

# НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

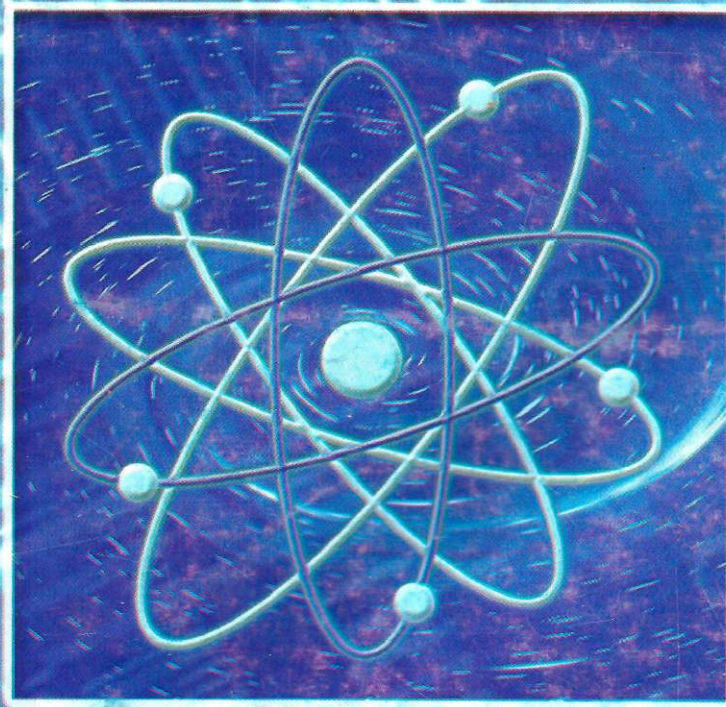
ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.С.ТОРАЙГЫРОВА



1'2003

ППС

# НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА



КАЗАХСТАН  
ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ



## ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ ""

ШХ

gl  
I S  
Ш Э

§ « f

∞

с

P

J

Q

CL

I

X

Ш ^

CE

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

O

P

*Ж. С. Бектурганов, Б.Қ. Қасенов, Е. С. Мұстафин,*  
*С. Г. Еділбаева, Ш.Б. Қасенова, Жұмәділов*  
 $LnMe^1Me^{1S}Mn_06$  ( $Ln \sim$  сирек-жер,  $Me^1$  - сілтілік,  $Me^{11}$  -  
 сілтілік-жер металдары) құрамды манганиттердің  
 термодинамикалық қасиеттері .....7

*А.К. Алтысов, А.К. Алтысова* x  
 Математика сабақтарында экономика мен ^статистика  
 элементтерін колдану әдістері.....20

*Г.А. Бектенова*  
 Ферменттерді иммобилизациялануының өзекті  
 мәселелері.....I.....32

*Е.А. Бектуров*  
 А.Б. Бектуров атындағы химия институтында физика-  
 лық химия саласында полимерлердің зерттелінуі . . . . .38

*Д. Ю. Болдыреву Е.Г. Батырбеков, Ж.Х. Жумагулова,*  
*Р.М. Ысқақов, Б.А. Жубанов*  
 Поливинилспирттік пленкадантузілген новокаин  
 диффузиясы.....43

*С. С. Донцов*  
 Еңбекті ғылыми ұйымдастырудағы шаралардың  
 экономикалық мәнін бағалау.....48

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ — — — —

Нухулы А., д.х.н., проф. (*главный редактор*)  
 Утегулов Б.Б., д.т.н., проф. (*зам. гл. редактора*)  
 Ельмуратова А.Ф., к.т.н., доц. (*отв. секретарь*)  
 Члены редакционной коллегии:  
 Бойко Ф.К., д.т.н., проф.  
 Газалиев А.М., д.х.н., проф., член-корр. НАН РК  
 Гамарник Г.Н., д.т.н., проф.  
 Глазырин А.И., д.т.н., проф.  
 Даукеев Г.Ж., к.т.н., проф.  
 Ергожин Е.Е., д.х.н., проф., академик НАН РК  
 Каракаев А.К., д.т.н., проф.  
 Кислов А.П., к.т.н., доц.  
 Клецель М.Я., д.т.н., проф.  
 Кудерин М.К., к.т.н., доц.  
 Мансуров З.А., д.х.н., проф.  
 Мурзагулова К.Б., д.х.н., проф.  
 Никитин Г.М., д.т.н., проф.  
 Гивень Г.Г., д.т.н., проф.  
 Сатинов А.С., д.т.н., проф., академик НАН РК  
 Сулеев Д.К., к.т.н., проф.  
 Сейтахметова Г.Н. (*тех. редактор*)

M

Адрес редакции:  
 637034, г. Павлодар,  
 ул. Ломова, 64.  
 Тел.: (3182) 45-1 3-43  
 (3182) 45-38-60  
 Факс: <3182) 45-11-23  
 E-mail: publish(a>.psn.k7.  
 nauka(t&psu.kz

	<i>Б. А. Жубанов, В. Д. Кравцова, Р. Ф. Мухамедова, /Г.Х. Бекмагамбетова, Д. Д. Ахметтаев</i>	
* 2	Жаца алициклдік полиимидтер.....	52
Ш <sub>х</sub> <sup>S</sup>	<b>ЛА*</b> <i>Мамытбеков, Г. Соулебекова, Т. К. Жумаділов, Е. А. Бектуров</i>	
Ш <sub>г</sub>	Болгыштар ассоциациясы және полимсерлік гидрогельлермен үстіртті-активті заттар.....	59
	<i>А. Нухулы, С. А. Шәрінова, Б. Н. Сәтбаев</i>	
	Алюминий және кремний оксидтері негізінде үшфазалы жану жүйесінің термодинамикалық және кинетикалық заңдылықтары.....	64
Ш <sub>г</sub> <sup>S</sup>	<i>Ж. Г. Муқаиова</i>	
£ s	Комплекс сандар тшриясының логикалық құрылымы ..	69
Q Ш	<i>А. Нухулы, С. А. Шәрінова, Б. Н. Сәтбаев</i>	
S I <sup>^</sup>	Шамот - алюминий, муллитокорунд - алюминий жүйесінде жану үрдісін зерттеу.....	75
Q Q <sup>^</sup>	<i>В. В. Рындиш</i>	
S <sup>^</sup>	Жұмыстық денесі цилиндрде және сұйық қоршаған ортадан тұратын адиабаттық жүйенің тепе-теңсіздігі ..	80
Q L <sup>^</sup>	<i>О. В. Савельев, А. Нухулы, // В. Мальков</i>	
Q F <sup>^</sup>	Полипропилен өндірудегі жаца каталикалық жүйелер.....	89
o		

## ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

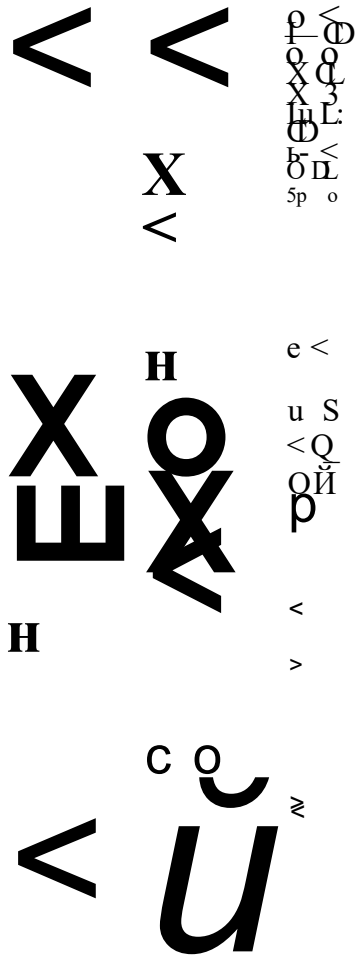
	<i>Е. С. Абдрахманов, Т. С. Сабыров, І. К. Құлымбаев, А. Ф. Муктанова, Ж. Е. Садықова, Ф. К. Шегебаева</i>	
	Сазды-еу еуспензиясын дайындау кезінде араластыру сапасын анықтау.....	93
	<i>М. И. Байкенов, З. Б. Лисат, З. Б. Сағындықова, Х. Б. Омаров, С. Е. Дуйсембаева</i>	
	АҚ «БАЛХАШМЫС» мыс электролиттен барий оксидінің көмегімен күшаланықтүнба түсу процесін зерттеу.....	100
	<i>С. К. Елмуратов, Ф. Т. Тлеулепова</i>	
	Көлдешн күштен керікулі-деформацияланған жағдайда тортбұрышты пластинаны зерттеу.....	107
	<i>М. К. Ибашов</i>	
	Карьер автокөлігінің пайдаланылған газдарын тазарту жүйесіндегі газ-динамикалық процестердің моделін іске асыру.....	110

	<i>Б.Е. Исмаилов</i>	
	Кейбір жүрістегі машиналардың шассиге қатысты	
* 3	кузовы немесе корпусының жылдам мүмкіндше	
I- с.	жылжытылуы. ....	120
<b>S i</b>	<i>П.В. Корниенко, НМ, Шамрай</i>	
o; O	Аз қабатты құрылыстағы нормативтік талаптарды	
ш s:	есепке ала отырып жасалған бөлмелердегі шектеуші	
n.*	құрылымдар.....	123
0 ^	<i>В.П. Малышев, К.С. Какенов, Г. Сүлейметов</i>	
с: ^	Разработка теории функционала плотности для квантовых,	
м: 5	систем.....	133
С: 5		
-r Ш		
ф =E	<i>А. Нурлсауов, К.К. Әбішев</i>	
1 Ш	Шынжыр табан механизміне әсер ететін екінші топтағы	
Q Ф	үйкеліс күштері.....	137
b <		
X s	<i>Е.Б. Сулеймен, М.М. Сүйіндіков</i>	
Ш >	Болатты қожбен тазарту.....	143
Q.		
U.	<i>А.Нуржауов</i>	
<	Грунтты шынжыр табан трактордың двигателдерінің	
FO	өзара әрекетінің мәселелері туралы.....	147
б	<i>Т. Сулейменов</i>	
	Киштикалық энергияның бір бөлікті градиент	
	тығыздығымш электронды тығыздығы және бір бөлікті	
	әл^ет арасындағы өзара байланыс туралы.....	153
	<i>Б.В. Тканепко</i>	
	Электрмен қамтамасыз ететін ішкі жүйедегі өткізгіштік	
	жүктемелерінің экономикалық аралықтарын	
	анықтайтын әдіс.....	156
	<i>Б.Б. Өтегулов, А.Б. Өтегулов,</i>	
	<i>Д.Б. Өтегулова, А.Б. Әбдікәрімов,</i>	
	<i>АМ, Шынтеміров, АМ. Шынтеміров</i>	
	Оқшауламаған бейтараптамен торапта бір фазалық	
	жерге тұйықталудан желіні қорғайтын құрылғы.....	159
	<i>В.С. Чередниченко, К.В. Хацевский</i>	
	Сұйықтарды коаксиалдық цилиндрлері бар индукциялық	
	жүйелерде жылыту және электр химиялық өнд^.....	165
	<i>іЕ.Б. Өтегулов, АМ, Шынтеміров</i>	
	6-10 кВ кернеулі электр тораптарындағы жерге	
	бірфазалық тұйықталу тогін автомаггық анықтау	
	құрылғының басқару микропрограммалық Мили	
	автоматын құрастыру.....	174

N = 1 2003

## СОДЕРЖАНИЕ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ



<i>Ж. С. Бектурганов, Б. К. Касенов, Е. С. Мустафин, С. Т. Едильбаева, Ш. Б. Касенова, Е. К. Жумадилов</i>	
Термодинамические свойства манганитов состава $\text{LnMe}^{\text{I}}\text{Me}^{\text{II}}\text{Mn}_2\text{O}_6$ (Ln - редкоземельные, Me, - щелочные, $\text{Me}^{\text{III}}$ - щелочноземельные металлы) . . . . .	7
<i>А. К. Алпысов, А. К. Алпысова</i>	
Методы использования экономических и статистических элементов на уроках математики . . . . .	20
<i>Е. А. Бектенова</i>	
Актуальные вопросы иммобилизации ферментов . . . . .	32
<i>Е. А. Бектуров</i>	
Исследования в области физической химии полимеров в институте химических наук им. А. Б. Бектурова . . . . .	38
<i>Д. Ю. Болдырев, Е. Г. Батырбекову</i>	
<i>Ж. Х. Джумагулова, Р. М. Искаков, Б. А. Жубанов</i>	
Диффузия новокаина из поливинилспиртовых пленок ..	43
<i>С. С. Донцов</i>	
Сижка экономической эффективности мероприятий по научной организации труда . . . . .	48
<i>Б. А. Жубанов, В. Д. Кравцова, Р. Ф. Мухамедова, К. Х. Бекмасамбетова, Д. Д. Лхчеттаев</i>	
Новые алифатические пептиды: . . . . .	52
<i>Е. К. Мамытбеков, Г. Саутеоев</i>	
<i>Т. К. Джумадилов, Е. А. Бектуров</i>	
Ассоциация красителей и по верхи ост ко активных веществ с полимерными гидрогелями . . . . .	59
<i>А. Нухулы, С. А. Шарипова, Б. Н. Сатбаев</i>	
Термодинамические и кинетические закономерности твердофазного горения систем на основе алюминия и оксида кремния . . . . .	64
<i>Ж. Е. Муканова</i>	
Логическая структура теории комплексных чисел . . . . .	69
<i>А. Нухулы, С. А. Шарипова, Б. Н. Сатбаев</i>	
Исследование процессов горения систем шамот - алюминий, муллитокорунд - алюминий . . . . .	75
<i>В. В. Рындин</i>	
Неравновесность адиабатной системы, состоящей из рабочего тела в цилиндре и жидкой окружающей среды . . . . .	80

## КОРРЕКТОРЫ:

А. Ф. Зейнулина (каз.)  
А. Садвокасова (рус.)

## ВЕРСТКА

С. В. Пилипенко

*О.В. Савельев, А. Нухулы, КВ. Мальков*

Современные каталитические системы в производстве полипропилена .....89

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Е.С. Абдрахманов, Т. Сабиров, Н.К. Кулумбаев,  
А. Мухтапова, Ж. Садыкова, Г. Шегебаева*

Определение качества смешивания при приготовлении водно-глинистой суспензии .....93

*М.И. Бацкенов, З.Б. Абсат, З.Б. Сагиндыкова,  
Х.Б. Омаров, С.Е. Дюсембаева, Ж.М. Султанова*

Исследование процесса осаждения мышьяка оксидом бария из медного электролита АО «БАЛХАШМЫС» ..100

*С.К. Ельмуратов, Е. Т. Тлгуленов а*

Исследование напряженно-деформированного состояния прямоугольных пластин при поперечном нагружении. ....107

*М.К. Ибатов*

Реализация модели газодинамических процессов в системах очистки отработавших газов карьерного автотранспорта .....110

*Б.Е. Исмаилов*

Мгновенно возможные смещения кузова или корпуса относительно шасси некоторой движущей машины.... 120

*П. В. Корниенко, Н.М. Шамрай*

Ограждающие конструкции помещений в малоэтажном строительстве с учетом нормативных требований. . . .123

*В. П. Малышев, КС. Какенов, Т. Сулейменов*

Разработка теории функционала плотности для квантовых систем .....133

*А. Щржауов, К.К. Әбішев*

Некоторые вопросы определения сил трения второй группы в гусеничном механизме .....137

*Е.Б. Сулеймен, М.М. Суйіндіков*

Рафинирование стали шлаком .....143

*А. Нуржауов*

К вопросу взаимодействия движителей гусеничного трактора с грунтом .....147

*Т. Сулейменов*

О взаимосвязи между градиентом плотности одночастичной кинетической энергии, электронной плотностью и одночастичным потенциалом .....153

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.

Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.

Рукописи не возвращаются.

При использовании материалов журнала ссылка на «Науку и технику Казахстана» обязательна.



# ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Щ. УДК 546.31:445:65+661.871.27:17+542.91+536.7

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАНГАНИТОВ СОСТАВА $LnMe^I Me^II Mn_2O_6$ (Ln - РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ, Me<sup>I</sup> - ЩЕЛОЧНЫЕ, Me<sup>II</sup> - ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ)

Ж.С. Бектурганов, Б.К. Касенов, Е.С. Мустафин,

§§§ С.Т. Едильбаева, Ш.Б. Касенова, Е.К. Жумадилов

*Институт фитохимии МОН РК, г. Караганда*

ч-3

*Шц Курамы  $LnMe^I Me^II Mn_2O_6$  болатын 14 манганит синтезделді: олардың  
ри сингония типтері мен элементарлы уяшықтарының параметрлері  
|цр| анықталды; калориметрлік әдіс арқылы 298,15-673К аралығында олардың  
Шт жылу сыйымдылықтары зерттелді; жанамалы әдістер арқылы  
манганиттердің түзілу жылулары есептелді.*

*Синтезированы 14 манганитов состава  $LnMe^I Me^II Mn_2O_6$  <3 определены  
типы их сингонии, параметры элементарных ячеек; методом калориметрии  
а интервале 298,15-673 К исследованы их теплоемкости, косвенным методом  
рассчитаны их стандартные теплоты образования.*

*14 manganites of the composition  $LnMe^I Me^II Mn_2O_6$  were synthesized, their  
crystal systems and unit cell parameters were determined; their heat capacities  
were measured by the method of calorimetry from 298.15 to 673 K, their standard  
heats of formation were calculated by the indirect method.*

Открытие эффекта гигантского отрицательного магнитного сопротивления оксидов типа  $La(Ca, Ba)MnO_3$  со структурой перовскита [1,2] положило начало интенсивным исследованиям в области синтеза и изучения физико-химических свойств манганитов.

Целью настоящей работы является обобщение проведенных нами исследований [3-6] с учетом последних данных по синтезу и изучению термодинамических свойств манганитов более сложного состава  $LnMe^I Me^II Mn_2O_6$ , где Ln - р.з.э., Me<sup>I</sup> - щелочные, Me<sup>II</sup> - щелочноземельные металлы.



Для получения манганитов лантана, щелочных и щелочноземельных металлов выбрали брутто формулу  $\text{LaMe}^I\text{Me}^{II}\text{Mn}^{III}\text{O}_6$  ( $\text{Me}^I$ -щелочной,  $\text{Me}^{II}$ -щелочноземельный металлы), аналогично манганитам р.з.э. и щелочных металлов и манганитам р.з.э. и щелочноземельных металлов [7-8]. Для твердофазного синтеза манганитов при высоких температурах были использованы следующие исходные вещества; оксид лантана (III) квалификации «ос.ч», оксид марганца (III) - «х.ч», карбонаты щелочных металлов ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Rb}_2\text{CO}_3$ ) и щелочноземельных металлов ( $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{SrCO}_3$  и  $\text{BaCO}_3$ ) марки «х.ч».

Стехиометрические количества исходных реагентов в расчете на конечную формулу манганита  $\text{LaMe}^I\text{Me}^{II}\text{Mn}_2\text{O}_6$  тщательно перемешивались в агатовой ступке и переносились в тигли, которые затем подвергались термообработке в селитовой печи при температуре 400-1500°C с периодическим перемешиванием в агатовой ступке. Время термообработки при высоких температурах составляет 10 часов. С целью получения равновесных фаз при низких температурах низкотемпературный отжиг был проведен при 400°C в течение 20 часов. Образование равновесных фаз контролировали методом рентгелюфазового анализа, который был проведен на установке ДРОН-2.0 с использованием  $\text{SiKa}_\alpha$ -излучения, отфильтрованного Ni-фильтром.

Индицирование рентгенограмм порошков манганитов проводили методом гомологии [9]. В качестве гомолога взят структурный тип перовскита.

Согласно разработанной методике, впервые были синтезированы следующие манганиты:  $\text{LaLiMgMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaLiCaMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaLiSrMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaLiBaMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaNaMgMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaNaCaMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaKMgMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaKCaMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaKSrMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaKBaMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaRbMgMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaRbCaMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaRbSrMn}_2\text{O}_6$ ,  $\text{LaRbBaMn}_2\text{O}_6$ . В табл. 1 приведены результаты индицирования рентгенограмм порошков манганитов методом гомологии.

Корректность и достоверность индицирования рентгенограмм подтверждены удовлетворительным согласием опытных и расчетных значений  $10^4/d^2$ , рентгеновской и пикнометрической плотностей и объемов элементарных ячеек. Измерение пикнометрической плотности проводили по известной методике [10], в качестве индифферентной жидкости использовали толуол.

На основании рентгенографического исследования полагать, что исследуемые манганиты имеют пространственную группу перовскита  $Rm\bar{3}m$ , ион  $\text{La}^{3+}$  находится в центре элементарной ячейки и имеет координационное число (КЧ) по кислороду равное 12, а в узлах элементарных ячеек находится ион  $\text{Mn}^{3+}$ , КЧ которого по кислороду равно 6 [11].

Таблица 1

Типы сингонии и параметры элементарных ячеек манганитов  $\text{BaMe}^{\text{I}}\text{Me}^{\text{II}}\text{Mn}_2\text{O}_6$

Соединение	Тип сингонии	a, Е	c, Е	V <sup>0</sup> , Е <sup>3</sup>	Z	ρ, г/см <sup>3</sup>	
						рент.	пикн.
1	2	3	4	5	6	7	8
LaLiMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	куб.	11,06	.	1354,4	10	4,61	4,58±0,09
LaLiCaMrbCV	куб.	10,89	.	1292,9	10	5,03	5,02±0,17
LaLiSrMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	куб.	10,93	.	1304,0	10	5,59	5,58±0,09
LaLiSrMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	тетрагон	11,07	16,50	2022,0	16	6,42	6,41±0,09
LaNaMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	куб.	11,02	.	1339,7	10	4,85	4,77±0,05
LaNaCaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	куб.	10,89	.	1290,4	10	5,24	5,15±0,04
LaKMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	тетрагон	11,04	21,95	2675,3	20	5,07	5,05±0,15
LaCaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	куб.	10,85	.	1277,3	10	5,51	5,69*0,17
LaKSrMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	куб.	10,96	.	1316,2	10	5,95	5,94±0,07
LaKBaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	тетрагон	11,10	16,56	2040,4	16	6,79	6,77±0,05
LaRbMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	тетрагон	11,09	21,96	2698,8	20	5,59	5,57±0,11
LaRbCaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	куб.	10,83	.	1269,2	10	6,15	6,13±0,15
LaRbSrMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	куб.	10,97	.	1320,9	10	6,51	6,45±0,08
LaRbBaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	тетрагон	11,11	16,56	2044,0	16	6,37	6,36±0,07

Теплоемкость синтезированных манганитов исследовали в интервале температур 298,15-673 К на серийном калориметре ИТ-С-400. Продолжительность измерений во всем температурном интервале с обработкой экспериментальных данных составляла не более 2,5 ч. Предел допускаемой погрешности прибора по паспортным данным ±10,0%. Градуировка прибора осуществлялась на основании определения тепловой проводимости тепломера К. Измерения проводились шагом через 25 К, при каждой температуре проводились по 5 параллельных опытов и полученные результаты усреднялись [12, 13]. Для усредненных значений удельных теплоемкостей при каждой температуре определялись среднеквадратичные отклонения (ξ), а для мольных теплоемкостей - случайные составляющие погрешности (δ) [14]. Точность измерения теплоемкостей манганитов подтверждается тем, что значения стандартных теплоемкостей арсената натрия.

Na<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub> [169,1 Дж/(моль\*К)] и б - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [76,0 Дж/(моль\*К)]. определенные на этом приборе, согласуются с их рекомендованными справочными величинами, равными, соответственно, 170,3 и 79,0 Дж/(моль-К) [15, 16]. Результаты эксперимента приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Экспериментальные значения молярных теплоемкостей [ $C^{\circ} \pm \Delta$ , Дж/(моль\*К)]

T, К	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
298,15	296±12	302±4	274±13	280±11	229±9	300±29	300±14	233±6	275±24	311±19
323	278±13	305±5	294±18	290±15	237±15	343±11	307±13	251±9	280±24	326±16
348	298±15	308±8	310±14	301±16	238±13	356±37	317±14	265±11	296±26	330±17
373	305±14	312±11	324±20	303±16	246±11	379±37	326±16	240±7	301±26	335±16
398	307±17	320±14	335±17	307±14	255±11	386±25	328±16	290±12	311±27	380±19
423	310±15	323±14	346±19	316±13	255±10	405±8	329±18	295±13	311±27	383±19
448	317±16	326±12	356±17	327±15	266±10	418±32	332±16	315±13	331±29	390±18
473	323±18	332±18	364±17	333±16	282±15	425±11	337±15	322±15	335±29	399±17
498	330±19	345±17	371±14	340±18	306±15	433±11	345±15	331±18	335±29	409±19
523	343±21	355±19	378±23	350±17	308±17	443±16	351±15	337±17	345±30	420±20
548	347±16	357±11	385±20	355±17	313±11	449±12	358±16	346±16	346±30	420±20
573	350±18	364±14	391±22	365±19	317±13	454±49	367±16	363±21	369±32	428±19
598	357±12	367±20	397±20	370±20	326±16	460±27	373±17	384±19	324±32	438±17
623	363±15	369±15	403±23	374±19	331±12	469±11	383±17	396±15	257±25	444±16
648	372±18	378±18	408±22	385±18	336±17	472±22	390±15	411±23	249±24	447±19
673	378±17	382±18	415±22	389±18	346±14	473±33	393±15	432±20	235±23	450±19

Таблица 3

Уравнения температурной зависимости теплоемкостей манганитов

Соединение	Коэффициенты уравнения $C_p^{\circ} = a + bT + cT^2$ , Дж/(моль*К)			AT, К
	a	b 10 <sup>3</sup>	-c-10 <sup>5</sup>	
LaLiMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	204±9	262±12	11±1	298,15-673
LaLiSrMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	193±8	272±11	25±1	298,15-673
LaLiBaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	335±18	149±8	94±5	298,15-673
LaNaMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	209±10	270±13	8,5±0,4	298,15-673
LaNaCaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	126±6	325±15	5,6±0,3	298,15-673
LaNaBaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	429±38	106±9	126±11	298,15-673
LaKMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	237±11	236±11	6,8±0,3	298,15-673
LaKCaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	395±17 619±27 -(75±3)	4,9±0,2 -(1020±44) 733±32	133±6 5,8±0,2	298,15-348 348-373 376-673
LaKSrMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	211±18 1137±111	269±23 -(1340±131)	133±6	298,15-573 573-673
LaRbMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>	267±12	284±12	36±2	298,15-673

На кривой зависимости теплоемкости LaKCaMn<sub>2</sub>O<sub>6</sub> от температуры при 348 К обнаружен аномальный экзотермический эффект, который, по-видимому, относится к фазовому переходу II рода. В связи с наличием на

кривой  $C_p^{\circ} \sim f(T)$  указанного фазового перехода выведены три уравнения температурной зависимости теплоемкости  $\text{LaKCaMn}_2\text{O}_6$ , относящиеся к различным значениям  $\Delta T$  (табл. 3). Аномальное изменение теплоемкости при 573 К также наблюдается у  $\text{LaKSrMn}_2\text{O}_6$ , которое, вероятно, связано также с фазовым переходом II рода. Можно предположить, что эти явления связаны с структурными перестройками, изменениями коэффициентов теплового расширения, изотермического сжатия, диэлектрической проницаемости и др.

В связи с тем, что технические возможности калориметра ИТ-С-400 не позволяют вычислить значения стандартных энтропий манганитов из опытных данных по теплоемкостям, их оценили с использованием системы энтропийных инкрементов Кумока [17]. Погрешности вычисленных значений  $S^{\circ}(298,15)$  составляют  $\pm 3\%$ .

Используя известные соотношения на основе опытных данных по значениям  $C^{\circ}(T)$  и расчетных данных по  $S^{\circ}(298,15)$  в интервале 298,15-675 К вычислены температурные зависимости термодинамических функций  $S^{\circ}(T)$ ,  $H^{\circ}(T) - H^{\circ}(298,15)$  и  $\Phi^{\text{XX}}(T)$  для исследованных манганитов. Для каждой термодинамической величины даны соответствующие погрешности (табл. 4).

Для направленного синтеза соединений данного класса, состоящих из оксидов р.з.э., марганца (III), щелочных и щелочноземельных, кроме теплоемкости необходимо знание величин стандартной энтальпии и энергии Гиббса образования и стандартной энтропии. Экспериментальное определение термодинамических функций соединений данного типа методами калориметрии и тензиметрии затруднено в связи с их химической устойчивостью по отношению к воде, кислотам и высокой термической стабильностью (не плавятся и не разлагаются до 1500-1700°C). Следует отметить, что в литературе отсутствуют значения  $\Delta H^{\circ}(298,15)$  кристаллических манганитов щелочноземельных и редкоземельных металлов. Кроме того, существующие в литературе методы оценки энтальпий образования неорганических веществ также непригодны для расчета  $\Delta H^{\circ}(298,15)$  соединений указанного класса в связи с тем, что их состав сложен и отсутствует хотя бы одна экспериментально определенная ключевая величина. Поэтому был разработан метод оценки стандартных энтальпий образования соединений  $\text{LnMe}^3\text{Me}^{\text{H}}\text{Mn}_2\text{O}_6$  и на его основе рассчитаны стандартные энергии Гиббса образования.

Учитывая вышеизложенное, при расчете исходных значений энтальпий образования перманганатов щелочных, щелочноземельных и редкоземель-



Таблица 4

Температурные зависимости термодинамических функций  $\text{LaMe}^I\text{Me}^I\text{Mn}_2\text{O}_6$   
 $[C_p^\circ(T), S^\circ(T), \Phi^{XX}(T) \text{ (Дж/(моль}^\circ\text{К))}; H^\circ(T)-H^\circ(298,15) \text{ (Дж/моль)}]$

T, K	$C_p^\circ(T)$	$S^\circ(T)$	$H^\circ(T)-H^\circ(298,15)$	$\Phi^{XX}(T)$	T, K	$C_p^\circ(T)$	$S^\circ(T)$	$H^\circ(T)-H^\circ(298,15)$	$\Phi^{XX}(T)$
LaLiMgMn <sup>IV</sup> O <sub>6</sub>					LaNaBaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>				
298,15	269±12	211+6	.	211+6	298,15	319+28	268+8	.	268+8
300	270+12	212+16	251+11	211+16	300	321+28	270+32	640+60	268+24
400	302+14	241+18	] 1500+530	213+16	400	393+35	374+44	36770+2340	282+25
500	331+15	260+20	20100+930	219+17	500	431+38	466+55	78140±6880	310+27
600	358+16	269+20	26100+1200	228+17	600	457+40	547+65	122660+10800	343+30
675	378+17	274+21	28800+1330	231+17	675	473+42	602+71	157630+13830	368+32
LaLiSrMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>					LaKMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>				
298,15	302+12-	238+16	.	238+16	298,15	300+14	244+7	.	244+18
300	302+12	240+17	600+23	238+16	300	300+14	245±18	330+15	244+18
400	318+12	328+23	31500+1230	250+17	400	327+15	288+20	15800+730	248+19
500	339+13	401+28	64300+2500	279+19	500	352+16	316±22	28900+1330	258±20
600	363±14	465+32	99400+3900	300+21	600	377±17	335+23	41900+1930	269+20
675	382+15	509+35	127400+4970	320+22	675	395+18	345+24	46000+2120	277+21
LaLiBaMn <sup>IV</sup> O <sub>6</sub>					LaKCaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>				
298,15	274+5	248+21	.	248+21	298,15	233+10	294±9	.	294±9
300	275+15	249+21	550+30	248+21	300	235+10	296+22	470+20	295+15
400	336+18	338+28	31400+1670	260+22	400	254+11	375+28	24000+1030	315+23
500	372+20	417+35	66900*5550	284±24	500	315+14	432+32	54700±2350	322±24
600	398±21	488+41	105500+5600	312+26	600	981+16	493+36	89400+3800	344+25
675	415+22	536+44	136000+7200	334+28	675	432+18	538+39	120000+5200	360+26
LaNaMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>					LaKSrMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>				
298,15	280+13	231+18	.	231±18	298,15	275+24	270±24	.	270+24
300	281+13	232+18	260+10	231+18	300	276+24	272+23	580+50	270+23
400	312+15	263+20	11700+560	233+18	400	310+27	356+31	29900*2600	281+24
500	341+16	282±22	20500+960	241+19	500	340+30	428+38	62400+550	303+27
600	369+18	292+23	26500+1300	248+19	600	307+30	492+48	97470+9520	330+32
675	389+19	296+23	29300+1430	253+20	675	236+23	523+51	118670+11560	347+34
LaNaCaMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>					LaRbMgMn <sub>2</sub> O <sub>6</sub>				
298,15	229±11	247+19	.	247+19	298,15	311+13	253+18	.	253+18
300	230+14	248+19	460+3,0	247+19	300	312+13	] 254+18	360+15	253+18
400	260+12	318±24	24910+1890	256+19	400	358+15	i 294+23	17100+740	253±18
500	291+14	380+29	52430+3980	275+21	500	395+17	321±24	31000+1300	258+19
600	323+15	435+33	83100+6320	297+23	600	427+18	339+25	42100+1800	269+20
675	347+16	475+36	108200+8220	314+24	675	451+19	348+25	48500+2090	276±20

ных металлов мы выбрали метод ионных инкрементов [18], по которому вычислены значения энтальпийного инкремента  $\text{MnO}_4^-$  (-567,7 кДж/моль) и коэффициента пропорциональности  $K$ . Используя эти значения и справочные данные по  $A/H^\circ(298,15)$  катионов щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов, мы, аналогично [19], вычислили значения стандартных теплот образования исходных перманганатов щелочных, щелочноземельных и редкоземельных металлов.

Ниже приводится подробный порядок расчета  $A/H^\circ(298,15)$  соединений состава  $\text{LnMe}^I\text{Me}^n\text{Mn}_2\text{O}_6$ .

В связи с отсутствием в фундаментальных справочниках величин стандартных энтальпий образования солей на основе марганца (III), в первом

приближении мы остановились на данных, как было указано выше, по теплотам образования перманганатов и оксидов р.з.э., щелочных и щелочно-земельных металлов, как единственных ключевых источников, имеющих-ся в литературе.

Суть расчета заключается в следующем:

1. Находим коэффициент подобия  $K_1$ , по соотношению:

$$\frac{A_f H^\circ(298,15) \text{ЩMnO}_4)_3}{A_{OK} \cdot Y^0(298 \text{Д} S) \text{Ln}\{MnO_A\}_3} \quad (1)$$

где энтальпию образования из оксидов перманганатов лантаноидов приближенно оценили по схеме:

$$A_{OK} H^\circ(298,15) \text{Ln}(MnO_4)_3 = 0,5 A_7 Y^0(298 \text{Д} 5) \text{Ln}_2 O_3 + 1,5 \text{Д} / Y^\circ(298 \text{Д} 5) \text{Mn}_2 O_7. \quad (2)$$

2. Аналогично (1) вычисляем коэффициент подобия  $K_2$  по схеме:

$$\frac{\text{Д} 7 Y^0(298 \text{Д} 5) \text{Me}(MnO_4)_2}{A_{OK} \cdot H^\circ(298,15) \text{Me}(MnO_4)_2} \quad (3)$$

где  $A_{OK} H^\circ(298 \text{Д} 5) \text{Me}(MnO_4)_2 = 0,5$

$$A_f H^\circ(298,15) \text{MeO} + 1,5 A_f Y^0(298,15) \text{Mn}_2 O_7. \quad (4)$$

3. Согласно уравнениям (1, 2) проводим расчет коэффициента подобия  $K_3$  по схеме:

$$\frac{A / Y(298,15) \text{MeMnO}_4}{\text{Д} / Y^\circ(298,15) \text{MeMnO}_4} \quad (5)$$

где  $\text{Д} / Y^\circ(298,15) \text{MeMnO}_4 = 0,5$

$$\text{Д} / Y^\circ(298 \text{Д} 5) \text{Me}_2 O_9 + 0,5 \text{Д} / Y^\circ(298 \text{Д} 5) \text{Mn}_2 O_7. \quad (6)$$

4. Далее вычисляем среднее значение коэффициента подобия  $A''$ :

$$K = (K_1 + K_2 + K_3) / 3. \quad (7)$$

5. Находим  $A_{OK} H^\circ(298,15) \text{LnMe}^I \text{Me}^{II} \text{Mn}_2 O_6$  по схеме:

$$\begin{aligned} & \text{Д} / Y^\circ(298,15) \text{LnMe}^I \text{Me}^{II} \text{Mn}_2 O_6 = \\ & = \text{Д} / Y^\circ(298,15) \text{Ln}_2 O_3 + 0,5 A_f Y^\circ(298,15) \text{Me}_2 O_9 + \\ & + \text{Д} / Y^\circ(298,15) \text{Me}^I O + \text{Д} / Y^\circ(298,15) \text{Mn}_2 O_3. \end{aligned} \quad (8)$$

6. Из соотношения

$$\frac{\text{Д} / Y^\circ(298,15) \text{LnMe}^I \text{Me}^{II} \text{Mn}_2 O_6}{\text{Д} / Y^\circ(298,15) \text{LnMe}^I \text{Me}^{II} \text{Mn}_2 O_6} \quad (9)$$

вычисляем энтальпию образования  $\text{LnMe}^I\text{Me}^{II}\text{Mn}_2\text{O}_6$  из простых веществ:

$$\Delta_f H^\circ(298,15)\text{LnMe}^I\text{Me}^{II}\text{Mn}_2\text{O}_6 = \Delta_{\text{ж}} H^\circ(298,15)\text{Хим} > \text{Me}^I\text{Mn}_2\text{O}_6 - K \quad (10)$$

Далее по уравнению Гиббса-Гельмгольца вычислены значения  $\Delta_f G^\circ(298,15)$  манганитов.

Необходимые для расчетов значения  $\Delta_f H^\circ(298,15)$   $\text{Ln}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Me}_2\text{O}$ ,  $\text{Me}^I\text{O}$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $S^\circ(298,15)\text{Ln}_{(T)}$ ,  $\text{Me}^I_{(T)}$ ,  $\text{Me}^{II}_{(T)}$ ,  $\text{O}$  заимствованы из справочников [20, 21]. Стандартные энтропии  $S^\circ(298,15)$  соединений  $\text{LnMe}^I\text{Me}^{II}\text{Mn}_2\text{O}_6$  были вычислены по методу ионных инкрементов Кумока [17].

В табл. 5 приведены значения рассчитанных термодинамических функций манганитов.

Таким образом, впервые были синтезированы 10 манганитов состава  $\text{BaMe}^I\text{Me}^{II}\text{Mn}_2\text{O}_6$ , проведено исследование их рентгенографических характеристик, температурной зависимости теплоемкости в интервале 298,15-673 К, вычислены значения термодинамических функций  $S^\circ(T)$ ,  $H^\circ(T)$ ,  $H^\circ(298,15)$  и  $\Phi^{\text{XX}}(T)$ . По разработанному сравнительному методу были оценены стандартные энтальпии образования и стандартные энергии Гиббса образования 280 соединений состава  $\text{LnMe}^I\text{Me}^{II}\text{Mn}_2\text{O}_6$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Третьяков Ю.Д., Брычев О.А. Новые поколения неорганических функциональных материалов // Журн. Рос. хим. общ. им. Д.И. Менделеева - 2000-Т. 45 - №4.-С. 10-16.
2. Мудрецова С.Н., Майорова А.Ф., Босак А.А. и др. Манганиты ряда  $(\text{La}, \text{Pr})_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  : кислородная стехиометрия, термические свойства и диффузия кислорода II Журн. физ. химии - 2000 - Т. 74.- № 10.- С. 1765-1768.
3. Бектурганов Ж.С., Мустафин Е. С., Касенов Б.К., Едильбаева С. Т. Рентгенографическое и термодинамическое исследование  $\text{LaLiMeMn}_2\text{O}_6$  (Me-Sr, Ba) II Докл. НАН РК. 2001. № 1. С. 68-72.
4. Бектурганов Ж. С., Мустафин Е. С., Касенов Б.К. и др. Рентгенографическое и термодинамическое исследование  $\text{LaCaNaMn}_2\text{O}_6$  II Вест. Евраз. гос. универ - 1998.-№3-4.-С. 76-80.
5. Касенов Б.К., Бектурганов Ж. С., Мустафин Е. С. и др. Рентгенографическое и термодинамическое исследование  $\text{LaCaKMn}_2\text{O}_7$ // Вест. КазГУ. Сер. хим.- 1999.— №2.-С. 40-44.
6. Касенов Б.К., Едильбаева С. Т., Мустафин Е. С. и др. Теплоемкость тройных  $\text{LaMeFe}_2\text{O}_5$  (Me - Li, Na, K) и четверных оксидов  $\text{LaMeBaMn}_2\text{O}_6$  (Me - Li, Na) // Материалы Второго Беремжановского съезда по химии и химической технологии // Вест. КазГУ. Сер. хим.- 1999.- № 3.- С. 220-223.
7. Оралова А. Т., Мустафин Е.С., Касенов Б.К., Жумадилов Е.К. Рентгенографическое исследование  $\text{LnSrMn}_2\text{O}_5$  (Ln-Нo, Er, Lu)//Журн. неорган.химии - 1998-Т. 43.-№2.-С. 196-197.

