
OF OPHTHALMOLOGIC OPTICS**

Results of high-index glass researches for products of ophthalmologic purpose are presented. Technological features of the optical glass synthesis are certain. During synthesis in the gas-flame furnace of continuous action in porcelain crucible titanium glass with ratio oxides  $K_2O:TiO_2$  less than 0.8 have the expressed yellow shade. On the results of researches the glass composition for products of ophthalmologic purpose on the basis of system  $K_2O-Na_2O-TiO_2-SiO_2$  at ratio  $K_2O:Na_2O$  equal 7:1, modified by oxides barium and zirconium is developed. Glass of the developed composition is characterized by a refractive index 1,702, density  $2703 \text{ kg/m}^3$ , level of microhardness 3479 mPa and optical transmission 80 % on wave length of 540 nanometers. On a combination of optical and technological properties the specified glass can be recommended for manufacturing facilitated lenses with high optical force.

**Keywords:** optical glass, lens, refractive index, density, titanium oxide, refraction, microhardness.

## МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.791.927.55

К.И. Ильясов<sup>1</sup>, А.Б. Сарсембаева<sup>2</sup>, Б.С. Төрбек<sup>3</sup><sup>1</sup>Канд. техн. наук, доцент, <sup>2</sup>Магистр с.-х. наук, <sup>3</sup>Студент  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, РКОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ ПЛАЗМЕННОЙ  
НАПЛАВКИ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

По результатам проведенных в данной работе исследований были определены оптимальные режимы плазменной наплавки для восстановления изношенных шеек коленчатых валов двигателей А-41. Оптимальные режимы наплавки были определены из условия обеспечения необходимой толщины наплавленного слоя, получения качественного металлопокрытия и стабильной работы малогабаритной плазменной горелки.

**Ключевые слова:** режимы плазменной наплавки, толщина наплавленного металла, припуск, шлифование, дефектный слой, величина тока, скорость наплавки.

Плазменная наплавка с применением в качестве присадочного материала одновременно проволоки и металлического порошка дает возможность в широких пределах регулировать состав наплавленного металла и распределять тепло дуги между присадочной проволокой и деталью, что расширяет выбор присадочных материалов и режимов наплавки. Однако нет рекомендаций по выбору режимов наплавки шеек восстанавливаемых коленчатых валов, поэтому в данной работе поставлена задача определения оптимальных режимов наплавки шеек коленчатых валов двигателей А-41.

Наплавка цилиндрической части шеек производится проволокой Св-08МХ или Св-08Г2С-88% в сочетании с порошком ПГ-СР4(3)-12%, так как при этом достигается наиболее высокая износостойкость наплавленного металла [1].

Значение параметров режима наплавки цилиндрической части шеек зависит от толщины наплавленного слоя. А толщина слоя, наплавленного на шейки коленчатых валов, определяется по методике, приведенной в работе [2]:

$$A_{сл} = \Delta U + Z_b \quad (1)$$

где:  $A_{сл}$  – толщина слоя для несимметрично изношенной детали, мм;  $\Delta U$  – величина износа детали, мм;  $Z_b$  – припуск на механическую обработку определяется суммой следующих составляющих:

$$Z_b = \sigma_a + H_a + C_d + \sum \Delta a + \frac{Ez_b}{2} \quad (2)$$

где:  $\sigma_a$  – допуск наплавки, мм;  $H_a$  – наибольшая высота поверхностных микронеровностей, мм;  $C_d$  – дефектный слой, мм;  $\sum \Delta a$  – пространственные отклонения: прогнутость и т.д., мм;  $Ez_b$  – погрешность установки детали, мм.

По результатам исследований (табл. 1) наибольшая толщина дефектного слоя при черновом шлифовании составляет 0,86 мм. Величина этого слоя при чистовом шлифовании принимается 0,05 мм. Поэтому толщина дефектного слоя при шлифовании равна 0,91 мм.

Таблица 1

Величина припуска на шлифование наплавленного слоя

№ п/п	Толщина наплавленного слоя, м·10 <sup>3</sup>		Припуск на шлифование, м·10 <sup>3</sup>
	до шлифования	после шлифования	
1	1,89	1,06	0,83
2	2,01	1,35	0,66
3	1,99	1,43	0,56
4	2,14	1,55	0,59
5	2,17	1,33	0,84
6	2,29	1,49	0,80
7	2,53	1,82	0,71
8	2,42	1,63	0,79
9	2,54	1,68	0,86
10	2,74	2,12	0,62
11	2,79	2,12	0,67
12	2,67	1,89	0,78

По техническим условиям биение поверхности установочных баз относительно оси коленчатого вала составляет  $Ez_b = 0,04$  мм и допустимый прогиб средней шейки наплавленных тракторных валов равен  $\sum \Delta a = 0,2$  мм [3].

Допуск на толщину наплавки по впадинам определяется из результатов опытов и равен 0,20 мм.

Замерами установлено, что наибольшая высота поверхностных микронеровностей  $H_a$  при наплавке на оптимальных режимах составляет около 0,55 мм.

Величина износа шеек коленчатых валов определялась по формуле:

$$\Delta U = \frac{d_{ном} - d_{мин} + \Delta_o}{2} \quad (3)$$

где:  $\Delta U$  – величина максимального износа, мм;  $d_{ном}$  – номинальный диаметр шеек, мм;  $d_{мин}$  – минимальный диаметр наплавляемой изношенной шейки, мм;  $\Delta_o$  – величина овальности предельно изношенной шейки.

По результатам замеров предельно изношенных шеек коленчатых валов А-41 были определены значения минимального диаметра ( $d_{мин}$ ) и овальности ( $\Delta_o$ ) шеек.

Значения  $d_{мин}$ ,  $\Delta_o$  и других данных, а также результаты расчетов толщины слоев по выпуклостям  $A_{СЛ}$  и впадинам ( $A_{СЛ} - H_a$ ) приведены в таблице 2.

Таблица 2

Расчет толщины слоя, наплавляемого на шейки коленчатых валов

Шейки коленчатых валов	$d_{ном}$ , мм	$d_{мин}$ , мм	$\Delta_o$ , мм	$z_b$ , мм	$A_{СЛ}$ , мм	$A_{СЛ} - H_a$ , мм
шатунные	88	86,77	0,11	1,83	2,50	1,95
коренные	105	103,78	0,08	1,83	2,48	1,93

Из таблицы видно, что толщина слоя по впадинам наплавленных валков составляет 1,93...1,95 мм. Пользуясь этими значениями толщины слоя определялись режимы наплавки предельно изношенных шеек коленчатых валов двигателей А-41.

Результаты исследования режимов наплавки получены для диаметра детали 86 мм. Проверка возможности применения этих результатов для наплавки шеек коленчатых валов А-41 показала, что скорость наплавки шеек и скорость подачи присадочной проволоки такая же, как и при наплавке образца диаметром 86 мм. А для сохранения шага наплавки, при котором не изменится толщина слоя, необходимо скорость продольной подачи определять из следующего выражения:

$$S_{di} = S_d \cdot \frac{d}{di} \quad (4)$$

где:  $di, d$  – соответственно диаметры шеек наплавленного вала и образца, на котором проводились исследования режимов наплавки;  $S_{di}, S_d$  – соответственно скорость продольной подачи при наплавке шейки вала с диаметром  $di$  и  $d$ .

Наплавку галтелей шеек осуществляли проволокой Св-08МХ или Св08Г2С-80% в сочетании с порошком ПГ-СР4(3)-20%, потому что в этом случае обеспечивается наиболее высокая усталостная прочность восстановленных валов [4].

Скорость наплавки галтелей и подачи присадочной проволоки, обеспечивающие наиболее высокую производительность, были установлены результатами исследований. При этом для достижения высокой усталостной прочности ширина валика на галтелях должна быть такой, при которой расстояние от галтелей до края валика составляет не менее 6 мм.

Величина тока на присадочную проволоку и расход порошка определялась соответственно в зависимости от скорости подачи проволоки и от доли порошкового металла в присадочном материале. Величины остальных параметров наплавки определялись исследованиями, проведенными из условия получения качественного металлопокрытия и стабильной работы малогабаритной плазменной горелки. Оптимальные режимы наплавки позволяют обеспечить высокую износостойкость и усталостную прочность восстановленных коленчатых валов.

Значения оптимальных параметров режима наплавки шеек коленчатых валов А-41 приведены в таблице 3.

Таблица 3

## Режимы наплавки шеек коленчатых валов А-41

№ п/п	Наименование параметров наплавки	Значение параметров наплавки шеек валов А-41	
		коренных	шатунных
1	2	3	4
1	Скорость наплавки цилиндрической части шеек, м/с·10 <sup>3</sup>	4,9	4,9
2	Скорость подачи проволоки Св-08МХ или Св-08Г2С диаметром 2 мм при наплавке цилиндрической части шеек, м/с·10 <sup>3</sup>	19,1	19,1
3	Скорость продольной подачи, м/с·10 <sup>2</sup>	9,4	11,2
4	Величина тока на присадочную проволоку, А	55...65	55...65
5	Скорость наплавки галтелей, м/с·10 <sup>3</sup>	1,4...1,5	1,4...1,5
6	Скорость подачи присадочной проволоки Св-08МХ или Св-08Г2С диаметром 2 мм при наплавке галтелей, м/с·10 <sup>3</sup>	10,8...11,2	10,8...11,2
7	Величина тока на присадочную проволоку при наплавке галтелей, А	25...30	25...30
8	Расход порошка ПГ-СР4(З), кг/с·10 <sup>5</sup>	6,2...6,6	6,2...6,6
9	Величина суммарного тока наплавки, А	210...220	210...220
10	Напряжение, В	30...35	30...35
11	Амплитуда колебания горелки, м·10 <sup>5</sup>	5...6	5...6
12	Частота колебания горелки при наплавке цилиндрической части шеек, кол/с	1,0...1,2	1,0...1,2
13	Частота колебания горелки при наплавке галтелей, кол/с	0,7...0,8	0,7...0,8
14	Расход плазмообразующего газа (аргон), м <sup>3</sup> /с·10 <sup>5</sup>	2,5...3,3	2,5...3,3
15	Расход защитного газа (аргон), м <sup>3</sup> /с·10 <sup>5</sup>	8,3...10,0	8,3...10,0
16	Расход транспортирующего газа (аргон), м <sup>3</sup> /с·10 <sup>5</sup>	4,2...5,0	4,2...5,0

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильясов, К.И. Исследование качества наплавленных слоев на шейки восстанавливаемых коленчатых валов [Текст] / К.И. Ильясов // Механика и моделирование процессов технологии. – 2002. – №2. – С. 158-162.
2. Воловик, Е.Л. Справочник по восстановлению деталей [Текст] / Е.Л. Воловик. – М.: Колос, 1981. – 351 с.
3. [?]. Технология централизованного ремонта коленчатых валов автотракторных двигателей [Текст] / [?]. – М.: ГОСНИТИ, 1973. – 44 с.
4. Ильясов, К.И. Исследование влияния наплавочных материалов на усталостную прочность восстановленных коленчатых валов [Текст] /

К.И. Ильясов // Механика и моделирование процессов технологии. – 2001. – №1. – С. 78-81.