**Таблица 5**

**Термодинамические функции манганитов  $\text{LnMe}^{\text{I}}\text{Me}^{\text{II}}\text{Mn}_2\text{O}_6$ ,  $\Delta_f H^\circ(298,15)$  и  $\Delta_f G^\circ(298,15)$  в Дж/моль;  
 $S^\circ(298,15)$  в Дж/мольК; I -  $\text{LnMe}^{\text{I}}\text{MgMn}_2\text{O}_6$ , II -  $\text{LnMe}^{\text{I}}\text{CaMn}^\wedge$ , III -  $\text{LnMe}^{\text{I}}\text{SrMn}_2\text{O}_6$ , IV -  $\text{LnMe}^{\text{I}}\text{BaMn}_2\text{O}_6$ ]**

Ln	-A/H°	S°	-A <sub>f</sub> G°		S°	-A/G°	-A,H°	S°		-Л,H°	S°		-A,H°	S°	-A <sub>f</sub> G°
Me <sup>I</sup> -Li				Me <sup>I</sup> - Na			Me <sup>I</sup> - K			Me <sup>I</sup> - Rb			Me <sup>I</sup> - Cs		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I															
La	3393,7	211,0	3218,8	3403 J	231Д	3227,9	3451,0	243,7	3275Л	3463,0	252,5	3286,2	3470,8	264,1	3294,9
Ce	3392^	218,6	3215,1	34023	238,7	3224,5	3449,9	251,3	3271,9	3462,0	260,1	3282,9	3469,8	271,7	3291,7
Pr	3397,6	226,0	3222,0	3407,8	246Д	3231,6	3455,6	258,7	3279,2	3467,7	267,5	32903	3475,5	279,1	3299,0
Nd	3392 fi	218,8	3215,4	3402,8	238,9	3225,1	3450,7	251,5	3272,7	3462,7	260,3	3283,8	34703	271,9	3292,6
Sm	3395,6	220,6	3219,7	3406,7	240,7 ;	3230,2	3454,8	253,3	3278,1	3467,0	262Д	32893	3474,8	273,7	3298,1
Eu	3298Д	219,9	3119,5	3304,8	240,0	3125,6	3350,1	252,6	3170,7	3361,4	2614	3181,0	3369,1	273,0	3189,7
Gd	3335,0	224,3	3160,7	3340,4	244,4	3165,5	3385,5	257,0	32103	3396,6	265,8	3220,4	34043	277,4	3229,1
Tb	3411^	229,6	3236,9	3423,5	249,7	3248,5	34723	262,3	3297,1	3484,8	271,1	3308,6	3492,6	282,7-	33173
Dy	3410,2	229,5	3235,2	3422,4	249,6	3246,8	3471,2	262,2	32953	3483,6	271,0	3306,8	3491,4	282,6	33153
Ho	3427,9	230,7	32533	34403	250,8	3265,0	34893	263,4	3313,8	3501,8	272,2	3325,4	3509,7	283,8	3334,1
Er	3427,5	228,7	3253,0	3440,6	248,8	3265,4	3490,0	261,4	3314,6	3502,6	270,2	33263	35103	281,8	3335,0



Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
II															
La	3461,4	226,5	3288,4	3472,2	246,6	3298,6	3520,7	259,2	3346,9	3533,0	268,0	3358,2	3540,9	279,6	3367,0
Ce	3460,0	234,1	3284,8	3471,0	254,2	3295,2	3519,6	266,8	3343,6	3532,0	275,6	3354,9	3539,8	287,2	3363,7
Pr	3465,3	241,5	3291,7	3476,6	261,6	3302,4	3525,4	274,2	3350,9	3537,7	283,0	33623	3545,6	294,6	3371,1
Nd	3460,1	234,3	3285,0	3471,5	254,4	3295,8	3520,3	267,0	3344,4	3532,7	275,8	3355,8	3540,6	287,4	3364,6
Sm	34632	236,1	3289,3	3475 ^	256,2	3300,8	3524,5	268,8	3349,7	3537,0	277,6	33613	3544,9	289,2	3370,0
Eu	3365,2	235,4	3188,6	3372,9	255,5	3195,7	3419,2	268,1	3241,8	3430,8	276,9	3252,4	3438,6	288,5	3261,1
Gd	3402,6	239,8	3230,3	3409,1	259,9	3236,2	3455,1	272,5	3281,9	3466,5	281,3	32923	34743	292,9	3301,1
Tb	3478,9	245,1	3306,5	3492,2	265,2	33192	3542,0	277,8	3368,7	3554,7	286,6	33803	3562,6	298,2	33893
Dy	3477,9	245,0	3304,8	3491,1	265,1	3317,4	3540,8	277,7	3367,0	3553,6	286,5	3378,7	35613	298,1	33873
Ho	3495,8	246,2	3323,1	3509,2	266,3	3335,9	3559,2	278,9	3385,6	3572,0	287,7	33973	3579,9	299,3	34063
Er	3495,2	244,2	3322,7	3509,4	264,3	3336,2	3559,7	276,9	33863	3572,7	285,7	33983	3580,6	297,3	3407,1
Yb	3452Д	239,1	3282,0	3464,1	259,2	32933	3513 Д	271,8	3342,1	3525,5	280,6	3353,6	3533,4	292,2	3362,4
Lu	3470,8	222,6	32983	3484,8	242,7	3311,8	3535,0	255,3	3361,7	3547,9	264,1	3373,6	3555,8	275,7	3382,4

Продолжение табл, 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
III															
Ce	34473	245,1	32713	3455,0	265,2	32783	3501,9	277,8	3324,9	35133	286,6	3335,6	3521,4	298,2	3344,4
Pr	3452,8	252,5	32783	3460,7	272,6	32853	3507,6	285,2	33323	3519,4	294,0	3343,0	35273	305,6	3351,8
Nd	3447,7	245,3	3271,7	3455,7	265,4	3279,0	3502,7	278,0	3325,8	3514,4	286,8	3336,6	3522 3	298,4	3345,4
Sm	3451,1	247,1	32763	3459,7	267,2	32843	3507,1	279,8	3331,4	3519,0	288,6	33423	3526,8	300,2	3351,1
Eu	33513	246,4	3174,0	3355,8	266,5	3177,6	3400,4	279,1	3222,0	34113	287,9	3231P	3419,0	299,5	3240,6
Gd	3388,4	250,8	3215,1	3391,4	270,9	32173	3435,6	283,5	32613	34463	292,3	32713	34543	303,9	3280,0
Tb	3467,2	256,1	3293,9	3477,0	276,2	3303,1	3525,1	288,8	3350,9	35373	297,6	3362,0	3545,1	309,2	3370,8
i)у	3166,2	256,0	32923	3475 p	276,1	33013	3523,9	288,7	3349,1	3536,0	297,5	33603	3543,9	309,1	3369,0
III	HHIJ	257,2	33103	3494,0	277,3	3319,8	3542,2	289,9	3367,8	3554,4	298,7	3379,0	35623	310,3	3387,8
Vi	ЧИ	J W .	3310/1	34943	275,3	3320,4	3543,1	287,9	3368,8	3555,4	296,7	3380,1	35633	308,3	3388,9
Yb	И 40 J)	л 0J		3448/1	270/2	3276,8	3495,6	282,8	3323,8	35073	291,6	3334,6	35153	303,2	3343,4
Lu	3459,4	/W>	Ш56?l	3170.0	253,7	3296,0	3518,4	266,3	3344 a	3530,7	275,1	33553	35383	286,7	33643

Продолжение табл. 5

IV															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
La	34133	248,1	3240,4	3417,9	268,2	32443	3463Д	280,8	32893	34743	289,6	3299,7	3482,1	301,2	3308,4
Pr	34173	263,1	3243,9	3422,6	283,2	3248,6	3468,1	273,8	3293,9	34793	304,6	3304,1	34873	316,2	3312,9
Nd	34123	255,9	3237,4	3417,7	276,0	3242,1	3463Д	286,6	3287,4	3474,4	297,4	3297,7	34823	309,0	33063
Sm	3415,8	257,7	3242,1	3421,9	277,8	3247,6	3467,8	290,4	32933	3479,1	299,2	3303,6	3487,0	310,8	3312,4
Eu	33153	257,0	3139,1	33173	277Д	31403	33603	289,7	3183,1	3370,7	298,5	31923	33783	310Д	32013
Gd	3351,8	261,4	3179,7	3352 3	281,5	31793	3395,0	294,1	3222,0	3405 3	302,9	32313	3413,0	314,5	3240,0
Tb	34323	266,7	3260,0	3439,4	286,8	3266,6	3486,0	299,4	3313,0	3497,6	308,2	3323,6	35053	319,8	3332,4
Dy	3431,1	266,6	32583	34383	286,7	3264,8	3484,8	299,3	3311,1	3496,4	308,1	3321,7	34043	319,7	33303
Ho	3449,0	267,8	32763	3456,4	287,9	32833	3503,1	300,5	3329,8	3514,8	309,3	33403	3522,6	320,9	33493
Er	3449,0	265,8	3276,6	3457,1	285,9	3284,1	3504,2	298,5	3331,0	3516,0	307,3	3341,8	3523,9	318,9	3350,6
Yb	3404,7	260,7	3234,8	3410,6	280,8	3240 Д	3456,4	293,4	3285,6	3467,7	302,2	3295,9	34753	313,8	3304,7
Lu	3424,7	244,2	32523	3432,7	264,3	32595»	3479,7	276,9	3306,6	3491,4	285,7	33173	34993	297,3	3326,1

8. *Касенов Б.К, Мустафин Е.С, Едильбаева С. Т.* Рентгенографическое исследование ЫаКМпДУ/Журн. неорган, химии.- 2000.-Т. 45.-№ 1- С. 98.
9. *Ковбала Л.М., Трунов В.К* Рентгенофазовый анализ. 2-е изд.- М.: изд. МГУ 1976.- 256 с,
- 10 *Жившие С. С.* Техника измерения плотности жидких и твердых тел - М.: Стандартна, 1959.- 191 с.
11. *Вест А.* Химия твердого тела - Ч.1.- М.: Мир, 1988.- 558 с.
12. Техническое описание и инструкции по эксплуатации ИТС - 400.
13. *Платунов Е.С.* Теплофизические измерения в режиме - М.: Энергия, 1973-223 с,
14. *Спирidonов В.П., Лопаткина А.А.* Математическая обработка экспериментальных данных.- М.: МГУ, 1970.- 221 с.
15. *Шарыпова З.М., Касенов Б.К, Бухарицын В.О.* Теплоемкость и термодинамические функции арсенатов натрия в интервале 223-700 К. Н Журн. физ. химии - 1991.-Т. 65.- NQ 5.- С. 1408-1410.
16. *Robie R.A., Hewingway B.S., Fisher J.K.* Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298,15 and (105 Paskals) Pressure and at Higher Temperatures. Washington.- 1978.-456 p.
17. *Кумок В.Н.* Прямые и обратные задачи химической термодинамики-Новосибирск, 1987.-С, 108-123.
18. *Касенов Б.К, Алдаберганов М.К., Пашилкин А.С.* Термодинамические методы в химии и металлургии - Алматы: Рауан, 1994.- 256 с.
19. *Касенов Б.К, Едычбаева С. 7!, Мустафин Е. С., Жумадилов ЕЖ.* Оценка термодинамических функций тройных оксидов  $LnMeMn_2O_5$  ( $Ln$ -р.З.э., Me - щелочной металл) // Журн. физ. химии.- 1999.- Т. 73.- № 6.- С. 1116-1118.
20. Термические константы веществ. Справочники под ред. В.П. Глушко - М/ Наука, 1965.-Вып. 1.-146 е., 1974.-Вып. 7.-Ч. 1.- 344 е., 1978.- Вып. 8.-Ч. 1.- 536 с., 1979.-Вып. 7.- 576 е., 1981.-Вып. 10.- Ч. 1 - 300 е., 1982.-Вып. 10.-Ч. 2.- 444 с.
21. *Наумов Е.Б., Рыженко Б.Н. Ходаковский И.Л.* Справочник термодинамических величин - М.: Атомиздат, 1971 - 240 с.



Ш УДК 519.2:372.851

# IS МАТЕМАТИКА САБАҚТАРЫНДА ЭКОНОМИКА МЕН СТАТИСТИКА ЭЛЕМЕНТТЕРІН ҚОЛДАНУ ӘДІСТЕРІ

З I

А.К. Алпысов

ФШ С. Торайеыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті

А.К. Алпысова

^ Жалпы білім беретін

«Дарын» гуманитарлық мекемесі

ЩЩ В данной статье рассматривается метод использования элементов  $fij$  теории вероятностей и математической статистики на уроке ЩУ, "математики.

Бұл мақалада ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика элементтері математика сабақтарында қолдану әдістемесі көрсетілген.

*The method of the theory of chances and mathematical statistics elements is considered in the article given below.*

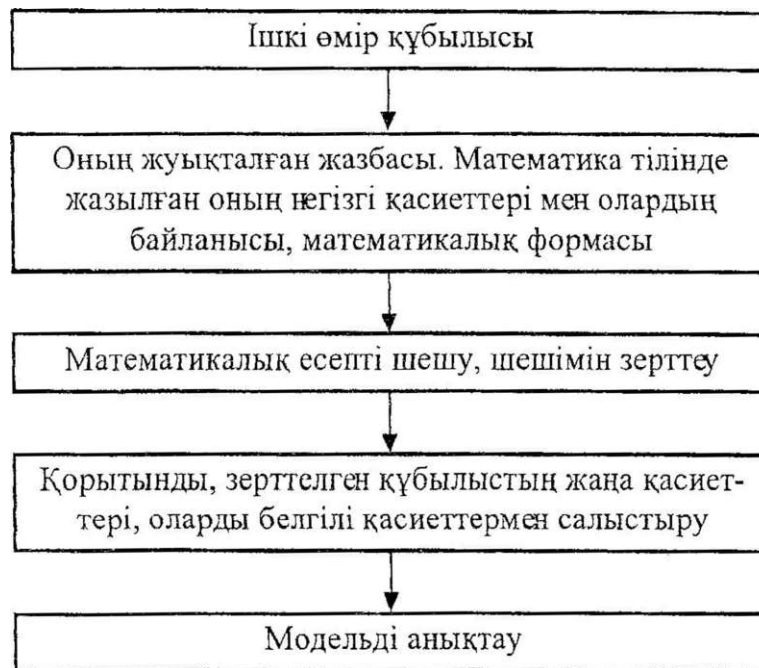
## I Математикалық модель әдісі

1) Математикалық модель туралы түсінік.

Математикалық модель дегеніміз не? «Модель» сөзі әртүрлі қабылданады. Біреулерде-жұмыс істейтін роботтар, станоктар, корабльдер болса, енді біреулерде-жануарлар муляжы, адамдардың ішкі организмдері, үшіншілерде -аэродинамикалық түтіктен өтетін ауа арқылы қозғалатын самолет моделі. Кей кездері «модель» сөзінің орнына «макет», «көшірме» және т.б. Бірақ бұл сөздердің мағыналары бір жүйеге келіп тоғысады. Өмірде кездесетін күрделі құбылыстың бәрінің жеңілдетілген сызбасымен алмастырылатындығы. Өмірде кездесетін көп модельдердің ішіндегі ең негізгісі математикалық модель болып табылады. Математикалық символдардың көмегімен өрнектелген және осы құбылысты зертте/ді математикалық зерттеу жәш есептеумен алмастыру-өмірде кездесетін құбылыстың жуықталған сызбасын береді. Сөйтіп, ма-

тематика түпнұсқаға емес оның математикалық моделіне қолданылады. Математикалық модельдің көмегімен оқылатын құбылыстар математикалық модель деп аталады.

**Математикалық модельдің сызба көрінісі төмендегідей**



Жақсы құрастырылған математикалық модель -оны оқу, құрастырылып отырған объект және құбылыс туралы жаңа мағлұматтар береді.

*1 мысал.* 1846 ж. Француз астрономы У.Ж. Леверье (1811-1877) күн жүйесіндегі жана планетаны ашып, оған Нептун деп ат берді. Бұл планетаны ашу таза математикалық есепте/дің нәтижесінде болды. Н.Кеплер мж И.Ньютонның жасаған күн жүйесін талдай отырып ғалымдар Уран плаштісы траекториясының теориялық сараптау мен практикалық есептеудін арасынағьғ алшақтықты байқады.

У.Ж. Леверье бұл алшақтықты тудырып отырған жана белг ~ а ж т а деп болжады. Сөйтіп күн жүйесінің мөделін қолдана отырып\* белг.:с:з ~~іветаның салмағы (масса) мш қозғалысын анықтай отырып, Уран "і ж т ә с ь г тур алы ол-кылықты жойды.

Неміс астрономы ИТ. Галле 1846 ж. У.Леверьек:н ес-егг^-.; фейынша корсетілген жаңа плаштаны байқады. Осындай зертте;ое;л::н нвтжжесшде 1930 ж. Плутон плаштасы ашылды.

*2 мысал.* Неміс физигі Г.Р. Герцтің ашқан : ~ л е т о л қ ы н д ы атақ-ты ағылшын физигі К. Максвелл (1831-1 математик

калык моделін зерттей келіп, электромагниттік толқынның бар екендігін айтты берді.

*3 мысал.* Орыс ғалымы А.А. Фридман (1888-1925) жалпы қатынас теориясын зерттей келіп, А. Эйнштейн (1879-1955) ашқан теңдіктің шешімінің уақытқа қатысты да шешімі болатынын көрсетті, соның нәтижесінде әлемнің созылып немесе сығылып отыратындығы дәлелденді.

Математикалық модель өмірде кездесетін жайттардың бәрін математикалық есептеулерге әкеле отырып, ондағы белгілі құбылыстармен бірге белгісіз мағлұматтарды алуға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, бірінші атомдық жәш сутектік жарылыста көрінген. Сонымш қатар адам өмірінен тыс орналасқан ешқандай эксперимент жүргізуге мүмкіндік бермейтінде құбылыстар аз емес. Мысалы, жердің азон қабатын зерттеу мүмкін емес. Антропогеннің иосфераға әсерін байқау т.т.

Математикалық аппараттардың дамуы мш компьютер жүйесінің шгізілуі физика, астрономия, космологиямен қатар экономика, биология, экология ж/е лингвистика медицина, психология, тарих ж/е т.б. Математикалық модельді қолдануға толық мүмкіндік береді. Зерттеу жұмысы күрделенген сайын математикалық модельді қолдану өсе түсуде.

## 2) Экономикадағы математикалық модель.

Экономика мш математика ғасырлар бойы бір-бірімен тығыз байланысты. Санның ә\ел баста пайда болуы, оған операциялар қолдану, кейіннен математиканың негізінің қолдануы өмір талабынаң, айырбас, сату, сатып алудан шыққан сондықтан экономикада математикалық модельді қолдану таңқаларлық нәрсе емес. Бұл тәсіл экономикада дәл ж/е компактiлi нәтиже алуға, теориялық қорытындылар жасауға, алдын-ала болжам ж/е байланыстар жасауға мүмкіндік береді.

Экономикалық модель жасаудың тиімділігі көптүрлігімен әртүрлігінде. Мысалы, тек қана тауар мен қолданудың өзі өндірісте миллионнан саналады.

Экономикалық модельдің ерекшілігі, ол физика мен астрономиядағы сияқты техникалық характермен коса адамның мінез құлқын, олардың ортадағы қарым қатынасын т.б. қамтиды.

*4 мысал.* Фирма жай ж/е спорт велосипедтерін шығарады. Жинау цехы айына 600 жай және 300 спорт велосипедін құрастырады. Әр велосипедтің сапасы А және В стендісінде тексерілді. Әрбір жай велосипед А стендісінде 0,3 сағ., В - 0,1 сағ., спорт велосипед! А - 0,4 сағ., В - 0,3 сағ. текеерілді.

Техникалық жағдайына байланысты А стандісі айына - 240 сағ., В - 120 сағ. артық жұмыс істей алмайды. Әрбір жай велосипед фирмаға 50 теңге, ал спорт велосипед - 40 теңге әкелетін болса, ай сайын фирма пайдасы шғұрлым көп болуы үшін қанша жай және спорттық велосипедтер шығаруы тиіс.

*Шеуіуі:* Математикалық модель құрамыз

X - жай велосипед саны

Y - спорттық велосипед саны.

$0 < x < 600, 0 < y < 300$  шарт бойынша

А стандісі:  $0,3x + 0,4y < 240$  (сағ) сол сияқты

Встандісі:  $0,1x + 0,3y < 120$

Фирманың пайдасы:  $S = 50x + 90y$  (теңге) сөйтіп,

$$0,3x + 0,4y < 240$$

$$0,1x + 0,3y < 120$$

$$0 < x < 600$$

$$0 < y < 300$$

Сонда пайда:  $S = 50x + 90y$  болуы керек.

Осы жүйені қанағаттандыратын нүктелерді жазықтыққа орлаластырамыз. Жүйенің барлық шешімдері ОАВСДЕ көпбұрышының ішінде немесе шекарасында жатады. Сондықтан координаталар шегін тауып,

S мәнін табамыз: О (0;0), А(0;300), В (300;300), С (480;240), Д (600; 150) және Е (600;0)

S - пайданың әр нүктедегі мәнін табамыз.

О (0;0) нүктесінде;  $S = 50 \cdot 0 + 90 \cdot 0 = 0$  (теңге)

А (0;300) нүктесінде:  $S = 50 \cdot 0 + 90 \cdot 300 = 27000$  (теңге) -

В (300;300) нүктесінде:  $S = 50 \cdot 300 + 90 \cdot 300 = 42000$  (теңге)

С (480;240) нүктесінде:  $S = 50 \cdot 480 + 90 \cdot 240 = 45600$  (теңге)

Д (600; 150) нүктесінде:  $S = 50 \cdot 600 + 90 \cdot 150 = 43500$  (теңге)

Е (600;0) нүктесінде:  $S = 50 \cdot 600 + 90 \cdot 0 = 30000$  (теңге)

Алынған нәтижелерге қарай отырып, ең көп пайда 45600 теңге екенін көреміз, ол С нүктесі, яғни 480 жай, 240 спорттық велосипед шығарғанда.

Есептің шарты математикалық модельді құруды талап етеді. Бірақ біз бұл жерде велосипедтерді дайындау барысында кездесетін келеңсіз жайттарды (станоктың сынуы, тасымал кезінде хмайысып қалуы, ұрып алу т.б.) ескерген жоқпыз. Бұны да нақты модель арқылы есептеп алуға болады.

5 мысал. Сіз үйіңізді сатпақшы болдыңыз. 1-ші сатып алушы сізге 250000 теңге, 3-ші жылы 200000 теңге төлеуге келісім сұрайды. Егер банктың ставкасы ауыспаса және 6% жылдықтан болса, сізге қай сатып алушы ыңғайлы екенін есептейік.

Шеіуі: 1 жылдан кейін 300000 теңге алу үшін 6% пен банке S тең

$$1 - \frac{300000}{1+0,06} \wedge 283018,86$$

Сондықтан, 1-ші сатып алушы сізге 483018,86 теңге төлейді (200000 + 283018,86)

Ал 1 жылдан кейін 250000 теңге 6% алу үшін

$$,250000 , \quad 6 \\ - 1 + 0,06$$

Ал 2 жылдан кейін 200000 теңге алу үшін

$$\wedge_3 \frac{200000}{(1+0,06)^2} * 177999,28$$

Сондықтан 2-ші сатып алушы 513848,33 теңге (100000 + 235849,05 + 177999,28) төлейді.

Яғни ол сізге 30829,47 теңге артық (513848,33 - 483018,86) ұсынып тұр. Егер банктың ставкасы 20% болса, 1-ші сатып алушыға сатқаныңыз тиімді.

$$S_i = 200000 + \frac{300000}{1,2} = 450000$$

$$S, . ,00000 + \frac{200000}{i2} + \frac{200000}{a,2)^T, 447222,21$$

Бұл жерде де, жоғарғы мысалдардағы сияқты, шарттарға өмірде сирек кездесетін 3 жылдың ішіндегі банктің процентінің тұрақтылығы жәш баска банктерге карағанда томенділігі туралы күмән тудыратын жайттар есепке алынбаған.

Мұндай жағдай тек тұрақты экономикасы орнаған мемлекетте ғана мүмкіп.

### Өндіріс, рентабельдік және еңбек өкдірісі

1) Экономика теориясының киындықтары туралы.

Бүгінгі таңдағы-инфляция, жұмыссыздық, әскери шығын, бюджет, дефициенті, кедейшілік, теңсіздік, қоршаған ортаның ластануы және т.б. қолайсыз жағдайлар бар. Біздің плаштамызда адамның өмір сүруіне бірдш-бір әсер ететін орманның өзі сирек кездеседі, ал мұнай, газ, темір сияқты қазба байлықтарда адамның өмір сүруіне өз дәрежесінде пайдаланбай жатыр. Ал антропоиндік күштеу жер бетінде адамның өмір сүруіне кедергі келтіреді. Адамдардың

қажетін қанағаттандыру көбіш өндіріс арқылы жүзеге асырылады. Ал бұл сұранысты қанағаттандыру үшін қоғам жеке шаруашылық, тіпті әрбір жанұя бүгінгі еңбек шығынын есепке ала отырып және экономикалық, әлеуметтік, экологиялық қажеттілікті қанағаттандыруды қарауы тиіс.

Қабылданған шешім тек осы мезеттегі экономикалық шешім ғана көріп қоймауы тиіс, сонымен бірге бүгінгі қабылданған шешімнің ойлаған жоспарының іске аспаған жағдайда, ертең күні балаларымызға әрі қарай ұрпақтарымызға залалын тигізб<sup>і</sup> керек.

Мысалы үшін көптеген су қоймаларық миллиондаған жерлері мен ормандар, ядролық жарылыс сынақтарын айтуға болады.

Экономика теориясының негізгі мақсаты-заңдар мен принциптерді жүйел<sup>і</sup>, қоғамның шынайы моделі мүмкіндігінше-алдағы уақытқа болжам жасау, Міш осы мәселелерді шешу нәтижесінде экономика теориясы, математикалық әдіспен өндіріс қиындығы келіп бірігеді, қиылысады. Міне, осы мәселелерді. яғни экономикалық жайттарды біріктіру, жүйелеу, жалпылау, талдау кезінде индуктивті және дедуктивті әдістер кеңінен қолданылады.

Бүгінгі таңда мектеп оқушылары кейбір экономикалық терминдермен таныс және күнделікті кездесіпте жүр. Олар: тауар, ақша, баға, пай да, күн жәж қарапайым пайыздық қосылымдар жәш т. б.

## 2) Рентабельдік жәш пайдаға айналатын салық.

Кез келген өндіріс егер ол пайда таппаса өмір сүре алмайды, Пайда өндіретін негізгі көрсеткіші болып табылады. Төменде біз пайда деп - еі Бдғдсь: мш сатылған бағасының арасындағы айырманы түсінетін боламш

В-сатудан түскан пайда, S өз бағасы-өндіруге кеткен шығын мз-: оны сатуға кеткен шығын. Әдетте пайданы ақшалай есептейді.

В-түскен пайда, өз бағасын-S, пайда-P десек:

$$P = B - S$$

Алдағы уақытта біз осы қатынасты үиемі коддіньгдігь,:?: '5:~імьз,, Бірақ кейбір тауарлардың пайдаеы оны өндіруге кеткен ^ығғыегі. : ік."інысты болмай ды.

Үш фирманың пайдалары бірдей болса, ал шығындығы :-т туглі.

Белгілі уақыттағы кәсіпорынның немесе фирміннн. көрсететін рентабельдік болып табылады.

Экономикада рентабельдіктің әр түрлі түр.іег: у-: гд^нлідь:.

Төменде біз өнім рентабельдігін қолданамыз

Рентабельдік деп немесе рентабельдік көрсеткігі:  $z$ tz гЕ~іріс немесе фирма пайдасының белгілі уақыт аралығындағы ег^інісын айтамыз;

Сондықтан

$$\Gamma - \frac{P}{\rho} \text{ немесе } \Gamma = \frac{B-S}{\rho} \quad (1)$$

Егер  $\frac{P}{\rho} > 1$ , яғни  $P > S$  онда фирма шыққан шығынмен бірге пайда да табады, Ал егер  $\frac{P}{\rho} < 1$  онда фирма шығынын азайтуға немесе сапаны көтеруге т.б. тура келеді. Жоғарыда сай болған III фирманың рентабельдігі, III Караганда, ал II → I Караганда кішкі рентабельдікті пайызбен көрсетеді;

$$\rho = \frac{P}{O} \cdot 100\% \quad (2)$$

1 мысал. Мұздатқыштың көтерме бағасы 4000 теңге, ал өз бағасы - 3200 теңге.

Рентабельдікті анықтау керек.

Шешуі: Пайда:  $P = 4000 - 3200 = 800$  теңге.

(2) формула бойынша:

$$\rho = \frac{800}{3200} = 25\%$$

Рентабельдік көрсеткішін өзгерту ондірістің оркендеуін, пайдасы мш шығынын бағалайды.

Рштабельдік фирмаға салатын салықтың шамасын анықтауда зор роль атқарады. Себебі кейбір сұраныс кеп, ал шығарушысы аз заттарды шығару жолында, ал тауарға аз шығын жібере отырып, көп пайда табатын фирмалар пайда болды. Сондықтан мемлекет рентабельдікке шек қойды,

2 мысiл. Машина құрастыру зауыты келісім бағамен 2520000 теңге сатудан түскен пайда алды, ал шыққан шығын 1800000 теңге. Рентабельдікті анықтайық.

Шешуі: Бұл жағдайда  $B=2520000$ ,  $S=1800000$  және пайда

$$P = 2520000 - 1800000 = 720000 \text{ (теңге)}$$

$$\text{Рентабельдік: } \rho = \frac{P}{O} \cdot 100 = \frac{720000}{1000000} \cdot 100 = 72\%$$

Зауыттың төлейтін салығын сұрайық? Оның рентабельдік 50%-н кем болғандықтан 720000 теңгеден салық 32%, яғни  $720000 \cdot 32 : 100 = 230400$  (теңге)

Енді кәсіпорынның пайдадан төлейтін салықты есептеу алгоритмін құрастырайық-



P – пайда  
S – өндіріс шығыны (өз бағасы)

Рентабельдік  
 $r = (P/S) \cdot 100\%$

жок

$r > 50\%$

ия

Салық N пайда-32%  
ооланда  $\wedge \frac{P-32}{100}$

P – рентабельдіктің шегі 50%  
боландағы пайда  $P_1 = \frac{S \cdot 50}{100} = \frac{S}{2}$

Пайда P1=32% боландағы  
салық  $N = \frac{P_1 \cdot 32}{100}$

P2 – рентабельдік шектен  
асқандағы пайда  $P_2 = P - P_1$

P2 – 75%-тен салық  
 $N_2 \frac{P_2 \cdot 75}{100} = \frac{3}{4} P_2$

Пайдаға салынаатын  
жалпы салық  $N = N_1 - N_2$

Жалпы пайдалы  
салық белгісі: £ = - . 0

$\gamma = \frac{P}{B-S} \cdot 100\%$  шмесе  $\gamma = \frac{B-S}{P} \cdot 100\%$  қатынасы кез-келгш екеуі белгілі болса, белгісізін табуға мүмкіндік береді. Енді алда рентабельдік шығын (S) мен са- тудан түскен пайда (B)-ң қатынасына пропорционал деп түсінеміз, яғни

$$\gamma = \frac{B-S}{P} \cdot 100\% \quad (3)$$

Мұндағы k-пропорционалдың коэффициенті

Бұл жерде k, B және S өзара байланысты табар болсақ:

$$B \sim S, \quad S \sim B \quad \text{және} \quad B \sim k \cdot S \quad (4)$$

(4) формулада егер k мен S белгілі деп алып, B-табуға болады, ол

$$B_2 = \frac{S \pm \sqrt{S^2 + 4kS^2}}{2} \Rightarrow B = \frac{S}{1 + \sqrt{1 + 4k}} \quad (5)$$

$B_2 < 0$  болғандықтан біз оны қарас-тырмаймыз. Сөйтіп, белгілі көрсеткіштер арқылы B, S және k біз фирманың пайдасық рентабельдігі содан сон салық көрсеткішін табамыз. Ескере кететін жайт, осындай есептеулер нәтижесінде фирма көп салық төлемес үшін өндірушілер рентабельдікті төмендетеді. Ал рентабельдіктің бағасын төмендетумен немесе оз жұмысшыларды төлем ақыны көрсетумен төмендетіледі.

*3 мысал.* Өз бағасы өндіруге кеткен  $2,4 \cdot 10^6$  теңге, ал оның рентабельдігін  $4/9$ . Пайда мен салықты есептейміз.

*Шешуі:* Кәсіпорын өзінің тауары үшін x теңге жіберіледі.

Сонда оның пайдасы

$P = x - 2,4 \cdot 10^6$  теңге, ал рентабельдікті

$$\gamma = \frac{x - 2,4 \cdot 10^6}{2,4 \cdot 10^6} \cdot 100 = \frac{x - 2,4 \cdot 10^6}{2,4 \cdot 10^6} \cdot 100$$

$$\gamma = \frac{4}{9} \cdot \frac{x - 2,4 \cdot 10^6}{2,4 \cdot 10^6} \cdot 100 \quad \text{шарты бойынша}$$

$$\frac{x - 2,4 \cdot 10^6}{2,4 \cdot 10^6} = \frac{4}{9} \cdot \frac{2,4 \cdot 10^6}{2,4 \cdot 10^6}$$

Сонда біз  $-9 \cdot 24 \cdot 10^5 \cdot x - 4 \cdot 24^2 \cdot 10^{10} = 0$  теңдігін аламыз, оны шешсек

$$x = \frac{-9 \cdot 24 \cdot 10^5 \pm \sqrt{81 \cdot 12^2 \cdot 10^{10} - 9 \cdot 4 \cdot 24^2 \cdot 10^{10}}}{9} = \frac{-9 \cdot 24 \cdot 10^5 \pm 12 \cdot 10^5 \sqrt{81 - 144}}{9}$$

$$A^* = \frac{-9 \cdot 24 \cdot 10^5 + 12 \cdot 10^5 \cdot 15}{9} = 3a - III,$$

$\gamma < 0$  шартқа қайшы.

Пайданы табамыз:  $P = x - 2,4 \cdot 10^6 = 3,2 \cdot 10^6 - 2,4 \cdot 10^6 = 0,8 \cdot 10^6$  (теңге).

$$\text{Рентабельдік: } z = \frac{P}{ij} = \frac{0,8 \cdot 10^6}{\cdot 10^6} \cdot 100\% = 33,1\%$$

Біз көріп отырғанымыздан  $z < 50\%$  сондықтан салық 32% болады, Сөйтіп салық  $A^* = \frac{0,8 \cdot 10^6 \cdot 32}{100} = 2,56 \cdot 10^5$  (теңге).

Фирманың салық төлегеннен кейінгі пайдасы

$$P_0 = P - N \Rightarrow P_0 = 0,8 \cdot 10^6 - 2,56 \cdot 10^5 = 544000$$

Бұл мысалдың шешуі бізге (4) формуладан гөрі (5) формуланы пайдаланған тиімді. Себебі (4) бізге сияқты есепте/ге тура келеді.

3) Еңбек өндірісі.

Еңбек өндірісі-шігізгі өндірістің шігізгі көрсеткішінің бірі болып табылады. Еңбек өндірісі белгілі уақыт ішінде (сағат, күк ай және т.б.) бір адамның шығарған өнімімен өлшенеді. Егер фирма белгілі уақыт ішінде  $N_0$  автодөңгелегін  $N$ -жұмысшының көмегімен шығарған болса, онда еңбек өндірісі  $Y = \frac{N}{N_0}$ .

Ал егер фирма ақшамен  $S_0$  - (теңге) есептейтін болса, онда

$$Y = \frac{C}{N}$$

4 мысал. Зауыт айына 12000 қол сағат шығарды. Жұмысшы құрамын сақтай отырып, кейбір тетіктерге баға көтерілгеннен кейін айына 9000 сағат шығаратын болды. Осы жағдайда еңбек өндірісі қалай өзгереді?

Шешуі: Зауытта  $N$  жұмысшы жұмыс істеген. Сонда баға көтерілгенге дейін өндіріс.

$$Y = \frac{12000}{N} \cdot 100\%$$

$$Y^* = \frac{9000}{N} \cdot 100\% \text{ ал } 5 \text{ ағға көтерілгеннен кейін}$$

$Y = 9000 \cdot \frac{100}{N}$  мен  $Y^* = 5000 \cdot \frac{100}{N}$  салыстырып, өндірістің азайғанын көреміз.  $Y$ -н  $Y^*$ -ге қатынасы арқылы азайу көрсеткішін табамыз, яғни

$$\frac{Y^*}{Y} = \frac{9000}{12000} = 0,75$$

немесе  $D = 0,7577$  осыдан өндірістің 25%-ке төмендегенін көреміз.

### Сызықтық функцияның экономикада қолдану әдісі

Пәнаралық байланысты дамыту барысында мұғалім тарапынан ең бірінші көзделетін мәселе-оқушылардың сйлау қабілетік сонын ішінде индуктивтік жәш дедуктивтік ойлауды дамыту.

Атап айтсақ, индуктивтік ойлау және пәндер немесе күбылыстар шігізінде

жалпы қорытындыға келуді көздесе, дедуктивтік ойлау бұрын белгііагш жалпы ережені, жеке фактілерді немесе жеке құбылыстарды зерттеп үйрше білуге қолдануды көздейді.

Төмендегі мысалда біз математика мен экономика сабақтары арасындағы байланысты көреміз, атап айтқанда экономикада сызықты функцияны қолдану тәсілін көреміз.

*Мысал:* Фирма өзінің шығарған шәйнегінің әр данасын 10 доллардан сатуға шығарды. Ол әр шәйшкті құрастыру үшін 6 долларға оның бөлшектерін сатып плып отырды және жылдық дана мш жарнамаға 10000 доллар төлейді. Сонда фирма шығынға отырмас үшіқ жылына қанша дана шәйшк шығаруы тиіс?

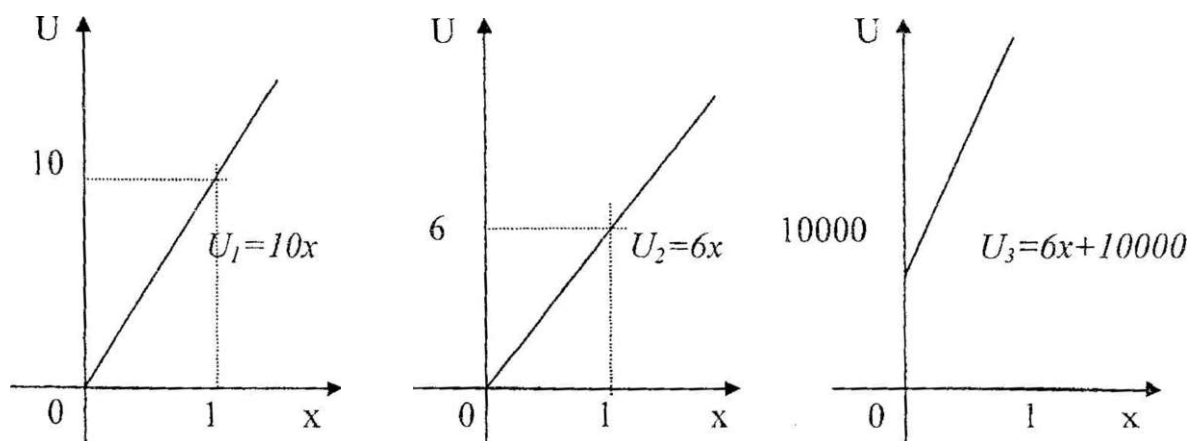
*Шешуі.* Математикалық моделін құралық. X-фирманың сататын шәйнегінің ең аз мөлшері (жылына). Олай болса фирманың табысы.

$U_1 - 10x$  (дол) болады.

Фирманың шығынын есептейік: Ол әр шәйшкке ( $U_2 = 6x$  (дол) жәш бір дана мен жарнамаға 10000 (дол) төлейді. Сонда жалпы шығыны

$$U_3 = U_2 + 10000 - 6x + 10000 \text{ (дол)}$$

1 суретте  $U_{Jf}$ ,  $U_v$ ,  $C_T$  түзулері көрсетілгеқ ол бізге керегі бірінші бұрыштың көрсеткіштегі бөлігі.

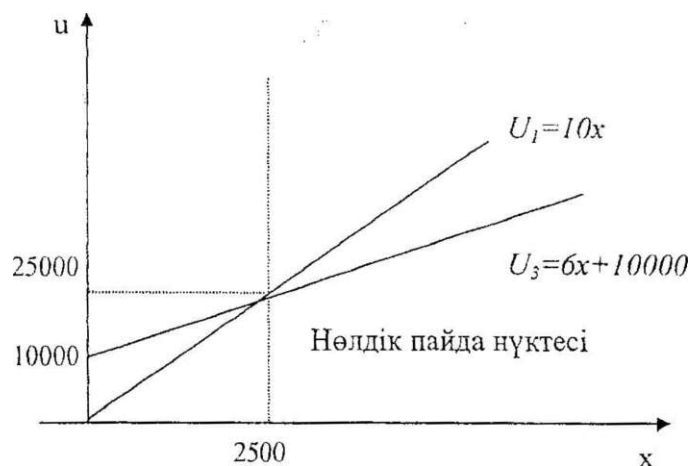


Егер  $U_1 \sim 10x$  мәні  $= 6x + 10000$  (дол) кем болмаса, онда фирма шығынға ұшырамайды, яғни  $10x = 6x + 10000$   $x = 2500$  дана. Бірақ бұл нәтижеде фирма шығынға ұшырамайды және пайда да таппайды.

Егер  $x < 2500$ , яғни  $10x < 6x + 10000$  болса, онда фирма  $10000 - 4x$  (дол) көлемінде шығынға ұшырайды.

Егер  $x > 2500$ , яғни  $10x > 6x + 10000$  болса, онда фирма  $4x - 10000$  (дол) келемінде пайда табады.

*Мысалы:* 3500 дана шәйнке фирмаға 14000 - 10000 - 4000 (дол) мөлшерінде пайда әкеледі, Осы лтғдай 2 суретге көрсетілген.



Ескерте кетсек, біз бұл модельде пайда көлемін сатылатын шәйнке санына пропорционал қарастырдық. Ал, әдетте, затқа бас кезінде сұраныс көп, яғни бағасы жоғары, кейін төмендейді.

### ӘДЕБИЕТТЕР

1. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика - М.: Высшая школа, 1977.-368 с.
2. Жаңбырбаев Б.С, Ықтималдықтар таориясы және математикалық статистика элементтері- А., 1988. -182 б.
3. Абчук В.А. Экономико-математические методы - СПб.: Союз, 1999 — 325 с.
4. Жүнісов БА., Мамбетов Ч.Е., Байжомартов Ч.С. Нарықты экономиканың негіздері - I—II бөлім - Ақтөбе, 1998.- 128 б.

II УДК 577.151

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИММОБИЛИЗАЦИИ ФЕРМЕНТОВ

Г,А, Бектенова

ВЦ *Институт химических наук им. А.Б.Бектурова МОН РК,*ИЩ *г. Алматы*

*Ферменттер мен әдістердің имобилизациясының өзекті  
өт; мәселелеріне кең іюлу жүргізілді.*

*ЖЖг Проведен широкий обзор актуальных проблем имобилизагрии  
- ферментов и методов.*

*іііі Actual problems offerments and methods immobilization are widely de-  
ЖЖjf scribed.*

Большинство практически важных химических реакций протекает при участии различных катализаторов. Среди них особое место занимают катализаторы биологического происхождения - ферменты, созданные природой в процессе длительной эволюции различных форм жизни. Как правило, ферменты - это белки, т.е. относительно лабильные полипептидные природные соединения. Молекулы ферментов содержат уникальные структуры, возникающие в результате упорядоченного свертывания полипептидной цепочки, которое происходит при синтезе ферментов. При этом в нем появляется сравнительно ограниченная область, состоящая из реакционноспособных химических групп и исполняющая каталитические функции. Геометрическое строение такой области, называемой активным центром, исключительно точно «настроено» на размеры и химические особенности тех веществ, реакции которых катализирует данный фермент. Благодаря этому ферменты обладают чрезвычайно высокой каталитической активностью и уникальной групповой или индивидуальной специфичностью. К сожалению, широкому практическому применению растворимых ферментов в различных областях химии, включая ее прикладные направления, до последнего времени мешали три обстоятельства: относительно высокая стоимость ферментов; их высокая лабильность; трудность отделения от продуктов химической реакции для повторного использования.

Развитие микробиологических методов получения ферментов практически полностью решило первую проблему. Сегодня микроорганизмы стали основным источником производства большого числа ферментов как для научных, так и для технических целей.

Две остальные проблемы были решены с помощью иммобилизации ферментов на подходящих носителях тем или иным способом. Таким образом, в настоящее время преимущества использования иммобилизованных ферментов и клеток - иммобилизованных биокатализаторов - совершенно очевидны. Это 1) возможность многократного, продолжительного использования; 2) возможность их отделения от раствора и регенерация; 3) повышение стабильности биокатализаторов по отношению к изменениям рН, температуры среды и концентрации ингибиторов; 4) возможность формирования биокатализаторов в виде мембран, зерен, капсул и т.д. Следует отметить, что в природе ферменты большей частью находятся в микроструктурах клетки в связанном состоянии. Это явилось предпосылкой к интенсивному изучению и разработке методов их иммобилизации на самых разнообразных носителях. Иммобилизация ферментов на твердых носителях тем или иным способом позволяет использовать преимущества гетерогенного катализа и резко расширяет область их применения, а также открывает новые перспективы в исследовании ферментов.

Уникальные качества иммобилизованных ферментов создают реальную базу для развития новых технологических процессов. Интересные возможности открылись в пищевой, химической и других отраслях промышленности. Например, в США, применяя фермент глюкозоизомеразу, сорбционно связанную с целлюлозой, уже получили из крахмала сотни тысяч тонн глюкозо-фруктозного сиропа. Этот продукт по своим свойствам эквивалентен сахарозе (точнее говоря, инвертному сахару) и может быть успешно использован как для непосредственного потребления, так и в пищевой промышленности. Оценки, проведенные в США, показывают, что замена одного миллиона тонн тростникового сахара на глюкозо-фруктозную смесь дает экономический эффект в 800 млн. долл. в год.

Иммобилизованные ферментные системы используют в ферментативных реакторах, электродах, в области тонкого (для получения аминокислот) и тяжелого органического синтеза (получение кислородсодержащих органических веществ: спиртов, кетонов, кислот, оксидов и т.п.).

В настоящее время применение иммобилизованных ферментных препаратов ежегодно расширяется. Они применяются для аналитических целей и в медицине при решении задач, связанных с охраной окружающей среды



и заботой о здоровье человека. Созданы различные типы биосенсорных систем: ферментные электроды, ферментные транзисторы, проточные миниреакторы с иммобилизованными ферментами. В основе их функционирования лежит преобразование биохимической информации в физико-химический или электрический сигнал. Преимущества ферментных анализаторов по сравнению с классическими заключаются в следующем:

- простота аппаратной реализации, обусловленная тем, что визуализирование биохимического сигнала осуществляется хорошо отработанными приемами физико-химического анализа;

- гарантированная избирательностью действия ферментов возможность массового экспрессного анализа веществ заданного класса при отсутствии предварительной подготовки проб;

- имеющаяся благодаря высокой производительности ферментных анализаторов возможность проведения мониторинга, т.е. непрерывного анализа, что особенно важно при оценке загрязнений окружающей среды.

Важно отметить при этом, что эффект работы биосенсоров, равно как и успех решения других прикладных задач, прежде всего определяется созданием чувствительного элемента биосенсорных систем, иными словами, способом иммобилизации (интеграции) биологического материала.

Для получения иммобилизованных ферментов в практике научных исследований обычно применяют следующие методы:

- ковалентное присоединение молекул ферментов к водонерастворимому носителю, в качестве которого используются как органические природные и синтетические полимеры (целлюлоза, хитин, агароза, декстраны, полистирол, нейлон, ионообменные смолы и т.д.), так и неорганические материалы (пористое стекло, силикагели, силихромы, оксиды металлов и т.д.);

- адсорбционное связывание фермента с водонерастворимыми носителями (часто ионитами);

- механическое включение фермента в полимерную сетку геля или волокна;

- микрокапсулирование (захват раствора фермента в полупроницаемые капсулы размером 5 мкм-300 мкм). В последние годы вызывает интерес метод включения ферментов (в частности, каталазы) в полиакриламидные наногранулы - сферические полимерные частицы размером (10 -100) нм.

Выбор метода и носителя для иммобилизации определяется типом фермента или клетки и конечным состоянием иммобилизованного биокатализатора. В зависимости от метода иммобилизации и дальнейшего исполь-

ования связанных форм ферментах носителям предъявляются определенные требования.

Из перечисленного выше набора методов иммобилизации наиболее широкое распространение получило ковалентное связывание или ковалентная «сшивка» фермента с носителем. При этом носитель должен иметь жесткую структуру, легко модифицироваться и активироваться, не проявлять сорбционных свойств.

Существует большое количество разнообразных химических методов иммобилизации ферментов. Связывание фермента с матрицей носителя в этом случае происходит за счет боковых функциональных и концевых аминно- и карбоксильных групп белка. При этом часто нарушается нативная конформация белковой молекулы, что приводит к частичной потере каталитической активности фермента. Глубина этой инактивации зависит от свойств подложки (носителя) и сшивающего агента - спейсера (мостика, вводимого между белком и носителем), а также от условий проведения реакции. Используя в качестве спейсеров соединения, взаимодействующие с функциональными группами фермента, не входящими в его активный центр и, следовательно, не участвующими в каталитическом процессе, можно значительно снизить отрицательные эффекты иммобилизации. Поэтому во многих случаях спейсеры являются критическим звеном в технологии получения иммобилизованных ферментов и создания биосенсоров на их основе. Для ферментов-гликопротеинов имеется возможность осуществить иммобилизацию за счет карбогидратной части, не участвующей в каталитическом акте. В этом случае можно ожидать меньшего снижения ферментативной активности. В нашей работе успешно реализована такая возможность для двух ферментов-гликопротеинов - глюкозооксидазы и ацетилхолинэстеразы. Таким образом, несмотря на широкий выбор носителей и методов иммобилизации, до сих пор остается важным и актуальным поиск, разработка и исследование новых спейсеров, способов и носителей для иммобилизации ферментов.

В последние годы бурное развитие претерпевает синтез и использование полимерных материалов с новыми специфическими свойствами - полимерных гидрогелей, способных обратимо реагировать на незначительные изменения свойств внешней среды, и высокопроницаемых ионитов. Это открывает новые возможности конструирования и использования функциональных иммобилизованных биокаталитических систем с новыми полезными свойствами. Одним из перспективных направлений использования полимерных гидрогелей являются также выделение, очистка и им-

мобилизация биологически активных соединений, в том числе ферментов, сорбционными методами.

Сорбционный метод иммобилизации обладает рядом преимуществ перед другими. Он является наиболее мягким методом, при котором структура активного центра и структуры высшего порядка изменяются минимально, довольно прост в осуществлении. Иммобилизованный фермент в этом случае обладает высокой каталитической активностью, сравнимой с активностью в растворе.

Обычно считается, что сорбционные методы иммобилизации на различных ионогенных носителях имеют существенный недостаток - невысокую прочность связи. Однако это имеет и свои преимущества, например, возможность регенерации. В отличие от других методов иммобилизации сорбированные ферменты после их инактивации в процессе работы могут быть легко заменены на активные ферменты непосредственно в реакторе без замены носителя.

Помимо иммобилизующего фактора важное значение имеет влияние микроокружения на свойства сорбированных ферментов. Так, иониты, благодаря повышенной ионной силе в них, иногда могут обеспечить стабильность ферментов, не выдерживающих деионизированные среды. Существующий в ионите значительный сдвиг рН по сравнению с раствором позволяет расширить в определенную сторону диапазон рН рабочих сред. Кроме того, ионит способен защитить фермент от ряда ингибиторов, которые связываются ионитом. Поэтому даже тогда, когда сам ионит не обеспечивает эффективной иммобилизации, его в ряде случаев все равно целесообразно брать в качестве иммобилизующей основы, обеспечив иммобилизацию дополнительными средствами - ковалентным связыванием или заключением в гель.

Сорбционные системы, полученные в результате необратимой или высокоселективной сорбции ферментов с сохранением их физиологических функций, представляют большой теоретический и практический интерес. С их помощью можно моделировать различные биологические процессы, на их основе разрабатываются высокостабильные лекарственные формы пролонгированного действия, создаются высокоэффективные и высокочувствительные ферментативные анализаторы. Все сказанное указывает на актуальность теоретического и экспериментального рассмотрения сорбционно иммобилизованных на различных носителях ферментативных систем с единых позиций. Кроме того, несмотря на существенные различия методов иммобилизации, два основных из них - ковалентный и сорбцион-

ный также могут рассматриваться с единых теоретических позиций как процессы с прямоугольной изотермой сорбции.

Основное внимание в нашей работе уделяется вопросам разработки научных основ и методов химической и сорбционной иммобилизации ферментов на различных синтетических и природных полимерных носителях с целью получения стабильных иммобилизованных биокатализаторов и их дальнейшего использования в различных областях биотехнологии, медицины, сельского хозяйства, пищевой промышленности, а также для экологического контроля окружающей среды. Необходимо отметить, что ведущей школой в области получения и исследования иммобилизованных ферментов является школа И.В.Березина. Решающий вклад в развитие современных представлений о сорбционных системах с участием белков и ферментов внесли исследования ученых школы Г.В.Самсонова. О.М.Полторака. Новые возможности иммобилизации биокатализаторов, использующие специфические свойства полимерных гидрогелей, рассматриваются коллективами исследователей под руководством Е. Кокуфуты (E.Kokufuta, Japan), И.Ю.Галаева, Н.А.Платэ, В.А.Кабанова. В Казахстане исследованием физико-химии различных ассоциирующих полимерных систем, а в последние несколько лет-закономерностей комплексообразования полимерных гидрогелей с различными классами соединений занимается коллектив ученых школы Е.А.Бектурова. Весомый вклад в развитие теории и практики сорбционных и хроматографических процессов с участием физиологически активных соединений, в том числе белков и ферментов, внес П.П.Гладышев с учениками. Естественно, что наши исследования проводятся с учетом результатов, полученных перечисленными и другими научными коллективами, взгляды которых за последнее время также подверглись значительной трансформации, взаимно дополняя друг друга.

УДК 615.211

## ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ ПОЛИМЕРОВ В ИНСТИТУТЕ ХИМИЧЕСКИХ НАУК ИМ. А.Б. БЕКТУРОВА

Е.А. Бектуров

*Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК,  
г. Алматы*

*цитиру-  
ется*

*А.Б. Бектуров атындағы химия ғылымдары институтында полимерлердің физикалық химия саласында жүргізілген теориялық және эксперименталдық зерттеулеріне шолу қарастырылады.*

*Приведен обзор теоретических и экспериментальных исследований в области физической химии полимеров, проводимых в институте химических наук им. А.Б. Бектурова.*

*Description of theoretical and experimental study in the field of polymers physical chemistry conducted at the Institute of Chemistry named after A.B. Bekurov.*

Работы по физической химии полимеров начаты в Институте химических наук им. А.Б. Бектурова в 1960 г. по инициативе академика АН КазССР С.Р. Рафикова в группе Е.А. Бектурова, впоследствии (1966 ^преобразованной в лабораторию физико-химии полимеров. Основное научное направление - исследование свойств водорастворимых и водонабухающих полимеров, сополимеров, полиэлектролитов и их комплексов с различными высокомолекулярными и низкомолекулярными соединениями в зависимости от различных факторов (строение полимеров, природа среды) с использованием современных физико-химических методов исследования. Это направление связано с важными теоретическими и практическими проблемами совместимости полимеров и комплексообразования макромолекул, что представляет большой интерес с точки зрения создания научных основ модификации полимерных материалов и моделирования поведения биологических макромолекул, получения макромолекулярных катализа-

торов и твердых полимерных электролитов для химических источников тока, а также для развития теории растворов полимеров, полиэлектролитов и гидрогелей.

Изучены растворы ряда низкомолекулярных полимеров и олигомеров методами вискозиметрии, фракционирования и эбулиоскопии. Установлено, что молекулярно-массовая зависимость для коротких цепей описывается экспонентой уравнения Марка-Хаувинка-Куна близкой к единице, что характерно для проницаемых клубков, а константа Хаггинса имеет аномально высокое значение.

Исследования разветвленное<sup>TM</sup> сверхвысокомолекулярных полиметилметакрилатов методами градиентной вискозиметрии и светорассеяния и обработка экспериментальных данных с привлечением теории разветвленности показали, что образцы полимеров с молекулярной массой выше миллиона в значительной степени являются разветвленными. Предложен простой вискозиметрический критерий разветвленное<sup>TM</sup>.

Методами вискозиметрии и светорассеяния было исследовано явление совместимости разнородных полимеров в общем растворителе с использованием приема «невидимок». Предложены обобщенные уравнения вязкости растворов, содержащих два полимера. Показано, что значения среднего понижения вязкости, приведенные к одним значениям концентрации и молекулярной массы второго полимера, для разных тройных систем укладываются на одну кривую в зависимости от параметра совместимости. Это позволяет оценить совместимость разнородных макромолекул из простых вискозиметрических измерений, что важно при создании композиционных материалов.

Выполнен большой цикл работ по изучению гидродинамических свойств растворов дифильных полимеров и сополимеров в смешанных растворителях. Предложен новый вариант метода селективной вариации растворителя для систематического исследования внутреннего структурирования макромолекул. Установлен ряд закономерностей, описывающих влияние строения сополимеров и природы среды на термодинамическую гибкость макромолекул в системах с избирательным взаимодействием. Обобщение результатов привело к выводу о том, что сверхскручивание (поджатае) клубков может осуществляться различными типами селективных контактов (ионные, водородные связи, Ван-дер-Ваальсовы и гидрофобные взаимодействия). Степень скручивания макромолекул определяют различные факторы: строение полимера и свойства среды, частота и природа мостичных связей, стабилизирующих структуру макромолекул.

Впервые в мире обнаружено новое явление, которое вошло в научную литературу под названием «изоэлектрический эффект». Его суть заключается в том, что синтетические полиамфолиты кооперативно связывают различные низко- и высокомолекулярные соединения и кооперативно высвобождают их строго в изоэлектрическом состоянии. Существование такого эффекта позднее было подтверждено учеными США, Германии и России. Эффект, обнаруженный для синтетических аналогов биополимеров - полиамфолитов, значительно расширяет наши представления о полимерах биологического происхождения и служит предпосылкой для объяснения репликации нитей ДНК и кооперативного сворачивания белковых молекул, так называемого "protein folding". На основе «изоэлектрического эффекта» разработан уникальный способ извлечения ионов благородных металлов из растворов, защищенный авторскими свидетельствами СССР.

Найден новый тип реакции, протекающий на границе раздела двух не смешивающихся фаз и на его основе создан одностадийный способ получения мембран и пленок типа Лэнгмюра-Блодже. Способ защищен патентами РК. В перспективе такие мембраны могут быть использованы для разделения газов и жидкостей и в мембранном катализе.

Впервые детально исследованы и систематизированы интерполимерные реакции и комплексы, стабилизированных водородными связями, с участием макромолекул с нарушенной комплементарностью.

Разработаны эффективные и селективные полимерметаллические катализаторы, которые действуют по принципу металлоферментов, путем иммобилизации металлов VIII группы на полимерных матрицах.

Разработаны научные основы получения ион-проводящих полимерных электролитов в растворе и в твердой фазе, перспективных в качестве химических источников тока.

Проведено систематическое теоретическое и экспериментальное исследование процессов сорбционной иммобилизации ферментов на примере каталазы на различных ионных полимерных гидрогелях, наиболее полно отвечающих требованиям гомогенности в зависимости от различных факторов внешней среды. Показано, что они подчиняются общим закономерностям сорбции глобулярных белков гелевыми носителями с участием различных типов нековалентных сил, таких как электростатические, ион-ионные, ион-дипольные, гидрофобные взаимодействия, водородные связи, вклад которых в суммарную энергию связывания определяется свойствами белка и структурными особенностями полимерных гидрогелей.



Проведены широкие исследования неионных и полиэлектролитных гидрогелей. Показана аналогия в поведении линейных и редкосшитых полимеров. Для полиэтиленгликоля, поливинилпирролидона, поливинилпирридина, полиакриловой кислоты получены совпадающие зависимости вязкости линейных и коэффициентов набухания сшитых полимеров в синергических и антагонистических смесях растворителей. Обнаружена аналогия в поведении интерполимерных комплексов линейных и сшитых макромолекул, стабилизированных водородными связями, в смесях воды с органическими растворителями.

Изучены интерполимерные комплексы полимерных гидрогелей, стабилизированных ионными или водородными связями. Обнаружено резкое падение набухания (коллапс) при комплексообразовании.

Исследовано также комплексообразование полимерных гидрогелей с ионами металлов, красителей, поверхностно-активных, лекарственных веществ.

Разработана теория набухания полиэлектролитных гидрогелей с применением кинетического подхода, причем гидрогель рассматривается как «газ узлов сшивки». Теоретические выводы хорошо согласуются с экспериментальными результатами для полиэлектролитных гидрогелей в растворах щелочных металлов.

Экспериментально и теоретически изучено поведение полиэлектролитных гидрогелей в скрещенных электрическом и магнитном полях, установлен нелинейный аналог закона Фарадея, позволяющий описывать влияние магнитного поля на характеристики неравновесной системы гидрогель-раствор. На основе полученных результатов дана интерпретация влияния магнитного поля на межклеточные взаимодействия на конкретном примере агломерации эритроцитарных суспензий. Показана возможность нетривиального использования гидрогелей в качестве электроаккумулирующих систем.

Обнаружено возникновение градиента pH в амфотерном гидрогеле при наложении электрического поля, что дает возможность их использования для разделения белков методом, подобным изоэлектрическому фокусированию.

Изучено структурирование в растворах ряда природных макромолекул (желатина, казеина, крахмала, агар-агара) и свойства образующихся студней-гидрогелей, что важно для технологии создания кормовых добавок и консервантов кормов для животноводства. Показано влияние различных добавок (соли, спирты, углеводы, ПАВ, наполнители) на процессы возникновения и развития пространственных структур и их прочность.

Создана широко известная научная школа; член-корреспондент НАН РК Е.А. Бектуров профессора, доктора химических наук Л. А. Бимендина, С. Е. Кудайбергенов, Т. К. Джумадилов, М. А. Асаубеков, А. С. Жолболсынова, А. К. Жармагамбетова, Г. А. Бектенова, И. Э. Сулейменов, внесшая существенный вклад в развитие физической химии полимеров.

Это научное направление успешно развивается в Казахстане, занимает передовые позиции среди стран СНГ и дальнего зарубежья в таких разделах, как интерполимерные комплексы, твердые полимерные электролиты, амфотерные полиэлектролиты, полимерные гидрогели.' В 1987 г, работы в области физической химии полимеров были удостоены Государственной премии Казахстана.

Проводимые исследования получили широкое признание в нашей стране и за рубежом. Результаты работ регулярно запрашиваются специалистами ближнего и дальнего зарубежья, цитируются в международных журналах и монографиях, а также стимулировали ряд работ в лабораториях других стран.

По результатам исследований в изданиях Казахстана, ближнего и дальнего зарубежья опубликовано более 650 работ, в том числе 11 изобретений, около 70 статей в международных журналах, около 50 - в журналах бывшего СССР.

Издано 23 монографий, 6 из них в России, Польше, Японии, ФРГ.

Опубликован ряд фундаментальных обзоров в журналах «Успехи химии», (СССР, 1991), «Обзоры в макромолекулярной химии и физике» (США, 1987,1990,1997,2003), «Макромолекулярная химия. Симпозиумы» (ФРГ, 1989, 1992), в книге «Организованные полимеры. Ионные полимеры. Биоматериалы» (США, 1989), «Энциклопедия полимерных материалов» (США, 1996).

УДК 615.211

## ДИФФУЗИЯ НОВОКАИНА ИЗ ПОЛИВИНИЛСПИРТОВЫХ ПЛЕНОК

Д.Ю. Болдырев, Е.О. Батырбеков, Ж.Х. Джумагулова,  
Р.М. Искаков, Б.А. Жубанов

Институт химических наук им.А.Б.Бектурова МОН РК,  
г. Алматы

*Новокаин препаратының турлі дозалық құрылымындағы қуатты полимерлік жүйесі алынды, ПВС - жүйесінен новокаин диффузия урдісіне турлі физика-химиялық факторлардың әсер етуі зерттелінген.*

*Получены монолитные полимерные системы, содержащие различные дозы местноанестезирующего препарата новокаина. Исследовано влияние различных физико-химических факторов на процесс диффузии новокаина из ПВС-пленочной системы.*

*Worked out are the monolith polymer systems contenting various doses of Novocain. Influence of different physical and chemical factors on the process of Novocain diffusion from the polyvinyl alcohol lid system is studied.*

Среди лекарственных форм с регулируемой скоростью высвобождения наибольшего внимания заслуживают принципиально новые лекарственные средства - макромолекулярные терапевтические системы [1-3]. В них используется не физиологическая активность полимеров, а их физико-механические свойства. Сами системы имеют макроразмеры, а активное вещество обычно химически с ними не связано. Основной особенностью макромолекулярных терапевтических систем является их способность к длительной и контролируемой, в соответствии с заданной программой, непрерывной подаче лекарства в организм. Для контроля скорости выделения лекарственного вещества из макромолекулярных терапевтических систем используется либо ограниченная проницаемость препарата через полимерные мембраны (мембранные системы), либо медленная диффузия препарата, растворенного в полимерной массе (монолитные системы).

Одним из путей повышения эффективности обезболивания является использование полимерных анестезирующих пленочных покрытий на ото-

ве синтетических полимеров, в частности поливинилового спирта [4-6]. Поливиниловый спирт (ПВС) нашел достаточно широкое применение в медицине в качестве плазмозаменяющего и дезинтоксикационного средства, загустителя и стабилизатора суспензий, пролонгатора действия лекарственных веществ, пленкообразователя для капсул и таблеток, компонента мазевых основ [7-10].

В настоящей работе на основе ПВС получены монолитные полимерные системы, содержащие различные дозы местноанестезирующего препарата новокаина. Исследовано влияние различных физико-химических факторов на процесс диффузии новокаина из ПВС-пленочной системы.

### **Экспериментальная часть**

Новокаин - гидрохлорид диэтилового эфира пара-аминобензойной кислоты, использовали фармакологической степени чистоты. ПВС фирмы «Aldrich» с ММ 70 000 использовали без дополнительной очистки. В качестве среды высвобождения применяли свежеприготовленный раствор Рингера-Локка. Образцы пленок, содержащих различные дозы лекарственного препарата, получали поливом 5%-ного раствора полимера на горизонтальную стеклянную поверхность и послующим их высушиванием в течение 2-3 суток.

Процесс высвобождения лекарственного препарата изучали методом УФ-спектроскопии по характеристическому максимуму поглощения при 289 нм. Спектры регистрировали на спектрофотометре «Specord UV-VIS» (Япония).

### **Результаты и их обсуждение**

Установлено, что процесс высвобождения новокаина из системы в раствор Рингера-Локка состоит из трех основных стадий: 1) сорбция воды ПВС пленкой и ее набухание; 2) диффузия препарата в пленке на границу раздела фаз полимерная система - окружающая среда; 3) диффузия препарата в объем растворителя. При перемешивании лимитирующей стадией процесса являются как вторая, так и третья, причем вклад диффузии внутри пленки в общую скорость выхода возрастает с ростом скорости перемешивания. Как показали исследования, величина индукционного периода (эффект «запаздывания») падает от 10-15 минут до нуля с увеличением интенсивности перемешивания. Этот факт можно объяснить отсутствием влияния гидродинамического диффузионного слоя и, следовательно, доминирующей ролью третьей стадии процесса.

Исследовано влияние различных факторов на процесс высвобождения новокаина из ПВС-пленок в условиях «ш *vitro*». Показано, что лекарственный препарат практически полностью диффундирует в раствор Рингера-Локка в течение 4-6 часов, не претерпевая каких-либо изменений. С увеличением толщины пленки процесс диффузии препарата замедляется. Так, если из системы толщиной 0,3 мм 50% препарата высвобождается за 0,5 часа, то при толщине пленки 0,6 мм такое же количество новокаина диффундирует за 1,3 часа. Были рассчитаны коэффициенты диффузии вышедшего новокаина, представленные в таблице. Показано, что с увеличением толщины ПВС-пленки в 3 раза этот показатель уменьшается приблизительно в 2 раза.

На основе серии кинетических кривых была рассчитана средняя скорость высвобождения новокаина в окружающую среду при различной толщине пленки. Полученные данные свидетельствуют о том, что лимитную роль в процессе высвобождения новокаина из монолитной, пленочной системы играет диффузия терапевтического агента в матрице., что подтверждается обратной зависимостью между скоростью высвобождения и толщиной пленки.

Таблица

**Коэффициенты диффузии новокаина из полимерных пленочных систем на основе поливинилового спирта**

Толщина пленки, мкм	Контактируемая площадь, см <sup>2</sup>	Коэффициент диффузии, см <sup>2</sup> ;ек.х ;" j
300	2,5	з д: i
600	2,5	-
1000	2,5	1.62 j

Профиль кинетических кривых свидетельствует о том, что ЕЫХ: д новокаина происходит согласно кинетике первого порядка и контролируется диффузией терапевтического агента в матрице. В полном соответствии с уравнением Хигуши, описывающим кинетику выхода лекарств из монолитных систем с растворенным терапевтическим агентом, зависимость количества вышедшего новокаина из ПВС пленок от корня квадратного времени имела линейный характер. При условии подчинения процесса диффузии законам Фика, т.е. при отсутствии взаимодействия диффундирующих частиц с полимером или окружающей средой, коэффициент диффузии не должен зависит от концентрации низкомолекулярного вещества в

полимерной матрице. В связи с этим была исследована динамика высвобождения новокаина из ПВХ пленки при различном содержании лекарственного вещества. Полученные данные свидетельствовали, что изменение концентрации новокаина в полимере не оказывало значительного влияния на профиль кинетической кривой. Значения коэффициента диффузии, рассчитанные из экспериментальных данных, оказались в пределах  $2,5-3,0 \times 10^{-7} \text{ см}^2/\text{с}$  для четырех концентраций, что свидетельствовало об отсутствии значительного влияния нагрузки новокаина на скорость высвобождения препарата из ПВХ пленок.

Длительность высвобождения лекарственного препарата из монолитных терапевтических систем в значительной мере зависит от скорости набухания полимерной матрицы. При исследовании зависимости степени набухания ПВХ пленок от толщины образцов было показано, что наиболее оптимальными свойствами обладали пленки толщиной 0,5 мм. Такие материалы набухали на 55-60% в течение начальных 0,5 часов с последующим достижением максимального значения 80% за 2 часа.

Полученные данные свидетельствуют о возможности использования поливинилового спирта в качестве матрицы для создания системы с контролируемым высвобождением новокаина. Установленные закономерности позволяют прогнозировать выход новокаина и создавать полимерные материалы с необходимой скоростью поступления анестезирующего препарата в организм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев Л.Е., Фельдштейн М.М.* Полимерные материалы. Макромолекулярные терапевтические системы - М.: ВНИИЦ, 1983 - 177 с.
2. *Жубанов Б.А., Батырбеков Е.О., Искаков Р.М.* Полимерные материалы с лечебным действием - Алматы; Комплекс, 2000 - 220 с.
3. *Фельдштейн М.М., Якубович В.С., Раскина Л.П., Даурова Т.Т.* Полимерные покрытия для лечения ран и ожогов // Химия и технология высокомолек. соединений. Итоги науки и техники - 1981- 16.-С. 120-151.
4. *Алюшин М. Т.* Полимеры и сополимеры винилацетата // Полимеры в фармации. П/р. А.И. Генцовой и М.Т. Алюшина- М.: Медицина, 1985.-С.39-49.
5. *Жубанов Б. А., Шипунова О.В., Рухина Л.Б. и др.* Местные анестетики пролонгированного действия. II Деп. В КазгосИНТИ. № 4687-Ка94- Деп. научн. работы.-1984.-в. 1.-С.80.
6. *Жубанов Б.А., Мусабеков Н.К., Нурмухамбетова Б.И., Батырбеков Е.О., Рухина Л.Б., Ахмедова Ш.С.* Взаимодействие рихлокаина с оинтетическими полимерами в водных растворах. // Известия НАН РК. Сер. хим.- 1993 - № 1 - С.65-68.

7. Жубанов Б.А., Мустафина Ж.К., Батырбеков Е. О., Ахмедова Ш. С. Применение синтетических полимеров для пролонгирования действия рихлоканна /У Вестник МНВО и НАН РК.- 1999.-№ 4- С.32-35.

8. Бейсебеков М.К., Токтабаева А.К., Жунусбекова Н.М., Абилов Ж.А., Ахмедова Ш.С. Иммобилизация рихлокаина на поливинилспиртовых гелях и пленках I! Вестник КазГУ. Сер.хим.- 2000.- № 2(19).-С.90-96.

9. Искаков Р.М., Батырбеков Е.О., Рухына Л.Б., Жубанов Б.А. Физико-химические параметры, влияющие на высвобождение изониазида из полимерной системы // Известия МН-АН РК. Сер.хим.- 1997.- № 4.- С.60-64.

10. *Aleyamma A.J., Sharma Ch.P.* Polyvinyl Alcohol as a biomaterial . Blood compatible materials and devices. Ed.by Sharma Ch.P.& Szycher M.-Technomic Publ.1991- P.123-130.



Щ УДК 658.5.011.46

ЩЩЩЩ

## Щ ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ Щ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА

ЩЩЩЩ

111 С.С. Донцов

Павлодарский государственный университет

ЩЩ

им. С. Торайгырова

ЩЩ

Щ Еңбекпгі Ғылыми ұйымдаспғырудың экономикальщ мәнін  
Itjgj сипаттайтын ыаралар енгізудегі көрсеткіштер тізімдвмесі аңызталған.  
g§§g Усынылған иаралардың енгізілуіне дейінгі және енгізілгеннен кейінгі осы  
iSStl көрсеткіштерді есептейтін формулалар келтіріпген.

§jj} Определен перечень показателей, характеризующих экономическую  
Ifjjj эффективность внедрения мероприятий по научной организации труда,  
|||§ Приведены формулы для расчета данных показателей до и после внедрения  
toil предложенных мероприятий.

*The list of the parameters describing economic efficiency of introduction of actions for the scientific organization of work is determined. Formulas for calculation of the given parameters before and after introduction of the offered actions are given.*

Важным элементом работы по внедрению научной организации труда (НОТ) является определение эффективности предложенных мероприятий, выяснение их влияния на основные технико-экономические показатели работы исследуемого объекта [1].

Величину снижения трудоемкости выпускаемой продукции  $\mathcal{E}_m$  (%) за счет внедрения мероприятий по улучшению организации труда определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_m = \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_2$  - трудоемкость единицы продукции (работ) до и после внедрения мероприятий, чел.-час.

Влияние снижения трудоемкости на рост производительности труда  $\Gamma$  (%) определяется по формуле:

$$\# = \frac{W}{100 - \Delta_m} \times 100\%$$

Относительная экономия (условное высвобождение) численности работающих ( $\Delta_{\text{ч}}$ ) в результате внедрения мероприятий по НОТ может быть достигнута за счет снижения трудоемкости, уменьшения потерь рабочего времени, прироста объема производства и т.д. Расчет количества условно высвобожденных работников в этих случаях осуществляется следующим образом;

1. Относительная экономия численности работающих за счет снижения трудоемкости:

$$\Delta_{\text{ч}} = \frac{(T_1 - T_2) \times L}{\Phi \cdot K_n} \quad (3)$$

где  $T_1$  и  $T_2$  - трудоемкости единицы продукции до и после внедрения мероприятий, чел.-час.;

$L$  - годовой объем производства после внедрения мероприятий, шт.:

$\Phi$  - фонд рабочего времени одного рабочего, час;

$K_n$  - коэффициент выполнения норм выработки до внедрения мероприятий.

Годовой объем производства продукции после внедрения мероприятий по НОТ определяется по формуле:

$$L = \frac{\Phi \cdot Ч}{N_{\text{т}}} \quad (3.7)$$

где  $\Phi$  - фонд рабочего времени, час;

$Ч$  - численность работающих, чел.;

$N_{\text{т}}$  - норма затрат труда на единицу продукции, чел.-час.

2. Относительная экономия численности работающих за счет снижения потерь рабочего времени:

где  $B_1$ ,  $B_2$  - потери рабочего времени до и после внедрения мероприятий, %;

$Ч$  - численность рабочих до внедрения мероприятий по НОТ, чел.

3. Относительная экономия численности работающих за счет прироста объема производства:

где  $Ч, Ч_2$  - численность рабочих до и после внедрения мероприятий, чел.;  
 $AP$  - прирост объема производства в результате внедрения мероприятий, %.

Величина прироста объема производства в результате внедрения мероприятий определяется по формуле:

$$AP = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100\%; \quad (7)$$

где  $B_1, B_2$  - годовой объем производства до и после внедрения мероприятий, шт.

Годовой объем производства до внедрения мероприятий также может быть определен по формуле (4), только в знаменателе формулы в этом случае приводятся фактические трудозатраты до внедрения мероприятий.

По полученным данным о возможности высвобождения определенного количества работников следует принять конкретные меры по их сокращению. Рекомендуются проводить сокращения за счет наименее квалифицированных рабочих, имеющих минимальный стаж и опыт работы.

Годовую экономическую эффективность мероприятий по научной организации труда  $Э_г$  (тен.) вычисляют, сопоставляя затраты на рационализацию трудового процесса с экономией фонда заработной платы, полученной в результате внедрения предложенных мероприятий [2]:

$$Э_г = C \times L_2 \times P_p \times (T_1 - T_2) - Z, \quad (8)$$

где  $C$  - тарифная ставка условно высвобожденного рабочего, тен./час;  
 $B_2$  - годовой объем производства после внедрения мероприятий по НОТ, шт.;  
 $P_p$  - размер премии, %;  
 $T_1, T_2$  - трудоемкости единицы продукции до и после внедрения мероприятий, чел.-час.;  
 $Z$  - затраты на рационализацию процесса, включая стоимость проведения исследований, тен.

Одним из важнейших показателей эффективности внедрения мероприятий по НОТ является срок окупаемости затрат по рационализации трудовых процессов, определяемый по формуле:

<sup>1</sup> 3 , (9)

3 - затраты на рационализацию трудовых процессов, тен.;

Э<sub>г</sub>-годовой экономической эффект от внедрения мероприятий, тен.

Основные показатели, необходимые для оценки экономической эффективности внедрений мероприятий по научной организации труда целесообразно сводить в единую таблицу:

**Оценка экономической эффективности мероприятий по научной организации труда**

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Величина показателя	
			до внедрения мероприятий	после внедрения мероприятий
1	Трудоемкость единицы продукции	чел.- час		
2	Снижение трудоемкости единицы продукции	%		
3	Выполнение норм	%		
4	Рост производительности труда	%		
5	Годовой объем производства	шт.		
6	Прирост объема производства	%		
7	Численность рабочих	чел.		
8	Условно высвобождено рабочих	чел.		
9	Годовая экономическая эффективность	тен.		
10	Срок окупаемости затрат	год		

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Выявление и оценка роста производительности труда на промышленных предприятиях (в объединениях).- М.: НИИ труда, 1983. -125 с.
2. Голов Л.П. Методика определения экономической эффективности мероприятий по НОТ - 3-е изд., перераб. и доп.- М.; Экономика, 1997 - 271 с.

Щ УДК 547.51

## 1 НОВЫЕ АЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ ПОЛИИМИДЫ

Б.А. Жубанов, В.Д. Кравцова, Р.Ф. Мухамедова

*Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОИ РК, г.Алматы*

III К.Х. Бекмагамбетова, Д.Д. Ахметтаев

*Алматинский институт энергетики и связи, г.Алматы*

*Sfc Амид типтес полярлық апротондық ерітіндідегі жаңа полиимидтер  
Ц;!§| синтезден аынды. Реакцияның журуіне ерітінділердің әсері мен әісағдайы  
зерттелінді. Алғаи рет синтездік заттардың тұтқырлығы, термо-  
Ш8 турақтылығы және басқа да сипаттарының өлшемі берілді.*

*Щё Синтезированы новые полиамиды в полярных апротонных  
ЗССС растворителях амидного типа. Исследовано влияние растворителей и  
й|1 условий на ход реакции. Определены оптимальные условия кинетики  
IS процесса синтеза. Впервые были измерены вязкость, термическая  
устойчивость и другие свойства синтезированных веществ.*

*New polyamides in polar non-proton solvents of amid type are synthesized. Influence of and conditions on the reaction process is studied. Optimal conditions of synthesis process kinetics are determined. For the first time, viscosity, thermal resistance and other characteristics of synthesized substances were measured out.*

Анализ тенденций развития мировой науки показал, что исследования в направлении создания новых полиимидов, модификации свойств уже известных полигетероариленов в последние годы расширяются, что связано с большой технической ценностью этого класса соединений и подтверждается возросшим количеством публикаций, патентов. Синтезировать новые полигетероциклы в настоящее время трудно, так как круг исходных мономеров довольно ограничен. Это, в свою очередь, вызывает необходимость разработки новых мономеров для поликонденсационного процесса на основе доступных исходных соединений, поиск доступных, достаточно просто реализуемых как в лабораторных условиях, так и в промышленности, методов. К числу таких методов относится способ, базирующийся на реакции Дильса-Альдера, которая может осуществляться как фотохимически, так и термически. Для получения диангидридов алициклического

строения можно использовать некоторые гетеродиены, в частности, кротонный альдегид [1].

Диангидрид на основе кротонного альдегида (диангидрид бициклоктентетракарбоновой кислоты, БДОТКК) характеризуется достаточно высокой реакционной способностью, что позволяет получать на его основе новые полиимиды.

Полиимиды синтезировали в условиях двух- и одностадийной поликонденсации в полярных апротонных растворителях амидного типа и диметилсульфоксиде по общеизвестной схеме, включающей образование полиимидокислоты и ее переход в полиимид.

Двухстадийная поликонденсация является достаточно хорошо изученным процессом, однако в случае новых мономеров необходимо детальное изучение условий проведения этой реакции с целью исследования особенностей и выявления возможности получения полимеров с более высокой молекулярной массой.

В процессе проведения исследований было принято во внимание, что на формирование молекулярной цепи влияют природа и соотношение исходных мономеров, их концентрация в реакционном растворе, порядок загрузки, температура и продолжительность процесса; немаловажное значение имеет также правильный выбор растворителя.

Исследование влияния природы растворителя на примере реакции диангидрида БДОТКК с 4,4'-диаминодифениловым эфиром (ДАДФЭ) на ход реакции ацилирования позволило установить, что оптимальные значения преполимеров достигаются при проведении реакции в ДМСО. В ДМАА, ДМФА и МП форполимеры образуются с более низкими значениями вязкостей. Аналогичное влияние природы растворителя отмечено ранее и для других диангидридов алициклического строения, в частности диангидридов трициклодецентетракарбоновых кислот [2]. В таблице 1 приведены некоторые свойства синтезированных ПАК.

Таблица 1

**Свойства полиамидокислот на основе  
диангидрида бициклоктентетракарбоновой кислоты и диаминов**

Диамин	$\eta_{\text{пр}}$ , дл/г, ДМСО, 298 К	Выход, масс. %
ДАТФЭ	0,76	99,8
ДАДФЭ	0,70	99,8
п-ФДА	0,58	99,7
п-КДА	0,43	93,7
ГМДА	0,35	90,6

Новый диангидрид бициклической структуры характеризуется более высокой реакционной способностью по сравнению с трициклическим диангидридом: если ПАК на основе диангидрида БЦОТКК и ДАДФЭ с наибольшей вязкостью, равной 0,70 дл/г, образуется в ДМСО за 1,2 ч, то в случае фотоаддукта бензола и малеинового ангидрида (АБ) формирование полиамидокислоты завершается в течение 2 ч.

Полиимиды получали при термообработке ПАК. С целью определения оптимальных режимов термообработки изучена кинетика твердофазной имидизации форполимеров. Кинетические исследования проводились по известной методике в изотермических условиях в интервале температур 453-473 К диэлектрическим методом. О возможности использования этого метода для определения полноты превращения форполимеров в полиимиды нами сообщалось ранее в работе [3]. Метод основан на регистрации изменений (уменьшений) тангенса угла диэлектрических потерь в процессе имидизации ПАК; он показал достаточную надежность и позволяет с высокой степенью точности определять процент или незациклизованных амидокислотных, или имидных звеньев, ошибка составляет не более 5%. Исследования проводились на образцах пленок толщиной (30-35)  $10^6$  м совместно с Алматинским институтом энергетики и связи. Кинетические кривые процесса имидизации форполимеров, имеющие предельный характер, являются типичными для твердофазной полициклизации. Константы скорости для начальной стадии процесса имидизации ПАК на основе ДАДФЭ и ДБЦОТКК, рассчитанные по уравнению первого порядка, приведены в таблице 2. Здесь же для сравнения приведена константа скорости при 533 К для ПАК на основе АБ и ДАДФЭ.

Видно, что процесс перехода амидокислотных фрагментов в имидные циклы для форполимеров на основе ДБЦОТКК протекает с более высокими скоростями по сравнению с полимерами на основе диангидрида трициклодецентетракарбоновой кислоты. Если максимум имидизации в случае ПАК на основе АБ и ароматических диаминов достигается при 573 К, то циклообразование форполимеров из ДБЦОТКК завершается при 553 К; максимум имидизации для полигетероциклов с жирпоароматическими и алифатическими звеньями в структуре также ниже и составляет 523 и 493 К соответственно. Полнота превращения ПАК в полиимид контролировалась также по ИК-спектрам: в конечных полимерах присутствуют полосы поглощения, характерные для имидных циклов - в области 720-740, 1370-1380, 1775-1780  $\text{см}^{-1}$  и отсутствуют полосы, характерные для амидокислотных фрагментов.