*Материал поступил в редакцию 17.02.15.*

**К.И. Ильясов, А.Б. Сарсембаева, Б.С. Төребек**

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

### **КАЛЕНВАЛДАР МОЙЫНШАСЫН ПЛАЗМАЛЫҚ БАЛҚЫТУДЫҢ ОҢТАЙЛЫ РЕЖИМДЕРІН АНЫҚТАУ**

Жүргізілген зерттеулер нәтижелері бойынша А-41 қозғалтқыштарының каленвалдарының тозған мойыншаларын қалпына келтіру үшін плазмалы балқытудың оңтайлы режимдері анықталды. Балқытудың оңтайлы режимдері балқытылған қабаттың қажетті қалыңдығын, сапалы метал қаптамасын және шағын плазмалық жанғыштың тұрақты жұмысын қамтамасыз ету шарттарына байланысты анықталған.

**Түйін сөздер:** плазмалық балқыту режимдері, балқыған металл қалыңдығы, жіберу, тегістеу, ақаулы қабат, ток шамасы, балқу жылдамдығы.

**K.I. Ilyasov, A.B. Sarsembayeva, B.S. Torebek**

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

### **DETERMINATION OF OPTIMAL MODES FOR PLASMA WELDING CRANKSHAFT JOURNALS**

The results of the research in this paper have been identified optimal modes of plasma welding for restoration of worn crankshaft journals engine A-41. Optimal modes of deposition were determined from the condition of providing the required thickness of the deposited layer, producing high-quality metal coating and stable operation of the compact plasma torch.

**Keywords:** modes of plasma welding, the thickness of the deposited metal, machining allowance, grinding, defective layer, the amount of current, deposition rate.

UDC 664.7.002

Y. Spandiyarov<sup>1\*</sup>, M. Nemerebayev<sup>1</sup>, T. Ayazbaev<sup>2</sup><sup>1</sup>Doctor of technical sciences, professor,<sup>2</sup>Candidate of physico-mathematical sciences, associate professor  
Taraz innovative-humanities university, Taraz, KazakhstanE-mail: <sup>1\*</sup>e100e100@yandex.ru**THE PELLET MILL FOR FEED MIX GRANULATION**

The screw mechanism was installed before the working zone to achieve nameplate capacity of the pellet mill. The proposed mechanism, the main working body of which is screw, ensures a uniform and forced supply of crumbled feed into the working zone of the pellet mill, resulting in a maximum filling of the working zone.

**Keywords:** granulation, crumbled feed, granulator.

Currently pellet mill with ring-shaped working body is an effective unit for crumbled feed staff granulation.

One of the main disadvantages of pellet mill is the low productivity, i.e. the nameplate capacity is not being achieved.

Let's review the structure and the functional principle of the pellet mill. It consists of a feeding mechanism 1, a mixer 2, a ring-shaped working body 4, a driving-gear and communications (figure 1) [1].

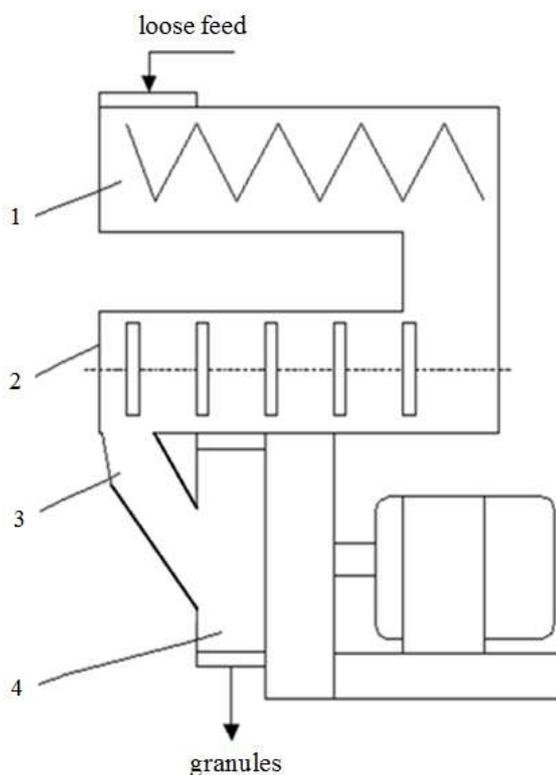


Figure 1. Diagram of the pellet mill for granulating of feed staff

The feeder 1 is a capacity regulator of pellet mill, because the rotation speed of the screw feeder is subject to change. Crumbled feed staff is supplied to the mixer 2 using a feeder.

The pellet mill's mixer 2 is designed for humidification of the product by dry steam with the temperature of  $+120^{\circ}\dots+140^{\circ}\text{C}$  or for mixing of crumbled feed with molasses. The mixer mixes components into a homogeneous mixture to confer them certain physical properties (viscosity, temperature, humidity) using heat and moisture.

Preliminary parboiling of feed in the mixer of the pellet mill for 1-2 minutes provides necessary humidification and heating of the product.

Then the product goes through the hopper 3 to the matrix chamber 4 in conical gaps between the matrix and pressing rollers. The pellet humidity at the exit from the matrix draw holes is 16-17%, and the temperature of pellets is  $+50^{\circ}\dots+80^{\circ}\text{C}$ .

After cooling in the cooling column, the humidity of pellets should not exceed 14%, and temperature should be  $5-10^{\circ}\text{C}$  higher than surrounding temperature. Diameters of pellets are: 2.5; 3; 5; 8; 10; 12; 17, and 19 mm.

Maintenance and periodic inspection of the process showed that the products, especially lightweight components are obstructed in pre-matrix camera of the pellet mill.

Therefore, before working zone a screw conveyor was installed for forced supply of crumbled feed (figure 2) [2].

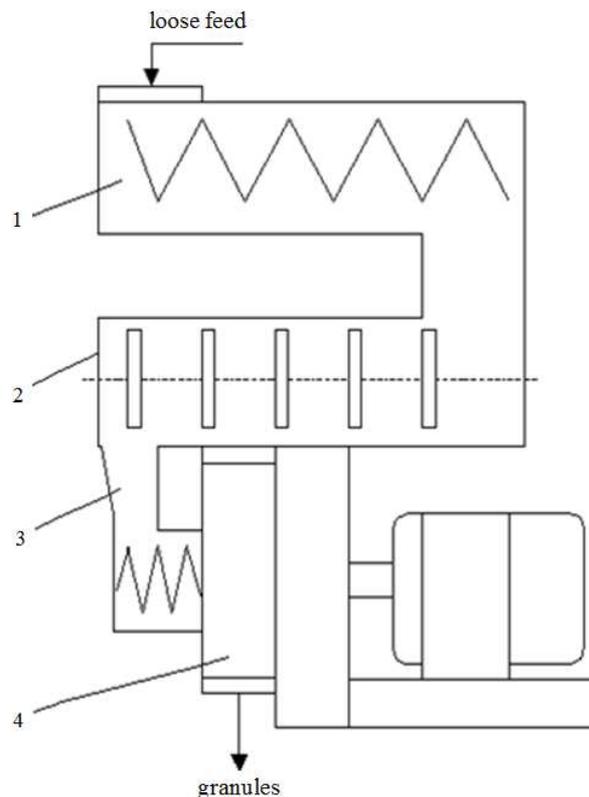


Figure 2. Diagram of the pellet mill for granulating of feed staff with a forced supply of the product in the pressure chamber

The proposed mechanism, the main working body of which is screw, ensures a uniform and forced supply of crumbled feed into the working zone of the pellet mill, resulting in a maximum filling of the working zone and nameplate capacity of the machine is being achieved.

## REFERENCES

1. Соколов, А.Я. Прессы пищевых и кормовых производств [Текст] / А.Я. Соколов, М.Н. Караваев. – М.: Машиностроение, 1973. – 288 с.
2. Устройство для прессования рассыпных комбикормов (предпатент) [Текст] / Айтышев С.М., Спандияров Е., Умирбаева Г.Б., Жайшибеков Г.З.; А(11)14309; 07.06.02. Официальный бюллетень. Промышленная собственность, №5, 2004.

*Material reseived 28.02.15.*

**Е. Спандияров, М. Немеребаев, Т. Аязбаев**

*Тараз инновациялық-гуманитарлық университеті, Тараз қ., ҚР*

**ЖЕМДІК ҚОСПАНЫ ГРАНУЛДЕУГЕ АРНАЛҒАН  
ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОР**

Пресс-гранулятордың паспорттық өнімділігін қамтамасыз ету үшін жұмыс аймағының қарсы алдына арнаулы құрылғы орнатылған. Негізгі жұмыс мүшесі шнек болып табылатын ұсынылған механизм пресс-гранулятордың жұмыс аймағына шашпа құрама жемді үздіксіз және күштеп беруді іске асыра отырып, жұмыс аймағын барынша толтыруды қамтамасыз етеді.

**Түйін сөздер:** гранулдеу, шашпа құрама жем, гранулятор.

**Е. Спандияров, М. Немеребаев, Т. Аязбаев**

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

**ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОР ДЛЯ ГРАНУЛИРОВАНИЯ  
КОРМОВОЙ СМЕСИ**

Для обеспечения паспортной производительности пресса-гранулятора перед рабочей зоной установлен специальный механизм. Предлагаемый механизм, основным рабочим органом которого является шнек, гарантирует равномерную и принудительную подачу рассыпного комбикорма в рабочую зону пресса-гранулятора, в результате чего происходит максимальное наполнение рабочей зоны.

**Ключевые слова:** гранулирование, рассыпной комбикорм, гранулятор.

---

## МЕХАНИКА ГРУНТОВ

---

УДК 624.154

**И.И. Бекбасаров<sup>1</sup>, Е.И. Атенев<sup>2</sup>, Х.А. Монтаева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Д-р техн наук, профессор, <sup>2</sup>Магистр, <sup>3</sup>Магистрант  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз  
эл. почта: <sup>1</sup>bekbasarov.isabai@mail.ru

### **О РЕЗУЛЬТАТАХ УПЛОТНЕНИЯ СУГЛИНКА С ДОБАВКАМИ ПЕСКА ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТО-ВОЗРАСТАЮЩЕМ РЕЖИМЕ ПРИЛОЖЕНИЯ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ**

Представлены результаты лабораторных испытаний, проведенных с образцами из глинопесчаных смесей в приборе стандартного уплотнения. Образцы смесей изготавливались из суглинка с добавками крупного песка в размере 10, 20 и 30% по массе. Определено, что внесение крупного песка в суглинок вызывает повышение насыпной плотности смеси, которая в свою очередь служит причиной снижения деформируемости, повышения плотности и сопротивляемости смеси, при воздействии многократно повторяющейся постоянной ударной нагрузки.

**Ключевые слова:** суглинок, песок, ударная нагрузка, насыпная плотность, деформируемость, сопротивляемость, глинопесчаные смеси, песчаноглинистые смеси.

Учитывая природные различия глинистых и песчаных грунтов, авторами предложено искусственно создавать глинопесчаные (глинистые грунты с добавками песка), и песчаноглинистые смеси (песчаные грунты с добавками глинистого грунта). В основу данного предложения положена идея использования песков для изменения свойств глинистых грунтов, а глинистых грунтов – для изменения свойств песков. Поводом для формирования такого подхода послужили данные, представленные в работе [1], которые свидетельствуют о том, что даже небольшая добавка к мелким песчаным частицам глинистых частиц (в объеме 1-3%) изменяет суммарную поверхность всех частиц грунта в сотни и тысячи раз и ведет к резким качественным изменениям его свойств. Следовательно, противоположные качественные изменения в грунтах можно ожидать и при добавке к глинистым частицам песчаных частиц. Для выявления достоверности этих предположений и получения количественных доказательств тех или иных изменений в свойствах грунтов при дозированном внесении в них иных частиц грунтов в геотехнической лаборатории ТарГУ им. М.Х. Дулати проведены соответствующие комплексные исследования.

В настоящей работе представлены результаты лабораторных испытаний, проведенных с образцами из глинопесчаных смесей в приборе стандартного уплотнения. Образцы смесей изготавливались из суглинка с добавками крупного песка в размере 10, 20 и 30% по массе.

Масса всех опытных образцов в экспериментах принималась одинаковой и равной 1,0 кг. Опыты проводились при оптимальной влажности

суглинка и двухступенчато-возрастающем режиме приложения многократно ударной нагрузки. Крупный песок, использованный в качестве добавки, также обладал оптимальной влажностью, равной 12,36%. Средневзвешенная влажность глинопесчаной смеси составляла 21,0, 20,04 и 19,08 % соответственно при добавке песка в 10, 20 и 30% по массе.

В опытах использовался усовершенствованный прибор стандартного уплотнения [2].

По каждому образцу наносилось 72 удара в следующем порядке:

- первая ступень – 24 удара с высоты 15 см;
- вторая ступень – 48 ударов с высоты 30 см.

Сведения о физических характеристиках суглинка приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Физические характеристики суглинка

Наименование грунта	Влажность $W$ , %	Влажность на границе текучести $W_L$ , %	Влажность на границе раскатывания $W_P$ , %	Число пластичности $I_P$	Показатель текучести $I_L$
Суглинок тугопластичный	21,96	26,32	19,04	7,28	0,401

Результаты испытаний представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2

## Изменение высоты образцов глинопесчаной смеси при уплотнении

Содержание крупного песка в суглинке, %	Высота образца до уплотнения $H$ , мм	Высота образца, мм, при количестве ударов							
		10	20	24	30	40	50	60	72
0	114	95	82	79	65	61	59	58	57
10	111	92	78	74	61	58	57	56	56
20	103	89	77	72	60	57	56	56	56
30	101	87	75	70	59	56	56	56	56

Из результатов испытаний видно, что при 10% и 20% добавке крупного песка в суглинок уплотнение образцов прекращалось соответственно после 60 и 50 ударов ударника, а при 30% добавке – после 40 ударов. Учитывая, что первоначальная высота образцов смесей  $H$  была неодинаковой, оценка влияния добавки песка в суглинок на глубину понижения поверхности образцов  $h$  производилась по коэффициенту понижения  $K_n$ , определяемому в виде

$$K_n = h / H \quad (1)$$

Кроме коэффициента  $K_n$  для оценки влияния добавки песка на параметры уплотнения глинопесчаной смеси произведен расчет таких

показателей как удельная энергоемкость уплотнения  $\mathcal{E}_y$  и сила сопротивления смеси  $R_d$  действию ударной нагрузки.

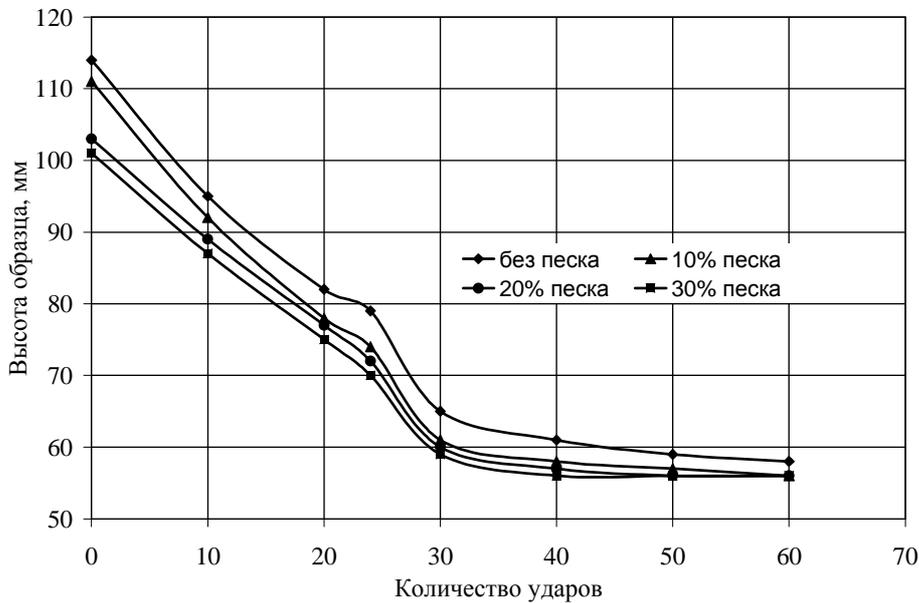


Рис. 1. Изменение высоты образца смеси с увеличением количества ударов

Удельная энергоемкость уплотнения смеси  $\mathcal{E}_y$  определялась в виде следующего выражения

$$\mathcal{E}_y = \mathcal{E}_n / V_n = Q(n_1 H_1 + n_2 H_2) / V_n, \quad (2)$$

где:  $\mathcal{E}_n$  – полная энергия ударов ударника, потраченных на уплотнение образца, Дж/см<sup>3</sup>;  $V_n$  – объем понижения образца, см<sup>3</sup>;  $n_1, n_2$  – количество ударов по образцу соответственно при первой и второй ступенях приложения нагрузки;  $Q$  – вес ударника, Н;  $H_1, H_2$  – высота сбрасывания ударника соответственно при первой и второй ступенях приложения нагрузки, см.

Сила динамического сопротивления смеси  $R_d$  определялась по формуле (3), полученной из уравнения энергетического баланса (5) взаимодействия ударника и смеси в приборе уплотнения при ударе.

$$R_d = \frac{QH_2(1-k) - QH_o - (q_n + q_c)\Delta h}{\Delta h}, \quad (3)$$

$$\mathcal{E} = A_{c2} + A_{km} + A_{nnc} + A_o, \quad (4)$$

$$Q(H_c - H_o) = R_d \Delta h + kQH_c + (q_n + q_c)\Delta h, \quad (5)$$

где:  $H_o$  – высота отскока ударника от наковальни после удара, см;  $k$  – коэффициент, определяющий долю конструктивного трения от веса ударника при скольжении ударника по направляющему стержню [2];  $\Delta h$  – глубина понижения поверхности образца от удара ударника, см;  $q_n$  – вес наковальни прибора уплотнения, Н;  $q_c$  – вес направляющего стержня прибора уплотнения, Н.

Уравнение (5) в свою очередь получено на основе равенства (4) в соответствии с которым энергия ударника  $\mathcal{E}$  при ударе по образцу смеси, затрачивается на выполнение следующих основных работ:

- работу по преодолению динамического сопротивления смеси  $A_{сз}$ ;
- работу на преодоление конструктивного трения ударника по направляющему стержню  $A_{кт}$ ;
- работу по перемещению наковальни и направляющего стержня при ударе  $A_{тис}$ ;
- работу на подъем ударника после удара (на отскок ударника)  $A_o$ .

Параметры уплотнения глинопесчаной смеси при постоянном режиме приложения ударной нагрузки, вычисленные по формулам (1) и (2) представлены в таблице 3 и на рисунках 3-7.

Таблица 3

Параметры уплотнения образцов смесей

Содержание крупного песка в суглинке, %	Коэффициент понижения поверхности образца $K_n$ , % (глубина понижения $h$ , мм)	Объем понижения образца $V_n$ , см <sup>3</sup>	Удельная энергоемкость уплотнения образца $\mathcal{E}_y$ , Дж/см <sup>3</sup>	Плотность (насыпная плотность) смеси $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность (насыпная плотность) смеси в сухом состоянии $\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>
0	50,0 (57)	447,45	0,99	2,23 (1,12)	1,823 (0,92)
10	49,55 (55)	431,75	0,82	2,27 (1,15)	1,876 (0,95)
20	45,63 (47)	368,95	0,76	2,27 (1,24)	1,891 (1,03)
30	44,55 (45)	353,25	0,58	2,27 (1,26)	1,906(1,06)

Из таблицы 3 и рисунка 7 видно, что с увеличением содержания песка насыпная плотность смеси и ее насыпная плотность в сухом состоянии увеличиваются. Так, насыпная плотность смеси по сравнению с насыпной плотностью суглинка при 10, 20 и 30% добавке песка, увеличивается соответственно на 2,7, 10,7 и 12,5 %, а плотность смеси в сухом состоянии по сравнению с плотность суглинка в сухом состоянии – соответственно на 3,3, 11,95 и 15,22%.