Таблица 2

**Константы скорости имидизации ПАК на основе диангирида бициклооктентетракарбоновой (1-5) и трициклодецентетракарбоновой (6) кислот и ДАДФЭ**

№№ пп	Температура, К	Константы скорости, с <sup>-1</sup> (КТО <sup>3</sup> )	Энергия активации, кДж/моль
1	453	0,54	33,8
2	473	0,82	
3	493	1,12	
4	513	1,93	
5	533	3,01	
6	533	2,32	

После термообработки полиамидокислот в вакууме  $210^{-2}$  Торр были получены полиимиды со значениями характеристической вязкости 0,085-0,123 мЗ/кг.

С более высокими вязкостными характеристиками полиимиды получены одностадийной поликонденсацией. Синтез проводили также в полярных апротонных растворителях амидного типа - ДМФА, ДМАА, МП в присутствии каталитических количеств изоникотиновой кислоты, которая, как нами было показано ранее [4], в наибольшей степени интенсифицирует поликонденсационный процесс. Исследование влияния природы растворителя показало, что более высокие значения вязкостей достигаются при проведении процесса в МП, что может быть обусловлено более полным превращением амидокислотных групп в имидные циклы за счет более высоких температур. Значения  $\eta_{sp}$  для полиимида на основе ДБЦОТКК и ДАДФЭ в МП достигали 0,23, в ДМАА-1,63, в ДМФА-0,75-0,85 дл/г. Причем, при проведении реакции в ДМАА и ДМФА с ростом молекулярной массы до определенного предела происходит выпадение полимеров в осадок. Поэтому в дальнейшем все полиимиды получали в МП. Оптимальные условия синтеза новых ПИ в сравнении с полимерами, содержащими в структуре трициклодеценовые фрагменты, приведены в таблице 3.

Наибольшие значения приведенных вязкостей полиимидов на основе ароматических диаминов достигаются в присутствии 5 масс. % катализатора при температуре 438-443 К, в случае жирноароматического и алифатического диаминов реакция завершается за 2,0-2,5 ч при температурах 363-383 К в присутствии 1,5-2,0 масс. % катализатора. Полиимиды, синтезированные из ДБЦОТКК и ароматических диаминов, характеризуются более высокой  $\eta_{sp}$  по сравнению с полимерами из п-КДА и ГМДА. В отсутствие катализатора полиимиды образуются с вязкостными характеристиками в 3-3,5 раза более низкими.



Полученные в ходе выполнения исследований данные подтверждают влияние на ход поликонденсационного процесса не только влияние условий синтеза, но и более высокую активность бициклического диангирида по сравнению с диангиридом трициклодецентетракарбоновой кислоты, которую можно объяснить отсутствием в структуре диангирида бутанового фрагмента. В зависимости от условий синтеза, природы диаминов были получены полиимиды с приведенными вязкостями 0,70-2,40 дл/г. Состав и строение полиимидов также идентифицированы по данным элементного анализа и ИК- спектроскопии. В ИК-спектрах ПИ содержатся полосы поглощения в области 1780 и 1720  $\text{см}^{-1}$  (карбонильные группы имидных циклов), 1370-1380  $\text{см}^{-1}$  ( $>\text{N}-$ ) и 720-730  $\text{см}^{-1}$  (имидный цикл); колебания связей  $\text{C}=\text{C}$  отмечены в области 1620-1625  $\text{см}^{-1}$

Таблица 3

**Оптимальные условия синтеза полиимидов в МП**

Полимер		Смон., масс. %	Т, К	Время, ч	П <sub>в</sub> , ДМСО, 298 К, дл/г
		Синк, масс.%			
диангирид	диамин				
ДБЦОТКК	ДАТФЭ	40/5,0	443	4,0	2,41
	ДАДФЭ	40/5,0	443	4,5	2,30
	п-ФДА	40/5,0	438	5,0	1,55
	п-КДА	40/2,0	383	2,5	1,40
	ГМДА	35/1,5	363	2,0	1,00
АБ	ДАДФЭ	40/6,0	443	5,5	1,92
	п-ФДА	40/6,0	443	6,0	1,30
	п-КДА	40/2,5	383	2,7	1,20
	ГМДА	35/2,0	363	2,2	0,90

Полосы поглощения, характерные для незациклизованных амидокислотных фрагментов, отсутствовали.

Следует отметить, что в работе проведены исследования по изучению особенностей получения полиимидов на основе ДБЦОТКК и диаминотрифенилового эфира, имеющего в своей структуре три фенильных кольца, разделенных атомами кислорода. В литературе имеются сведения о положительной роли эфирных групп в полиимидовых системах. Проводятся работы по созданию мономеров с как можно большим содержанием таких фрагментов,

что дает возможность получить гибкоцепные полимеры, отличающиеся повышенной растворимостью, плавкостью, характеризующихся пониженными температурами стеклования [5]. Эти свойства облегчают переработку полимеров. Поэтому представляло интерес синтезировать полиимид на основе ДАТФЭ и изучить основные свойства этого полимера.

Степени имидизации полиимидов на основе ароматических диаминов, рассчитанные по ИК-спектрам, составляли практически 100%,

Были изучены некоторые свойства новых полиимидов. Показано, что полиимиды, синтезированные двухстадийной поликонденсацией, растворимы в таких концентрированных кислотах как серная, азотная, фосфорная, за исключением полиимидов на основе ДАТФЭ, который растворяется в ДМАА, образуя растворы с концентрацией 8-10%, что можно объяснить большей гибкостью цепи этого полигетероцикла. Хорошей растворимостью в органических растворителях (ДМФА, ДМАА, ДМСО, м-крезол) обладают полиимиды, синтезированные в условиях одностадийной поликонденсации. Помимо того, что можно получить достаточно концентрированные реакционные растворы (до 40 масс. %), осажденные полимеры растворяются в указанных растворителях от 25 (в случае ароматических диаминов) до 40% (в случае ГМДА).

Термическая стабильность синтезированных полиимидов оценивалась диэлектрическим методом по регистрации начала резкого роста тангенса угла диэлектрических потерь ( $\tan\delta$ ) в процессе нагревания полимеров. Исследования проводились совместно с Алматинским институтом энергетики и связи. Оценка изменения  $\tan\delta$  в процессе нагревания образцов полиимидов осуществлялась при частоте 1 кГц в интервале температур 298-773 К. Показано, что характер максимумов  $\tan\delta$  для полиимидов на основе БЦОТКК и ДАДФЭ совпадает с аналогичной зависимостью, установленной ранее для полиимидов на основе диангидридов трициклодецентетракарбонической кислоты и ароматических диаминов, однако наблюдается их смещение на 283-288 К в сторону более высоких температур. Резкий рост потерь проводимости, связанный с началом деструкции полимеров, начинается с температур 593 (для ГМДА) и 658-660 (для ДАТФЭ, ДАДФЭ), что свидетельствует о более высокой термической устойчивости новых полиимидов. Это также можно связать с отсутствием в структуре полимеров бутанового фрагмента, с которого в случае полиимидов с трициклодецентеновыми звеньями начинается разложение. По термической устойчивости новые полимеры приближаются к некоторым известным ароматическим полиимидам (на основе диангидридов бензофенон-, дифенилоксидтетракарбонических кислот).

Как показали исследования, основные диэлектрические параметры полиимидов на основе диангирида бициклооктентетракарбоновой кислоты и выбранных диаминов аналогичны полиимидам, содержащим трициклодеценовую структуру:  $\text{tg}\delta$  равен 0,001-0,003, значения  $\delta$  составляют 3,15-4,12, удельное объемное сопротивление  $\rho_v$  составляет  $(3-5) \cdot 10^{15}$  Ом.М.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жубанов Б.А., Кравцова Б.Д. Диангидрид бициклооктентетракарбоновой кислоты и полиимиды на его основе // Сб. материалов Межд. конф. Состояние и перспективы развития органической химии в Казахстане - Шымкент, июнь, 2002-С. 167-171.

2. Жубанов Б.А., Архипова И.А., Алмабеков О.А. Новые термостойкие гетероциклические полимеры - Алма-Ата, 1979 - 252 с.

3. Жубанов Б.Л., Кравцова В.Д., Бекмагамбетова К.Х., Ахметтаев Д.Д. И Электротехника,- 1998.-№11.- С. 57-60.

4. Жубанов Б.А., Алмабеков О.А., Кравцова Б.Д. Кожобекова Т.К. II Высокомолек. соед.- 1991,- Т. БЗЗ, № 1 С . 33-37.

5. Русанов А.И. Комарова Л.Г., Пригожина М.П., Аскадский А.А., Казанцева В.В., Шевелев С.А., Дутов М.Д., Королев М.А., Сапожников О.Ю. II Высокомолек; соед. Б. 1999.-Т. 41.-№8.-С. 1357-1365.

УДК 547.625

v !

# Я АССОЦИАЦИЯ КРАСИТЕЛЕЙ И J ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ С Я ПОЛИМЕРНЫМИ ГИДРОГЕЛЯМИ

Г.К. Мамытбеков, Г. Саулебекова,

г I Т.К. Джумадилов, Е.А. Бектуров

III *Институт химических наук им. А. Б. Бектурова МОН РК,  
 г. Алматы*

Щ *Агар-агар (Ag) полисахарид, полиакрил қышқылы гелінің өзара әсері  
 /::| және метилді катионды бояуымен болатын өзара өтімді тор үрдісіне  
 •А зерттеу жүргізілді.*

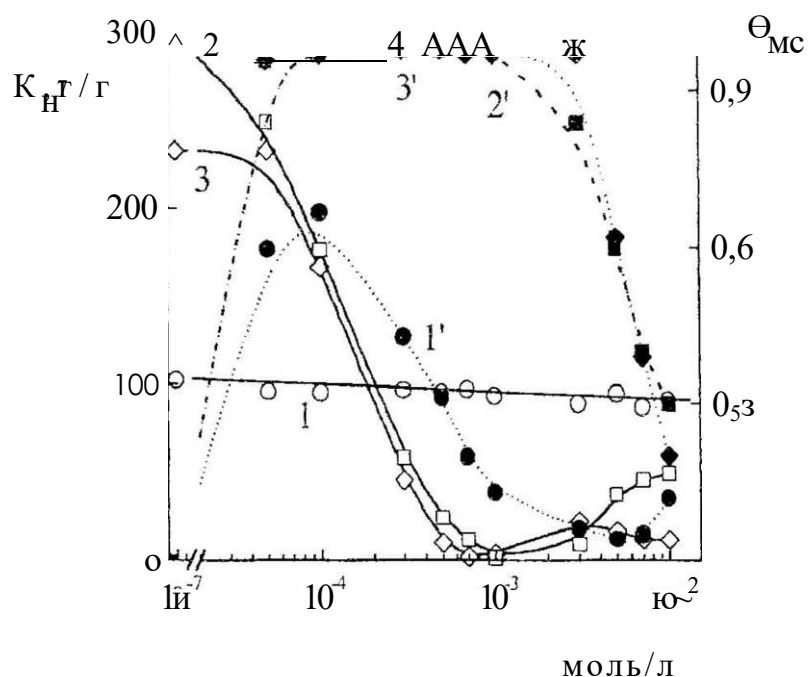
'M *Проведены исследования взаимодействия студня полисахарида —  
 '•щ агар-агар (Ag), геля полиакриловой кислоты (ППАК) и взаимопроникающей  
 •JI сетки, с катионным красителем - метиленовым синим (МС).*

*Under study are the interrelationship of (Ar) jelly, gel of polyacril acid  
 and interpenetrating net, with the cation color- methyl blue.*

Хорошо известно, что многие оригинальные свойства полимерных гидрогелей определяются их способностью поглощать сверхэквивалентное количество воды и специфичному связыванию многих низко- и высокомолекулярных соединений [1-3], которое сопровождается в зависимости от природы, функционального состава и морфологии ассоциирующихся систем, либо сжатием (как правило), либо ресвелингом слабосшитых сеток [4-6]. Одним из интересных примеров такой ассоциации является взаимодействие полимерных гидрогелей с молекулами красителей, низко- и высокомолекулярных поверхностно-активных веществ. Выявление закономерностей их связывания проливает свет на многие процессы, протекающие на микрокопическом уровне, исходя из анализа макрокопических размеров гидрогелей, а также способствует развитию представлений о явлениях «самоорганизации» и «самосборки» в термодинамически открытых системах. В связи с этим нами были исследованы особенности взаимодействия гидрогелей, синтезированных на основе акриловой кислоты и их взаимопрони-

кающих сеток с молекулами красителей и поверхностно-активными веществами. При этом необходимо учитывать ряд факторов, которые определяют как механизм ассоциации, так и глубину сорбции растворенных во внешнем растворе компонентов слабосшитыми сетками. К ним, например, можно отнести структурную организацию и строение реагирующих компонентов, а также свойства внешней среды.

Нами исследовано взаимодействие студня полисахарида - агар-агара (Аг), геля полиакриловой кислоты (ГПАК) и взаимопроникающей сетки, синтезированной на их основе (ГПАК-Аг) с катионным красителем - метиленовым синим (МС). Как видно из рисунка 1, наибольшая контракция наблюдается в случае ГПАК и ГПАК-Аг, что свидетельствует об электростатическом механизме ассоциации между ними. Однако, судя по степени сорбции МС гелем Аг не исключается и гидрофобная ассоциация между ними, хотя это не сильно отражается на коэффициенте набухания студня полисахарида (кривая 1). Степень связывания в случае сильнозаряженных гелей достигает практически 100%, тогда как в случае неионного студня максимальная концентрация сорбированных ионов МС находится на уровне 60% при концентрации красителя во внешнем растворе  $10^{-4}$  моль/л. Наблюдается хорошая корреляция между изменением коэффициентов набухания заряженных гидрогелей и степенью сорбции ионов красителей.

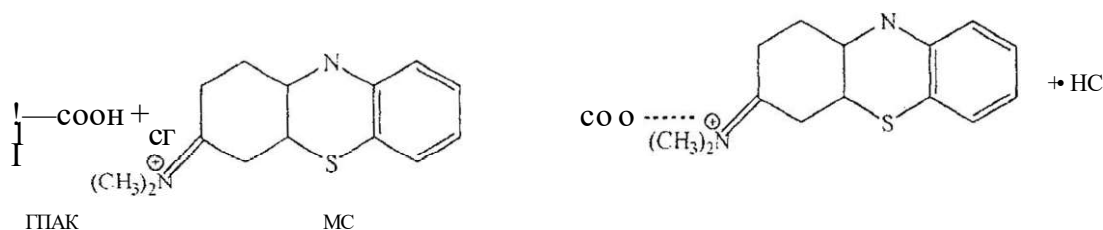


Зависимость  $K_n$  (1-3) гелей и степени сорбции МС ( $\Gamma$ -3')  
от относительной концентрации красителя во внешнем растворе:  
1,1' - Аг; 2,2\* - ГПАК; 3,3' - ГПАК-Аг

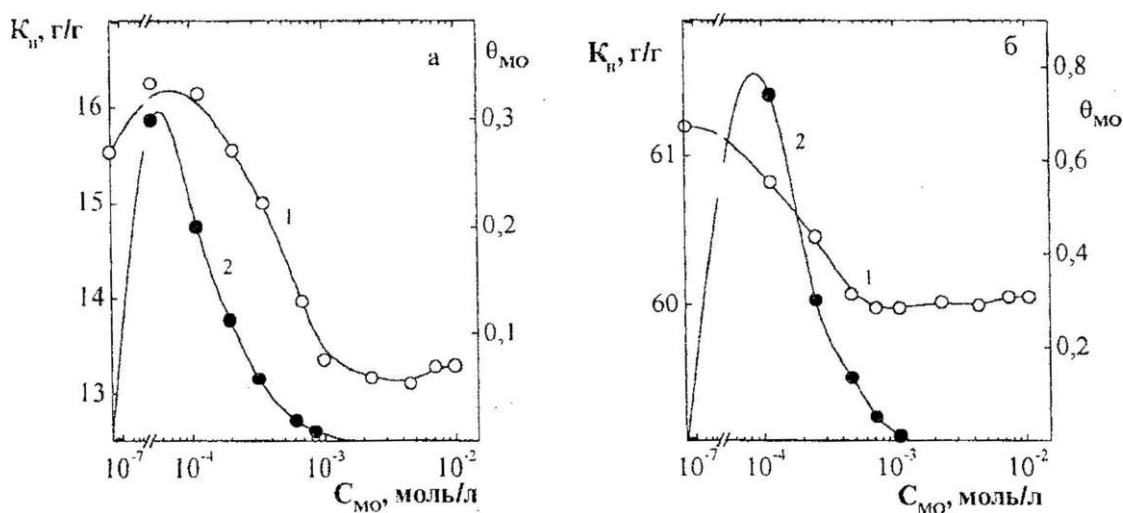
Рис. 1

Исследовано влияние изменения рН среды, ионной силы раствора и полярности растворителя на глубину связывания красителя с гидрогелями \* конформационное состояние линейных участков макромолекул между узлами сшивки.

Подобный механизм ассоциации является характерным также для гидрогелей полиметакриловой кислоты. Об электростатическом механизме ассоциации свидетельствуют данные потенциометрического титрования. В случае, когда сетки состоят из геля ПАК или ПМАК, связывание сопровождается заметным понижением рН среды от 5,2 до 3,0, что свидетельствует о протекании реакции замещения протонов карбоксильных групп положительно заряженными ионами красителя с выделением низкомолекулярной кислоты согласно схеме:



Исследование систем гель агар-агар-полиакриламид (Г-Аг-ПАА) с МС и анионным красителем метилоранжем (МО) показало, что неионные полимерные ВПС также вступают в комплексообразование, однако степень сорбции красителей почти в два раза ниже по сравнению с заряженными гидрогелями. Если сравнить данные рисунков 2 а и б, то можно обнаружить, что внедрение в физически сшитую сетку Аг линейной макромолекулы катионного полимера полиэтиленimina (ПЭИ) приводит к увеличению



**Изменение коэффициента набухания (1) Г-Аг-ПАА (а) и Г-Аг-ПЭИ (б) и степени связывания МО (2) от относительной концентрации красителя во внешнем растворе**

Рис. 2

степени сорбции анионного красителя в два раза по сравнению с неионными ВПС, хотя степень набухания этих гидрогелей снижается незначительно. Из этого следует, что доминирующий вклад во взаимодействие гидрофильных сеток вносят электростатические взаимодействия, которые могут быть стабилизированы системой Н-связей или гидрофобными взаимодействиями.

Исследована ассоциация ВПС, синтезированные на основе ГАА и ГПАК в присутствии катионного полиэлектролита - поли-2-метил-5-винилпиридина (П2М5ВП) и амфотерной макромолекулы (поли-2-метил-5-винилпиридиний бетаина (ПБ-21, цифра означает степень алкилирования) с ионными ПАВ. Установлено, что ионы додецилбензолсульфоната натрия (ДБСИа) лучше сорбируются гидрогелями по сравнению с цетилпиридиний хлорида (ЦПХ). С ростом концентрации П2М5ВП в объеме сеток увеличивается амплитуда их сжатия. При минимальном количестве П2М5ВП в сетке ПАА коэффициент набухания гидрогеля проходит через максимум при концентрации ДБСМа  $10^{-3}$  моль/л, тогда как добавление ЦПХ не вызывает изменения объема сетки. Это, вероятно, объясняется сверхэквивалентным связыванием отрицательно заряженных ионов ПАВ с цепями П2М5ВП, в результате чего происходит перезарядка макромолекулы полиоснования от положительного к отрицательному значению. В случае сеток ГПАК-П2М5ВП и ГПАК-ПБ-21 наблюдается типичная контракция сетки, характерная для противоположно заряженных гидрогелей и ПАВ.

Наиболее интересными являются реакции замещения и образования совместных ассоциатов в объеме геля при наличии связанного с ним низкомолекулярного субстрата при добавлении третьего компонента. Установлено, что добавление раствора ЦПБ в комплекс ГПАК-Р6Ж (Р6Ж - родамин 6Ж - краситель) приводит к вытеснению молекул красителя из сетки с последующим взаимодействием ионов ПАВ с ГПАК. Процесс характеризуется высокой степенью кооперативное™ вытеснения ионов Р6Ж и взаимодействия ПАВ с карбоксильными группами геля, сопровождаемый сжатием ГПАК. Следует полагать, что интенсивное вытеснение Р6Ж из сетки наступает по достижении ККА ионов ЦПБ, который приходится на область сжатия геля. Однако, как показывают данные по степеням сорбции двух конкурирующих за связывание с гидрогелем низкомолекулярных соединений, полное вытеснение молекул красителя не происходит. Добавление раствора противоположно заряженного по отношению к Р6Ж ДДС № приводит к сильному увеличению объема закомплексованного с красителем ГПАК и зависимость коэффициента набухания геля от отно-

сительной концентрации ПАВ во внешнем растворе проходит через отчетливый максимум. Такое сильное увеличение объема геля может быть обусловлено ростом осмотического давления сетки за счет проникновения в его объем одноименно заряженных с ним ионов ПАВ. Последующее снижение  $K_n$  свидетельствует о формировании смешанных мицелл ПАВ - краситель в объеме геля. Следует отметить существенные изменения спектральных характеристик ГПАК.

Таким образом, можно сделать заключение о возможности формирования смешанных мицеллярных структур в объеме гидрогелей при их совместном связывании с молекулами красителей и мицеллообразующих ПАВ, вне зависимости от их заряда.

Совокупность приведенных данных показывает, что протекание комплексообразования между гидрогелями и мицеллообразующими ПАВ и красителей зависит от природы функциональных групп сетки и гидрофильно-липофильного баланса системы. Ассоциация ПАВ с неионогенными гидрогелями сопровождается их набуханием, тогда как с заряженными сетками - контракцией или коллапсом. Проникновение ионов ПАВ или красителей в объем сетки протекает по эстафетному механизму в зависимости от концентрации детергента в растворе. Кроме того, система гидрогель-ПАВ (краситель) обладает высокой тенденцией к процессам самоорганизации, в результате чего формируются высокоупорядоченные структуры различной иерархии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СулеШенов И.Э., Козлов В.А., Бgteидина Л.А., Бектуров Е.А. Самоорганизация органических и неорганических полимеров в воде. - Алматы: Дайк-Пресс, 1999.-216 с.
2. Kokujuta E., Matsukawa S. *I J. Phys. Chem.* 1996. V. 100. P. 1073.
3. Starodubtsev S.GKhokhlov A.R., SokolovE.L, ChuBJIMacromolecules. 1995. JS68.V.28. P.2930-2937.



Ш  
ШШ УДК 669.04:66:76

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТВЕРДОФАЗНОГО ГОРЕНИЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ И ОКСИДА КРЕМНИЯ

А. Нухулы, С.А, Шарипова, Б.Н. Сатбаев

ШШШШ  
|J

РГКП «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы

§gf§  
Si11  
fljji  
||§§  
lljif  
g||fS  
^^

Алюминий және кремний оксидтерінің негізінде реагенттердің мольдік қатынасындағы жүйеде жанудың адиабатикалық температурасы мен оның реакциясынан кейінгі өнім шығынының есебі- жүргізілді. Жанудың жылдамдығы мен температурасының қисық тәуелділігі бір мәнді қатынасты сәйкестігі жоқ және  $SiO_2 - nAl$  жану жүйесінің көпсатылы курделі құрылымы бар екендігі дәлелденді. Аталмыш реакцияға мүмкіндігі бар сәйкес механизмдер ұсынылды.

Проведен расчет адиабатических температур горения и выхода продуктов реакции от мольного соотношения исходных реагентов в системе на основе алюминия и оксида кремния. Кривые зависимости скорости и температуры горения не имеют взаимнооднозначного соответствия и свидетельствуют о том, что горение системы  $SiO_2 - nAl$  имеет сложную многостадийную структуру. Предложен возможный механизм протекающих реакций.

The calculation of adiabatic combustion temperature and reaction's productions yield from mole proportion of initial reagents in system based upon aluminium and silicon oxide was carried out. The combustion temperature-rate curves do not have a mutually synonymous correspondence and show that the burning of system  $SiO_2 - nAl$  has complicated and multistage structure. The possible mechanism of current reactions was offered.

В настоящее время является актуальной разработка единого комплексного научного подхода к изучению оптимальных условий синтеза огнеупорных изделий (создание физико-химических основ структурных, фазовых превращений и взаимодействий в многокомпонентных системах) и исследованию их физико-химических, в частности, термодинамических и термохимических свойств для моделирования перспективных технологий.

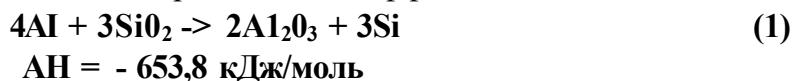
До сих пор не проводились систематические работы по определению термодинамических и термохимических свойств огнеупорных материалов. Такое положение дел объясняется не только сложностью самих технологических процессов, но и трудностью проведения экспериментов в условиях «высоких температур». Данная работа посвящена изучению термодинамических и кинетических закономерностей твердофазного горения систем на основе алюминия и оксида кремния.

Единственным устойчивым оксидом кремния является кремнезем  $\text{SiO}_2$ . Кремнезем известен в двух аморфных и семи основным кристаллических модификациях. Основу структуры составляют изолированное или связанные друг с другом через общие атомы кислорода тетраэдрические группы /  $\text{SiO}_4$  /, особая роль принадлежит связи Si-O и связи Si-O-Si (силоксановая связь).

Значительный теоретический и практический интерес представляют процессы, протекающие в режиме горения чистых модификаций кремнезема, но они изучены пока еще недостаточно.

Нами проведен расчет адиабатических температур горения и выхода продуктов реакции от мольного соотношения исходных реагентов (рисунок 1, табл.1).

Суммарная реакция взаимодействия алюминия с оксидом кремния характеризуется значительным экзотермическим эффектом



Полученные расчетные значения  $T_g$  (табл. 1) достаточно высоки для осуществления процесса взаимодействия в режиме горения.

При стехиометрическом соотношении  $C_{\text{Al}}:C_{\text{SiO}_2}=4:3$  превращение исходных компонентов в продукты реакции составляет 80%. Образцы, высушенные в сушильном шкафу при температуре 453К, помещали в печь с температурой 1073 К.

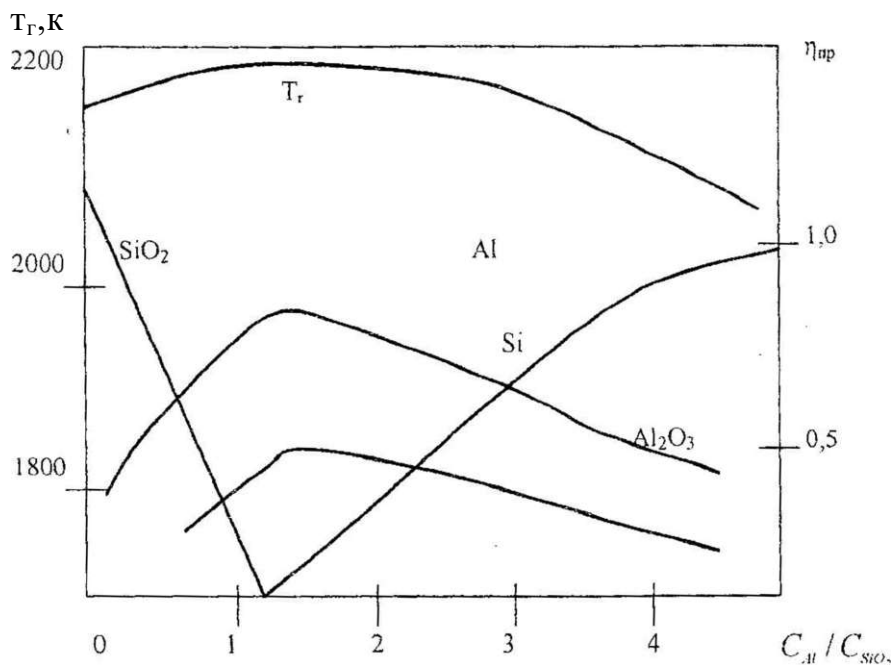
Таблица 1

**Адиабатические температуры горения  $T_g$  и выход оксида кремния  $\eta$  (%) для системы Al-SiO<sub>2</sub> при разных соотношениях исходных компонентов**

Соотношение исходных компонентов Al:SiO <sub>2</sub>	$T_g$ , К	$\eta$ , %
50:50	2160	72,3
60:40	2180	81,4
70:30	2170	75,5
75:25	2150	63,4
80:20	2100	49,1

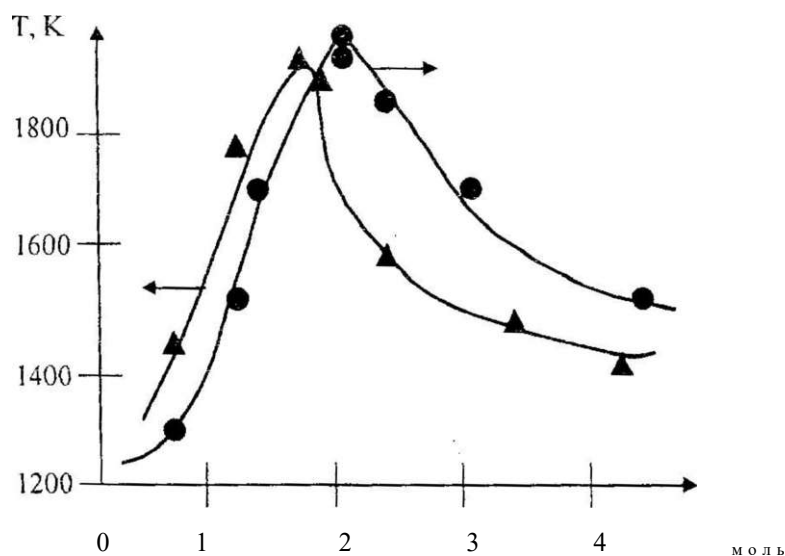
После выравнивания температур образца и печи (около 6 мин) инициировали горение таблеткой железоалюминиевого термита. Результаты измерения скорости и температуры горения смеси  $\text{SiO}_2\text{-nAl}$  приведены на рис.2.

Как видно из рисунка 2, в данной системе скорость горения и температура горения при разных мольных соотношениях реагентов проходят через максимум. Максимум скорости горения достигается при соотноше-



Зависимость выхода продуктов сгорания  $C$  и температуры горения  $T_r$  от содержания алюминия в исходной смеси для системы  $\text{Al-SiO}_2$

Рис. 1



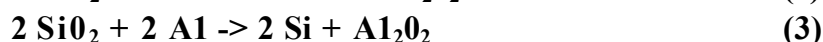
Зависимость температуры и скорости горения смеси  $\text{SiO}_2\text{-nAl}$  от мольного содержания реагентов

Рис. 2.

нии реагентов  $[Al]/[SiO] = 2$ , максимум, температуры горения при  $[Al]/[SiO] = 1,6$ .

Из рисунка 2 видно, что на кривой 2 имеются три характерных участка, или области: участок, отвечающий низким температурам при низких молярных соотношениях реагентов  $0,5 < [Al]/[SiO_2] < 1,3$ , где скорость горения растет монотонно; промежуточный участок, при соотношениях реагентов  $1,3 < [Al]/[SiO] < 2$ , где скорость горения с ярко выраженной прямолинейностью достигает максимума; и участок, отвечающий соотношениям реагентов в интервале  $2 < [Al]/[SiO] < 4,5$ , где скорость горения отклоняется от прямолинейной зависимости. Это свидетельствует о том, что процесс горения переходит из кинетической области в диффузионную в зависимости от температурного диапазона.

Протекание СВ-синтеза возможно через несколько стадий:



В атмосфере воздуха одновременно в волне горения протекают реакции окисления:



Возможно, что при низкой температуре (в зоне прогрева) стадийный процесс, первоначально начавшийся между реагентами, находящимися в твердом состоянии, переходит в реакцию с участием жидкой фазы. Появление жидкой фазы ускоряет массообменные процессы, поэтому кинетические характеристики реакции резко возрастают. Реакции, приводящие к конечным продуктам, имеют вид:



Продукты диспропорционирования  $SiO$  и  $Al_2O_2$  конденсируются в зоне реакции, образуя фазы  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , кремниевые алюминиевые корольки. Рентгенофазовый анализ показал, что при молярном соотношении реагентов  $n=2$  моля продуктами реакции являются  $\alpha-Al_2O_3$ , металлический  $Si$  и  $Al$ .

Формирование конечного продукта горения завершается уравнениями реакции (6), (7), которые не влияют на скорость реакции. Лимитирующими реакциями многостадийного процесса, определяющими скорость горения, являются быстрые реакции (2)-(4).

Оценим величину эффективной энергии активации горения смеси  $SiO$ ,  $Al$  по данным рис.2 по известной формуле:

$$E = 2K_d \Phi_d \Phi_2 / (T_{2d} T_1) \ln(I_2/I_1)$$

Расчет дал значение  $E=141,5$  кДж/моль. Малая энергия активации приводит к относительно большой скорости горения.

Кривые зависимости скорости и температуры горения не имеют взаимнооднозначного соответствия и свидетельствуют о том, что горение системы  $SiO_2-nAl$  имеет сложную многостадийную структуру и может быть описано химическими уравнениями (2-7).

УДК 74.580.26

ШШШШШ

# ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ТЕОРИИ КОМПЛЕКСНЫХ ЧИСЕЛ

ШШ

Ж.Г. Муканова

*Павлодарский государственный университет*

ШШШШШ

*им. С. Торайырова*

!§||

*Маңалада жоғары оңу орындағы «математика» мамандығына арналған жоғарғы алгебра мен аналитикалық функциялар теориясында оқылатын кешен сандар теориясының логикалық сұлбісі анықталған.*

:|Й§

Ш

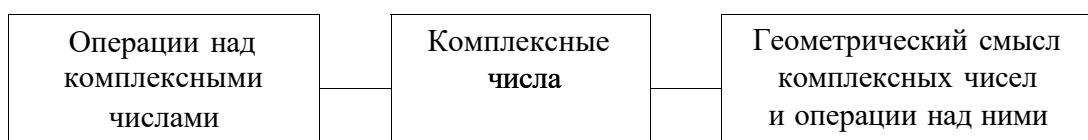
*В статье предложен один из возможных вариантов логической структуры теории комплексных чисел, изучаемый в курсе высшей алгебры и теории аналитических функций для специальности «математика» университетов и педагогических ВУЗов.*

Ж

*In this article one of possible variants of complex numbers theory's logical structure is proposed. This theory is studying in course of higher algebra and analytical function's theory for "mathematics" profession preparing at the universities and higher pedagogical institutes.*

В университетах и педвузах для специальности «математика» комплексные числа изучаются в двух курсах: в высшей алгебре и теории аналитических функций. Поэтому необходимо разграничить содержание учебного материала для того, чтобы избежать дублирования и определить объем учебного материала, подлежащему усвоению обучающимися, в каждом из дисциплин. Это возможно, если определена структура учебного материала, отвечающая принципам профессиональной направленности обучения и фундаментальности образования. Правильно построенная структура учебного материала позволяет активизировать познавательную деятельность студента, которая является необходимым условием успешности обучения.

При построении теории комплексных чисел мы исходим из следующей глобальной структуры:



Основной целью построения теории комплексных чисел в курсе алгебры является определение алгебраической структуры множества комплексных чисел и доказательство разрешимости уравнения  $n$ -ой степени ( $n > 1$ ) в поле комплексных чисел. Исходя из этого, в указанном курсе на первый план выдвигается доказательство замкнутости множества комплексных чисел относительно алгебраических операций и извлечения корня  $n$ -ой степени, а также выявление геометрической природы этих операций. При этом два числа, имеющие одинаковый модуль, аргументы которых отличаются на число, кратное  $2\pi$ , считаются равными. Таким образом, в курсе алгебры доминирующим является левое звено приведенной выше глобальной структуры.

Основной целью построения теории комплексных чисел в теории аналитических функций является построение функций на множестве комплексных чисел, исследование их свойств и определение отображения посредством таких функций. Поэтому здесь на первый план выдвигается определение геометрической природы комплексных чисел и операций над ними. Кроме того, становится актуальным определение топологической структуры множества комплексных чисел (окрестность точки, сходимости, непрерывность отображения и др.). При этом числа с одинаковыми модулями, аргументы которых отличаются на число, кратное  $2\pi$ , считаются разными, хотя они изображаются одной и той же точкой декартовой плоскости. Таким образом, в курсе теории аналитических функций доминирующим является правое звено приведенной глобальной структуры.

Комплексным числом называется число вида  $a + bi$ , где  $a$  и  $b$  - действительные числа,  $i$  - мнимая единица  $i^2 = -1$ . Каждое комплексное число однозначно определяется своей действительной и мнимой частями, т.е. упорядоченной парой  $(a, b)$  и наоборот. Таким образом, между множеством комплексных чисел и множеством упорядоченных пар существует взаимно однозначное соответствие. Это соответствие позволяет рассматривать комплексное число как точку декартовой плоскости и наоборот, каждую точку декартовой плоскости как изображение соответствующего комплексного числа. При надлежащем определении основных алгебраических операций над комплексными числами и соответствующими им парами мы построим примеры изоморфных полей. Это соответствие позволяет определить геометрический смысл операций сложения и вычитания. На этом этапе мы приходим к следующей логической структуре, изображенной на рис.1.



Рис.1

Дальнейшее исследование операций над комплексными числами связано с переходом к полярной системе координат. Определяя комплексное число через модуль (полярный радиус) и аргумент (полярный угол), мы приходим к его тригонометрической форме. Теперь теорема о модуле и аргументе комплексного числа позволяет выяснить геометрический смысл операции умножения, а через инверсию единичной окружности - операции деления. Теорема о модуле и аргументе позволяет определить любую целую степень комплексного числа (формула Муавра). Теперь корень  $n$ -ой степени из данного комплексного числа определяется как число,  $n$ -я степень которого равна данному числу. При этом мы существенно опираемся на многозначность аргумента, которая позволяет определить геометрическую природу значений корней  $n$ -ой степени.

Таким образом, мы приходим к следующей логической структуре теории комплексных чисел, которая построена для нужд курса высшей алгебры, изображенной на рис.2.

При построении и исследовании функции комплексной переменной на первый план выдвигаются топологические свойства множества комплексных чисел. Рассматривая комплексное число  $a = a+bi$  как вектор с координатами  $a$  и  $b$ , мы устанавливаем взаимно однозначное соответствие между комплексными числами и множеством векторов. Совокупность всех таких векторов образует плоскость, которую назовем *комплексной*. Комплексное число, соответствующее вектору этой плоскости, называется его аффиксом. Таким образом, появляется еще одно множество (множество векторов), при надлежащем определении основных операций, над элементами



которого будет изоморфно множеству комплексных чисел. На этом этапе структура исследуемого объекта такова: (рис.3).

Из этой схемы следует, что множества комплексных чисел, точек евклидовой плоскости и векторов комплексной плоскости алгебраически неразличимы. Поэтому понятие «комплексное число», «точка» и «вектор» в теории аналитических функций синонимичны.

Если на комплексной плоскости расстояние между двумя векторами определить как модуль разности соответствующих им комплексных чисел, то она становится метрическим пространством. В этом пространстве открытый круг с центром в данной точке называется ее окрестностью. Через окрестность точки определяется предельная точка и точка прикосновения, сходящиеся и расходящиеся последовательности, открытые и замкнутые множества, односвязные и многосвязные области и др. Очевидно, это пространство является полным (критерий Коши), сепарабельным. Каждое ограниченное множество в этом пространстве является компактным (теоремы Больцано-Вейрштрасса и лемма Гейне-Бореля).

При исследовании аналитической функции особую роль играет ее поведение в окрестности бесконечно удаленной точки (если она определена в этой окрестности). Поэтому становится актуальным выяснение природы бесконечно удаленной точки комплексной плоскости. С этой целью рассматривается сфера Римана и стереографическая проекция комплексной плоскости на сферу Римана и наоборот. Таким образом, появляется еще одно множество (множество точек сферы Римана), изоморфное множеству комплексных чисел. Через эту проекцию выясняется, что на комплексной плоскости имеется единственная бесконечно удаленная точка с неопределенным аргументом, модуль которой равен  $+\infty$ . Эта точка соответствует северному полюсу сферы Римана. Существование единственной бесконечно удаленной точки делает любое бесконечное множество комплексной плоскости компактным, поэтому комплексная плоскость, рассматриваемая вместе с бесконечно удаленной точкой, обычно называют компактом. Таким образом, мы приходим к следующей структуре комплексных чисел, изображенной на рис.4.

Обычно, в курсе высшей алгебры главным значением аргумента считается угол, расположенный в промежутке  $[0, 2\pi)$  - При исследовании отображения посредством элементарных функций наиболее удобным является принятие за главное значение аргумента угла, расположенного в промежутке  $[0, 2\pi)$ . Было бы желательно и в курсе алгебры принять этот промежуток за исходный для определения главного значения аргумента.