Многочисленное воздействие ударной нагрузки приводит к существенному уплотнению как суглинка (без добавки смеси) так и глинопесчаной смеси. Из результатов экспериментов следует, что плотность суглинка и ее плотность в сухом состоянии после уплотнения почти в 2 раза выше, чем до уплотнения. Плотность же смеси и ее плотность в сухом состоянии после уплотнения при 10, 20 и 30% добавке песка соответственно в 1,97, 1,83 и 1,80 раза выше, чем до уплотнения.

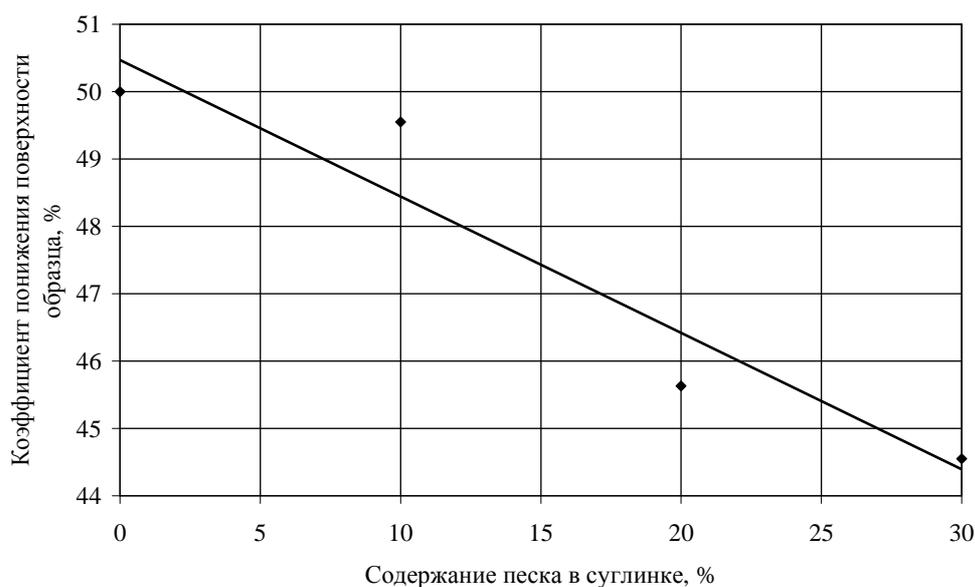


Рис. 3. Зависимость коэффициента понижения поверхности образца смеси  $K_n$  от содержания песка

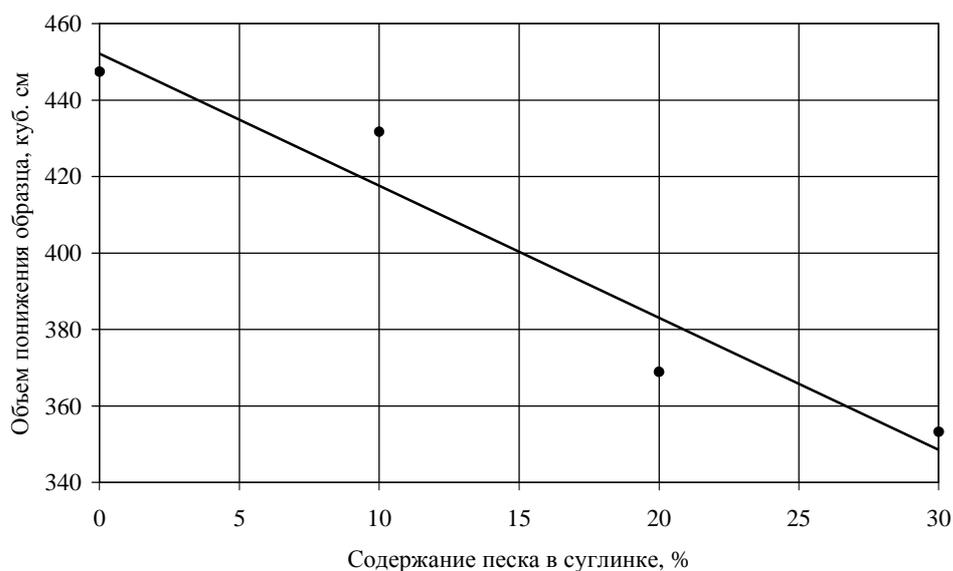


Рис. 4. Зависимость объема понижения образца смеси  $V_n$  от содержания песка

Из таблицы 3 также следует, что при 10, 20 и 30% содержании крупного песка в суглинке соответственно уменьшаются:

- коэффициент понижения  $K_n$  - на 0,9, 8,74 и 10,9 %;
- глубина понижения поверхности  $h$  и объем понижения образца смеси  $V_n$  - на 3,5, 17,5 и 21,05 %;
- удельная энергоёмкость уплотнения образца смеси  $\mathcal{E}_y$  - на 17,2, 23,2 и 41,41 %.

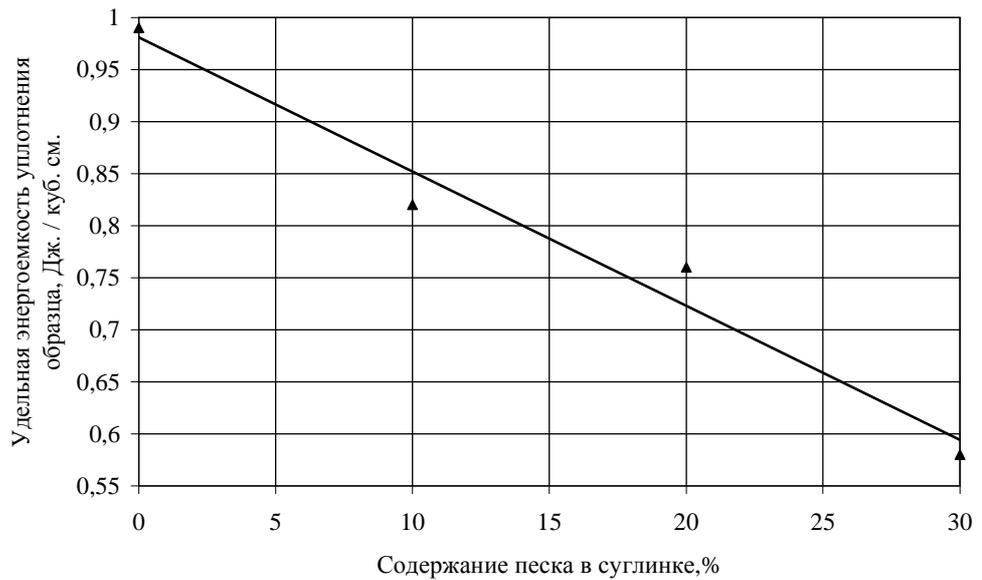


Рис. 5. Зависимость удельной энергоёмкости уплотнения смеси  $\mathcal{E}_y$  от содержания песка

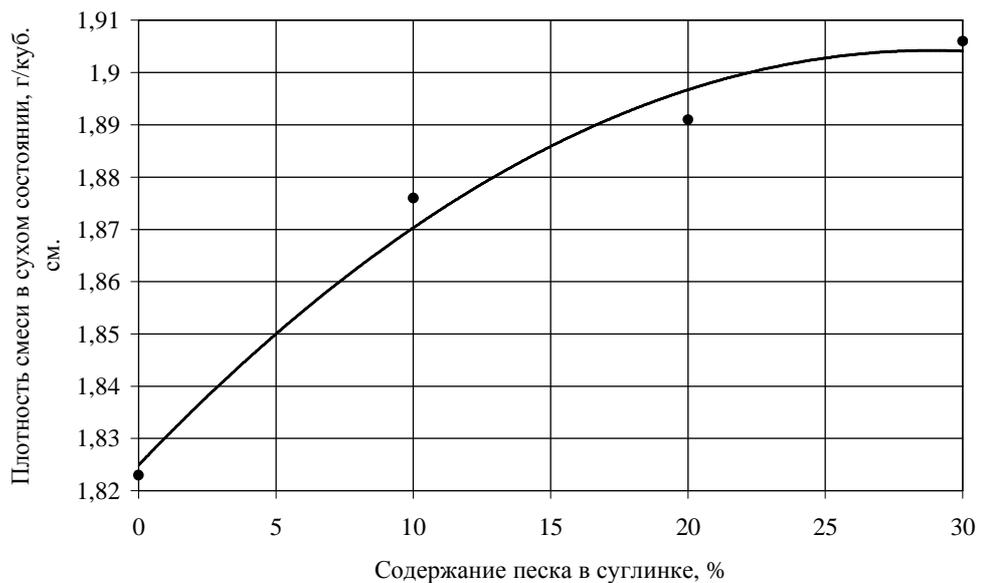


Рисунок 6. Зависимость плотности смеси в сухом состоянии  $\rho_d$  от содержания песка

Из таблицы 3 также следует, что плотность смеси  $\rho$  при 10% добавке песка повышается незначительно (на 1,79%), а при 20 и 30% добавке - остается неизменной. При этом имеет место некоторое повышение значений плотности смеси в сухом состоянии  $\rho_d$ . Так 10, 20 и 30% содержание песка вызывает увеличение плотности смеси в сухом состоянии  $\rho_d$  соответственно на 2,91, 3,73 и 4,55 %.