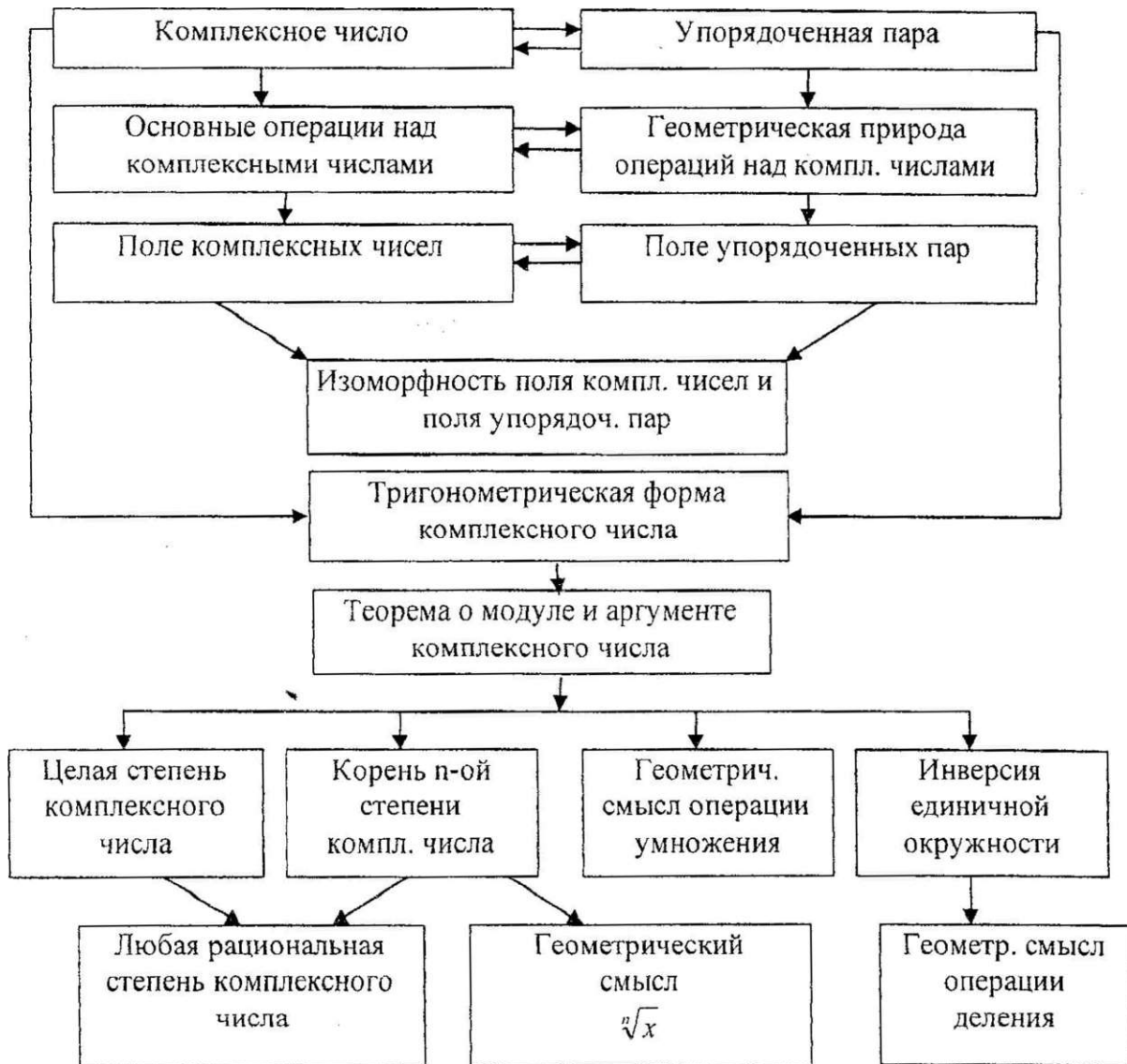


Рис.2

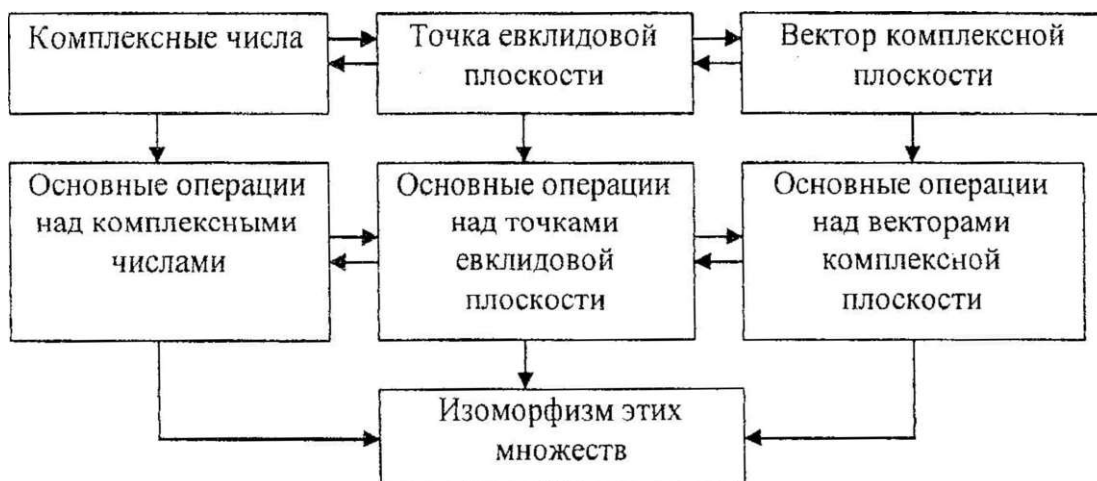


Рис.3



Рис. 4

4

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Сохор А.М.* Логическая структура учебного материала - М.; Педагогика - 192 с.
2. *Привалов И.Р.* Введение в теорию функций комплексного переменного.- М.: Наука.- 444 с.

УДК 669.04:66:76

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ СИСТЕМ ШАМОТ-АЛЮМИНИЙ, МУЛЛИТОКОРУНД - АЛЮМИНИЙ

А. Нухулы, С.А. Шарипова, Б.Н. Сатбаев

РГКП «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы

*Термо анализ әдісімен шамот - алюминий және муллитокорунд - алюминий жүйесінде жанудың урдісін зерттеу жүргізілді. Жану температурасының тәуелділігі мен жану жылдамдығы және компоненттердің негізгі эсер ету қатынасы анықталды. Аталмыш реакцияға мүмкіндігі бар сәйкес механизмдер ұсынылды.*

*Проведены исследования процессов горения в системах шамот-алюминий и муллитокорунд-алюминий методом термического анализа. Определены зависимости температуры горения  $T$  и скорости горения  $\Gamma$  от соотношения основных реагирующих компонентов. Предложен возможный механизм протекающих реакций.*

*According to the method of thermal analysis the researchers of combustion processes in chamotte - aluminium and mullitocorundum — aluminium system were carried out. The dependencies of the combustion temperature  $T_2$  and burning rate on the correlation of the main reacting components are determined. The article suggests the possible mechanism of the current reaction.*

Алюмосиликатные системы  $2\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  являются основой наиболее распространенных типов огнеупоров. Сырьем для производства алюмосиликатных огнеупоров являются огнеупорные глины - материал достаточно широко распространенный. При горении алюмосиликата с алюминием основной фазой конечного продукта опять же должен быть алюмосиликат, ввиду этого изучение закономерностей горения таким систем представляет большой интерес.

Для исследования использовались Аркалыкская огнеупорная (шамотная) глина с дисперсностью 10-40 мкм и муллитокорундовый мертель марки ММК-72 с дисперсностью 10-30 мкм. Химический состав мертелей приведен в таблице 1.

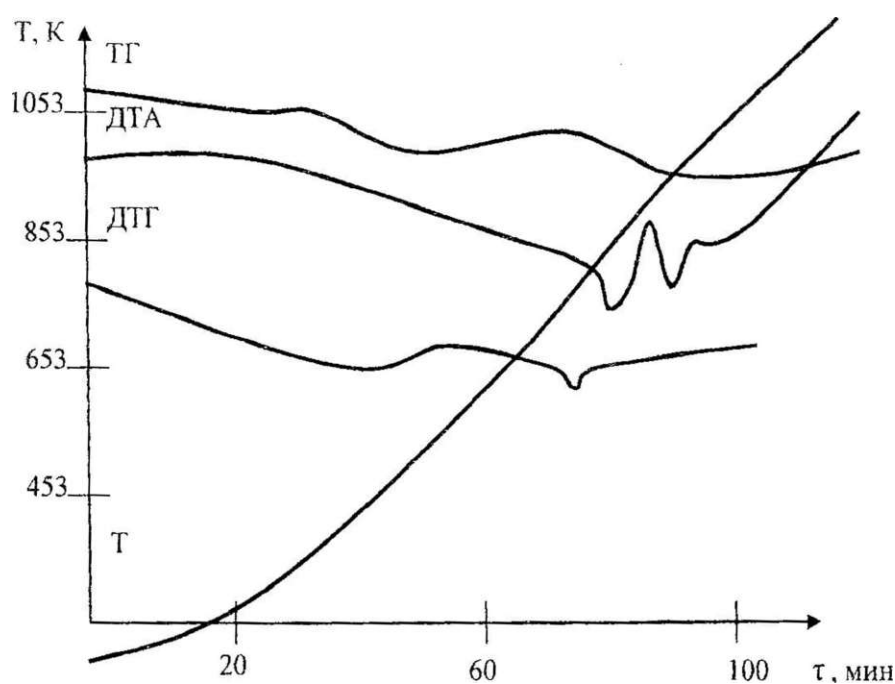
Таблица 1

## Химический состав исходных алюмосиликатов

Марка мертелей	Основные фазы, %							Потери массы при прокал. %
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	
Аркалык-ская глина (шамотная)	44.9	47.1	3.1	2.2	0.4	0.6	0.64	1.06
Муллитокорундовый	72.0	20.0	1.8	2.0	0.6	0.2	0.3	3.1

Данные системы являются достаточно сложными по составу. Шамот и муллитокорунд представляют собой смеси различных соединений. Точные термодинамические расчеты температур горения и выхода продуктов реакции в данном случае невозможны. Поэтому процессы, протекающие в системах, содержащих алюминий, шамот и муллитокорунд, исследованы экспериментально методом термического анализа.

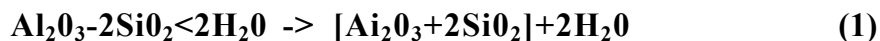
Из термограммы (рисунок 1) видно, что при нагревании до 433К постепенно удаляется слабосвязанная вода из кристаллической решетки шамота и муллитокорунда.



Дериватограмма исходного шамота

Рис. 1

В интервале 453-853К удаляется химически связанная вода вследствие разложения каолинита и бемита по реакциям:



Первый экзотермический эффект наблюдается при температуре нагрева 933К. Этот термический эффект, по-видимому, обусловлен следующими процессами в увлажненной массе:



Реакция (3) экзотермична,  $\Delta H = -949$  кДж/моль.

В сухой и увлажненной массе на оксидной пленке алюминия происходит фазовое превращение



Процесс перехода экзотермический, так как энтальпия перехода равна  $\Delta H = -32,6$  кДж/моль. Изменение энергии Гиббса перехода полиморфной модификации  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  в полиморфную модификацию  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  при 873К составляет  $(\Delta G^0_{99g}) = 67,9$  кДж/моль. Термодинамически переход полиморфной модификации  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  в полиморфную модификацию  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  возможен, так как  $(\Delta G^0_{2} < \Delta G^0_{a} < 0$ .

С ростом температуры наблюдается эндотермический эффект при температуре 953К. Это можно объяснить плавлением алюминия.

Из термограммы видно, что от температуры плавления алюминия до начала СВС имеется промежуток температур в интервале 250-280К, на котором наблюдается небольшое возрастание массы образца. Это может быть связано с окислением алюминия кислородом воздуха, который присутствует в шихте.

Шихта воспламеняется при температуре около 1200К. По данным рентгенофазового анализа, продуктами реакции являются свободные кремний, алюминий, оксид алюминия, нитрид алюминия  $\text{AlN}$  и муллит  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ .

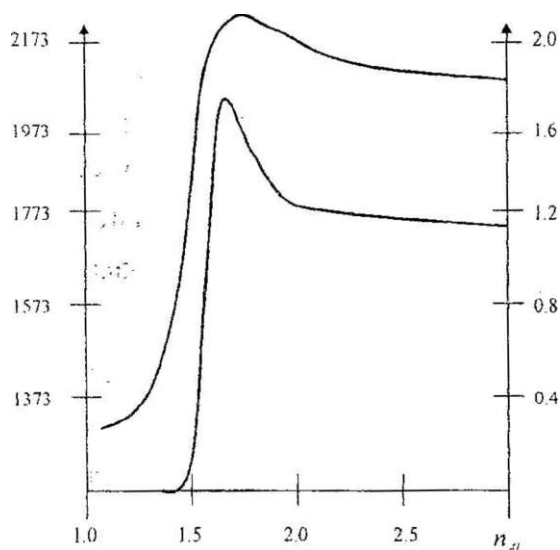
На рисунках 2,3 приведены зависимости температуры горения  $T_r$  и скорости горения  $u_r$  от соотношения основных реагирующих компонентов в системах шамот-алюминий и муллитокорунд-алюминий.

Горение смеси шамот-алюминий исследовали в интервале изменения содержания алюминия от 0,5 до 2,5 моля по отношению к  $\text{SiO}_2$ . Повышение концентрации алюминия приводит к монотонному увеличению скорости горения вплоть до соотношения 1,65 моль, затем эта величина несколько понижается. Максимальная температура горения заметно растет при изменении концентрации алюминия в составе от 0,7 до 1,6 моля, при дальнейшем увеличении содержания алюминия кривая температуры горения

постепенно падает. Концентрационная зависимость скорости и температуры горения имеет ярко выраженный максимум, отвечающий наиболее экзотермичным составам.

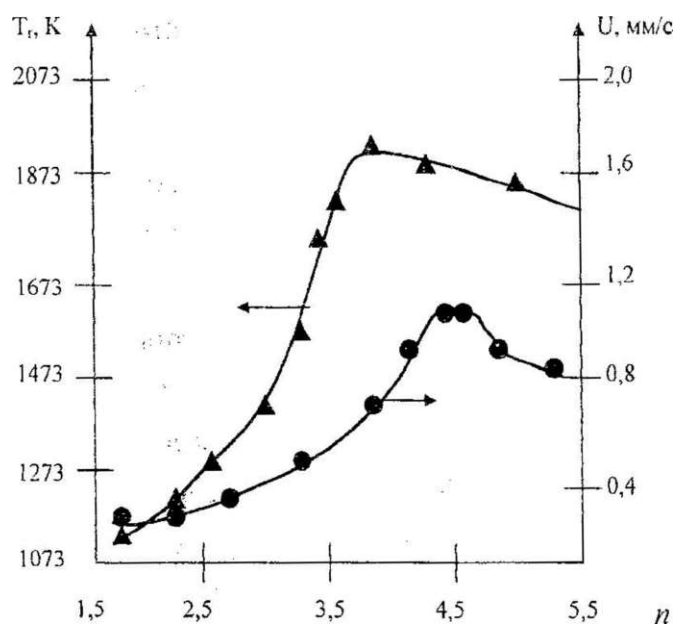
Из рисунка 2 видно, что экспериментальные кривые скорости и температуры горения смеси шамот-алюминий по фазе повторяют друг друга и достигают максимума при мольном соотношении алюминия к  $\text{SiC}_X$ ,  $n=1,65$ .

На рисунке 4 представлена линейная зависимость  $\ln(u/T)$  от  $1/T$ , которая позволяет оценить эффективную энергию активации процесса и природу стадии, лимитирующей взаимодействие компонентов в зоне реакции.



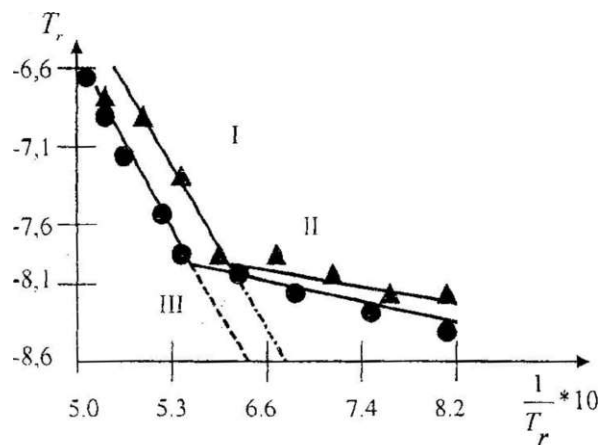
**Зависимость температуры горения и скорости горения от содержания алюминия в системе шамот-А1**

**Рис. 2**



**Зависимость температуры горения и скорости горения от соотношения алюминия в системе муллитокорунд - А1**

**Рис. 3**



Зависимость  $\ln \frac{u}{T_r}$  от  $1/T_r$ : 1 -шамот-А1; 2 - муллитокорунд-А1

Рис. 4

Энергия активации, соответствующая первому участку  $[0,8 < p < 1,6]$  равна 170 кДж/моль, второму участку  $[1,6 < p < 2,5]$  - 19,6 кДж/моль. Эти результаты свидетельствуют о протекании очень быстрой реакции на участке 2, где содержание алюминия больше. Скорость горения определяется реакцией (5):



Излом, наблюдаемый на зависимости  $\ln(u/T_r)$  от  $1/T_r$  на рисунке 4, свидетельствует об изменении механизма горения алюминия в шихте.

Участок составов с меньшей энергией активацией соответствует протеканию быстрой реакции окисления алюминия кислородом воздуха. Для исключения влияния кислорода на алюмотермический процесс были проведены эксперименты по горению системы шамот-алюминий в инертной среде - аргоне. В этом случае зависимость  $\ln(u/T_r)$  от  $1/T_r$ , прямолинейна на всем интервале исследуемых составов, при этом эффективная энергия активации составляет 172 кДж/моль. Эти результаты представлены на рис. 4 (III участок).

Таким образом, проведены исследования процессов горения в системах шамот-алюминий и муллитокорунд-алюминий, определены основные закономерности, которые могут быть положены в основу производства огнеупорных составов в данных системах.





ность»  $L = d\Pi^* = \Pi_{НРС} - \Pi_{РС}$ , равную максимальной работе, которую может совершить система при переходе её в равновесное состояние, и «энтропийную разность»  $AS^* = S_{\gamma C} - S_{\mu PC}$ , равную максимальному росту энтропии изолированной системы (ИС)  $AS^*_{\max}$  при переходе её в равновесное состояние;

б) уменьшения неравновесности системы на потерянную работу, убыль потенциальной разности или термодинамических потенциалов, эксергию тепла, эксергию потока, убыль энтропийной разности, рост энтропии изолированной системы.

В результате такого обобщения изменение энтропии ИС  $s_{15'_{ис}}$ , используемое для записи ВЗТ, приобрело смысл одной из количественных характеристик (ФВ) изменения неравновесности ИС.

С этой статьи начинается серия работ по расчёту различных неравновесных систем с использованием введённых автором количественных характеристик неравновесности системы. В данной работе даётся расчёт неравновесности адиабатной системы, состоящей из рабочего тела (РТ), находящегося в цилиндре с подвижным поршнем, и жидкой окружающей среды<sup>1</sup> (ОС), имеющей постоянные параметры  $p_0$  и  $\Gamma_0$  (рисунок 1).

Чтобы обеспечить подъём груза без ускорения (а значит, в расчёте не потребуются учитывать изменение кинетической энергии груза и поршня) при переменном давлении газа на поршень и постоянной массе груза, используется специальное устройство. Устройство состоит из зубчатой рейки 1, шестерни 2 и кулачка 3 и обеспечивает равенство моментов относительно оси кулачка постоянной силы тяжести и переменной результирующей сил давления газа и ОС на поршень путём изменения длины плеча силы тяжести.

Данная НРАС способна совершать работу, например, по подъёму груза, только до момента установления в ней равновесия. Максимальная внешняя работа  $W^* >$  получаемая от этой системы в момент установления в ней барического ( $p = p_0$ ) и термического ( $\Gamma = \Gamma_0$ ) равновесия, и будет начальным количеством неравновесности такой системы.

Уравнение первого закона термодинамики (ПЗТ) для неравновесной адиабатной ( $50^\circ = 0$ ) системы запишется в виде

$$dU_{НРАС} + 5 \wedge_{ax} = dU_{\neq T} + dU_{OC} + 5 K a k = 0 \cdot$$

<sup>1</sup> Напомним, что в состав окружающей среды, наряду с жидкой ОС (например, атмосферой), входят и приемники (источники) работы, воспринимающие работу адиабатной системы. Неравновесная адиабатная система (НРАС) вместе с источниками (приемниками) работы образуют неравновесную изолированную систему (НРИС).

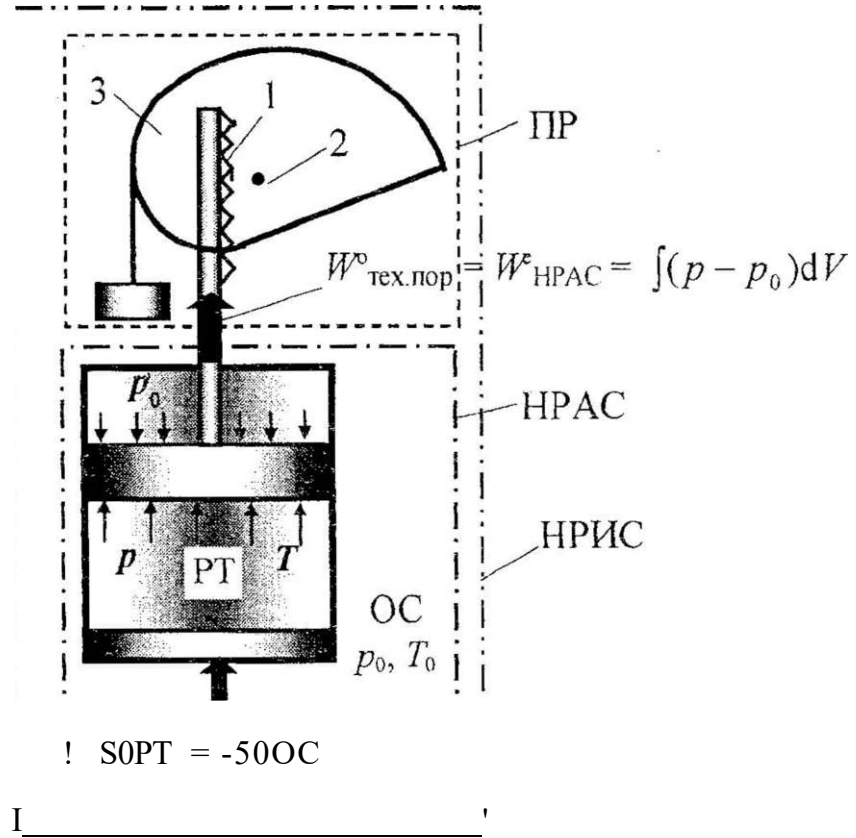


Рисунок 1

Откуда

Далее преобразования сводятся к выражению изменения внутренней энергии (ВЭ) ОС через параметры РТ, что возможно при обратимом протекании процессов. В отличие от НРАС окружающая среда может обмениваться с рабочим телом как теплом, так и работой, поэтому для ОС уравнение ПЗТ имеет вид

$$S_{2oc} = W_{oe} + S^{oc} = dC_{oc} + P_0 dV_{oc} \cdot$$

Откуда

$$df_{oc} = \&Q_{oc} - P_0 W_{oe} = T_0 dS_{oc} - P_0 dV_{oc}. \tag{2}$$

Чтобы внешняя работа была максимальна, процессы должны протекать обратимо внутри НРАС<sup>2</sup>, т. е. без диссипации (преобразования УД в ХД) упорядоченного движения (УД) как при перемещении поршня (при отсут-

<sup>2</sup> Заметим, что здесь рассматривается обратимость процессов в сугубо неравновесной системе. В то время как существующая концепция обратимости предполагает обратимость процессов в системах, близких к состоянию равновесия (в квазиравновесных системах). Согласно концепции неравновесности в обратимых процессах полная неравновесность изолированной системы не изменяется. В данном примере уменьшение неравновесности НРАС компенсируется ростом механической неравновесности приёмника работы (груза) по отношению к НРАС.

ствии трения между поршнем и гильзой цилиндра), так и при переносе тепла. Последнее обеспечивается применением идеальной тепловой машины (ИТМ) в случае конечного перепада температур между РТ и ОС, либо протеканием теплообмена при бесконечно малой разности температур между РТ и ОС, когда работой ИТМ по сравнению с переносимой теплотой можно пренебречь.

Свидетельством обратимости процессов (отсутствия диссипации), согласно ВЗТ, является неизменность энтропии (отсутствие рассеяния УД между молекулами ОС) изолированной, или адиабатной системы:

$$\Delta H_{PAC} = \Delta R_T + \Delta S_{OC} = 0$$

Откуда

$$dS_{OC} = -dS_{PT} \tag{3}$$

Считая объём НРАС неизменным

$$dV_{H_{PAC}} = dV_{PT} + dV_{OC} = 0$$

получим

$$dV_{OC} = -dV_{PT} \tag{4}$$

Подставляя выражения (3) и (4) в (2), выразим изменение внутренней энергии ОС через изменения энтропии и объёма РТ:

$$dU_{OC} = T dS_{PT} + P_0 dV_{PT} \tag{5}$$

Подставляя (5) в (1), получим следующие выражения для максимальной внешней работы:

- при малой убыли неравновесности адиабатной системы ( $-dA$ )

$$\begin{aligned} S^{max} &= -df/pj + r_0 dS_{PT} - p_0 dV_{PT} = \\ &= -d(U_{PT} - T_{OC} S_{PT} + p_{OC} V_{PT}) = -dZ = -dA; \end{aligned} \tag{6}$$

- при полном переходе системы в равновесное состояние ( $L_{PC} = 0$ )

$$* C_X = -AZ = Z, \quad -Z_2 = -\Delta L_{Пmax} = -(A_{PC} - A_{HPC}) = A_{HPC} = L, \tag{7}$$

где величина

$$Z = U_{PT} - T_{OC} S_{PT} + p_{OC} V_{PT} = U - T_0 S + p_0 V \tag{8}$$

однозначно определяется параметрами состояния как РТ, так и ОС, т. е. является функцией состояния параметров данной неравновесной системы.

Поскольку в соответствии с (7) убыль функции  $Z$  равна внешней работе НРАС, то эту функцию можно рассматривать в качестве потенциала неравновесной системы, состоящей из рабочего тела и окружающей среды, параметры которой (ОС) по мере перехода всей неравновесной системы в равновесное состояние не изменяются. Потенциальную функцию  $Z$  иногда

рассматривают в качестве *обобщающего потенциала* для термодинамических потенциалов. Например, в [3] отмечается, что «в реакциях систем, сохраняющих постоянный объём  $V$  и температуру  $T$ , максимальная работа

$$L_{\text{MAX}} = \Delta Z_V = Z_{V2} - Z_{V1}$$

где

$$Z_V = U - TS \quad (9)$$

При  $T = T_0$  имеем

$$Z_V = U - TS = F \quad (10)$$

$$L_{\text{max}} = F_1 - F_2$$

Данные преобразования нельзя признать корректными по двум причинам. Во-первых, переход от потенциальной функции  $Z$  (8) к  $Z_V$  (9) возможен не при  $V \sim \text{const}$ , а при  $K=0$ . Во-вторых, в выражение для потенциальной функции  $Z$  (8) входят внутренняя энергия и энтропия только рабочего тела (без ОС), а в выражении для энергии Гельмгольца стоят суммарные значения ВЭ и энтропии всей неравновесной системы (РТ и ОС). Следовательно,

$$Z_V = U_{\text{РТ}} - TS_{\text{РТ}} + F = U_{\text{н?}} - TS_{\text{НРС}} = U_{\text{РТ}} + U_0 - T(S_{\text{pm}} + S_0) \quad (11)$$

Рассмотрим несколько конкретных примеров определения количества неравновесности системы, состоящей из РТ и ОС. Пусть система находится в термически ( $T > T_0$ ) и барически ( $p > p_0$ ) неравновесном состоянии. В качестве обратимых процессов перехода системы в равновесное состояние вначале возьмём изоэнтропный процесс  $1-2s$  (без внешнего теплообмена и трения) расширения рабочего тела до конечной температуры  $T_{2s} \sim T_0$ , а затем изотермический процесс  $2s-0$  до конечного давления  $p_{2T} = p_0$  (рисунок 2).

$P$  ПИ НРС системы РТ-ОС ( $p_x > p_0, T > T_0$ )

= const

$T_{2s} = T_0 = \text{const}$

2s, 2T

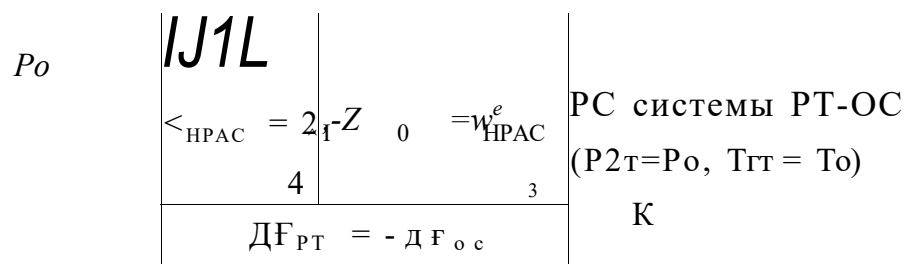


Рисунок 2

Количество неравновесности такой системы в соответствии с (7) будет равно убыли потенциальной функции  $Z$ :

$$\begin{aligned} L_{\text{HPAC}} \sim \int_{2T}^{\sim} Z q = U \cdot V D + p_0 F] - \\ - U_0 + T L - p_0 V_0 = -A (f_{PT} + T_0 S_{PT} - p_0 A V_{PT}). \end{aligned} \quad (12)$$

Для упрощения предположим, что рабочим телом является идеальный газ, внутренняя энергия которого при постоянной температуре не изменяется. Следовательно, изменение ВЭ  $aU_{px}$  могло произойти только в адиабатном процессе  $1-2s$ . В соответствии с ПЭТ убыль внутренней энергии адиабатной системы равна внешней работе, совершаемой системой (РТ) над внешней средой (для рабочего тела внешняя среда — жидкая ОС и приёмник работы):

$$W_{1-2s} = -A U_{PT}. \quad (13)$$

Эта работа изображается в виде площади фигуры  $12s451$  (см. рисунок 2).

Поскольку изменение энтропии РТ происходит только в изотермическом процессе, то произведение  $T_0 \Delta S_{PT}$  даёт теплоту изотермического процесса, которая в случае идеального газа равна внешней работе в изотермическом процессе  $2s-2T$  (изображается в виде площади фигуры  $2s2T342s$ ),

$$W^* = Q_T = T_0 \Delta S_{PT}. \quad (14)$$

Учитывая, что  $L_{f_{PT}} = -aVqc >$  то последний член в правой части (12) можно представить в виде внешней работы жидкой ОС (для неё внешней средой является рабочее тело и приёмник работы):

$$W_{Sc} = P_0 \cdot V_{oc} = -P_0 \Delta V_{PT} < 0 \quad (15)$$

Эта работа отрицательна и изображается в виде площади фигуры  $3562_{y3}$ .

Подставляя выражения для работ (13) - (15) в (12)

$$L_{\text{HPAC}} = \dots = K_b + K_c = K_{\text{лиш}} \quad (16)$$

заключаем, что, действительно, убыль потенциальной функции  $Z$  даёт максимальную работу неравновесной адиабатной системы, состоящей из РТ и жидкой ОС неизменных параметров, при её переходе в состояния равновесия. Эта работа характеризует неравновесность данной системы  $L_{\text{HPAC}}$  и изображается в виде заштрихованной площади фигуры на рисунке 2.

Внешнюю работу HPAC можно также рассчитать как техническую работу поршня (эта работа отводится от поршня к приёмнику работы через шток или шатун) при отсутствии трения в адиабатном и изотермическом процессах, если пренебречь изменением механической энергии поршня [4],

$$\begin{aligned} L_{HPAC} - \Delta_{\text{тех.пор}} &= f^r (P - P_{oc}) W = \int p dV + \\ + \int f; p dV - p_{oc} \Delta V &= w_{t_2 s} + w^* + \int f v_H^e PAC_{\text{max}} \end{aligned}$$

Рассмотрим случай, когда система находится в барически неравновесном состоянии ( $p > p_0$ ), но в термически равновесном состоянии ( $T_1 = T_0$ ). Количество барической неравновесности такой системы можно определить из (12) и (16) с учётом того, что переход HPAC в равновесное состояние происходит в изотермическом процессе и, следовательно, для идеального газа  $a[\rho_T = 0$ ,

$$L_{HPAC} = T_0 \Delta S_{PJ} - p_0 \Delta V_{PT} = f V_T^e + W_0^e = \mathcal{J}_{HPAC}^e - \quad (18)$$

Поскольку объём и температура всей HPAC постоянны<sup>3</sup> ( $\Delta_{HPAC} = \text{const}$ ;  $T = T_0 = \text{const}$ ), то внешняя работа, не связанная с изменением полного объёма такой системы  $W_{y\setminus}$ , до полной потери неравновесности будет равна убыли потенциала Гельмгольца (изохорно-изотермического потенциала) для всей HPAC:

$$\begin{aligned} \mathcal{J}_{HPAC}^e &= \int_{V,T} -\partial F_{HPAC}^{HPAC} - \partial F_{HPAC}^{HPAC} - \int_{V,r} -F_{HPAC}^{HPAC} - \\ \mathcal{J}_{HPAC}^e &= \int_{V,T} -\partial F_{HPAC}^{HPAC} - \partial F_{HPAC}^{HPAC} - \int_{V,r} -F_{HPAC}^{HPAC} - \\ \mathcal{J}_{HPAC}^e &= \int_{V,T} -\partial F_{HPAC}^{HPAC} - \partial F_{HPAC}^{HPAC} - \int_{V,r} -F_{HPAC}^{HPAC} - \\ \mathcal{J}_{HPAC}^e &= \int_{V,T} -\partial F_{HPAC}^{HPAC} - \partial F_{HPAC}^{HPAC} - \int_{V,r} -F_{HPAC}^{HPAC} - \end{aligned} \quad (19)$$

где для идеального газа в изотермическом процессе  $\Delta U_{PT} \sim 0$ , а поскольку процесс обратим, то изменение энтропии HPAC равно нулю ( $\Delta S_{HPAC} = 0$ ).

В соответствии с уравнением ПЗТ для убыли ВЭ окружающей среды можно записать

$$- \Delta U_{oc} = -Q_{oc}^e + W_0^e = Q_T + p_{oc} \Delta V_{oc} = W^* \sim p_0 \Delta V_{PT}$$

так как теплота, отдаваемая ОС, равна и противоположна по знаку теплоте, получаемой рабочим телом:  $Q_T = -Q_{oc}$  в изотермическом процессе идеального газа вся внешняя теплота идёт на совершение рабочим телом внешней работы:  $Q = W$ ; поскольку объём всей HPAC постоянен, то  $\Delta V_{oc} = -\Delta V_{PT}$ .

Подставляя выражение (20) для убыли ВЭ окружающей среды в (19), получим выражение для внешней работы  $W_{y\setminus}$ , не связанной с изменением полного объёма системы,— максимальной работы, совершаемой бари-

<sup>3</sup> Строго говоря, температура ОС в результате отвода тепла понижается, однако из-за больших ее размеров понижение температуры окружающей среды (атмосферы) незначительно.

чески неравновесной системой РТ-ОС постоянного объёма при переходе её в равновесное состояние, или - для количества барической неравновесности такой системы:

$$K_2 = k_{рас} = K \sim P_0^{PT} = (JpdF)_T - \\ - jPo^{dV} = \sqrt{(P - P_{ос}W = \wedge_{тех.пор} = \wedge_{барич}}$$

Как видим, максимальная внешняя работа, которая может быть передана от барически неравновесной адиабатной системы потребителю работы получается меньше работы изменения объёма РТ в изотермическом процессе на работу вытеснения окружающей среды (совершается против неизменного давления ОС  $p^{\wedge}_{\xi}$

Если же для расчёта работы будем использовать выражение (10) для потенциальной функции  $Z_v$  или для потенциала Гельмгольца  $F_T$ , записанных для рабочего тела, то получим:

$$W^c - \sim AZ_v = -\Delta F_T = F_{PT1} - F_{?l2} = u_{ц} - TS_{PJ} - U_{PT2} + TS_{PT2} = \\ = -A U_n + \Gamma_0 AS_{?T} = T_0 AS_{?T} = Q_t = W^* = W^{\wedge} * A_{барич} = \wedge_T - \quad (22)$$

Следовательно, потенциальная функция  $Z_v$  и потенциал Гельмгольца  $F_v$  рассчитанные для рабочего тела, находящегося в равновесном состоянии, являются потенциалами для работы изменения объёма, совершаемой рабочим телом в изотермическом процессе. Однако убыли этих потенциалов не равны внешней работе, совершаемой НРАС в изотермическом процессе (21), а значит, они не характеризуют изменение неравновесности какой-либо системы.

Мерой неравновесности системы РТ-ОС при протекании в ней изохорно-изотермического процесса в соответствии с (19) является убыль изохорно-изотермического потенциала  $-A\Gamma_{уТ}$  , ГЛНРАС рассчитываемого для всей неравновесной системы.

Отсюда можно сделать общий вывод, что определяемые в курсах термодинамики потенциалы локально-равновесных систем (например, рабочего тела в цилиндре) и их убыль не характеризуют изменение какой-либо неравновесности и не дают значение внешней работы, совершаемой неравновесной системой, в состав которой входит данная локально-равновесная система. Только убыль термодинамического потенциала, рассчитанного для всей совокупности тел неравновесной системы, равна уменьшению неравновесности системы, а значит, и внешней работе этой системы по мере её перехода в равновесное состояние.



## ЛИТЕРАТУРА

1. **Рындин В.В.** Концепция неравновесности как основа второго закона термодинамики // Наука и техника Казахстана - 2002 - № 3 - С. 17-28.
2. **Рындин В.В.** Количественные характеристики (меры) неравновесности системы в данном состоянии и её изменения при протекании процессов // Наука и техника Казахстана - 2002-№ 4- С. 12-21.
3. **Андрющенко А.И.** Основы технической термодинамики реальных процессов: Учеб. пособие для вузов.-Изд. 2-е, перераб. и доп.-М.: Высш. школа, 1975.-264 с.: ил,
4. **Рындин В.В.** Понятие работы -  $u\text{идр}$  в термодинамике // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений).- 1991-№ 10-С. 64-68.

УДК 678.742.3

ШМ  
%  
тиц

## СОВРЕМЕННЫЕ КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА

О.В. Савельев, А. Нухулы, И.В. Мальков

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

ШМ  
%  
тиц

*Мақалада полипропилен өндірісіндегі жаңа катализаторлы жүйе туралы қарастырылған. Қысқаша аталмыш бағытта болашағы көрсетіледі. Аталған катализатордың құрылымы, сипаты және эрекет механизмі көрнекті түрде көрсетіледі.*

ШМ  
%  
тиц

*В статье говорится о современных каталитических системах в производстве полипропилена. Кратко освещается перспективность данного направления. Наглядно показаны структуры, свойства и механизм действия упомянутых катализаторов.*

*In this article talked about modern catalytic systems in productions of polypropylene. We can see good future for this occupation, and structure, properties, activity mechanism of this catalyst.*

Легкие олефины, этилены, пропилен и бутилен давно являются основными компонентами, используемыми для производства разнообразных нефтехимических продуктов и топлива. Сегодня легкие олефины используются для производства бензина, полимеров, антифризов, нефтехимических продуктов, взрывчатых веществ, растворителей, лекарственных средств, фумигантов, смолы, синтетического каучука и многих других продуктов.

Этилен занимает первое место среди сырья, которое используется в нефтехимической промышленности, практически весь объем этилена поступает в результате термического (парового) крекинга углеводородного сырья, такого как этан, пропан, нефть и газойл.

Пропилен занимает второе после этилена место среди сырья, которое используется для производства нефтехимических продуктов. Основным источником нефтехимического пропилена является пропилен, который производится как побочный продукт при производстве этилена. Установки

для производства этилена, на которых используется жидкое сырье для переработки, обычно производят около 15% (% по весу) пропилена, они обеспечивают нефтехимическую промышленность пропиленом почти на 70%.

За последние двадцать лет спрос на пропилен быстро возрос, в основном за счет спроса на полипропилен. Спрос на пропилен, который необходим для нефтехимической промышленности, вырос быстрее, чем спрос на этилен, эта тенденция продолжает сохраняться. В течении следующих двадцати лет ожидается увеличение спроса на пропилен более чем в два раза. В течении следующих пяти лет ожидается увеличение спроса на этилен, пропилен и бензин/дистилляты соответственно на 5.3, 5.6 и 3.0 процента в год (2).

Большинство катализаторных систем для производства полипропилена, используемых в настоящее время в промышленности, основываются на технологии, разработанной и внедренной в 80-е годы. Для производства в разнообразных процессах используются различные варианты. Эти катализаторы обычно относятся к 4-му поколению катализаторов Циглера-Натта. Большинство из них имеют титановую основу на носителе, представляющем  $MgCl_2$ . Они проявляют хорошую активность и обеспечивают приемлемый контроль за стереорегулярностью и молекулярным весом.

Поэтому мы можем задать вопрос: если существующие катализаторы настолько хороши, зачем их менять, особенно учитывая риски?

Но, хотя при смене катализаторов существует риск, также может появиться и компенсация, т.е. возможность повысить ценность продукции. Новые, наиболее современные катализаторы способны увеличить ценность благодаря производству новых, улучшенных полиолефинов с более широкими характеристиками. Эти современные полимеры имеют более высокие рабочие характеристики, обеспечивая возможность нового целевого применения. Экономические показатели учитываются, но в действительности стоимость катализаторов составляет лишь очень небольшую часть от стоимости производства полипропилена. Имеется намного больше возможностей повысить ценность путем повышения возможностей продукта, чем снизить стоимость катализаторов. Тем не менее, стоимость нельзя игнорировать, и экономия затрат всегда приветствует заказчиков.

#### ***Фталатные катализаторы-эволюция***

Фталатные катализаторы 4-го поколения с высокими рабочими характеристиками являются многоцелевыми катализаторами, предназначенными для экономичного производства широкого диапазона продуктов. В

качестве внутреннего донора эти катализаторы используют фталаты. Они имеют хорошее морфологическое регулирование и широко используются в производстве пленок, волокон, в литьевом формовании, а также в других применениях.

Размер и форма частицы катализатора влияют на размер и форму частицы полимера. Частицы очень сферические и однородные, которые производят очень однородные сферические частицы полимера. Фталатные катализаторы дают полипропилен с очень узким распределением размеров частиц. Количество мелочи (т.е. менее 75 микрон), что при определенных обстоятельствах может вызвать эксплуатационные проблемы, очень низкое.

Фталатные катализаторы обычно имеют производительность примерно на 40% выше по сравнению с обычным. Производительность катализатора обычно составляет 60 т/кг для времени пребывания в реакторе порядка 2 часов. Это означает уменьшение расхода катализатора и донора, а также возможность сократить уровень присадок в полимере ввиду пониженных остатков катализатора.

#### *Диэфирные катализаторы*

Диэфирные катализаторы используют диэфиры в качестве внутренних доноров и известны как 5-ое поколение катализаторов. Открытие диэфиров в качестве внутреннего донора явилось прорывом, который:

- увеличил пробег с увеличением рабочих характеристик установки;
- улучшил реакцию на водород с расширением возможностей продуктов, что позволяет производить сорта с очень высокой вязкостью расплава;
- дал узкое молекулярно-массовое распределение, необходимое для особых волокон и сортов тонкостенного инъекционного формования.

Подобно фталатным катализаторам диэфиры также производятся с очень сферической формой и узким распределением размеров частиц. Полученная смола отражает первоначальные частицы катализаторы, которые являются очень правильными по форме с низким содержанием мелочи и хорошей текучестью порошка.

Производительность является наиболее важным атрибутом катализаторов для производства полипропилена, и производительность диэфира примерно вдвое выше по сравнению с текущими катализаторами 4-го поколения. Так, при 2-х часовом времени пребывания можно достичь производительности диэфирных катализаторов свыше 100 тонн/кг. Кроме того, диэфирные катализаторы не требуют использования для многих сортов внешних доноров.

### *Сукцинатные катализаторы*

Последним добавлением к семейству катализаторов являются новые сукцинатные катализаторы. В прошлом мае фирма Бассел выпустила пресс-сообщение, объявляющие о начале выпуска этого нового семейства катализаторов. В настоящее время эти катализаторы производятся в Феррари, Италии. Они прошли обширные испытания в лаборатории и на опытных установках. Сукцинаты являются производным янтарной кислоты и, подобно диэфирам, включают оригинальные новые химические продукты.

Сукцинатные катализаторы используют сукцинаты в качестве внутренних доноров и являются последним усовершенствованием катализаторных систем 5-го поколения. Открытие сукцината в качестве внутреннего донора явилось революционным прорывом в производстве продуктов с широким молекулярно-массовым распределением.

Подобно фталатным и диэфирным катализаторам сукцинаты также производятся очень сферическими с узким распределением размера частиц. Производимые с помощью этих катализаторов смолы отражают первоначальные частицы катализатора и являются очень правильными по форме, с низким содержанием мелких фракций и хорошей текучестью порошка.

В итоге, если новые катализаторы должны иметь «промышленный» успех, важно также иметь четкое понимание процесса и получаемых продуктов. Существует риск в смене катализатора, что нельзя недооценивать, но также может быть компенсация, особенно если расширить возможности продукта. Различные семейства катализаторов, основывающиеся на внутренних донорах электронов, имеют разные рабочие характеристики и возможности продукта. Новые фталатные катализаторы 4-го поколения являются внедренными заменами, обеспечивающими экономические преимущества. Диэфирные катализаторы 5-го поколения расширяют профиль свойств, высокую кристалличность и смолы с узким молекулярно-массовым распределением. Сукцинатные катализаторы 5-го поколения производят смолы с широким молекулярно-массовым распределением с улучшенной жесткостью и обрабатываемостью.

### ЛИТЕРАТУРА

1. 1<sup>st</sup> Russian Petrochemicals Business Conference - М - 2002 - p.34-38.
2. 2<sup>nd</sup> Russian Refining Technology Conference.- М.- 2002 - p.75-84.
3. *Коргуяк В. В.* Технология пластических масс - М.: Химия. 1985 - 300 с.

# ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 621.742.4

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ВОДНО- ГЛИНИСТОЙ СУСПЕНЗИИ

Е.С. Абдрахманов, Т. Сабиров, Н.К. Кулумбаев,  
А. Мухтанова, Ж. Садыкова, Г. Шегебаева

*Павлодарский государственный университет  
им. С. Торайгырова*

*Жумысти планетарлык механизмді аппаратта сазды-су суспензиясын  
дайындаудың кейбір мәселгелері қарастырылған.*

*В работе рассматриваются некоторые вопросы приготовления  
водно-глинистой суспензии в аппарате с планетарным механизмом.*

*The questions of water-clayey substance preparing in apparatus with  
planned mechanism of mixture.*

Качество отливок получаемых в песчано-глинистых формах прямо зависит от качества самой смеси, т.е. от уплотняемости, текучести, податливости и прочности [1, с. 71].

Для приготовления формовочной смеси, используемой в литейном производстве, необходимо следующие компоненты:

- отработанная оборотная смесь;
- песок кварцевый с содержанием природной глины менее 2%, марки 1К016-1К032;
- глина огнеупорная бентонитовая молотая сухая, порошкообразная;
- лигносульфанат для повышения прочности смеси;
- каменноугольная пыль ПЖ для понижения химического пригара в разделе форма-металл.

Эти компоненты являются основными составляющими смеси при машинном уплотнении песчано-глинистых форм.

Усредненный состав смеси для тракторных отливок при машинной формовке следующий:

- оборотная смесь ~ 93 % ,
- глинистая суспензия «3 % ,
- лигносульфанат «1 % ,
- асбестовые крошки ~ 1% ,
- свежий кварцевый песок «2%,

причем при смешивании глину дают в виде водно-глинистой суспензии, так как раздельная их подача снижает их *смешиваемость*, т.е. **равномерность покрытия суспензией поверхность каждой песчинки**.

Таким образом, становится очевидным вопрос «О получении качественной водно-глинистой суспензии» - как главный компонент, определяющий прочностные свойства смеси.

Процесс получения глинистой суспензии происходит в смесительных аппаратах, т.е. в аппаратах с перемешивающими устройствами.

Перемешивание представляет собой процесс многократного перемещения частиц текущей среды относительно друг друга во всем объеме аппарата, происходящий под действием импульса, передаваемого среде механической мешалкой. В промышленной практике для перемешивания используют, главным образом, вращающиеся механические мешалки различных конструктивных типов [2]. Следовательно, при необходимости выбора конструктивного типа аппарата с мешалкой возникает вопрос об количественных характеристиках, позволяющих сравнивать различные мешалки. В нашем случае сравнительными числовыми характеристиками будет достижение технологического качества водно-глинистой суспензии, за более короткое время.

Нам кажется, что этого можно достичь, за счет интенсификации перемешивания потока в аппарате, т.е. за счет турбулизации потока в баке смесителя.

Интенсификация потока можно достичь различными путями, в частности, применением вращающихся механических мешалок различных конструкций. Один из вариантов таких мешалок, как в конструктивном, так и оптимизационном смысле процессов, рассматривается на настоящей работе. Это - смесительный аппарат АПТПЖС: аппарат планетарного типа для перемешивания жидких сред - патент № 2060807, от 27 мая 1996 года. Аппарат - лабораторный, полупромышленного типа и его гидрoхймикo-механические, а также гидродинамические характеристики являются предметом исследования.

В аппарате с любым объемом, в зависимости от частоты вращения лопастей п, имеют место различные гидродинамические режимы движения

жидкости, от которого зависит мощность  $N$  перемешивания. Критерий мощности в первую очередь определяется центробежным критерием Рейнольдса  $Re_c = \rho n d_M^2 / \mu$  и определяется нелинейным соотношением [2]

$$K_N = f(Re, J),$$

где  $\mu$  - динамический коэффициент вязкости.

Геометрий потоков, создаваемой лопастями в баке данного аппарата, были изучены с теоретической и экспериментальной точки зрения. Результаты исследования будут опубликованы.

Экспериментальные данные показывают, что смесительный аппарат создает сильно развитое турбулентное течение в проточных частях аппарата. В частности было установлено, что в проточной части аппарата возникают мероидальные течения: *вынужденные, несколько контурные циркуляционные течения*.

Результаты эксперимента и эмпирические выводы. В одних и тех же условиях проводились серии экспериментов по выявлению различных рабочих параметров АПТПЖС. Была установлена пороговая вращательная скорость ( $\omega$ ) мешалки, выше которой в растворе появляются пузырьки. Появление пузырьков отрицательно влияют на скорость растворимости частиц в жидкости, что приводит к увеличению рабочего времени аппарата. Это противоречит целевой установке: *получение качественной водно-глинистой суспензии за оптимально-технологическое время*. Очевидно, что эта пороговая скорость ( $\omega$ ) была установлена для конкретного случая - при получении водно-глинистой суспензии для формовочной смеси.

Опыт проводился следующим образом.

Аппарат загружался технологически необходимыми компонентами, которые при полном смешивании соответствует суспензии с заданной вязкостью.

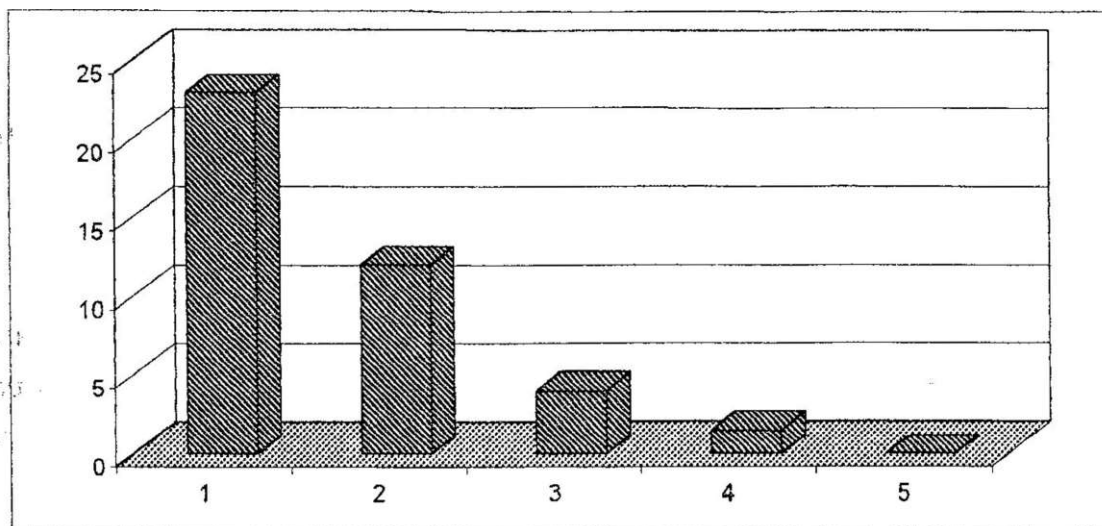
Далее из смесителя через каждую минуту, начиная с начала работы аппарата, снимались пробы методом свободной наливки на стеклянные пластинки. Они разбиты на 9 ячеек с размерами 10х10 мм. Затем каждый квадратик этой пластинки подвергался на микроисследования на предмет подсчета нерастворимых частиц с помощью микроскопа МИМ-7. Усредненные результаты проб каждой серии экспериментов приведены в таблице 1.

По данным таблицы 1 построим гистограмму и по ней определяем усредненную величину скорости растворения частиц.



Таблица 1

№ пробы	Время (мин)	Количество нерасстворенных : частиц («-сред, кол-во)
1	1	23
2	2	12
3	3	4
4	4	1,5
5	5	0



Гистограмма экспериментальных данных

Рис. 1

На основе экспериментальных данных составим интерполяционный многочлен Лагранжа

$$L(t) = [2.5t^3 - 6t^2 - 65,51 + 207J/6] \quad (1)$$

и эмпирическую формулу

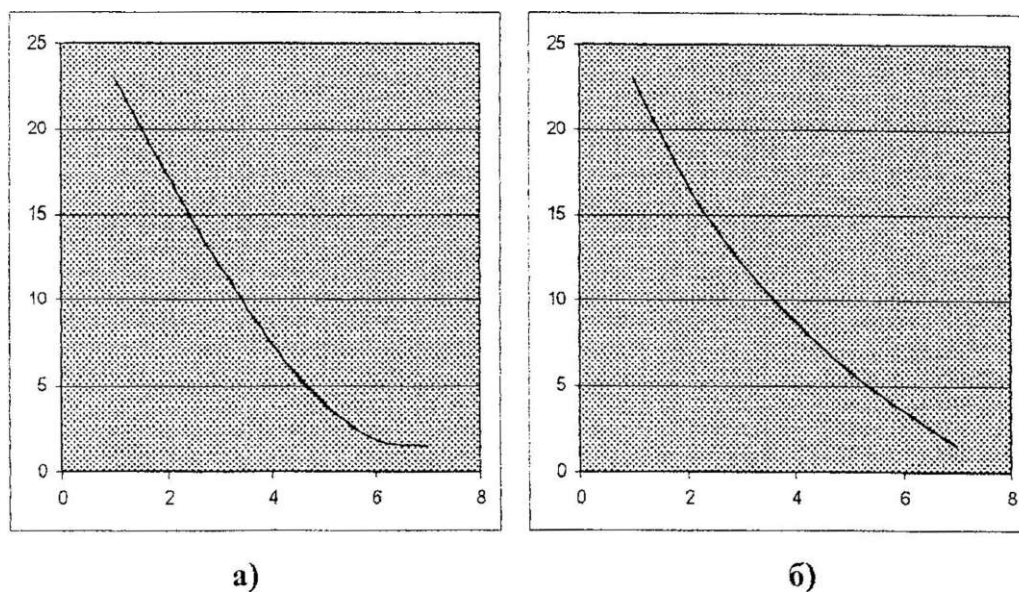
$$n = -35.8 \lg t + 23 \quad (2)$$

зависимостей между временем ( $t$ ) интенсивной работы смесителя и числом ( $n$ ) нерасстворенных частиц в суспензии.

. Графики этих зависимостей приведены на рисунке 2: а) - многочлен Лагранжа; б) - эмпирическая формула зависимости. Очевидно, что по этим соотношениям можно определить как скорость растворения частиц, так и оптимальное время, необходимое для достижения поставленной цели.

На практике поставленную выше задачу можно решить еще путем определения требуемого уровня концентрации за короткое время, что соответствует постановке задачи. Для этого составим математическую модель рассматриваемого процесса.

Процессы химической технологии - это сложные физико-химические системы. В зависимости реализации процессов и его *аппаратурного оформив-*



Графики зависимостей нерастворимых частиц от времени  
Рис» 2

иия все многообразие химико-технологических процессов, а также их математических моделей, можно разделить на несколько классов, а именно:

- процессы нестационарные (переменные во времени) - динамические модели,
- процессы стационарные (не меняющиеся по времени) - статические модели,
- процессы, в ходе которых параметры меняются в пространстве, - модели с распределенными параметрами,
- ~ процессы, в ходе которых параметры не меняются в пространстве, - модели с сосредоточными параметрами.

Рассматриваемый нами процесс - процесс получения качественной водно-глинистой суспензий - относится к нестационарным, т.е. к динамическим моделям. При составлении математической модели необходимо использовать закономерности физических и химических процессов, происходящих в исследуемом объекте. Кроме того необходимо учитывать конструктивные параметры химико-технологического аппарата (мощность, напор, диаметр и др.), свойств обрабатываемых веществ (констант скорости, вязкости и др.) [2]. Отсюда видно, насколько сложно составление математической модели процесса, адекватно описывающий процесс.

Известно [3], что суспензии бентонитовых глин относятся к реопектическим неньютоновским жидкостям, включающим в себе реакцию  $A \text{ л-} B \quad \kappa > P \sim$  реакцию двух реагентов:  $A$  и  $B$ - жидкости и сухого вещества. Тогда уравнения материального баланса имеет вид

$$\begin{cases} \frac{dC_A}{dt} \sim V \\ \frac{dC_B}{dt} \sim V \end{cases} \quad A? \quad B, \quad (3)$$

с начальными условиями

$$C_A = C_{A0} \quad C_B = C_{B0} \quad (4)$$

при  $t = 0$ .

Здесь  $V$  - объем бака аппарата смешения,  $y_A + y_B = y$  - количество и подаваемых реагентов  $A$  и  $B$  - жидкости и сухого вещества,  $k$  - константа скорости реакции. Константа скорости реакции  $k$  зависит от многих факторов, и поэтому считается неизвестной величиной. Однако в данной работе мы считаем, что  $k$  - const. Эмпирические значения  $k$  можно определить, используя соотношения (1) или (2).

Как видно здесь не учтены многие параметры процесса. Однако в дальнейшем убедимся, что, решая систему (3), (4), мы получим приближенную формулу для вычисления уровня концентрации реагента  $B$  в суспензии.

Действительно, из (3) вытекает соотношение

$$C_A - C_B - C_{B0} + C_{A0} \cdot \quad (5)$$

Используя это соотношение, из (3) получим

$$\frac{dC_B}{dt} = k(C_{A0} - C_B) - k(C_{B0} - C_B) \quad (6)$$

Следовательно,

$$C_B(t) = C_{B0} + (C_{A0} - C_{B0}) \frac{1 - e^{-k(C_{A0} - C_{B0})t}}{1 - e^{-k(C_{A0} - C_{B0})t}} \quad (6)$$

Здесь  $C_{L/2}$  - концентрация реагента  $A$  в суспензии,  $C_{A0}$  - начальная концентрация реагента  $A$ ,  $C_{B0}$  - начальная концентрация реагента  $B$ ,  $k$  - константа скорости реакции,  $V$  - объем бака аппарата смешения,  $v_A$  - количество подаваемого реагента  $A$ ,  $v_B$  - количество подаваемого реагента  $B$ ,  $y$  - количество и подаваемых реагентов  $A$  и  $B$  - жидкости и сухого вещества,  $k$  - константа скорости реакции.

$$C_B(t) = C_{B0} + (C_{A0} - C_{B0}) \frac{1 - e^{-k(C_{A0} - C_{B0})t}}{1 - e^{-k(C_{A0} - C_{B0})t}} = 0$$

которые являются состояниями равновесия реакции.

Соотношение (6) определяет уровень концентрации реагента  $B$  в суспензии в любой момент времени  $t$ . (6) совместно с (5) должны образовыв-

вать систему материального баланса (здесь не учитываются тепловые процессы, протекающие в ходе реакции). Если известен требуемый уровень концентрации, то по (6) можно определить оптимальное время суспендирования.

Очевидно, что при  $t \rightarrow \infty$  получим «идеальный уровень концентрации».

$$C = C_0 - \frac{v}{kV} + \sqrt{\left( C_D - C_0 - \frac{v}{kV} + 4v \right)}$$

### ЛИТЕРАТУРА

1. Матвееико И.В., Бельчук В. С. Реологические основы испытаний формовочных смесей и импульсного уплотнения. Ротапринт МАСИ - 1991- 87 с.
2. Васильцов Э.А., Ушаков В.Г. Аппараты для перемешивания жидких сред. ~ Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1979 -271 с.
3. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. Под общей ред. д.т.н. Б.Б.Некрасова. Минск.: Вышэйшая школа, 1985 - 382 с.

Ц УДК 546.19:669.337.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА Г/ ОСАЖДЕНИЯ МЫШЬЯКА ОКСИДОМ БАРИЯ ИЗ МЕДНОГО ЭЛЕКТРОЛИТА АО «БАЛХАШМЫС»

М.И. Байкенов, З.Б. Абсат, З.Б. Сагиндыкова,  
Х.Б. Омаров, С.Е. Дюсембаева, Г.Ш. Султанова

Jjj Карагандинский государственный университет  
им. Е.А. Букетова

||§§ Жұмыста мышьяқты барий оксидімен тундырудың эксперименталды  
C^f деректері келтірілген. Зерттеулер төрт деңгейдегі бес факторлы  
j^fjjj матрицаны қолдану арқылы жүргізілген. Мышьяқтың түну дәрежесінің  
fgjj| зерттеуші факторлардан жеке тәуелдіктері келтіріліп, олардың әрқайсысы  
UJJ үшін математикалық юеңде) > таңдалынып, корреляция коэффициенттері  
және олардың мәнділігі есептелініп, жалпылаған Протодьяконов теңдеуі  
табылған. Процестің жылдамдылығының температурадан тәуелділігі  
есептелініп, процестің активация энергиясы 74,44 кДж/моль-ға тең.  
Мышьяқтың барий оксидімен туну мүмкінділігі орташи есеппен 84,5% тең  
екенділігі көрсетілген.

В работе представлены экспериментальные данные по осаждению мышьяка оксидом бария. Исследования проведены с использованием пятифакторной матрицы на четырех уровнях. Представлены частные зависимости степени осаждения мышьяка от исследуемых факторов, для каждой из них подобрано математическое уравнение, рассчитаны коэффициенты корреляции и их значимости, найдено обобщенное уравнение Протодьяконова, рассчитана зависимость скорости процесса от температуры и энергия активации процесса равная 74,44 кДж/моль. Показана возможность осаждения мышьяка оксидом бария в среднем на 84,5%.

The are presentations of experimental returns by precipitate arsenic of barium oxide in the work. The investigations used five factor matrix on four levels. By virtue of receipting results present partial dependences degrees of precipitating arsenic from analysing factors, for each others, selected mathematic equation, considered correlation coefficients and their considerable, found welfare equation Protodjakonov's considered dependence speed of process from temperature and activation energy of process equal 74,44 cG/mol. Shewed possibility of precipitating arsenic barium oxide in middle on 84,5%.

Завершающей стадией медного производства является электролитическое рафинирование анодной меди с получением высококачественной катодной меди. Одним из условий успешного проведения процесса электролиза является предотвращение накопления вредных примесей таких, как мышьяк, в медном электролите.

В связи с близостью электродного потенциала мышьяка к электродному потенциалу меди в сернокислых растворах он может соосаждаться на катоде вместе с медью, что ухудшает качество катодной меди и снижает технико-экономические показатели производства. Для решения указанных проблем и вопросов экологического характера нами исследована возможность вывода мышьяка из медного электролита в виде труднорастворимых соединений.

В настоящей работе приведены результаты экспериментов по осаждению мышьяка оксидом бария.

Исследование проводили по методике вероятностно-детерминированного планирования эксперимента с использованием пятифакторной матрицы на четырех уровнях [2]. В качестве факторов взяты: Ва:As (1,45:1; 2,9:1; 4,35:1; 5,8:1); температура, °С (25,40,55,70); концентрация серной кислоты, г/л (80,100,120,140); продолжительность, мин. (15, 30, 45, 60) и кратности подачи осадителя (единовременное или частями) (1,2,3,4).

Опыты проводили при перемешивании в термостатированных реакционных ячейках емкостью 200 мл. По окончании опытов осадки отделяли от жидкой фазы фильтрованием. Остаточное количество мышьяка в фильтрате определяли объемным бихроматометрическим методом [3]. Для исследований использован раствор медного электролита АО «Балхашмыс» следующего состава:

Коми.	Си	Ni	H <sub>2</sub> S <sub>0</sub> <sub>4</sub>		S <sub>0</sub> <sub>4</sub>	Cl	As	Sb
г/л	36,87	7,75	100,0		174,21	0,099	8,45	0,64
	Fe	Mg	Al	Pb	Ca	Zn	K	Na
	0,40	0,18	0,51	0,05	0,35	0,032	0,262	2,33

Условия опытов и полученные результаты приведены в таблице 1.

По результатам экспериментальных данных проведена выборка данных, для каждой из которых подобрано алгебраическое описание (табл. 2, рис. 1).

Адекватность полученных зависимостей проверена путем расчета коэффициентов корреляции и их значимостей (табл. 3).

Анализ частных зависимостей (рис. 1 в, г, д) показывает, что повышение времени, температуры и кратный способ подачи способствуют повышению степени осаждения мышьяка, что, по-видимому, связано с образе-

Таблица 1

План-матрица и результаты пятифакторного эксперимента на четырех уровнях

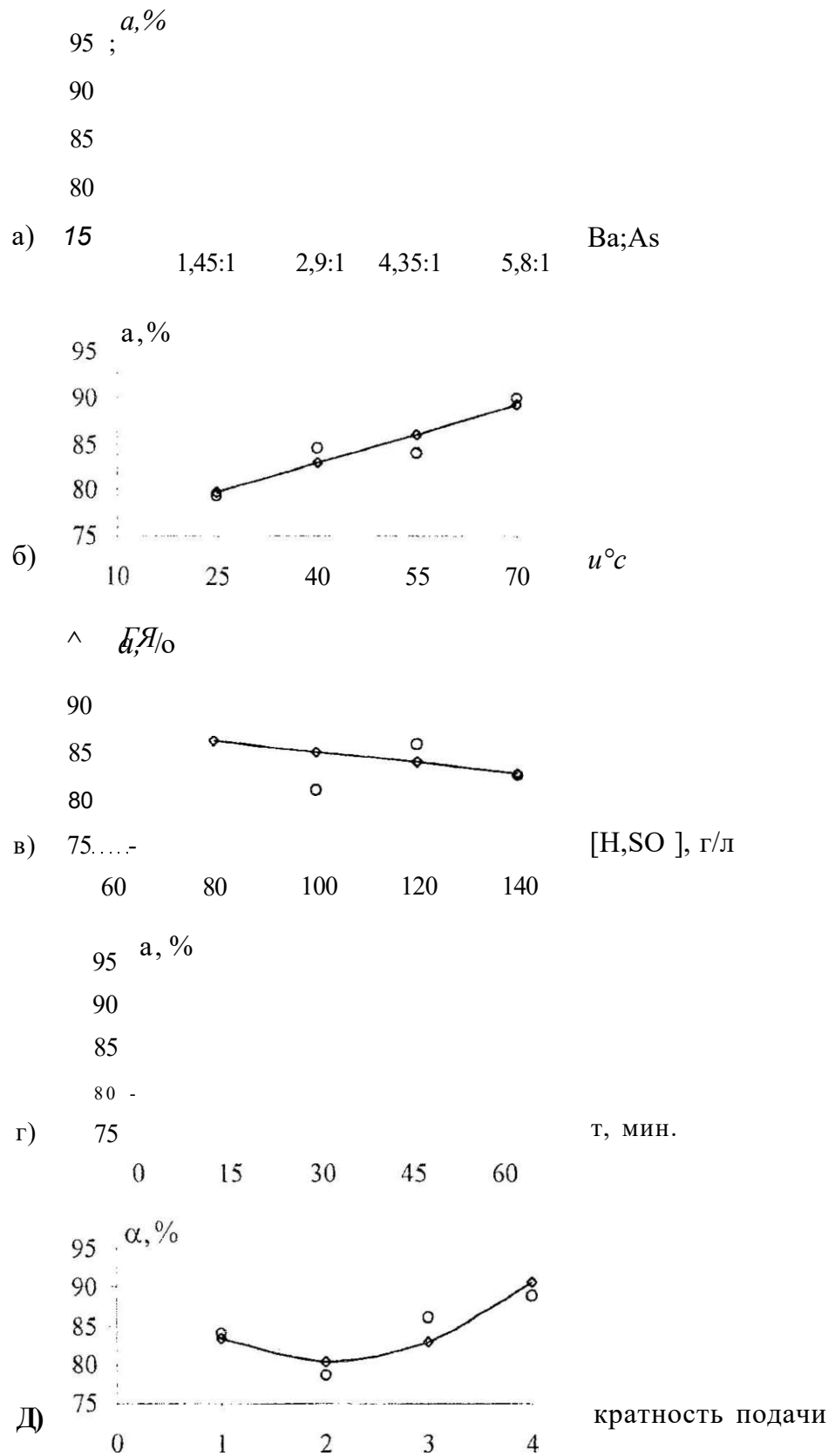
№	Отношение Ва:As (x <sub>1</sub> )		Температура, °С (x <sub>2</sub> )	[H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ] г/л (X <sub>3</sub> )	Время, мин. (X <sub>4</sub> )	Крат. подачи (x <sub>5</sub> )	Степень осаждения мышьяка a, %	Степень осаждения мышьяка a <sub>т</sub> , %
1	1,45	1	25	80	15	1	80,52	77,29
2	2,9	1	40	100	30	1	82,13	82,21
3	4,35	1	55	120	45	1	85,13	86,07
4	5,8	1	70	140	60	1	88,36	89,09
5	1,45	1	40	120	60	2	81,45	80,63
6	2,9	1	25	140	45	2	72,45	77,37
7	4,35	1	70	80	30	2	88,94	85,47
8	5,8	1	55	100	15	2	72,08	80,26
9	1,45	1	55	140	30	3	84,11	84,91
10	2,9	1	70	120	15	3	91,65	86,88
11	4,35	1	25	100	60	3	78,88	80,37
12	5,8	1	40	80	45	3	89,84	82,18
13	1,45	1	70	100	45	4	90,56	97,47
14	2,9	1	55	80	60	4	94,84	95,20
15	4,35	1	40	140	15	4	85,00	88,31
16	5,8	1	25	120	30	4	85,59	85,72

Таблица 2

Частные зависимости степени осаждения мышьяка оксидом бария в растворах от исследованных факторов (верхнее экспериментальное, нижнее-теоретическое значения)

Функция	Уровни факторов				Среднее значение
	1	2	3	4	
Объём Ва:As	84,16	85,27	84,49	83,97	84,47
	84,37	84,79	84,63	83,87	84,41
a <sub>2</sub> ; t, °С	79,36	84,61	84,04	89,88	84,47
	79,74	82,89	86,04	89,19	84,46
a <sub>3</sub> ; [H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ], г/л	88,53	80,91	85,95	82,48	84,47
	86,72	85,07	83,87	82,67	84,47
a <sub>4</sub> ; t, мин.	82,31	85,19	84,49	85,88	84,47
	82,76	84,26	85,15	85,79	84,49
a <sub>5</sub> ; кратность подачи	84,03	78,73	86,12	89,00	84,47
	83,40	80,46	82,86	90,60	84,33

Частные зависимости степени осаждения мышьяка оксидом бария



о - экспериментальные

0-теоретические значения степени осаждения мышьяка оксидом бария

Рис» 1



ванием, наряду с арсенатом бария, также и сульфата бария, свежесформированные частицы которого могут сорбировать на своей поверхности арсенат-ионы [4]. Наличие постоянно обновляющейся поверхности осадителя также способствует повышению степени осаждения мышьяка (рис. 1 д).

Таблица 3

**Коэффициенты корреляции (R) и их значимости ( $t_R$ ) для частных зависимостей степени осаждения мышьяка оксидом бария**

Функция	R	$t_R$	Значимость
$a_1 = 0, \text{И}x^2 + 0,90x + 83,36$	0,73	2,21	Значима
$a_2 = 0,21x^2 + 74,49$	0,89	6,05	Значима
$a_3 = -0,06x_3 + 91,07$	<0,66	<2	Незначима
$a_4 = 77,13x_4^{U_{U_6}}$	0,83	3,77	Значима
$a_5 = 2,67x_5 - 10,95x_5 + 91,68$	0,75	2,42	Значима

Снижение степени осаждения мышьяка с увеличением концентрации серной кислоты (рис. 1 б) связано, по-видимому, с тем, что при повышенном содержании  $\text{SO}_4^{2-}$ -ионов превалирует образование сульфата бария, хотя произведение растворимости арсената бария по сравнению с сульфатом бария [ $\text{p}K_{\text{Ba}_3(\text{AsO}_4)_2} = 7,8 \cdot 10^{51}$ ;  $\text{p}K(\text{BaSO}_4) = 1,10$ ] значительно ниже [5].

Анализ частной зависимости степени осаждения мышьяка от количества осадителя (рис. 1 а) показывает, что она близка к прямолинейной.

Статистическое описание частных зависимостей представлено обобщенным уравнением Протодьяконова:

$$Y_n = (0,4x^2 + 0,90x + 83,36) \cdot (0,21x + 74,49) \cdot (77,13x^{U_{U_6}}) \cdot (2,67x_5 - 10,95x_5 + 91,68) \cdot 84,47^{\text{R}}$$

Коэффициент корреляции  $R = 0,66$ , значимость  $t_R = 3,88$ , ошибка уравнения  $a = 4,85\%$ .

На основе уравнения Протодьяконова и графических зависимостей можно оценить степень осаждения при любых параметрах процесса (в изученных пределах). Например, при соотношении Ba:As равном 2,9:1, температуре  $70^\circ\text{C}$ , продолжительности 1 час и кратности подачи реагента равном 4 теоретически рассчитанная степень осаждения мышьяка составляет 97,52%.

Используя уравнение Протодьяконова (1) и уравнения 2 и 3 можно оценить величину энергии активации степени осаждения мышьяка от времени опыта [2]:

$$Y_c = e^{y'' - ay} \tag{2}$$

Коэффициенты а и в вычислены методом наименьших квадратов.

Преобразования приводят к следующему уравнению:

$$OXJ \quad O- \quad U \text{ ср} \quad o,$$

С использованием уравнений (2) и (3) и уравнения Протодьяконова при оптимальных условиях рассчитана температурная зависимость скорости процесса осаждения мышьяка (табл. 4, рис.2), найденных методом наименьших квадратов:

$$\ln \frac{v}{v_0} = 12,14 - 8953,49 \cdot \frac{1}{T} \tag{3}$$

где  $x = 1/T$ , откуда по множителю  $B = \frac{E}{R}$  определено  $E = 74,44$  кДж.

**Таблица 4**

**Изменение скорости процесса осаждения мышьяка оксидом бария от температуры**

Температура, К	$\Delta x$ ,	1 л А $\Delta x_2$
298	$1,50 \cdot 10^{-6}$	-18,01
313	$6,65 \cdot 10^{-6}$	-16,53
328	$2,79 \cdot 10^{-6}$	-15,09
333	$11,13 \cdot 10^{-7}$	-13,71

**Изменение скорости процесса осаждения мышьяка оксидом бария от температуры**

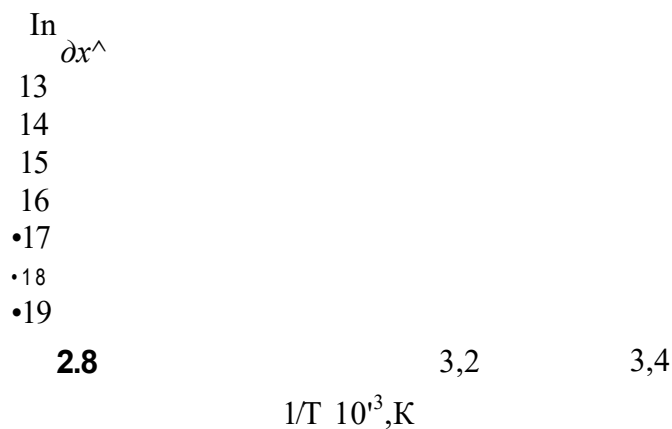


Рис.2

Таким образом, полученные нами результаты исследований свидетельствуют о перспективности применения оксида бария (BaO) в качестве реагента для очистки медного электролита от мышьяка.

#### Литература

1. *Уткин Н.И.* Производство цветных металлов - М.: Интермет инжиниринг, 2000.-442 с,
2. *Мальшев В.П.* Вероятностно-детерминированное планирование эксперимента.-Алма-Ата: Наука, 1981- 116 с.
3. *Файнберг А.С., Филиппова Н.А.* Анализ руд цветных металлов - М.: Металлургиздат, 1963 - 871 с.
4. А.с. № 305742 СССР. Оpubл. в Б.И. № 1, 1975.
5. *Лурье Ю.Ю.* Справочник по аналитической химии - М.: Химия, 1989 - 448 с.

Ц УДК 739.384.001.5

ит

Ц ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-  
Ш ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
Щ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИН  
J§ ПРИ ПОПЕРЕЧНОМ НАГРУЖЕНИИ

Шй  
ИИ

С.К. Ельмуратов, Г.Т. Тлеуленова

Щh Павлодарский государственный университет  
им. С. Торайдырова

isif

*Біркелкі таралған, сатылы, әр түрлі тірелу жағдайлар және әр түрлі  
ш тірелу әуағдайларының қатынастар жүктемесіне пластинаны ғйлуге  
lf§g зерттелген. Жуқа қабырғалы конструкциялар құрылыстың әр түрлі  
:g салаларында кең қолдануда: жаппа панельдері, болат табақіа  
;!J§! конструкциялары және т.б., сондықтан оларды зерттеу өзекті проблема  
болып табылады.*

*Исследованы пластины на изгиб от нагрузок равномерно-  
распределенных, ступенчатых, при различных условиях опирания, при  
различных соотношениях сторон. Тонкостенные конструкции широко  
применяются в различных отраслях строительства: панели перекрытия,  
стальные листовые конструкции и т.д., поэтому их исследование является  
актуальным.*

*The plates on a bend from loadings in regular intervals - distribute, step  
are investigated, under various conditions at various ratio of the parties. The  
thin-walled designs are widely applied in various branches of construction: pan-  
els of blocking, steel sheet designs etc., therefore their research is urgent.*

Рассмотрим дифференцированное уравнение изгиба пластин при дей-  
ствии поперечной нагрузки. Задача сводится к интегрированию уравне-  
ния Софи Жермен-Лагранжа [1]

$$\frac{a^4 w}{\partial x^4} - \frac{d^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} - \frac{a^4 w}{\partial y^4} \sim D^2 q \tag{1}$$

где W - поперечные перемещения;

d - интенсивность поперечной нагрузки;

D - цилиндрическая жесткость, вычисляемая по формуле:

тл Енз

где  $E$  - модуль упругости;  
 $h$  - толщина пластинки;  
 $\nu$  - коэффициент Пуассона.

Для решения задачи изгиба пластин применим метод конечных разностей. Края пластинки могут свободно сближаться и искривляться. Пластинку аппроксимируют *регулярной* сеткой и для каждого узла сеточной области записываем уравнение конечных разностей, которые имеют вид:

$$\begin{aligned} & \langle P_j W_j + \langle p_2 (W_k + W_l) + \phi_1 (W_n + W_m) + \nu_4 (W_p + W_i + W_q + W_t) + \\ & + 4 \rangle s_1 W_e + W_l) + \langle p_6 (W_u + W_v) = \end{aligned} \quad (3)$$

где

$$\Phi_1 = \frac{D}{h^3} (8 + 6\nu^2), \quad \Phi_2 = -\frac{D}{h^3} (1 - \nu), \quad \Phi_3 = -4\nu^2 - 4$$

$$\frac{1}{p}, \quad \frac{1}{q}, \quad \frac{1}{r}, \quad \frac{1}{s}, \quad \frac{1}{t}, \quad \frac{1}{u}, \quad \frac{1}{v}$$

Граничные условия на контуре опертой пластины  $\mathbf{W}_k = 0$ , за контуром  $\mathbf{W}_{z_k} = 8 \mathbf{W}_{b_k}$ , выражены через внутриконтурные, где  $\delta = 1$  при защемленном контуре и  $\delta = -1$  при шарнирном опирании. Выражения для изгибающих моментов приняты

$$\begin{aligned} M_x &= -D \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \\ M_y &= -D \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \end{aligned} \quad (5)$$

Уравнения в конечных разностях получены из дифференциального путем замены уравнений в частных производных [1] через конечные разности [3]. В результате получим систему уравнений в конечных разностях, которая и является уравнением изгиба пластины. Для решения этих уравнений применим метод Зейделя. Поскольку решения системы уравнений трудоемки поэтому составлена программа расчета этих уравнений на ЭВМ. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока погрешность решения не будет соответствовать условию:

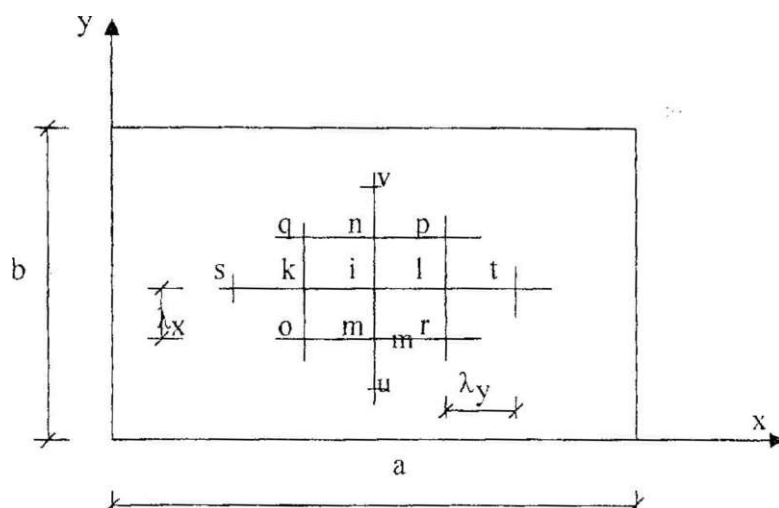


Рис. 1. Сеточная область

$$W^n - W^{n-1} \quad (6)$$

где  $\epsilon$  - точность вычисления.

На первоначальном этапе полученные результаты сравнивались с имеющимися решениями в справочной литературе, расхождение не превышает более 5% [2,3].

Достоинством метода конечных разностей является то, что место приложения нагрузки можно менять широко, граничные условия можно комбинировать по участкам на каждой стороне пластины, т.е. метод позволяет решать весьма широкий круг задач с достаточной точностью.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тимошенко СТЛ, Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки - М.: Наука, 1969.
2. Ельмуратов С. К. Численные методы расчета пластин и пологих оболочек на ЭВМ: Учебное пособие для вузов.- Караганда: КарПТИ - 1986.
3. Справочник проектировщика для жилых и общественных зданий сооружений. /Под ред. В.Уманского- М.: Стройиздат, 1986.

SJf УДК 622.684.001.25

# РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА

**МХ Ибатов**

Шим

Карагандинский государственный технический университет

ШПР  
ШМШШ  
ШМШШ

jЦЩ

Екі фазалы орталар қозғалысы теңдеулерінің негізінде газдар ағынының карьер автокөлігінің пайдаланылған газдарын бейтараптандырғыштар

ЦШ

реакторында катализаторлардың түйіріліктерімен өзара әрекеттесуінің

|Jt\$|

әзірленген математикалық моделі ұсынылады. Шеткі айырымдар әдісін

i|I|

пайдалану арқылы келтірілген математикалық модельді сандық іске асыру

ШШШ

қарастырылған.

|jffjj

Предлагается разработанная математическая модель

'Мм

взаимодействия потока газов с гранулами катализатора в реакторе нейтрализаторов отработавших газов карьерного автотранспорта на основе уравнений движения двухфазных сред. Рассмотрена численная реализация приведенной математической модели с использованием метода конечных разностей.

*Developed on the basis of two-phase media motion equation, the interaction mathematical model of gas and catalyst granules flow in quarry motor-transport discharge gas neutralizes reactor is suggested. The numerical implementation of the given mathematical model with the use of finite difference method is considered.*

Одним из направлений совершенствования каталитических систем нейтрализации отработавших газов карьерного автотранспорта является снижение газодинамического сопротивления, создаваемого нейтрализаторами в системе выпуска газов. Решение этой задачи возможно на основе теоретического исследования газодинамических процессов в реакторах каталитических нейтрализаторов. К сожалению, эти вопросы в настоящее время являются недостаточно исследованными, а совершенствование конструкций каталитических нейтрализаторов отработавших газов для карьерного автотранспорта в основном идет экспериментальным путем.