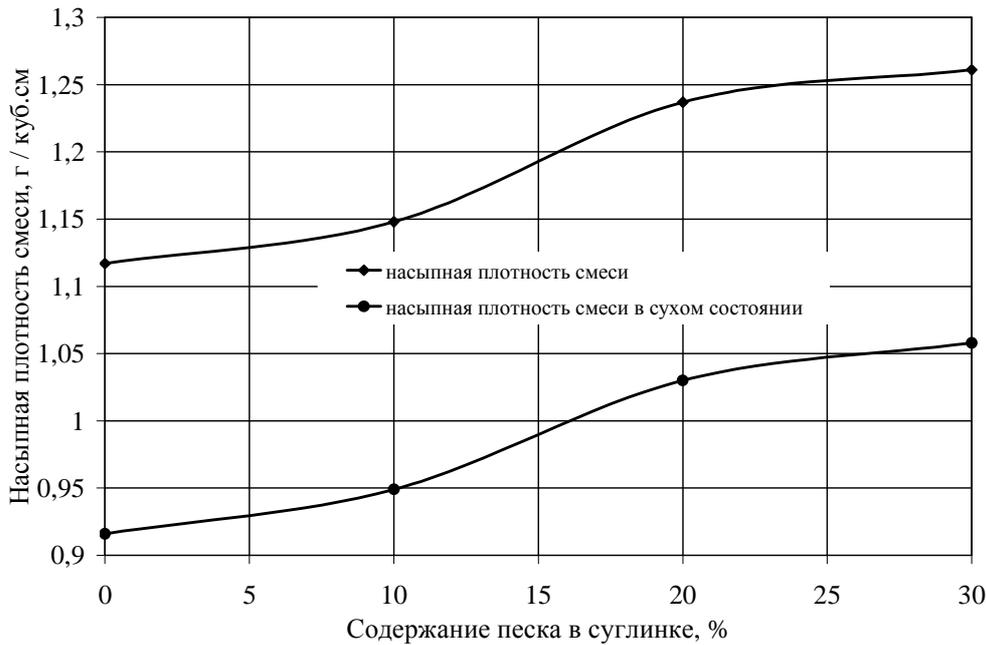


Рис. 7. Зависимость насыпной плотности смеси и насыпной плотности смеси в сухом состоянии от содержания песка

Экспериментальные зависимости, представленные на рисунках 3-6 математически, описываются следующими функциями

$$K_n = K'_n - vt_n, \quad (6)$$

$$V_n = V'_n - et_n, \quad (7)$$

$$\mathcal{E}_y = \mathcal{E}'_y - kt_n, \quad (8)$$

$$\rho_d = nm_n^2 + pt_n + \rho'_d, \quad (9)$$

где:  $K'_n$  – коэффициент понижения поверхности образца суглинка без добавки песка, равный 50,47 %;  $V'_n$  – объем понижения образца суглинка без добавки песка, равный 452,16 см<sup>3</sup>;  $\mathcal{E}'_y$  – удельная энергоемкость уплотнения суглинка без добавки песка, равная 0,981 Дж/см<sup>3</sup>;  $\rho'_d$  – плотность суглинка в сухом состоянии без добавки песка, равная 1,825 г/см<sup>3</sup>;  $m_n$  – вес песка в суглинке (в % от массы смеси);  $v, e, k, n, p$  – коэффициенты, принимаемые соответственно равными: 0,2027; 3,454; 0,0129; (-9E-05); 0,0055.

Величины достоверности аппроксимации экспериментальных данных  $R^2$  по формулам (6) – (9) соответственно составляют 0,9077, 0,9308, 0,9689 и 0,9816.

Результаты расчетов, выполненные по формуле (3), представлены в таблице 4 и на рисунке 8.

Таблица 4

Сила динамического сопротивления смеси  $R_d$ , соответствующая концу уплотнения смеси

Содержание песка в суглинке, %	Вес ударника $Q$ , Н	Высота сбрасывания ударника $H_c$ (высота отскока $H_o$ ), мм	Вес наковальни и направляющего стержня $(q_n + q_c)$ , Н	Глубина понижения поверхности и образца $\Delta h$ , мм	Сила динамического сопротивления смеси $R_d$ , Н
0	24,525	300 (2)	1,540	0,20	32,15
10		300 (2)		0,18	35,72
20		300 (4)		0,14	45,58
30		300 (5)		0,12	53,18

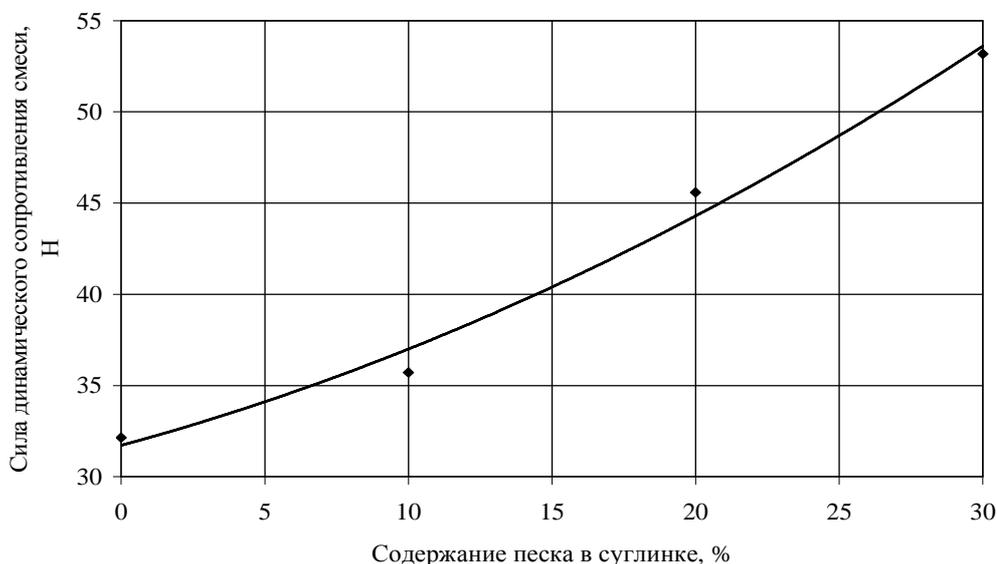


Рис. 8. Зависимость силы динамического сопротивления смеси  $R_d$  от содержания песка

Из представленных результатов исследований следует, что внесение в суглинок крупного песка приводит к существенному увеличению силы динамического сопротивления смеси  $R_d$ . Так при добавке в суглинок 10, 20 и 30 % песка сила динамического сопротивления смеси  $R_d$  увеличилась соответственно в 1,11, 1,42 и 1,65 раза. Зависимость силы динамического сопротивления смеси  $R_d$  от содержания в нем крупного песка математически достаточно хорошо описывается следующей полиномиальной функцией второго порядка

$$R_d = fm_n^2 + gm_n + s, \quad (10)$$

где  $f, g, s$  – коэффициенты, равные соответственно 0,0101, 0,4272 и 31,723.

Величина достоверности аппроксимации экспериментальных данных  $R^2$  по формуле (10) составляет 0,9867.

В заключении можно сделать вывод о том, что внесение крупного песка в суглинок вызывает повышение насыпной плотности смеси, которая в свою очередь служит причиной снижения деформируемости, повышения плотности и сопротивляемости смеси, при воздействии многократно повторяющейся постоянной ударной нагрузки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, П.Л. Грунты и основания гидротехнических сооружений [Текст] / П.Л. Иванов. – М.: Высшая школа, 1985. – 352 с.
2. Бекбасаров, И.И. Основы рационального вытрамбования котлованов под фундаменты [Текст] / И.И. Бекбасаров. – Тараз: Издательство «Тараз университеті», 2011. – 156 с.

*Материал поступил в редакцию 02.03.15.*

**И.И. Бекбасаров, Е.И. Атепов, Х.А. Монтаева**

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

#### **О РЕЗУЛЬТАТАХ УПЛОТНЕНИЯ СУГЛИНКА С ДОБАВКАМИ ПЕСКА ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТО-ВОЗРАСТАЮЩЕМ РЕЖИМЕ ПРИЛОЖЕНИЯ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ**

Стандартты тығыздау құралында топырақ-құмды қоспалар үлгілерімен жүргізілген зертханалық сынақтар нәтижелері келтірілген. Үлгілер қоспалары салмағынан 10, 20 және 30% мөлшерде ірі құм қосылған саздақтан дайындалды. Саздаққа ірі құмды қосу қоспаның себілген тығыздығын арттыратыны, ал ол өз кезегінде көп рет қайталанатын тұрақты соққылық жүктеме әсерінен қоспаның деформациялануын төмендетеді, тығыздығы мен қарсыласуын арттыратыны анықталған.

**Түйін сөздер:** саздақ, құм, соққылық жүктеме, себілген тығыздығы, деформациялануы, топырақ-құмды қоспалар, құм-топырақты қоспалар.

**I.I. Bekbasarov, Ye.I. Atenov, Kh.A. Montayeva**

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

#### **ABOUT COMPACTION RESULTS OF CLAY WITH ADDITION OF SAND AT A TWO-STAGE-APPLICATION SHOCK LOAD INCREASES MODE**

The results of laboratory tests carried out with samples of the mixtures in the instrument glinopeschanyh standard seal. Samples were prepared from mixtures with additives loam coarse sand of 10, 20 and 30% by weight. It is determined that the introduction of coarse sand loam causes an increase in the bulk density of the mixture, which in turn causes a reduction in formability and resistance to increase the density of the mixture, at a constant repetitive impacts repeatedly shock.

**Keywords:** clay, sand, shock load, bulk density, deformability, resistance, clay sand mixture, sandy clay mixture.

УДК 624.154

**И.И. Бекбасаров<sup>1</sup>, Е.И. Атепов<sup>2</sup>, Х.А. Монтаева<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Д-р техн наук, профессор, <sup>2</sup>Магистр, <sup>3</sup>Магистрант  
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз  
эл. почта: <sup>1</sup>bekbasarov.isabai@mail.ru

### О РЕЗУЛЬТАТАХ УПЛОТНЕНИЯ СУГЛИНКА С ДОБАВКМИ ПЕСКА ПРИ МНОГОСТУПЕНЧАТО-ВОЗРАСТАЮЩЕМ РЕЖИМЕ ПРИЛОЖЕНИЯ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ

Представлены результаты лабораторных испытаний, проведенных с образцами из глинопесчаной смеси в приборе стандартного уплотнения. Образцы смесей изготавливались из суглинка с добавками крупного песка в размере 5-30% по массе. Установлено, что внесение крупного песка в суглинок вызывает повышение насыпной плотности смеси, которая в свою очередь служит причиной снижения деформируемости, повышения плотности и сопротивляемости смеси, при многоступенчато – возрастающем режиме приложения ударной нагрузки.

**Ключевые слова:** суглинок, песок, ударная нагрузка, насыпная плотность, деформируемость, сопротивляемость, глинопесчаные смеси, песчаноглинистые смеси, многоступенчато-возрастающий режим.

Для выявления особенностей уплотняемости грунтовых смесей при действии многократно ударных нагрузок в геотехнической лаборатории ТарГУ им. М.Х. Дулати проведены соответствующие комплексные исследования.

В настоящей работе представлены результаты лабораторных испытаний, проведенных с образцами из глинопесчаной смеси в приборе стандартного уплотнения. Образцы смесей изготавливались из суглинка с добавками крупного песка в размере 5-30% по массе.

Масса всех опытных образцов в экспериментах принималась одинаковой и равной 1,0 кг. Опыты проводились при оптимальной влажности суглинка и ступенчато - возрастающем режиме приложения многократно повторяющейся ударной нагрузки. Крупный песок, использованный в качестве добавки, также обладал оптимальной влажностью, равной 12,36%. Средневзвешенная влажность глинопесчаной смеси составляла 21,48, 21,0, 20,52, 20,04 и 19,08 % соответственно при добавке песка в 5, 10, 15, 20 и 30% по массе.