Нами проведено теоретическое исследование и на основе положений теории механики неоднородных сред была разработана математическая модель взаимодействия потока газа в реакторе нейтрализатора со слоем наполнителя, представляющего собой совокупность гранул катализатора в виде шариков соизмеримого размера. Она с замыкающими соотношениями представляет следующую систему уравнений движения двухфазных сред:

$$\begin{aligned}
 & \frac{dv}{dt} - d^{(S)}v \\
 & p \frac{dE}{dt} = -\text{div}[P \cdot v - f P \cdot a \cdot (v_v - v)] - v_v \cdot P - e_s - p \cdot g - v \\
 & P_s \frac{d^{(X)}\rho}{dt} = e_s - d^{(v)}4s; \quad e_s = \langle \cdot^a - K^z (\frac{v^2}{V} - rs \cdot E_s) \rangle; \\
 & P = a - b - \kappa (y \sim v_y) - a \cdot \text{grad}P; \\
 & P - \frac{1}{1-a} p - (E - \frac{2}{2}) ; \quad 4s = 'Km, \cdot \text{grad}\pm \quad \text{£}
 \end{aligned}$$

где S - индекс, относящийся к твердой фазе (характеристики газовой фазы не имеют индекса);

a - объемная концентрация твердой фазы;

a, б - соответственно коэффициенты пропорциональности в законах теплового и силового взаимодействий газа и частиц;

p, v, E - плотность, скорость и полная энергия соответствующей фазы;

$d^{(i)}$   $\frac{\partial}{\partial t} + \sum v_j \frac{\partial}{\partial x_j}$  ~ Убстанциональная производная для i-ой фазы;

$q^{(i)}$  - вектор теплового потока и вектор напряжения;

$p_s \cdot v$  - обмен импульсом и энергией между фазами;

g - ускорение силы тяжести;

$L_{эфф}$  - эффективная теплопроводность пористой среды;

P, y - давление газа и показатель адиабаты газа.

$$\Gamma = \frac{1}{c_v}; \quad Y_s = \frac{1}{c_s}; \quad a = 2yb!QPr \quad b = \delta; u/d$$



где  $d, c_s$  - диаметр частиц и теплоемкость материала частиц;

$\mu, Pr$  - вязкость и число Прандля газа;

$c_p, c_v$  - теплоемкость газа при постоянном давлении и объеме.

Уравнение энергии твердой фазы записано для теплосодержания  $E_s$ , поскольку обмен между тепловой и кинетической энергией частиц отсутствует. Коэффициенты  $k_c$  и  $k_p$  введены для учета отклонений закона теплообмена от такового для неподвижной сферы в покоящейся жидкости и закона сопротивления - от стоксовского. Обычно с достаточной для практики точностью функции  $k_p$  и  $k_e$  можно представить в виде произведений поправочных множителей, учитывающих влияние инерционности, сжимаемости, разреженности течения и т.п.:  $k_p = k_{p0} \cdot K$  —

Аналогичным образом при необходимости могут быть учтены влияние отличия частиц от сферической и состояние их поверхности, влияние возмущений несущей фазы, вызываемых присутствием других частиц и т.п.

Поправка на инерционность была взята, как в работе [1], в виде:

$$k_p = k_{p0} (1 + 0,065 Re^{2/3})^{3/2}. \quad (2)$$

Число Рейнольдса вычисляется для относительного движения газа около частицы:

$$Re = \frac{p' d v}{\mu} = v J$$

$$M$$

Поправка на сжимаемость имеет вид [2]:

$$k_p = k_{p0} [1 + (-0,427 A T^{4,63} - 3 \gamma^{0,1w})], \quad (3)$$

где  $M$  - число Маха, так же как и число  $Re$ , вычисляется для относительного движения газа около частицы.

Закон теплообмена между фазами мы брали в виде:

$$Nu = 2, \quad (4)$$

где  $Nu$  - число Нуссельта, не вводя к нему никаких поправок отчасти в силу большой консервативности процесса теплообмена и отчасти же из-за отсутствия надежных данных.

При расчете движения слоя катализатора под действием потока газа необходимо рассчитывать в различных областях весьма различные по своему характеру движения газа и твердых частиц. Так, в определенных частях расчетной области в определенные моменты времени необходимо уметь рассчитывать движение чистого газа, не содержащего твердые частицы, а также фильтрацию (чистого) газа внутри слоя гранул, когда (пористая) структура его остается неизменной. В обоих этих предельных случаях мы имеем дело с известными классическими ситуациями. Однако в соответ-

ствии с принятой постановкой задачи оба эти предельных случая рассматриваем как частные случаи движения газозвеси и рассчитываем их на основе тех же уравнений (1).

Рассматривая фильтрацию газа в неподвижном сыпучем слое, большинство исследователей основывается на законе Дарси

$$v = \frac{K}{\mu} \text{grad} P_t \quad (5)$$

где  $K$  - проницаемость пористой среды, обычно определяемая эмпирически;

$v$  - скорость фильтрации.

Для получения замкнутой системы уравнений к уравнению (5) добавляются уравнение неразрывности и уравнение состояния для газа, а также уравнение распространения тепла внутри слоя и уравнение энергии для газа с определенным законом теплообмена между газом и твердой фазой.

Если в уравнениях (1) считать твердую фазу неподвижной, а в уравнении количества движения несущей фазы пренебречь инерционными членами, то мы получим уравнение обычной фильтрации газа как частный случай. Действительно, при таких предположениях из этого уравнения и выражения для силы межфазного взаимодействия  $P$  следует

$$v_t = \frac{1}{ab - \kappa_p} \text{grad} P$$

С учетом, что  $b = \frac{1}{\mu} \frac{d^2}{d^2}$  и что  $v_t$  связана со скоростью фильтрации  $v$ , соотношением  $v_t = v/(1 - a)$ , получаем закон Дарси в виде:

$$v = \frac{1}{\mu \kappa_p (1 - a)^2} \text{grad} P$$

Таким образом, уравнения (1) включают закон Дарси как частный случай. При этом  $1 - a = \epsilon$  является порозностью слоя.

Так как гранулы катализатора лежат на жестком непроницаемом основании, то граничное условие моделировалось заданием на этой границе нулевых потоков массы диспергированной фазы и газа. Левая и правая границы реактора также являются для гранул непроницаемой стенкой, т.е. здесь для диспергированной фазы также задаются нулевые потоки массы. Для газа на левой границе задается вдув с постоянными параметрами, а на правой границе задавались мягкие условия, заключающиеся в перенесении на границу значений всех величин из центров приграничных ячеек. На верхней границе реактора для газа задавалось условие непротекания, а для



шить уравнения относительно величин  $v$ ,  $v_v$ ,  $E$ ,  $E_s$  на верхнем слое по времени и получить соответствующие явные формулы.

Численный расчет осуществлялся по следующей схеме.

В начальный момент времени  $t - 0$  газодинамические параметры и характеристики слоя гранул катализатора во всем расчетном поле аппроксимируются кусочно-постоянными значениями. В каждой ячейке все эти величины  $P$ ,  $p$ ,  $u$ ,  $v$ ,  $E$ ,  $p_s$ ,  $u_s$ ,  $v_s$ ,  $E_s$  - постоянные, и значения их отнесены к центру ячейки.

Чтобы найти распределение всех параметров в расчетном поле через промежуток времени  $\Delta t$  для каждой ячейки поля выполняются следующие операции:

1. Рассчитывается распад разрыва газодинамических параметров на границах ячейки, в результате чего определяются значения газодинамических параметров на границах ячейки. Чтобы эти параметры сохраняли в течение шага по времени постоянные значения, необходимо выполнение условия, которое налагает ограничение на шаг по времени  $\Delta t$  в зависимости от шагов сетки  $\Delta x$  и  $\Delta r$  и которое одновременно является достаточным условием устойчивости разностной схемы:

$$\Delta t \leq \min \left\{ \frac{\Delta x}{a + |u|}, \frac{\Delta r}{a + |v|} \right\}.$$

2. По известным теперь параметрам на границах ячейки вычисляются потоки массы, количества движения и энергии через границы ячейки за шаг по времени  $\Delta t$ .

3. По направленной схеме (6) вычисляются потоки характеристик твердой фазы.

4. По уравнениям (1), записанным в конечно-разностном виде (см. ниже (7)) вычисляются все характеристики газозвеси в ячейке в следующий момент времени.

Далее повторяются те же операции: вычисление потоков массы, импульса и энергии через границы ячеек за время следующего шага  $\Delta t$  (для газа - по распаду разрыва, для частиц - по направленной схеме); определение новых параметров в ячейках на основании законов сохранения в конечно-разностном виде.

Расчет распада разрыва для определения газодинамических параметров на границах ячеек в программе выделен в отдельную подпрограмму, осуществляющую приближенный расчет безитерационным методом.

Контроль за шагом по времени в процессе счета осуществлялся следующим образом. В каждый момент времени вычислялся критерий Куранта

$$Cr = \frac{v \cdot \Delta t}{\Delta x}$$

и при нарушении условия  $Cr \leq 0,5$  шаг по времени соответственно удваивался либо делился пополам. Максимально допустимое значение критерия Куранта  $Cr$  задается в исходных данных (обычно задавалось  $Cr = 0,8$ ).

Схема расчетной области приведена на рисунке 1. Расчетное поле в плоскости  $x, z$  (или  $x, y$ ) разбивается на ячейки неподвижной равномерной прямоугольной сеткой. Положение ячейки в поле определяется целыми индексами  $[i, j]$ , обозначающими соответственно строку и столбец этой ячейки. Расчетная сетка имеет  $m$  строк и  $n$  столбцов. Левая граница области - граница вдува газа. Штриховкой отмечены области с твердыми границами. На твердых границах в программе предусмотрено выполнение условий непротекания. Кроме твердых границ в расчетной области указаны еще две границы: одна (правая) задает границу выхода газа из реактора; другая (верхняя, штрихованная линия) задает положение поверхности невозмущенного слоя гранул в начальный момент времени.

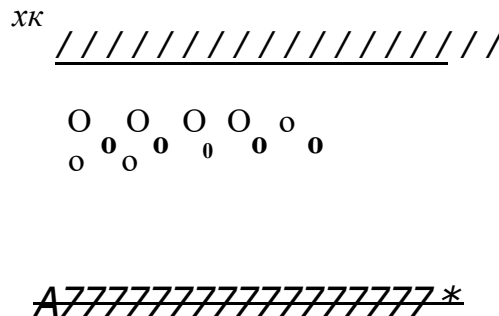


Рис.1 Схема расчетной области

Таким образом, вся расчетная область задается двумя полями: первое поле задает слой гранул катализатора в начальный момент времени, второе поле-дополнительный объем  $j \setminus y$  кипящего слоя.

Приведем конечно-разностную запись уравнений (1), предварительно приведенных к дивергентному виду, в осесимметричном случае для одной ячейки сетки:



1 -а

2

В дальнейшем здесь опущены слагаемые  $p-g$  и  $p-g-u$ , т.к. влиянием массовых сил на движение газа можно пренебречь,  $(u, v)$  и  $v_s$  - соответственно поперечная и продольная составляющие скорости газа и скорости частиц.

В этих уравнениях  $A_x, A_g$  - шаги сетки по  $x$  и  $g$  соответственно,  $A = At \cdot a \cdot a$  - шаг,  $B = At \cdot a \cdot b$ , индексы В, Н, Л, П относят отмеченную ими величину соответственно к верхней, нижней, левой или правой границе ячейки, для которой записаны конечно-разностные уравнения.

Конечно-разностная запись уравнений (7) в плоском случае отличается от приведенной тем, что множитель  $g$  в этих уравнениях будет отсутствовать, а вместо  $A_g$  будет  $A_u$ . Выражения, содержащиеся в квадратных скобках, с точностью до множителя представляют собой потоки массы, количества движения и энергии через ячейки. Одночленные выражения с индексами В, Н, Л, П берутся на границах ячейки. Величины же  $P, p_s, pu, p_s u_s, p_s v_s, pE, p_s E_s, P$ , относительно которых разрешаются уравнения (7), так же как и значения  $g$ , относим к центру ячейки.

Рассмотрим выражения, содержащие потоки через правую границу ячейки в уравнениях (7). Координата  $g$  встречается в каждом из этих выражений дважды: один раз внутри квадратных скобок, другой раз в знаменателе вне скобок. Значение  $g$ , стоящего внутри скобок, должно браться на правой границе ячейки и для него  $g_n = j \cdot A_g$  (для левой границы  $g_n = (j - 1) \cdot A_g$ ). Значение  $g$ , стоящего вне скобок, берется в центре ячейки, и здесь  $g = (j - 0,5) \cdot A_g$ . С учетом этого члены уравнений (7), содержащие потоки через правую границу ячейки, можно записать так:

$$\left( \frac{v}{A_g} \right)_{n+j} \cdot \frac{At}{Ar} \quad \left( \frac{u}{A_g} \right)_{n+j} \cdot \frac{At}{Ar} \quad \left( \frac{v_s}{A_g} \right)_{n+j} \cdot \frac{At}{Ar}$$

$$\left( \frac{p \cdot v}{A_g} \right)_{n+j} \cdot \frac{At}{Ar} \quad \left( \frac{p \cdot v_s}{A_g} \right)_{n+j} \cdot \frac{At}{Ar}$$

$Ar$

$$\left( P, -v_v - E_s \right)_{n+j} \cdot \frac{At}{Ar}$$

Расчет производится в безразмерных переменных, в которых характерные масштабы взяты следующие:  $P^* = P_0$  - давление невозмущенного по-

тока газа;  $a_{\text{ж}}$  - скорость звука невозмущенного потока газа;  $L$  - характерный размер реактора. Для того, чтобы получить результаты счета в размерном виде, достаточно умножить безразмерные параметры на соответствующие характерные масштабы или комплексы через них.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Адамов Г. А.* Общая формула сопротивления при относительном движении частиц и среды // Известия АН СССР/ Металлургия и топливо- 1961-№6 - С. 168-176.
2. *Карлсон Д. Дж., Хогланд Р.* Сопротивление и теплообмен в реактивных соплах//Ракетная техника и космонавтика - 1964-№11.-С. 104-109.
3. *Годунов С. К.* Разностный метод численного расчета разрывных решений уравнений гидродинамики // Математический сборник - 1959-№3 - С. 271-306.



УДК 531, 621  
и<sub>1</sub>

*f*<sup>Si-Щ</sup> МГНОВЕННО ВОЗМОЖНЫЕ СМЕЩЕНИЯ  
КУЗОВА ИЛИ КОРПУСА ОТНОСИТЕЛЬНО  
ШАССИ НЕКОТОРОЙ ДВИЖУЩЕЙ  
МАШИНЫ

Б.Е. Исмаилов

Жезказганский университет

*Бұл мақалада механизм бөліктері және оның детальдарының тыныштық күйде, сонымен қатар пайдалануға дайындау кезіндегі корпусның жылжытылу мүмкіндігі қарастырылады. Кейбір жүрістегі машиналардың шассиге қатысты кузовы немесе корпусының жылжытылуы жайында нақтылы мысал қарастырылған. Алдымен кейбір жүрістегі машиналардың топырсық немесе жолға қарасты қысылымы тербеме және массалар центрінен қозғалыс теоремасына байланысты анықталады, содан кейін қысым мен тербеліске қатысты жылжу мүмкіндік принциптері қолданылған. Шассиге қатысты кузов немесе корпусның жылдам жылжытылуы анықталған, сонымен қатар анализ жүргізілген.*

*В данной статье рассматривается возможное смещение корпуса, частей механизма и их деталей в состоянии покоя, а также при эксплуатации. Рассмотрен конкретный пример смещения кузова или корпуса относительно шасси некоторой движущей машины. Сначала определяется давление некоторой движущей машины на грунт или дорогу с учетом колебаний и теоремы движения центра масс, затем с учетом давлений и колебаний использован принцип возможных перемещений, определено мгновенное возможное смещение кузова или корпуса относительно шасси, а также проведен анализ.*

*The article considers the possible displacement of the body, the parts of a mechanism and their members at rest and service. There is a description of a concrete example of the displacement of the body or the hull related to the chassis of a motive machine. At first a motive machine's pressure on the ground or a road is determined with due regard to oscillations and the theorem of the motion of the centre of mass, then with due regard to pressures and oscillations the principle of possible displacements was used, the momentarily possible displacement of the body or the hull related to the chassis was determined and the analysis was carried out.*

Современные машины, механизмы и т.д. в своем устройстве состоят из сотен или тысяч деталей, каждая из них обладает определенным весом,

площадью, объемом, качеством материала, из которого они изготовлены, и находятся в заимозависимости друг с другом, то есть связаны между собой.

В состоянии покоя смещение корпуса, частей механизмов и вообще деталей возможно с течением времени и других факторов. К примеру, условия нахождения, природные условия: зима, весна, лето, осень, дождь, снег, ветер и т.д.

Но более возможные смещения происходят при эксплуатации в связи с тем, что основные части устройства и детали механизмов меняют свое первоначальное положение относительно друг друга.

В точках контактов деталей происходит частичное смещение относительно друг друга и от воздействий нагрузок изменения первоначального положения частей устройства корпуса частично смещаются.

На практике в процессе простого замера величин первоначального положения корпуса, основных частей и основных деталей относительно друг друга мы можем заметить их смещения, а также опускания корпуса относительно частей механизма и т.д. в мм, используя принцип возможных перемещений

$$\sum_{\text{ЛН}} X = 0.$$

Определим перемещения в качестве примера смещения кузова или корпуса относительно шасси некоторой машины, используя условные данные, если известно, что вес корпуса или кузова некоторой машины с нагрузкой  $P = 1$  т., вес шасси колес  $P_2 = 0,5$  т.

При движении машины кузов или корпус совершает гармоническое колебание, отчего на рессорах амплитуда колебаний равна 6 мм, период колебаний 0,2 сек.

Используя уравнение колебаний с теоремой движений центра масс, определим давление некоторой движущей машины на грунт или дорогу.

$$N = (P < - \frac{OM^2}{g} \sin \text{Юл- } 0 + P_2$$

так как  $\sin t = \pm 1$ .

Откуда при данных условных значениях давление на грунт или дорогу составило от  $N_1 = 3$  т. до  $N_2 = 10$  т.

Теперь, используя формулу (I) принципа возможных перемещений, определим смещение кузова или корпуса относительно шасси с использованием определенных нами давлений на грунт или дорогу.

$$\sum_{i=1}^n X X' 5r_k = (-P, 5r, + N - Sr) = 0,$$

где  $Sr$  - б мм. Амплитуда колебаний рессоры.

Определим  $d_{гp}$  которое будет мгновенным смещением кузова относительно шасси, при наших условных данных  $3г^3$  мм,  $§г, = Юмм$ .

Согласно выше указанных условных данных при движении некоторой движущей машины мгновенное смещение кузова относительно шасси составляет от 3 мм до 10 мм.

Вывод-мгновенные смещения кузова или корпуса относительно шасси при долгой эксплуатации переходят в действительные смещения.

Для уменьшения смещения при данных условиях необходимо улучшение покрытия дорог - мягкости, упругости и других факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Istvan B. Srallitasztlagor optimalis gergoocztosa. Гер. - 1973.
2. *Исмаычов Б.Е.* Применение плоского движения твердого тела на примере кривошинно-шатунного механизма, как устройства непрерывно работающей машины. / Межд. научн. конфер.- КарГТУ - 2002.

ЧШЯ УДК 692.23:699.86

## ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ В МАЛОЭТАЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ С УЧЕТОМ НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЙ

П.В. Корниенко, Н.М. Шамрай

*Павлодарский государственный университет**им. С. Торайгырова*

111

*Комфортыны баеалайтын негізгі көрсеткіштер және уй қорғау конструкцияларылыц қасиеттерін ңанааттандыратын және осы конструкцияларда тиімді материалдарды қолданып уйымдастыру тәсілдері корсетілген.*

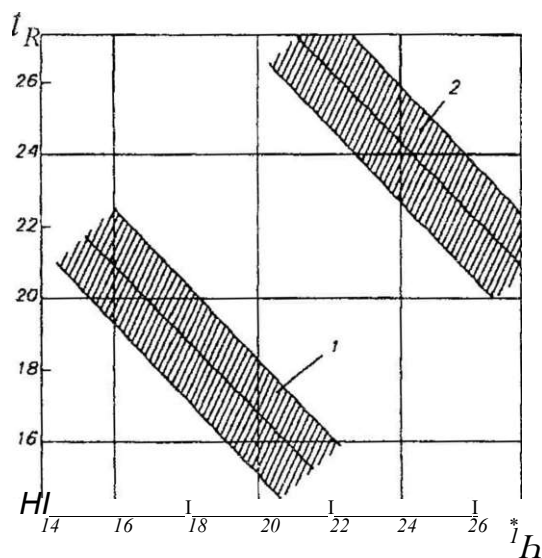
*Приведены основные показатели оценки комфорта, а также свойства, которым должны удовлетворять ограждающие конструкции жилья и способы организации этих конструкций с использованием эффективных материалов.*

*There are given the basic parameters of the rating of comfort and also the properties, which should be satisfied by protecting designs of habitation, and ways of organization of these designs with use of effective materials.*

Большую часть своей жизни (примерно 80%) человек проводит в помещении жилых, общественных, производственных зданиях и транспорте. Здоровье и работоспособность людей существенно зависит от микроклимата помещений, характеризующегося температурой внутреннего воздуха рациональной температурой помещения (осредненной температурой его ограждающей поверхности)  $t_R$ , скоростью движения (подвижностью) и относительной влажностью  $с_p$  воздуха [1, с.78-79]. Сочетание этих параметров микроклимата, при которых сохраняется тепловое равновесие в организме человека и отсутствие напряжения в его системе терморегуляции, называется оптимальным, или комфортным. Зоны комфортных сочетаний температур  $t_h$  и  $t_R$  в жилых помещениях представлены на рис.1. Но в жаркий период для человека в легкой одежде, пребывающего в спокойном состоянии, допустимым пределом температуры помещения, как указано ав-

торами [2, с.35-38], является  $28^{\circ}\text{C}$ , а по зарубежным данным - до  $30^{\circ}\text{C}$ . На рис.2, приведена номограмма для определения зоны комфорта в летний период, которая разработана Американской ассоциацией инженеров по отоплению и вентиляции.

Зона комфортных сочетаний температур  $t_h$  и  $t_R$  в жилых помещениях

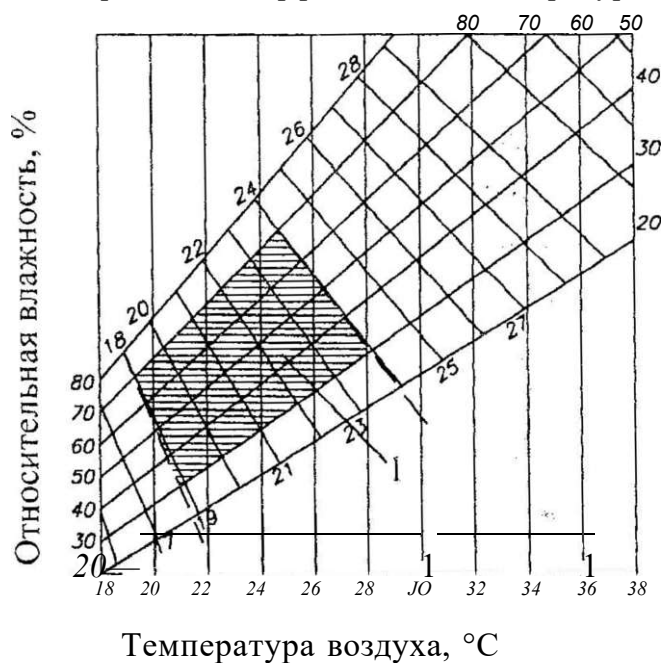


1 - для холодного периода года

2 - для теплого периода года

Рис. 1

Номограмма для определения эффективных температур в летнее время



I - зона комфорта

Рис.2

Оптимальной зоной теплового комфорта в жилищах зимой следует считать интервал 18...22°C при относительной влажности 40...60% и подвижность воздуха 0,07...0,1 м/с; летом -23...26°C при относительной влажности - 30...50% и подвижности воздуха 0,1...0,25 м/с.

Теплотехнические расчеты определяют не только нормальные и экономически эффективные условия эксплуатации, но и долговечность здания. В теплотехнических расчетах ограждающих конструкций должна учитываться совокупность явлений, происходящих в отдельных местах ограждения. При конструировании наружного ограждения следует учитывать, что в самый холодный период необходимо не только предупредить выпадение конденсата на внутренней поверхности ограждения, но и ограничить дополнительные потери тепла этими участками.

Особое значение приобретают исследования теплотехнических свойств эксплуатируемых жилых зданий, выявление недостатков и причин их появления. Нормативные значения теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкции приведенные в СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника. Нормы проектирования», как указывают авторы [2, с.26], в течение последних 50 лет во всех строящихся зданиях бывшего Союза ниже европейских стран со сходными климатическими условиями. И лишь только с внесением изменения №3 в СНиП И-3-79\* по которому приведенное сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций здания равное 3,5 м<sup>2</sup>·°C/Вт, позволяет существенно приблизить его к значениям соответствующих стандартов европейских стран, табл. 1.

Таблица 1

Сопротивление теплопередаче наружных ограждений R, м<sup>2</sup>·°C/Вт, по стандартам европейских стран

Страна	Стена	Окно	Крыша	Пол
	Рекомендуемое	Рекомендуемое	Рекомендуемое	Рекомендуемое
Дания	3,34	0,4	5,0	3,34
Франция	2,44	0,43	3,34	1,41
Италия	2,77	0,27	3,12	0,99
Норвегия	3,7	0,43	5,0	4,117
Швеция	3,35	0,33	5,0	3,34

Производя оценку теплозащитных показателей свойств наружных ограждающих конструкций (стен, окон, крыши, пола), согласно СНиП И-3-79" необходимо учитывать нормативный температурный перепад между расчетной температурой внутреннего воздуха и поверхностью конструкции (Д/,,), который не должен быть выше: для наружных стен 6°C; покры-

тий и перекрытий  $4^{\circ}\text{C}$ ; полов, перекрытий над проездами, подвалами и подпольями  $2^{\circ}\text{C}$ .

Для наружных стен, при  $\Delta t_H$  равным  $6^{\circ}\text{C}$ , конструктивные решения стен должны быть такими, чтобы при расчетных температурах наружного и внутреннего воздуха температура внутренней поверхности по глади наружной стены не опускалась бы ниже  $12^{\circ}\text{C}$ , а в местах напротив теплопроводных включений, стыков панелей (изделий) и сквозных диафрагм - ниже точки росы (гД Для жилых зданий при  $(p = 55\%$  (атмосферная влажность воздуха),  $m_p$  зависит от  $t_b$  при  $t_h = 18^{\circ}\text{C}$  -  $\rho_p - 8,8^{\circ}\text{C}$ ; при  $t_h = 20^{\circ}\text{C}$  -  $\rho_y = 10,9^{\circ}\text{C}$ .

Требуемое сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов (окон и балконных дверей) следует принимать при разности температур внутреннего воздуха и средней температуры наиболее холодной пятидневки до  $25^{\circ}\text{C}$  -  $0,17 \text{ м}^2\text{-}^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ ; от  $25$  до  $44^{\circ}\text{C}$  -  $0,34 \text{ м}^2\text{-}^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ ; от  $44$  до  $49^{\circ}\text{C}$  -  $0,52 \text{ м}^2\text{-}^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ . Предельно допустимая (по гигиеническим требованиям) тем-

пература поверхностей ограждающих конструкции ( $t_{nm}$ ) зависит от высоты помещения. При отсутствии заметного движения воздуха в помещении В.Н. Богословским предложена формула:

$$C\Gamma < 19,2 + 8,7/i/, \quad (1)$$

где  $C$  - коэффициент углового излучения, равный  $\psi = 1 - (0,8 \cdot A/\Gamma)/i$ ;  
 $Mz/l$  - превышение высоты помещения по сравнению с ростом человека, м;

$$l = (a + b)/2, \quad (2)$$

где  $a$ ,  $b$  - ширина и длина излучающих поверхностей.

На воздушно-тепловой и влажностный режим помещения оказывает влияние воздухопроницаемость ограждающих конструкций. При разности давлений воздуха с одной и с другой стороны ограждения происходит его перемещение (фильтрация). Фильтрация воздуха в направлении от наружной поверхности в помещение называют инфильтрацией, в обратном направлении - эксфильтрацией. Разность давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждений возникает вследствие разности плотностей воздуха (гравитационное давление) и под влиянием ветра (ветровое давление).

При совместном действии гравитационного и ветрового давления величина результирующего давления в любой точке на поверхности здания будет равно:

$$P = B,5H\{p_n - p_{в}\} + \frac{K_1 - K_2}{2} \sqrt{\rho \cdot u^2} \quad (3)$$

где Я - высота помещения, м;

$K_1, K_2$  - аэродинамические коэффициенты соответственно с наветренной и заветренной сторон здания;

$\rho \cdot u^2$  — динамическое давление набегающего на здание потока воздуха;

$\rho_n, \rho_{в}$  - плотности наружного и внутреннего воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Фильтрация наружного воздуха через ограждение в холодный период года вызывает дополнительные потери теплоты помещениями, а также охлаждение внутренних поверхностей стен, особенно в современных многоэтажных зданиях. Поэтому сопротивление воздухопроницанию ( $R$ ) ограждающих конструкций должно быть не менее требуемого по СНиП 11-3-79" согласно формулы:

$$K_u Z G_u = P/G'' \quad (4)$$

где  $G''$  - нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, кг/(м<sup>2</sup>-ч);

$P$  - давление, определяемое по формуле (3).

Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию  $R_u$ , м<sup>2</sup>чПа/кг, определяемого по формуле:

$$R_u^{TP} = \frac{1}{G''} \left( \frac{P}{\Delta P_0} \right)^{2/3} \quad (5)$$

где  $G''$  и  $P$  - то же, что и в формулах (4) и (3) соответственно;

$\Delta P_0 \sim 10$  Па - разность давлений воздуха, при которой определяется сопротивление воздухопроницаемостью  $R_u$ .

Влагозащитные свойства ограждающих конструкций должны быть такими, чтобы защищать материал от переувлажнения атмосферной влагой и водяными парами в результате их диффузии из помещения. Следует учесть, что процесс передачи тепла, фильтрация воздуха и перенос влаги взаимосвязаны, поэтому определение тепло-воздухо- и влагозащитных свойств в ограждении является общим расчетом свойств наружных ограждений.

При оценке паропроницаемости ограждающих конструкций необходимым условием является величина сопротивления паропроницанию  $I_n$ , м<sup>2</sup>-ч-Па/кг, должна быть не менее наибольшего из требуемых сопротивле-

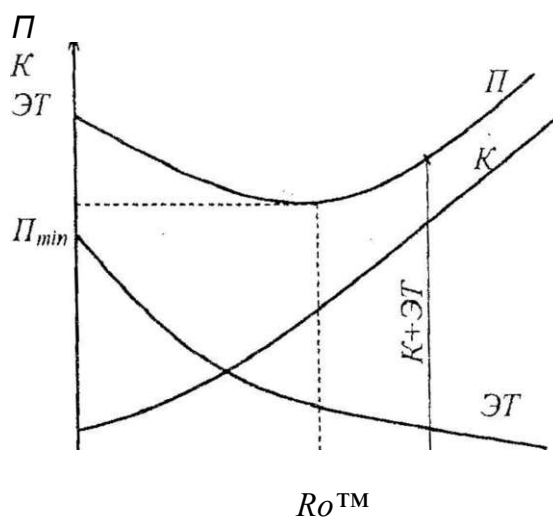


ний  $R_{нI}$  и  $R_{iP}$  (по условиям недопустимости накопления влаги в ограждении за год эксплуатации и ограничения влаги в ограждении за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха) в соответствии с п.6. СНиП II-3-79\*\*.

Для предупреждения конденсации в толще ограждения более плотные, теплопроводные и малопроницаемые материалы должны располагаться у внутренней поверхности ограждения, а к наружной поверхности наоборот, пористые, малотеплопроводные и более паропроницаемые. В этом случае у внутренней поверхности будет более высокая температура, а значит, и максимально возможное значение  $E$  (упругость водяного пара). Для предупреждения конденсации влаги на внутренней поверхности наружного ограждения необходимо, чтобы  $t > t_p$  ( $t_p$  температура точки росы). Если это условие не соблюдается, то необходимо увеличить сопротивление теплопередаче ограждения  $R_0$ .

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций ( $R_0$ ) должно быть не менее  $R_{нI}$  и  $R_{iP}$ , но при этом необходимо учитывать технико-экономические показатели. Как видно из рисунка 3, термическое сопротивление зависит от капитальных затрат ( $K$ ) на ограждение, а с другой - от эксплуатационных расходов ( $\text{ЭТ}$ ). При этом величина теплопередаче ограждения ( $R_0^{3K}$ ) соответствует минимуму приведенных затрат, равных сумме капитальных затрат и эксплуатационных расходов ( $\Pi = K + \text{ЭТ}$ ) [1, с.92].

Изменение капитальных и эксплуатационных затрат в зависимости от сопротивления теплопередаче ограждения



$K$  — капитальные затраты на ограждение, руб/м<sup>2</sup>;

$\text{ЭТ}$  — эксплуатационные расходы (зависят в основном от теплопотерь ограждения), руб/м<sup>2</sup>;

$T$  — нормативный срок окупаемости дополнительных капитальных затрат (8,33 года).

Рис.3

Жилье должно удовлетворять физиологические потребности человека, т.е. обеспечивать надлежащую температуру окружающей среды, чистый воздух, достаточную влажность, подвижность и воздухообмен, обладать определенной звуконепроницаемостью, иметь естественное и искусственное освещение.

С подъемом экономики, роста культуры и благосостояния населения гигиенические нормативы и параметры, а также критерии комфорта в жилище меняются. Комфортная температура в жилище должна устанавливаться с учетом климатического района и сезона года. Это требование обусловлено влиянием на организм климатических особенностей, а также известными явлениями ритмических колебаний (сезонных, суточных) физиологических функций человека.

Создавая оптимальный микроклимат жилья необходимо предусмотреть соотношение применяемых материалов, инженерных мероприятий нормативным требованиям, заложенных в проектах и осуществляемых при возведении зданий. Что касается реконструкции ранее возведенных зданий, в которых сопротивление теплопередачи оказывается порядка в 3 раза меньше в сравнение с современными требованиями, необходимо предусмотреть утепление.

Это все решается с учетом использования современных высокоэффективных теплоизоляционных материалов. Конструктивные особенности выполняемых работ по организации утепления и декоративной отделке фасадов зданий приведены ниже. При возведении и реконструкции индивидуальных домов мансардного типа целесообразно рассмотреть конструкцию ограждений не только стены, но и фронтона, пола. При этом современные фирмы, поставляют эффективные теплоизоляционные материалы, такие, как эковата, стекловата, минеральная вата и материалы на их основе, рекомендуют и способы организации работ с этими материалами.

Выполнять эти работы можно по «мокрому» и «сухому» способу. Наиболее привлекательным являются «сухой» способ устройства ограждений с учетом того, что его можно проводить практически круглый год.

Анализируя работу фирм "JSOVER", "ROCKWOOL", "URSA", "АКСИ" [4, 5, 6] можно рекомендовать применение несложных конструктивных решений по утеплению крыши и мансарды, рассчитанных на длительный срок эксплуатации. Должно быть выполнено три обязательных условия:

1. Качественный парозащитный слой со стороны помещения (может быть полиэтиленовая пленка уложенная с перехлестом 150...200 мм);

2. Гидроизоляционный слой с внешней стороны утеплителя (пергамин, крафтбумага, рубероид);

3. Два уровня внутренней вентиляции кровли не менее 20 мм каждый. Первый находится между наружным покрытием и гидроизоляционным слоем, второй - между гидроизоляционным слоем и утеплителем (необходимы вентиляционные отверстия на спуске кровли, а на коньке - щели для отвода воздуха) (рис. 4).

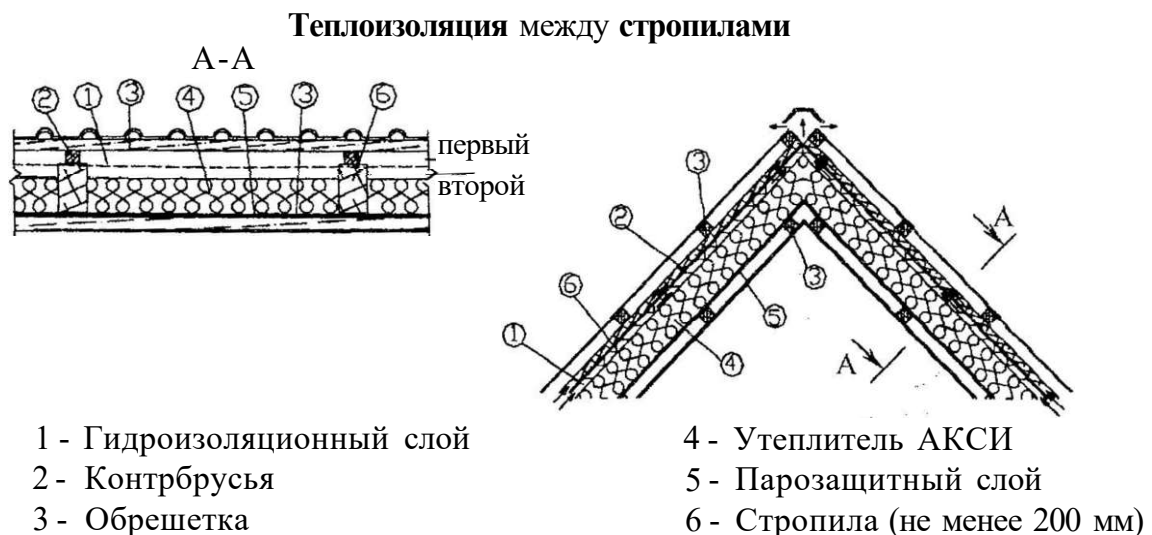
Для получения требуемого сопротивления ограждающих конструкций здания ( $R_c$ ) равно не менее  $3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  толщина минераловатного утеплителя, например АКСИ [5], равна 180 мм. Если высота стропил не позволяет уложить этот утеплитель, то применяется двухрядная изоляция (рис. 5).

При устройстве мансарды крыши утепляется только над помещением, но гидроизоляция простирается под всей крышей. **Утепление перекрытия** (последнего) этажа на площади, не занятой мансардой, производят утеплителем толщиной 180 мм с предварительной прокладкой пароизоляционного слоя. **Утепление пола мансарды** производят утеплителем толщиной 60 мм внутри деревянной обрешетки с прокладкой парозащитного слоя с обеих сторон утеплителя. Узел «стена - последнее перекрытие» с точки зрения тепловых потерь наиболее уязвим, свес крыши требует дополнительной изоляции (рис.6,7).

Необходимые условия:

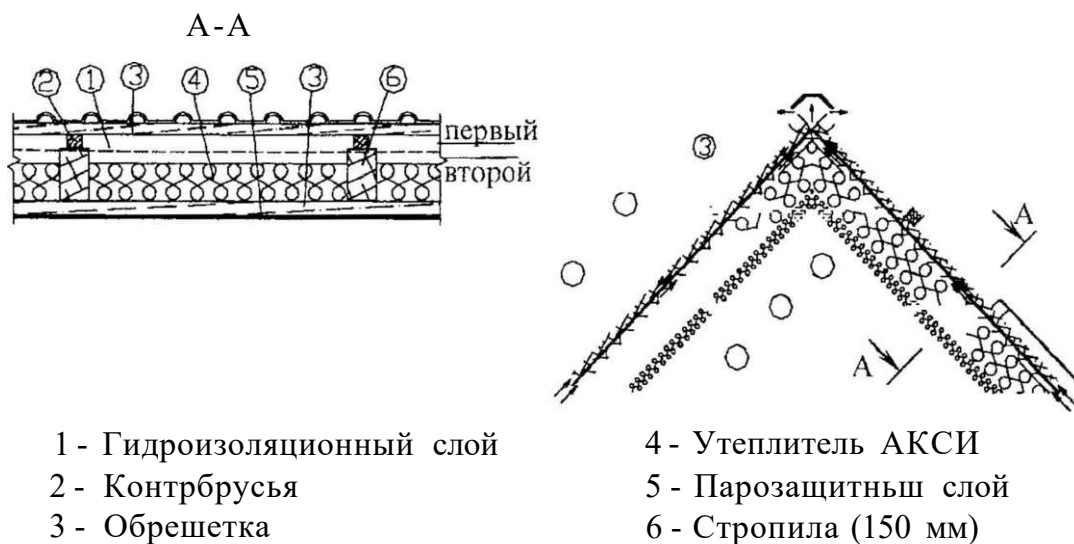
1. Площадь утеплителя свеса должна перекрывать толщину наружной стены, на которую опирается скат крыши;

2. Между слоем утеплителя и гидроизоляцией кровли необходим зазор не менее 20 мм.



**Рис.4**

### Двухрядная теплоизоляция кровли

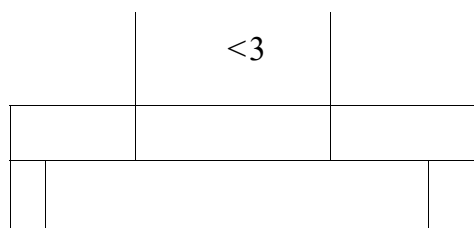


- 1 - Гидроизоляционный слой
- 2 - Контрбрусья
- 3 - Обрешетка

- 4 - Утеплитель АКЦИ
- 5 - Парозащитный слой
- 6 - Стропила (150 мм)

Рис.5

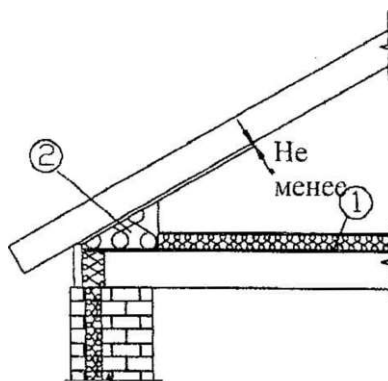
### Схема гидро- и парозащиты мансарды



- 1 - Гидроизоляционный слой
- 2 - Утеплитель АКЦИ
- 3 - Парозащитный слой

Рис.6

### Теплоизоляция свеса крыши



- 1 - Парозащитный слой
- 2 - Утеплитель АКЦИ

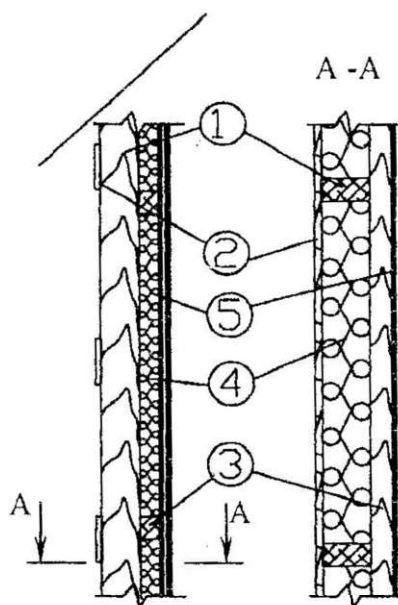
Рис.7

Стены мансарды (мансардные перегородки) утепляют конструктивно, как кровлю, но с внешней стороны утеплителя гидроизоляцию не монтируют (рис. 8).