В опытах использовался усовершенствованный прибор стандартного уплотнения [1]. По каждому образцу наносилось 72 удара с изменением высоты сбрасывания ударника в следующем порядке:

- первая ступень нагрузки – 14 ударов с высоты 50 мм;
- вторая ступень нагрузки – 14 ударов с высоты 150 мм;
- третья ступень нагрузки – 14 ударов с высоты 250 мм;
- четвертая ступень нагрузки – 14 ударов с высоты 350 мм;
- пятая ступень нагрузки – 16 ударов с высоты 425 мм.

Суммарная энергия ударов по каждому образцу в опытах составляла 441,42 Дж. Масса ударника составляла 2,5 кг. Сведения о физических характеристиках суглинка приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Физические характеристики суглинка

Наименование грунта	Влажность $W$ , %	Влажность на границе текучести $W_L$ , %	Влажность на границе раскатывания $W_P$ , %	Число пластичности $I_P$	Показатель текучести $I_L$
Суглинок тугопластичный	21,96	26,32	19,04	7,28	0,401

Результаты испытаний представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2

## Изменение высоты образцов глинопесчаной смеси до и в процессе уплотнения

Количество ударов	Высота образца без добавки песка до уплотнения	Высота образцов смеси, мм, при добавке песка				
		5%	10%	15%	20%	30%
0	107	106	105	103	100	97
10	98	96	93	91	89	86
14	94	92	89	85	84	81
20	91	89	87	83	81	79
28	85	83	82	78	75	70
30	83	81	79	76	72	67
40	76	74	72	70	65	63
42	72	70	68	65	62	60
50	70	68	66	63	60	58
56	65	64	62	59	56	55
60	63	62	60	57	55	54
72	55	54	54	54	53	53

Из результатов испытаний видно, что при 5,10 и 15% добавке крупного песка в суглинок высота образцов в конце испытаний оказалась одинаковой и на 1 % больше высоты образца уплотненного суглинка без добавки песка. При 20 и 30% добавке песка высота образцов в конце уплотнения оказалась одинаковой и 3 % меньше, чем высота уплотненного суглинка без добавки песка.

Из рисунка 1 следует, что характер уменьшения высоты образцов смеси по мере увеличения количества ударов близок к прямолинейной зависимости с видимыми прогибами, соответствующими местам изменения ступеней нагрузки.

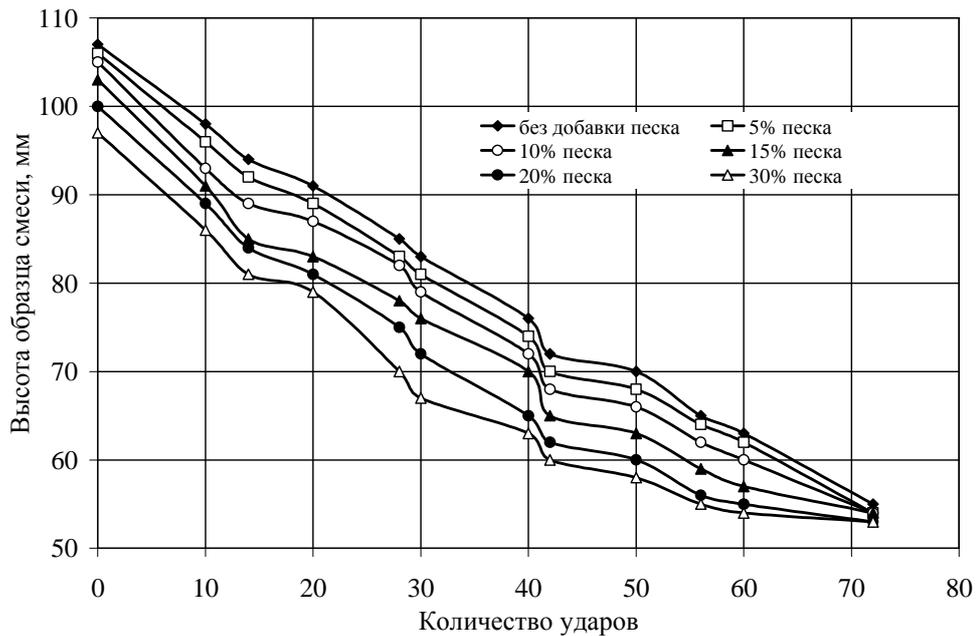


Рис. 1. Изменение высоты образцов смесей по мере увеличения количества ударов

Учитывая, что первоначальная высота образцов смесей  $H$  была неодинаковой, оценка влияния добавки песка в суглинок на глубину понижения поверхности образцов  $h$  производилась по коэффициенту понижения  $K_n$ , определяемому в виде

$$K_n = h / H \quad (1)$$

Кроме коэффициента  $K_n$  для оценки влияния добавки песка на параметры уплотнения глинопесчаной смеси произведен расчет таких показателей как удельная энергоёмкость уплотнения  $\mathcal{E}_y$  и сила сопротивления смеси  $R_d$  действию ударной нагрузки.

Удельная энергоёмкость уплотнения смеси  $\mathcal{E}_y$  определялась в виде следующего выражения

$$\mathcal{E}_y = \mathcal{E}_n / V_n = Q(n_1 H_1 + n_2 H_2 + n_3 H_3 + n_4 H_4 + n_5 H_5) / V_n, \quad (2)$$

где:  $\mathcal{E}_n$  – полная энергия ударов ударника, потраченных на уплотнение образца, Н/см<sup>3</sup>;  $V_n$  – объем понижения образца, см<sup>3</sup>;  $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5$  – количество ударов по образцу соответственно при 1, 2, 3, 4 и 5 ступени нагрузки;  $Q$  – вес ударника, Н;  $H_1, H_2, H_3, H_4, H_5$  – высота сбрасывания ударника соответственно при 1, 2, 3, 4 и 5 ступени нагрузки, см.

Сила динамического сопротивления смеси  $R_d$  определялась по формуле

$$R_d = \frac{QH(1-k) - QH_o - (q_n + q_c)\Delta h}{\Delta h}, \quad (3)$$

где:  $H_o$  – высота отскока ударника от наковальни прибора после удара, см;  $k$  – коэффициент, определяющий долю конструктивного трения от веса ударника при скольжении ударника по направляющему стержню [1];  $\Delta h$  – глубина понижения поверхности образца от удара ударника, см;  $q_n$  – вес наковальни прибора уплотнения, Н;  $q_c$  – вес направляющего стержня прибора уплотнения, Н.

Параметры уплотнения глинопесчаной смеси при постоянном режиме приложения ударной нагрузки, вычисленные по формулам (1) и (2) приведены в таблице 3. На рисунках 2-6 представлены графики изменения основных параметров уплотнения образцов смеси, от содержания песка.

Таблица 3

Параметры уплотнения образцов смеси

Содержание крупного песка в суглинке, %	Коэффициент понижения поверхности образца $K_n$ , % (глубина понижения $h$ , мм)	Объем понижения образца $V_n$ , см <sup>3</sup>	Удельная энергоёмкость уплотнения образца $\mathcal{E}_y$ , Дж/см <sup>3</sup>	Плотность (насыпная) смеси $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Плотность (насыпная) смеси в сухом состоянии $\rho_d$ , г/см <sup>3</sup>
0	48 (52)	408,2	1,08	2,31 (1,19)	1,89 (0,98)
5	49 (52)	408,2	1,08	2,35 (1,20)	1,93 (0,99)
10	48 (51)	400,35	1,10	2,35 (1,21)	1,94 (1,0)
15	47 (49)	384,65	1,14	2,35 (1,24)	1,94 (1,03)
20	47 (47)	368,95	1,19	2,40 (1,27)	1,99 (1,06)
30	45 (44)	345,4	1,27	2,40 (1,31)	2,01 (1,10)

Из таблицы 3 и рисунка 6 видно, что с увеличением содержания песка насыпная плотность смеси и ее насыпная плотность в сухом состоянии увеличиваются. Так, насыпная плотность смеси по сравнению с насыпной плотностью суглинка при 5,10, 15, 20 и 30% добавке песка, увеличивается соответственно на 0,84, 1,65, 4,2, 6,72 и 10,1%, а плотность смеси в сухом состоянии по сравнению с плотностью суглинка в сухом состоянии – соответственно на 1,02, 2,04, 5,1, 8,16 и 12,24%.

Многokратное воздействие ударной нагрузки приводит к существенному уплотнению как суглинка (без добавки смеси) так и глинопесчаной смеси. Из результатов экспериментов следует, что плотность суглинка и ее плотность в сухом состоянии после уплотнения соответственно в 1,94 и 1,92 раза выше, чем до уплотнения. Плотность смеси после уплотнения при 5,10, 15, 20 и 30% добавке песка соответственно в 1,95, 1,94, 1,89, 1,88 и 1,83 раза выше, чем до уплотнения. Плотность же смеси в сухом состоянии после уплотнения при 5,10, 15, 20 и 30% добавке песка соответственно в 1,94, 1,94, 1,88, 1,87 и 1,82 раза выше, чем до уплотнения.

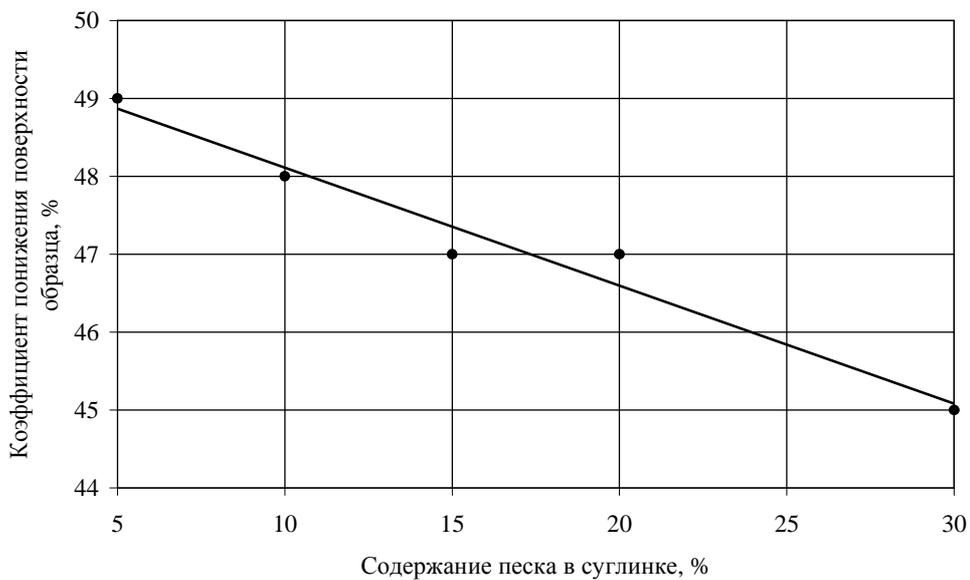


Рис. 2. Зависимость коэффициента понижения поверхности образцов смесей  $K_n$  от содержания песка

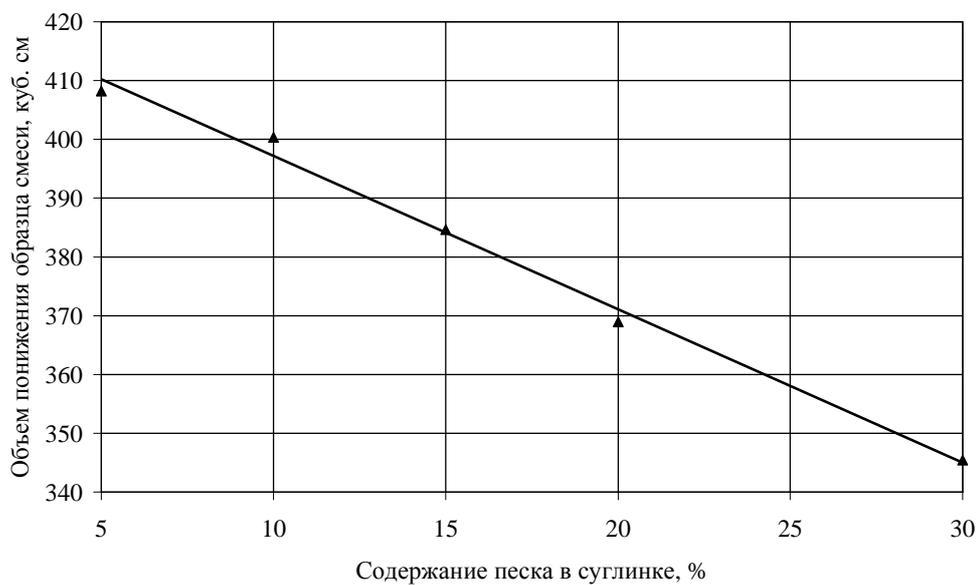


Рис. 3. Зависимость объема понижения образцов смесей  $V_n$  от содержания песка

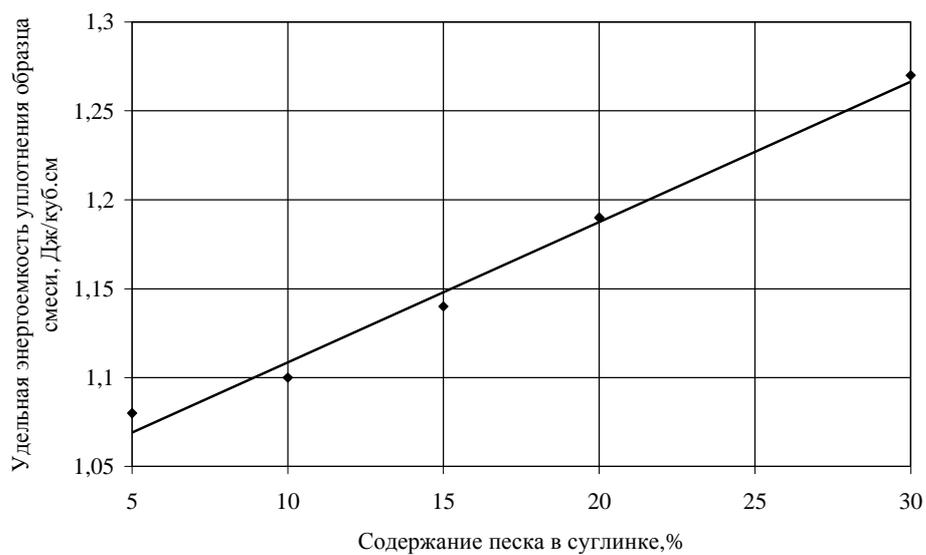


Рис. 4. Зависимость удельной энергоемкости уплотнения смесей  $\mathcal{E}_y$  от содержания песка

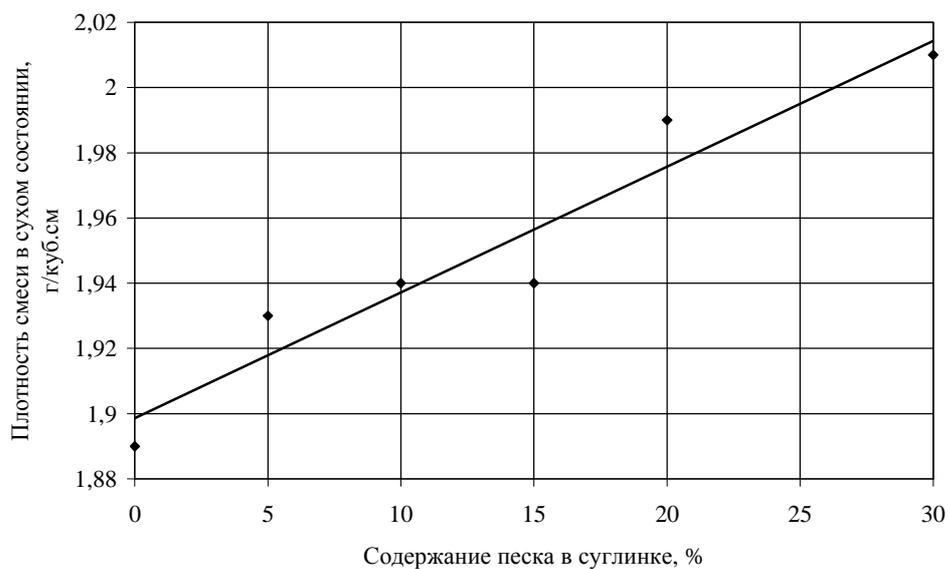


Рис. 5. Зависимость плотности смесей в сухом состоянии  $\rho_d$  от содержания песка

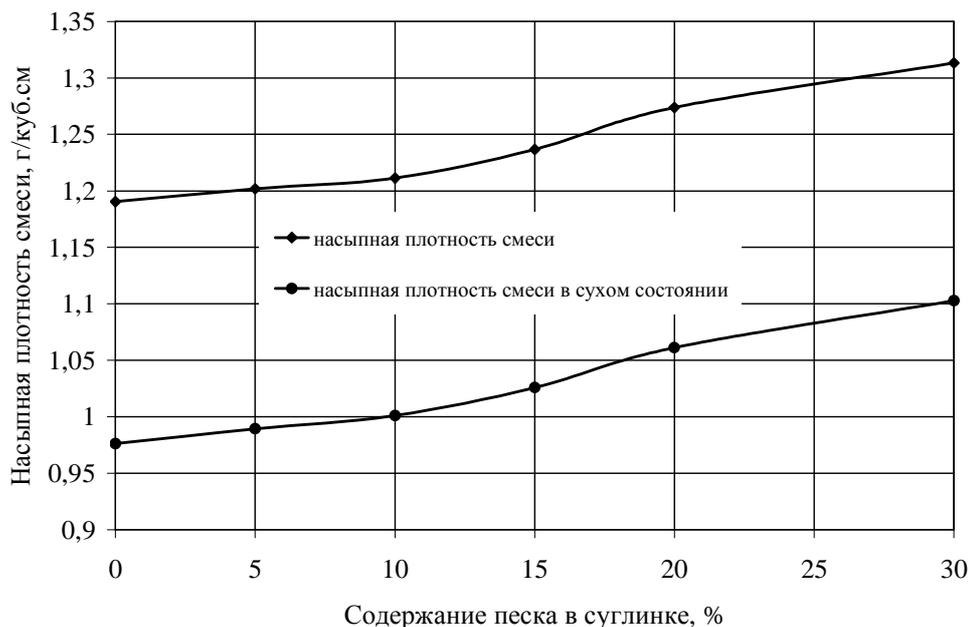


Рис. 6. Изменение насыпной плотности смесей по мере увеличения содержания песка

Из результатов исследований (табл. 3) следует, что коэффициент понижения  $K_n$  достигает максимума при 5% добавке песка в суглинок, а при 10, 15, 20 и 30% добавке эта величина уменьшается соответственно на 2,04, 4,08, 4,08 и 8,16%.

Глубина понижения поверхности образца смеси при 5% добавке песка и глубина понижения поверхности образца суглинка (без добавки песка) одинаковы и имеют максимальное значение. При 10, 15, 20 и 30% добавке песка глубина понижения поверхности образца смеси  $h$  уменьшается соответственно на 1,92, 5,76, 9,62 и 15,38%. Аналогичные закономерности характерны и для объема понижения образца смеси  $V_n$ .

Удельная энергоёмкость уплотнения образца смеси при 5% добавке песка и удельная энергоёмкость уплотнения образца суглинка (без добавки песка) одинаковы и имеют максимальное значение. При 10, 15, 20 и 30% добавке песка удельная энергоёмкость уплотнения смеси  $\mathcal{E}_y$  увеличивается соответственно на 1,85, 5,55, 10,19 и 17,59%.

Из таблицы 3 также следует, что плотность смеси при 5, 10 и 15% добавке песка остается неизменной, но большей чем для суглинка без добавки песка, а при 20 и 30% добавке – повышается одинаково на 2,13%.

При этом имеет место некоторое повышение значений плотности смеси в сухом состоянии  $\rho_d$ . Так, содержание песка в 5, 10, 15 и 20 и 30% вызывает увеличение плотности смеси в сухом состоянии  $\rho_d$  соответственно на 2,12, 2,64, 2,64, 5,29 и 6,35 %.

Экспериментальные зависимости, представленные на рисунках 3-5 математически, описываются следующими линейными функциями

$$K_n = K'_n - am_n, \quad (4)$$

$$V_n = V'_n - fm_n, \quad (5)$$

$$\mathcal{E}_y = \mathcal{E}'_y + gm_n, \quad (6)$$

$$\rho_d = \rho'_d + tm_n, \quad (7)$$

где:  $K'_n$  – коэффициент понижения поверхности образца суглинка без добавки песка, равный 49,62 %;  $V'_n$  – объем понижения образца суглинка без добавки песка, равный 423,26 см<sup>3</sup>;  $\mathcal{E}'_y$  – удельная энергоёмкость уплотнения суглинка без добавки песка, равная 1,0297 Дж/см<sup>3</sup>;  $\rho'_d$  – плотность суглинка в сухом состоянии без добавки песка, равная 1,8986 г/см<sup>3</sup>;  $m_n$  – вес песка в суглинке (в % от массы смеси);  $a, t, g$  – коэффициенты, принимаемые соответственно равными: 0,1514; 2,6096; 0,0079; 0,0039.

Результаты расчетов, выполненные по формуле (3), представлены в таблице 4 и на рисунке 7.

Таблица 4

Сила динамического сопротивления смеси  $R_d$ , соответствующая концу уплотнения смеси

Содержание песка в суглинке, %	Вес ударника $Q$ , Н	Высота сбрасывания ударника $H_c$ (высота отскока $H_o$ ), мм	Вес наковальни и направляющего стержня $(q_n + q_c)$ , Н	Глубина понижения поверхности образца $\Delta h$ , мм	Сила динамического сопротивления смеси $R_d$ , Н
0	24,525	425 (2)	1,54	0,29	33,24
5		425 (3)		0,27	35,61
10		425 (4)		0,24	39,96
15		425 (4)		0,22	43,60
20		425 (5)		0,20	47,84
30		425 (5)		0,16	59,80

Из представленных результатов исследований следует, что внесение в суглинок крупного песка приводит к существенному увеличению силы динамического сопротивления смеси  $R_d$ . Так при добавке в суглинок 5,10, 15, 20 и 30 % песка сила динамического сопротивления смеси  $R_d$  увеличилась соответственно в 1,07, 1,20, 1,31, 1,44 и 1,79 раза. Зависимость силы динамического сопротивления смеси  $R_d$  от содержания в нем крупного песка математически достаточно хорошо описывается следующей полиномиальной функцией второго порядка

$$R_d = cm_n^2 + pm_n + x, \quad (8)$$

где  $c, p, x$  – коэффициенты, равные соответственно 0,013, 0,4916 и 33,199.

Величина достоверности аппроксимации экспериментальных данных  $R^2$  по формуле (8) составляет 0,9987.

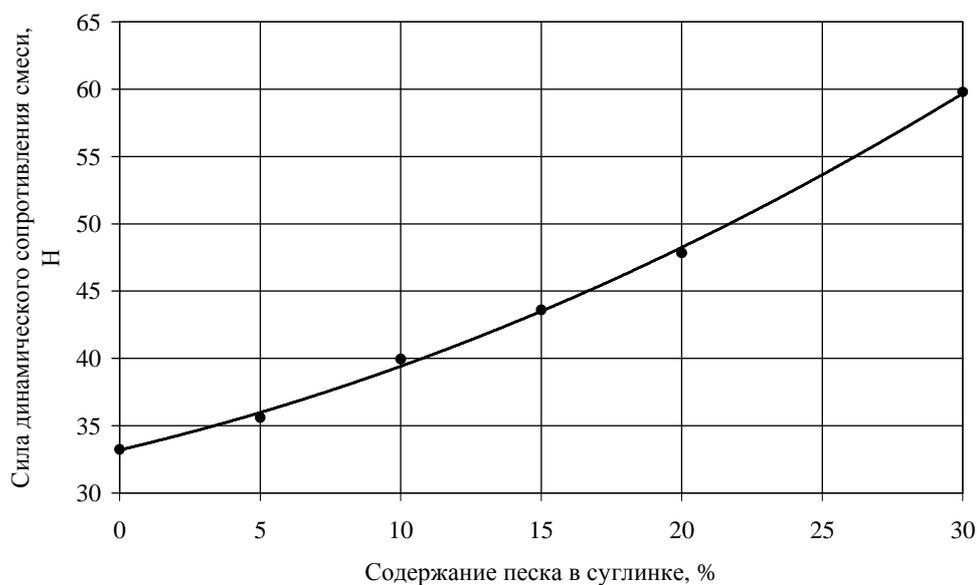


Рис. 7. Зависимость силы динамического сопротивления смеси  $R_d$  от содержания песка

В заключении можно сделать вывод о том, что внесение крупного песка в суглинок вызывает повышение насыпной плотности смеси, которая в свою очередь служит причиной снижения деформируемости, повышения плотности и сопротивляемости смеси, при многоступенчато – возрастающем режиме приложения ударной нагрузки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекбасаров, И.И. Основы рационального вытрамбования котлованов под фундаменты [Текст] / И.И. Бекбасаров. – Тараз: Издательство «Тараз университеті», 2011. – 156 с.

Материал поступил в редакцию 02.03.15.

**И.И. Бекбасаров, Е.И. Атепов, Х.А. Монтаева**

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

**О РЕЗУЛЬТАТАХ УПЛОТНЕНИЯ СУГЛИНКА С ДОБАВКМИ ПЕСКА  
ПРИ МНОГОСТУПЕНЧАТО-ВОЗРАСТАЮЩЕМ РЕЖИМЕ  
ПРИЛОЖЕНИЯ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ**

Стандартты тығыздау құралында топырақ-құмды үлгілермен жүргізілген зертханалық сынақтар нәтижелері келтірілген. Үлгілер қоспалары салмағы бойынша 5-30% мөлшер шамасында ірі құм қосылған саздақтан дайындалды. Саздаққа ірі құмның қосылуы қоспаның себілетін тығыздығын арттыратыны, сонымен қатар қоспаның деформациялануын төмендететіні, тығыздығы мен қарсыласу қабілетін жоғарылататыны анықталды.

**Түйін сөздер:** саздақ, құм, соққылық жүктеме, себілген тығыздығы, деформациялануы, топырақ-құмды қоспалар, құм-топырақты қоспалар, көп сатылы-ұлғаю режимі.

**I.I. Bekbasarov, Ye.I. Atenov, Kh.A. Montayeva**

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

### **О РЕЗУЛЬТАТАХ УПЛОТНЕНИЯ СУГЛИНКА С ДОБАВКМИ ПЕСКА ПРИ МНОГОСТУПЕНЧАТО-ВОЗРАСТАЮЩЕМ РЕЖИМЕ ПРИЛОЖЕНИЯ УДАРНОЙ НАГРУЗКИ**

The results of laboratory tests carried out with images of glinopeschanoy mixture in the unit standard seal. Samples were prepared from mixtures with additives loam large amount of sand in the 5-30% by weight. Found that the introduction of coarse sand loam causes an increase in the bulk density of the mixture, which in turn causes a reduction in formability and resistance to increase the density of the mixture, at multistep - increasing impact load application mode.

**Keywords:** clay, sand, shock load, bulk density, deformability, resistance, clay sand mixture, sandy clay mixture, multi-increasing mode.

**Требования к оформлению статей  
для публикации в научном журнале «Механика и технологии»**

В научный журнал «Механика и технологии» для публикации принимаются статьи, соответствующие следующим направлениям:

- механика твердого тела, сыпучих сред, грунтов, жидкости и газообразных веществ;
- технологии в сфере продуктов питания;
- технологии текстильного производства;
- технологии легкой промышленности;
- транспортной технологии;
- технологии строительных материалов и строительного производства;
- геотехнические технологии;
- технологии машиностроения;
- химической технологии;
- экологические технологии;
- технологии мелиорации и орошения;
- технологии информационно-коммуникационного обеспечения.

Для публикации в журнале принимаются статьи, оформление которых строго соответствует требованиям ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов». При этом библиографический список статей должен соответствовать требованиям ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Статьи, направляемые для публикации в журнале, должны включать в себя следующие элементы:

- индекс УДК;
- инициалы и фамилия автора (авторов) статьи;
- ученую степень, звание;
- место работы (название вуза, организации, город, страна);
- адрес электронной почты (e-mail) каждого автора;
- заглавие статьи;
- аннотацию;
- ключевые слова;
- основной текст статьи;
- список литературы;
- резюме и ключевые слова (на английском языке).

К научной статье прилагается рецензия на статью, написанная специалистом, ведущим исследования в области, близкой с тематикой статьи.

Основной текст статьи и все остальные ее элементы необходимо набирать в текстовом редакторе Microsoft Word на стандартной странице формата А4. Поля страницы: верхнее 3,0 см, нижнее 3,5 см, левое 5,5 см, правое 2,5 см. Шрифт – Times New Roman, кегль (кроме аннотации) – 11, цвет шрифта – черный, междустрочный интервал – 1 см, отступ первой строки абзаца – 1 см. Аннотация набирается шрифтом с кеглем 10.

Аннотация оформляется в соответствии с ГОСТ 7.9-95 «Реферат и аннотация. Общие требования». Аннотацию приводят на языке текста публикуемого материала. Рекомендуемый средний объем аннотации 5-7 предложений.

Резюме публикуется на двух языках, отличным от языка публикации (на английском и казахском языках, если статья на русском; либо на английском и русском языках, если статья на казахском) и помещается в конце статьи.

Рисунки и таблицы необходимо приводить непосредственно после ссылки на них, если это невозможно – с начала следующей страницы, следующей за ссылкой. Ссылки на рисунки или таблицы оформляются в сокращенном виде в круглых скобках, например (рис. 1 / табл. 1). Если ссылки на рисунки или таблицы являются частью предложения, то они приводятся без сокращения (например, «Результаты исследований представлены на рисунке 2»). Нумерация рисунков и таблиц сквозная. Не допускается к публикации рисунки плохого качества, нарисованные карандашом или ручкой. Схемы и диаграммы должны быть нарисованы, начерчены или построены на компьютере с использованием соответствующих программ и приложений, либо должны быть отсканированы с хорошим качеством.

Формулы оформляются в редакторе формул Microsoft Equation. Перед формулой и после нее необходимо оставить по одной пустой строке. Формулу необходимо приводить с абзацного отступа, а ее нумерацию – в конце соответствующей строки в круглых скобках. Если формула не помещается в одну строку, то ее необходимо переносить на следующую строку, соблюдая правила переноса.

Ссылки на литературу в тексте должны оформляться в квадратных скобках. Список литературы необходимо приводить в порядке упоминания их в тексте статьи и оформлять в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Журнал «Механика и технологии»:



*Входит в реферативную базу данных Information Service for Physics, Electronics and Computing (INSPEC DIRECT) Института Инжиниринга и Технологий Великобритании.*

<http://inspecdirect-service.theiet.org/private/home.aspx>



*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»)*