Если фронтоны выполнены кирпичом, то утепление производят с внутренней стороны (рис. 9).

При этом монтируется многослойная обрешетка (из деревянного бруса или специального металлического профиля) под укладку утеплителя общей толщиной 150... 180 мм, поверх утеплителя прокладывается пароизоляция. Облицовку стен и потолка мансарды рекомендуются выполнять гипсоволокнистым листом.

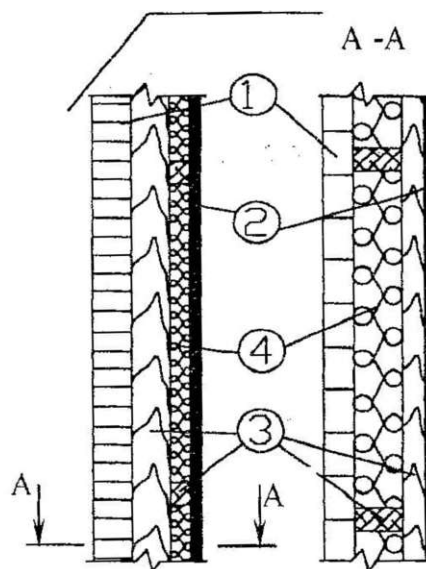
### Двухрядная теплоизоляция мансардных перегородок



- 1 - Стойки подстропильные
- 2 - Поддерживающая обрешетка
- 3 - Обрешетка для укладки утеплителя и крепления облицовочного слоя
- 4 - Утеплитель АКСИ
- 5 - Парозащитный слой

Рис.8

### Внутренняя теплоизоляция фронтонов из кирпича



- 1 - Кирпичная кладка
- 2 - Парозащитный слой
- 3 - Утеплитель АКСИ
- 4 - Обрешетка для укладки утеплителя и крепления облицовочного слоя

Рис.9

Вопросы утепления уже построенных или вновь возводимых стен целесообразно решать с использованием вентилируемых фасадов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тихомиров КВ., Сергеенко Э. С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция - М.: Стройиздат, 1991.-480 с.
2. Ариевич Э.М., Вавуло ИМ. Повышение теплотехнических качеств полносборных жилых зданий - М.: Стройиздат, 1985 - 280 с.
3. СНиП II-3-79\*\* - Нормы проектирования. Строительная теплотехника - М.: Стройиздат, 1986.
4. 1-й Казахстанский Международный ФОРУМ по Новым Технологям - А.. 2001.
5. Теплоизоляционные изделия компании АКСИ.- А.: Проспект, 2001.
6. ЗАО Минеральная Вата, каталог продукции ROCKWOOL. - А.: Проспект, 2001.

УДК 539.19+541.27+541.6

# I РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ ДЛЯ КВАНТОВЫХ СИСТЕМ

**В.П. Малышев, К.С. Какенов, Т. Сулейменов**

*Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева,  
г. Караганда*

*Томас-Ферми-Дирак моделін конденсирленген орталардың қасиеттерін жазуға арналған тығыздық функционалына айналдыру жолдары қарастырылған.*

*Рассматриваются пути превращения модели Томаса-Ферми-Дирака в функционал плотности для описания квантово-химических свойств ... Ш) конденсированных сред.*

*The ways of the conversion of Thomas-Fermi-Dirak's model to density functional are considered for description quantum-chemical characteristic of the condensed mediums.*

Как известно, модель Томаса-Ферми-Дирака (ТФД) [1] - это статистическая модель вещества и является особым приближенным подходом, который широко применяется для описания свойств веществ на различных его уровнях, например, атомного ядра, атома, молекулы и т.д. Привлекательность модели ТФД связана с ее простотой, наглядностью и универсальностью. Эти особенности модели делают ее удобным инструментом качественного и количественного анализа электронных структур. Поэтому целесообразно рассмотреть ключевые положения данной модели для обоснования более эффективных процедур ее идентификации.

Следует отметить, что модель Томаса-Ферми-Дирака обосновывается на следующих предположениях. Если энергия электронного газа, подчиняющегося статистике Ферми-Дирака при разделении его на элементарные объемы, в которых содержится достаточное количество электронов, изменяется незначительно, то полную энергию системы можно представить как сумму энергии отдельных элементарных объемов.

При этом необходимо учесть, что электроны внутри каждой из ячеек объема являются свободным электронным газом, находящимся при низ-

кой температуре. Отсюда имеем возможность построения приближенных функционалов плотности, одним из которых является излагаемый ниже подход. Функционал плотности представляет энергию основного состояния атомной системы, как однозначный функционал плотности числа частиц  $n$  (ч).

Чтобы выразить энергию, в теорию функционала плотности вводим  $n$  - плотность числа электронов:

$$n = \frac{Z}{V} \quad (1)$$

выражение (1) - для валентных электронов, где  $V_0$  - объем ячейки Вигнера-Зейтца:

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi r_0^3$$

Для остова имеем

к.

где  $\Psi_c = -\frac{1}{2} \frac{Z}{r}$ .

Для  $(n-1)$  d-подоболочки

$$\frac{L}{V^*}$$

где  $V_d = \frac{4}{3} \pi r_0^3$ .

Для  $(n(p))$ -подоболочки

$$n = \frac{Z}{V} \gg \frac{L}{V^*}$$

Такое представление электронной плотности удобно для записи выражения энергетических вкладов:

$$E_M = \frac{1}{2} \frac{Z^2 e^2}{V_0} - \frac{1}{2} \frac{\int_{\Gamma} \Psi_c^2 dV_0}{V_0} - \frac{1}{2} \frac{\int_{\Gamma} \Psi_c^2 dV_0}{2 \Gamma_{ij}} \frac{1}{a^2} = - \frac{1}{2} \int_{\Gamma} dV_0 \frac{dV_0}{V_0} \frac{1}{V_0} \frac{1}{V_0} =$$

$$L \frac{r_0}{V_0} \Psi_c^2 \Psi_c^2 \quad UV$$

$$E_M = - \frac{e^2}{r} \int_{\Gamma} \Psi_c^2 dV_0$$

"  $\int_{\Gamma} \Psi_c^2 dV_0 = n(r)$

где "ж = «(>\*)»

$$\int n(r) dv_a \sim E M n(z) \int_{z=1}^{\pi(r)-\pi} n(z) dz$$

В данном случае функционал можно привести к функции

$$E = \frac{3}{101} \frac{9 \gamma}{4} \int V \dots = \mathcal{E}_{\text{КЭ}}[u].$$

$$E = \dots$$

$$\mathcal{E} = \frac{3}{2} \int V r^2 \dots = \mathcal{E}_c[u].$$

Учитывая соответствие  $u(r) \sim \rho(r)$ , выражения для полной энергии атома можно представить в виде

$$\text{ОБМ.КОРР. [p]} > \quad (2)$$

где  $E_k[\Gamma]$  - кинетическая энергия,

$E_p[\Gamma]$  - потенциальная энергия,

"ОБМ.КОРР.[Г] - обменно-корреляционная энергия электронного газа.

Вид функции (2) довольно сложен и к тому же учет квантовых эффектов ведет к функционалу, зависящему еще от производных.

Например, учет неоднородности при распределении плотности электронного газа. После того, как получен функционал в явном виде, возникает проблема поиска минимума этого функционала, а также его представления, удовлетворяющего некоторым граничным условиям [2].

Все это приводит к тому, что расчеты по модели ТФД сопровождаются вычислительными трудностями при минимизации функционала. Здесь уместно отметить метод представления и поиск минимума функционала (2) по методике, приведенной в работах Ленца и Йенсеиа. Суть метода заключается в следующем.

Для поиска минимума функционала приняли, что плотность является явной функцией радиуса-вектора и зависит от некоторых варьируемых параметров, т.е. плотность можно представить в виде полинома

$$\rho \sim \{n/A \cdot X^2\} \exp(-xc \cdot x'), \quad (3)$$

где  $A$  - нормировочная постоянная,

$N$  ~ число электронов,

$c$  - вариационный параметр.



Подставляя  $\rho$  в функционал и производя вариацию по  $c_2$  Ленц и Йенсен нашли энергию основного состояния и распределение электронной плотности.

Распределения плотности, полученные на основании метода Ленца и Йенсена, почти совпадают во внутренних областях атомов и дают достаточно точное среднее значение квантовомеханической плотности по методу Хартри-Фока.

Усредненный характер распределения плотности в виде (3) неприемлем для расчета квантовых эффектов, например, оболочечных.

В связи с этим нами предпринята попытка представить плотность в виде орбитально-оболочечных функций типа Гомбаша [3]

$$\rho = \prod_{p} (N_p \exp(-X_p/r)) \exp(-X_p/4r), \quad (4)$$

где  $N_p$  - число электронов  $p$ -ой оболочки,

$X_p$  и  $c_p$  - вариационные параметры  $p$ -ой оболочки.

Подставляя выражение (4) в функционал энергии (2) и производя вариацию по параметрам, можно найти энергию основного состояния атомов, а также соответствующей ей плотность распределения электронов.

Таким образом, квантово-химическая задача сводится к одночастичной задаче, тем самым снимается проблема вычисления многоцентровых интегралов в квантовой химии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Мулдахметов З.М., Минаев Б. Ф., Безносок С.А.* Теория электронного строения молекул-Алма-Ата: Наука, 1988.-216 с.
2. *Мулдахметов З.М., Малышев В.П., Безносок С.А.* Об одном методе минимизации функционала ТФД // Доклады АН РК.~ 1995 - №5.- С.60-66.
3. *Малышев В.П., Безносок С.А.* Квантовохимическая природа взаимодействия остовов в молекулах // Неорганические материалы - 1996 - №7-Т.32.- С. 881-883.

УДК 629.1.02

II

ИИ  
рлфт

11B

## ШЫНЖЫР ТАБАН МЕХАНИЗМІНЕ ЭСЕР ЕТЕТІН ЕКІНШІ ТОПТАҒЫ ҮЙКЕЛІС КҮШТЕРІ

**А. Нұржауов, К.К. Әбішев**

*С. Торайыров атындағы*

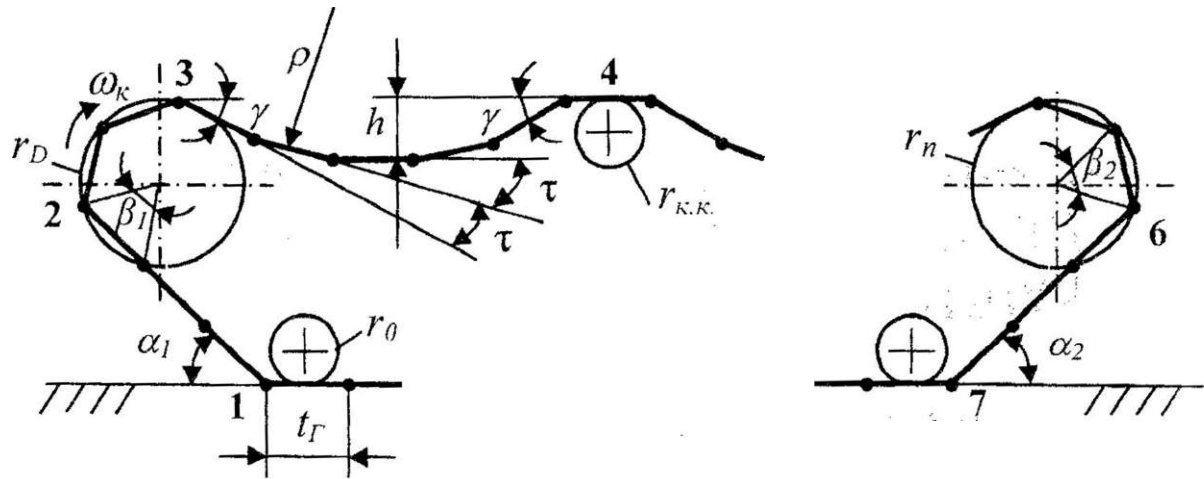
*Павлодар мемлекеттік университеті*

*В статье определены ранее нерассмотренные составляющие силы трения второй группы, возникающие между звеньями гусениц и опорными катками. Даны выражения для углов поворота между звеньями гусениц, входящих в формулы для определения этих сил трения. С учетом этого уточнена величина силы сопротивления качению гусеничного трактора.*

*Маңалада трактордың иынжыр табанды механизміндегі бұрын-соңды ескерілмеген тірек катоктар мен табандар арасында пайда болатын үйкеліс күштері анықталған. Оларды есептеп анықтау үшін керекті иынжыр табан буындары арасында өзара бұрылу бұрыштарын анықтайтын өрнектер келтірілген. Сөйтіп, шынжыр табанды трактордың қозғалысына кедергі күшінің мәні толықтырылған.*

*The article defines not considered earlier component friction forces of the second group appearing between track shoes and road wheels. The expressions for angles of rotation between track shoes are given, included in formulas for determining these friction forces. With regard to this the magnitude of force resisting the rolling of caterpillar tractor was precised.*

Белгілі әдебиет көздерінде [1,2] шынжыр табан механизмінде эсер ететін екінші топқа жататын үйкеліс күштерін анықтауда механизмдегі кейбір бөлшектері ескерілмей қалған. Сондықтан екінші топқа жататын үйкеліс күшін қарастырайық. Бұл күштер  $F_{cm}$  статикалық және  $F$  центрден тепкіш керу күштері әсері нәтижесінде пайда болатындықтан, шынжыр табан құрсауының толық бойында эсер етеді. Сондықтан шынжыр буындардың топсалары төңірегінде өзара бұрылу бұрыштар қосындысын табу үшін шынжыр табанды бірнеше учаскеге бөліп қарастырамыз (1-ші сурет). Жетекші доңғалақ /3, орталық бұрышына айналғанда бұл учаске топсаларында буындар өзара  $2\alpha_x + \beta_1$  бұрышына бұрылады. Ал жетекші доңғалақ толық бір айналғанда шынжыр табан құрсауының



1-ші сурет

бойында барлық буындардың топсалар төңірегінде бұрылу бұрыштарынын қосындысы  $\Theta = 2(a_1 + p_1 + \gamma_1 + 2t + p_2 + a_2)g$ . Бұл жерде  $a_1, p_1, \gamma_1, t, p_2, a_2$  шынжыр табан буындарының арасындағы бұрыштар, ал  $z$  - жетекші доңғалақтың динамикалық шеңберіш сәйкес буындар саны.

Егер трактор қозғалысының жылдамдығы тұрақты шама деп ұйғарсақ, онда  $F$  центрден тепкіш күші бүкіл шынжыр табан күрсауы бойында тұрақты сан мәнімен әсер етеді, Сондықтан жетекші доңғалақ толық бір айналғанда  $F_{\psi}$  және  $F_{ст}$  күштері әсеріжн пайда болатын үйкеліс жұмыстары  $i!$  -  $F_{\psi} g_{\psi} \Theta g$  және

$m$

$BL$

Бұл жерде  $F_{cm}, \sim i$  - ші учаскедегі статикалық керу күші;

$0j$  - жетекші доңғалақ ( $\beta_i$  бұрышына айналғанда  $i$  учаскесіндегі буындардың өзара бұрылу бұрышы;

$t$  - учаскедегі буындар саны;

$\psi$  - топсадағы үйкеліс коэффициент!;

$r_{\psi}$  - топса радиусы.

Егер  $F_{\psi}$  жәш  $F_{cm}$  күштері әсеріжн топсаларда пайда болатын екінші топтағы келтірілгш үйкеліс күштерін  $F'_{r_0}$  жәш  $F''_{r_0}$  деп белгілесек, онда жетекші доңғалақ толық бір рет айналғандағы олардың атқаратын жұмыстары  $L^7 = F'_{r_0} g 2\pi$  және  $L^8 = F''_{r_0} g 2\pi$ . Демек,  $F'_{r_0} g 2\pi = F_{\psi} g_{\psi} \Theta z$ ; жәш  $F''_{r_0} g 2\pi = \psi g_{\psi}^2 \frac{\pi}{X_{ст}} F_{cm} g$

Бұл жерде  $r_D$  - жетекші доңғалақтың динамикалық радиусы.

Осы тенцеулерден:



ры, ал  $r_{кк}$  - көтермелеуші катогі радиусі, Осы салыстырмалы қозғалысқа кедергі күші  $x_{кк} = \frac{2f_{кк} F_{кк} \sin \gamma}{C} = \frac{2}{C} F_{кк} \sin \gamma$ . Бұл жерде  $f_{кк}$  - көтермелеуші катоктың шынжыр табан үстімен теңселу коэффициенті,  $C_R$  - теңселу үйкелісі коэффициенті (2-ші сурет, б).

Көтермелеуші катоктар жол бетіжн бірдей биіктікте орналасқандықтан  $F_{cm}$  статикалық керу күші олардың барлығына бірдей әсер етеді деп қарастыруға болады. Сондықтан барлық көтермелеуші катоктарының теңселуіне кедергі күйдін төмшедегіше өрнектей аламыз:

$$F_{Г2К.К} = \frac{P2F_{К.К} * ПГJ_{К.К}^m}{V} \frac{C, л}{c_{ккy}} \quad (5)$$

Бұл жерде  $P$  - көтермелеуші катоктарының **саны**.

Тірек катоктарының екінші топқа қатысты үйкеліс күштерін осыған ұйқас табамыз. Тірек катогі осіне трактордың  $G$  салмағының бір бөлігі  $G_r$  күші әсер етеді (2-ші сурет, в). Каток шынжыр табан бойымен қозғалысы кезінде оның теңселуіне кедерті  $x_{0r}$  күші жәш  $G_r$  күшіш тең реактив күш пайда болады. Сон-

да  $x_{0r} = \frac{C}{r} G_r$ . Бұл жерде  $r$  - тірек катогінің шынжыр табан үстімен теңселу коэффициенті,  $C_0$  - катоктың теңселу үйкелісі коэффициенті. Барлық тірек катоктерінің теңселуіне кедергі күші:

$$x_{0r} = \frac{C}{V} \frac{G_r}{h_y} \quad (6)$$

Бұл жерде  $t$  - бір жақ шынжыр табаны механизімінің тірек катоктарының саны.

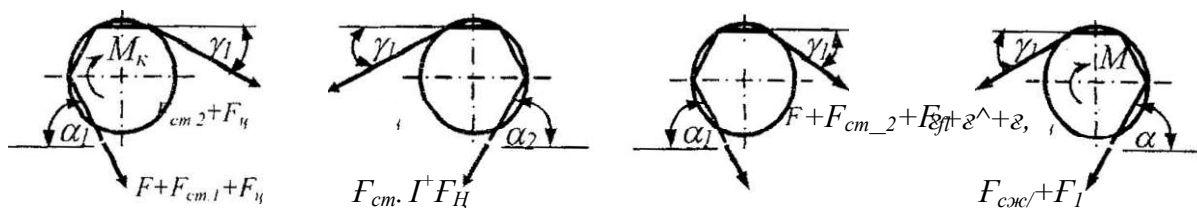
Жетекші және бағыттаушы доңғалақтарының шынжыр табанымен іліністері идеалды болған лсағдайда олардың тек қана остеріндегі подшипниктерінің кедергі күштері мен моменттерін анықтаумен шектелеміз. Жетекші доңғалақ трактордың артқы жағында орналасқан болса (3-ші сурет, а), онда жетекші доңғалақ осін иілдіру күші:

$$F_{u.,o} = F_{y} + \{f + F_{enu} + f_u\} \sin \alpha + 1(f_{cnu2} + F_u) \cos \gamma + (F + F_{cnu} + F_u) \cos \alpha f$$

Бұл жағдайда бағыттаушы доңғалақ үшін:

$$F_{u.6.<>} = F_{y} \sin \gamma + \{F_{cm} + F_u\} + K_{TM} \Gamma + (K_{жi} + F_u) f_{rosa, f}$$

Егер жетекші доңғалақ трактордың алдыңғы жағында орналасқан болса (3-ші сурет, б), онда:



3 - ш і сурет

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{u.жс.}) = & \varepsilon_{\ll} 2^+ F_u \sin \gamma_1 + i^F c \gg u + \varepsilon_{Mna_2} ] + \\
 & + [ \{ \varepsilon_{an.2} + \varepsilon_u \} \cos \gamma_1 + (F_{cm1} + F_u) \cos a_2 f \\
 & k 2^+ F_{ii} \sin \gamma_1 + \{ F + F_{cm.1} + F_{ij} \} \sin a_2 ] + \\
 & + K^{\wedge} + \wedge + \wedge + (F + \wedge_{ст./} + \wedge f
 \end{aligned}$$

Бұл жерде  $F_{>ы}$ ,  $F_{.и 2} \sim$  құрсаудың төменгі және жоғарғы жағындағы статикалық керу күштері.

Доңғалақ осьтерінде пайда болатын келтірілгея үйкеліс күштері  $F_{22жсд}$ ,  $F_{26д}$  жәш олардың моменттері  $M_{2жсд}$ ,  $M_{26д}$  төмендеті формулалармее анықталады:

$$\begin{aligned}
 F_{22.жс.}(\bar{F}_{u.жсx})^c & M_{22..ис д} \bar{F}_{u.жсд} \bar{n} \gg \\
 F_{П:XI.т} \bar{F}_{u.дл}^c &
 \end{aligned}$$

Ақырында, шынжыр табан механизмдерінде трактор қозғалысы кезінде пайда болатын екінші топтағы келтірілгш толық үйкеліс күші:

$$F_{2Г} \sim F_{22} + F_{22} + F_{2жж} + JI-G + \wedge \tag{7}$$

Екінші топқа жататын  $F$ , үйкеліс күші трактор қозғалысына кедергі күшінің құраушысы болып табылады. Осы кедергіні жену үшін  $F$  жанама тарту күшінің бір бөлігі шығын болады. Көбінесе іс жүзінде  $F_{22}$  күшінің доңғалақ жәш катоктар подшипниктерінде пайда болатын үйкеліс күштері, сан мәні жағынан баска құраушыларына қарағанда мардымсыз кішкеш шама болғандықтан есепке алынбайды.

Жоғарыда табылған формулаларды пайдаланып бірінші және екінші топтағы үйкеліс күштерін табу үшін  $a_v$ ,  $a_2$ ,  $(3_r P_2, j_v$  т бұрыштарының сан мәндері белтілі болуы керек. Енді осы бұрыштарды анықтайық.

Шынжыр табан тарауларьшың  $a_1$  жәнз  $a_2$  (1-ші сурет) көтерілу бұрыштары жәнз  $(3_j$  буындылық коэффициенті (орталық бұрыш) трактор қозғалтқыш-

тарының конструкциялық параметрлері болып табылады.  $D$  болтан дык-  
тан, осыған ұйқас  $t_r$  деп жаза аламыз. Бұл жерде  $r$ ; - бағыттаушы доңға-  
лақтың радиусы.

Бізге белгісіз  $y$  және  $x$  бұрыштарын табу үшін шынжыр табанның кез кел-  
ген екі көршілес көтермеленген катоктары арасындағы учаскесін қарастырайық  
Осы учаскедегі пайда болған көпбұрыштың ішкі бұрыштарының қосындысы  
 $7t(n-1)$  - ге тең болады. Бұл жерде  $n$  - шынжыр табанның ойпақ учаскесіндеп  
буындар саны. Демек,  $7t(n-1) = (n-1) \cdot t + 2y$ ,. Бұл өршктен  $y_x$   $\hat{=}$  I

Шынжыр табанның ойпақ учаскесін жоғары қарай ойша толықтырсақ, онла  
дұрыс көпбұрыш келіп шығады. Ал осы көпбұрышқа сырттай сызылған шен-  
бердің  $r$  радиусы шынжыр сызықтың қисықтық радиусына тең болады, яғни

$r = 8A'$   
 $r_j$  және  $t_r$  бұрыштарына ұйқас  $t_r = \frac{8t \cdot h}{p \cdot i}$  деп жаза аламыз.

Сөйтіп, табылған бұрыштар мәндерін жоғарыдағы формулаларға қойып.  
келтірілген үйкеліс күштері мен моменттерін анықтай аламыз. Осыдан кейін  
трактор қозғалысына толық кедергі күшін табу мүмкін болады.

## ӘДЕБИЕТТЕР

1. Львов Е.Д. Теория трактора.- М.: Машиностроение, 1962.
2. В.В.Гуськов и др. Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов по специаль-  
ности «Автомобили и тракторы» / Под общей редакцией В.В. Гуськова.- М.: Машино-  
строение, 1988 - 376 с.

УДК 669.182.71

# 1 БОЛАТТЫ ҚОЖБЕН ТАЗАРТУ

**Е.Б. Сүлеймен, Г.М. Сүйіндіков**

III С. Торайеыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті/

IX-  
Ущ  
§1§  
;§§§  
ущ  
Щ;p  
|Jfjg

*В статье рассмотрены вопросы рафинирования малоуглеродистой конструкционной стали в ковше известково-глиноземистым шлаком с повышенным содержанием кремнезема. В результате опытных плавов показано, что содержание серы, кислорода, неметаллических включений и др. такое же, как в стали, рафинированной известково-глиноземистым шлаком. Таким образом, по эффективности рафинирования стали известково-глиноземистый шлак с повышенным содержанием кремнезема не уступает известково-глиноземистому шлаку.*

3I|  
"iЙ

*Аз көміртекті көне тұрқылы қ болатты иіөміште кремнеземі жоғары әк-глиноземді қожбен тазарту процесі қаралған. Балқыманың күкірт, оттегі, металл емес түйіршік және бацалардан тазаруы, оны әк-глинозем қожымен өңдегендегідей, яғни тиімділігі жағынан кремнеземі жоғары әк-глиноземді қож әк-глиноземді қождан кем емес болатыны көрсетілген.*

*In article was considered, questions of refining of low-carbon construction steel in ladle. Refining was conducted lime-alumina slag with high contain of silica. In result of experience meltings was showed that contain of sulphur, oxygen, unmetallic, inclusions identical to steel, which was refined lime-alumina slag. Therefore efficacy of refining of steel by lime-alumina slag with high contain of silica not yield to refining by lime-alumina slag.*

Қара металлургияны дамытудағы шгізгі бір бағыт - болат сапасын арттыру болып табылады [1]. Болатты пішіш тыс өндеу, оның сапасын жақсартудың бір жолы болса [2], осы саланың кеңірек тараған бір әдісі - болатты жасанды қожбш тазарту [3].

Бірінші рет болатты жасанды қожбен тазартуды инженер-металлург А.С. То чинский қолданды [4]. Ол өндірістік жағдайда мартен болатын шөміште қышкыл жасанды қожбен тазарту процесін жүргізді. Бұл әдіс бойынша балқыманы қорыту пешінзн жасанды қож құйылған шөмішке ағызады. Сонда қож жәнг металдың жанасу беті өте ұлғайып, аз уақыт ішінде «металл-қож» жүйесі тепе-теңдікке жақындайды [5]. Жасакды қожбен болатты әндеуде өте күрделі физи-



ка-химиялық процесс орын алады. Балқыма ағыны биіктен жасанды қожы бар шөмішке құйылғанда, металл жәш қождың өзара бір-бірінде араласу процесі қарқынды өтіп, соңынан екі фаза (металл-қож) бір-бірінен ажырап, болаттын зиянды элементтер мен түйіршіктерден тазару процесі орын алады.

Кейінірек бұл әдісті француз ғалым-металлургі Р.Перрен жетілдірді [6]. Ол қыиықыл қождың орнына әк-глиноземді қожды (53-55% CaO, 43-45% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3% SiO<sub>2</sub>) пайдаланды.

Содан кейін әк-глиноземді қолсбен өндірістік жағдайда көптеген тәжірибелік балқыманы өндеген, сонымен қатар бұл әдісті өндіріске енгізген ғалым-металлург С.Г. Воинов болды [3,5].

Жасанды қожды пайдалану болат қорыту процесін жеңілдетіп, тездетеді. болаттың сапасын арттырады, яғни күкірт пен фосфордың, оттектен металл емес түйіршіктердің жәш т.б. мөлшерін азайтады. Бірақ глиноземнің қымбат болуы, әк-болат қорыту цехтарында әк-глинозем қожын кеңірек пайдалануға кедергі болып келді. Сондықтан физика-химиялық қасиеттері жағынан әк-глинозем қожынан кем емес, бірақ құны жағынан арзандау келетін жасанды қож табу шаралары қарастырылды. Зерттеулер мш ізденістер аркасында кремшземі жоғары әк-глинозем.қожы (53-55% CaO, 28-32% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 8-12% SiO<sub>2</sub>, 5% MgO) қолданыла бастады. Глинозем мөлшерін 13-15% азайту, әриш қож құнын арзандатты, Өндірістік жағдайда жүргізілген зерттеулер жаңа қождың тиімділігін көрсетіп берді.

Аз көміртекті конструкциялық конвертер болатын кремшземі жоғары әк-глиноземді қожбен шөміште өндедік. Жасанды қож электр доғалы пеште балқытылды. Бір балқымаға керекті қож металл салмағының 7%-індей болып, ал температурасы 1700-1740°C шамасында болды.

Балқыманы шөміште қожбен өндеу процесінде болат күкірттің жақсы тазарды. Конвертерден балқыманы ағызардағы күкірт мөлшері 0,025-0,030% болса, дайын болаттағы күкірт - 0,008-0,010%, яғни күкірттің азаю дәрежесі аз көміртекті болатты әк-глинозем қожымен тазартудағыдай болып шықты.

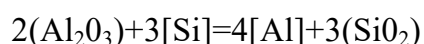
Болаттағы фосфор мөлшерінің 0,011-0,015% болуы, өндеу процесінде қож фазасынан металл фазасына оның өтпегенін көрсетеді.

Балқыманы шөміште қожбен өндеген кезде оттектендену процесінің л<sub>ақсы</sub> орындалғанын көреміз, илемделген металда оттектен мөлшері 0,003-0,004% болатаны соның айғағы. Қожбен өңделген болатта басқа газдардың да (азот, сутек) мөлшері төмеш/ Азот мөлшері 0,006-0,008%) болса, сутек - 3,3см<sup>3</sup>/100г. Азот мөлшерінің 0,006%-теш азаймауы, конвертердеті балқыманы үрлеуте пайдаланылған оттектен тазалығының (99,3-99,4%) төмендігінен.

Жасанды қожбен болатты өңдегенде металл емес түйіршіктер де азаяды [7]. Электролиз арқылы анықталған тәжірибелік болаттағы металл емес түйіршіктер 0,0041-0,0068% болса, әк-глинозем қожымен өңделген болатта - 0,0053%. Тәжірибелік болатта 3,5 баллдан жоғары оксид, 2 баллдан жоғары сульфид кездеспейді. Оксид түйіршіктердің құрамы шпиль-глинозем (88,3-96,0%) жәш силикаттан (11,7-4,0%) тұрады, ал шпиль-глинозем фракциясының құрамы: 83,3-91,8%  $Al_2O_3$ ; 3,6-5,6%  $MgO$ ; 2,5-3,2%  $FeO$ ; 1,9-7,5%  $CaO$ . Оксидтің құрамында  $Al_2O_3$ -тің басым болуы, қожбен өңдеу процесі аяқталған соң, болатты алюминиймен қоспалаудан болады.

Болатты қожбен өңдеу процесінде, оның оттегі жәш металл емес түйіршіктерден тазаруы, металл емес түйіршіктердің қож тамшыларымен кездесіп, онымен бірігіп, фазалар бөліну процесінде қож фазасына өтуіне байланысты [8]. Болатты шөміште қожбен өңдегенде қож өте кішкентай тамшы күйінде металмен араласып, металл емес түйіршіктер тез пайда болып, олар қожбен бірігіп, аз уақыт ішінде қож фазасына өтеді. Неғұрлым металл мен қож тамшыларының араласуы өте қарқынды өтсе, соғұрлым болат металл емес түйіршіктерден жақсы тазарады. Болат пш қож тамшыларының қарқынды араласуына және фазалардың бөлшеуіне, басқа факторлармен қатар металл мен қождың тұтқырлығы жәш фаза аралық керілісі әсер етеді. Неғұрлым болат пее қождың тұтқырлығы жәш фаза аралық керілісі төмш болса, соғұрлым металл емес түйіршіктердің пайда болуы, олардың қожбен бірігуі, металдан бөліну процесі тезірек жүреді.

Металды шөміште жасанды қожбен өңдеу процесінде қождан алюминий тотықсызданып, оттегісіздендіру процесіне қатысады. Алюминийдің тотықсыздануы кремний арқылы жүреді:



Қождан тотықсызданған алюминий, өңдеу процесіет кейін шөмішке салынған алюминий сияқты қожға өте алмай қалған оксид түйіршіктермен және металл фазасындағы оттегімен әрекеттесіп, болатты оттегісіздендіреді.

Тәжірибелік болаттың механикалық қасиеттері техникалық талаптарға сай  $\sigma_{\text{в}}=360-400\text{МПа}$ ,  $\delta=35-42\%$ , бойлық үлгінің тұтқырлығы  $K_{\text{Сш}}=2,5\sim 3,3\text{МДж/м}^2$ , ал келденең үлгінің тұтқырлығы  $K_{\text{СУ}}^2=2,1-3,3\text{МДлс/м}^2$ . Қожбее өңделген металдың анизотроптіті азайды, көлдеңн үлгінің соққы тұтқырлығы бойлық үлгінің нәтижесіне өте жақын болып шықты.

Сонымен кремземі жоғары әк-глиноземді қож конструкциялық болаттың кейбір маркаларын күкірт, оттегі, металл емес түйіршіктерден және т.б. тазартуда әк-глиноземді қожбен салыстырғанда ешқандай кем еместігі байқалды.

## ӘДЕБИЕТТЕР

1. Сталь.- 2001.- №1.
2. *Поволоцкий Д.А., Кудрин В.А., Вишкарёв А.Ф.* Вспечная обработка стали - М.: МИСиС, 1995.
3. *Воинов СТ., Шалимов А.Г., Косой Л.Ф., Калинин Е.С.* Рафинирование металлов синтетическими шлаками - М.: Metallurgizdat, 1964.
4. *Костюченко Е.Б.* Сталь - 1933 - №7.
5. *Воинов СТ., Шалимов АТ., Косой Л.Ф., Калинин Е.С.* Рафинирование стали синтетическими шлаками-М.: Metallurgiya, 1970.
6. *Аронович М, Костюченко Е.Б.* Развитие метода обработки металла шлаком за границей-Харьков, 1936.
7. *Калинников Е.С., Эфрос Д.И., Бородец И.В.* Сталь - 1963 - №3.
8. *Шалимов АТ.* Рафинирование металла в ковше жидким синтетическим шлаком.- М.: ГОСИНТИ, 1964.

УДК 629.1.02  
ЩШ

## К ВОПРОСУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВИЖИТЕЛЕЙ ГУСЕНИЧНОГО ТРАКТОРА I С ГРУНТОМ

**А.Нуржауов**

*Павлодарский государственный университет*

Щ *им. С. Торайгырова*

. | *Мақалада топырақгың с.ернімділік қасиеттерін грунт пен трактор  
қозғалыштарының өзара әсерінің динамикасын зерттеуде пайдалану  
I-Щ мәселелері қарастырылған.*

Щф *В статье рассмотрены вопросы учета упругих свойств почвы при  
fg | § исследовании динамики взаимодействия движителей гусеничного трактора  
с грунтом.*

ЩЩ *Im Artikel sind die Fragen der Rechnung der elastischen  
Bifdeneigenschaften bei der Forschung der Wechselwirkungsdynamik der  
Fahrwerken des Raupentraktors mit dem Grund betrachtet.*

Сцепление гусеничных движителей с грунтом непосредственно связано с механическими свойствами последнего. При исследовании взаимодействия движителей трактора грунт рассматривается как пластически деформируемая среда и подвергается сдвигу и срезу. При этом возникают силы трения, сдвига и среза грунтовых кирпичиков боковыми гранями грунтозацепов. При определении касательной силы тяги принято, что силы сдвига и среза являются определяющими [1]. Однако, грунтовые кирпичики наряду с этим подвергаются также и упругому сжатию. Значения коэффициентов сцепления, определенные по рекомендованным формулам хорошо согласуются с опытными данными для рыхлых грунтов. Однако, расчетные значения допустимых коэффициентов сцепления, определенные по формулам, выведенным без учета силы упругости, для твердых почв получаются меньше значений, найденных опытным путем на 40-62%, а максимальных коэффициентов сцепления - на 53-98%. Поэтому при определении касательной силы тяги трактора необходимо принять во внимание также упругую силу деформированного грунта.

При взаимодействии гусеничного движителя с грунтом предположим, что касательная сила тяги будет равна сумме трех составляющих:

$$F_k = F_{к.а.} + F_{к.ср.} + F_{к.сж.} \quad (1)$$

где  $F_{к.ср.}$  - сила реакции грунта при сдвиге;

$F_{к.а.}$  - сила реакции грунта при срезе;

$F_{к.сж.}$  - сила реакции грунта при упругом сжатии.

При повороте ведущего колеса с динамическим радиусом  $r$  на угол  $\varphi$  теоретическая длина пройденного трактором пути будет равна  $r\varphi$  (рис.1). Тогда длина пути буксования (здесь  $\delta$  - коэффициент буксования). Элементарная составляющая касательной силы тяги при сдвиге грунта  $dF_{к.сд} = m_{ш} dS$ . Здесь через  $m_{ш}$  обозначено напряжение сдвига в грунте. Элементарная площадка опорной поверхности гусеницы  $dS = br_k d\varphi$  ( $b$  - ширина гусеницы).

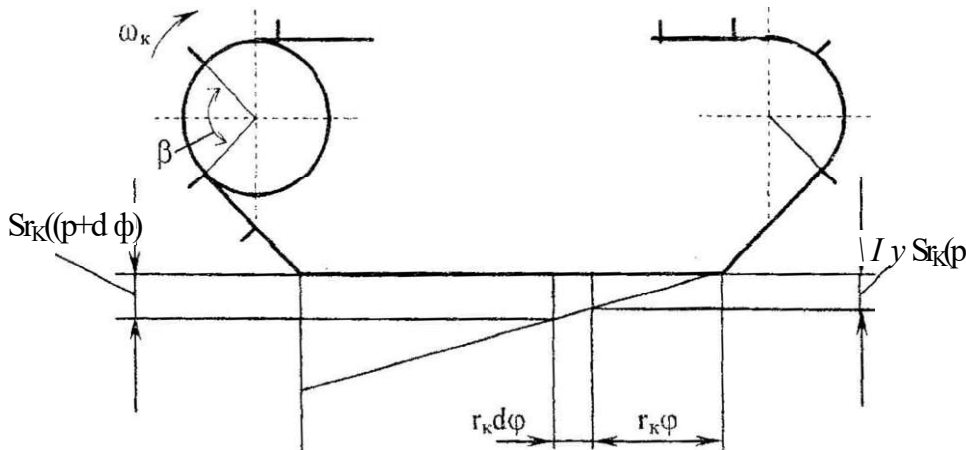


Рис. 1

Зависимость между деформацией и напряжением сдвига определена в виде:

$$m_{ш} = f_{ск} \frac{I_{np}}{ch} \frac{A}{r_k} \quad (2)$$

где  $f$  - приведенный коэффициент трения;

$p$  - давление трактора на грунт, Па;

$k_x$  - коэффициент деформации, м;

$f_{ск}$  - коэффициент трения сдвига;

$A$  - деформация грунта, м.

Приведенный коэффициент деформации определяется по формуле:

$$L_p = 2,55 \int_{\pi} \frac{J_{\text{ср}}}{f_{\text{аеж}} Y} \sqrt[0,825]{\dots} \quad (3)$$

где  $f_{\text{аеж}} = \text{tg} \phi + \dots$  (4)

$f_u$  - коэффициент трения покоя;  
 $\text{tg} \phi$  и  $m_0$  - составляющие коэффициента  $\mu$ .

Тогда напряжение сдвига в грунте

$$\tau = L_p \left( 1 + \frac{J_{\text{ср}}}{ch} \frac{S r_k(p)}{k} \right) \text{th}^5 \alpha \quad (5)$$

Во время движения трактора при каждом обороте ведущего колеса вокруг оси процесс взаимодействия гусеницы с грунтом циклически повторяется. Следовательно, при одном обороте ведущего колеса рассматриваемая составляющая касательной силы тяги

$$F_{k, \dots} = 2' \sqrt{L_p} \left( 1 + \frac{J_{\text{пр}}}{ch} \frac{\delta r_{k \text{ср}}}{r J} \right) \cdot 5 \alpha \phi \dots \quad (6)$$

Рассмотрим упругую составляющую касательной силы тяги. При одном обороте ведущего колеса грунтозацепы, расположенные на опорной поверхности гусеницы, подвергают грунт упругой деформации на разные величины. При этом у последнего грунтозацепа имеет место максимальная длина срезанного, сдвинутого и деформированного участка грунта. Каждый грунтозацеп подвергает грунт упругой деформации на определенную длину после чего кирпичики грунта срезаются и сдвигаются. Допустим, что при одном обороте ведущего колеса число грунтозацепов, упруго деформирующих почву, равно  $u \cdot z$ . Здесь  $z$  - число звеньев гусеницы, соответствующее динамической окружности колеса;  $u$  - коэффициент, учитывающий число звеньев, участвующих в упругой деформации грунта. По данным экспериментальных исследований, проведенных при рядовой эксплуатации гусеничных тракторов, а также на полигонах, значение коэффициента  $u$  можно принять в пределах  $0,25 \text{--} 0,3$ . При повороте ведущего колеса на угол  $\alpha$  элементарная сила упругости почвы

(7)

где  $k \sim$  коэффициент объемного смятия грунта, Н/м<sup>3</sup>;

$h_z$  - высота грунтозацепа, м.

При полном обороте ведущего колеса

$$k_{\text{кж}} = \frac{2n}{Jkbh_p y z} > S > r_K' d < p \quad (8)$$

Составляющая касательной силы тяги, соответствующая срезу грунта определена по формуле [1]:

$$F_{k, \text{ср}} = 4\Gamma_{\phi} \cdot K \cdot z \quad (9)$$

где  $m_{\text{ср}}$  - модуль среза грунта, Н/м.

Значение модуля среза зависит от вида грунта. Например, для среднего суглинка (стерни)  $\Gamma = (1 \text{ Дб-М,96}) \cdot 10^3 \text{ тф/л}$ , для супеси  $\Gamma_{\text{ср}} = (1,5 \sim 2,6) \cdot 10^3 \text{ Я/лг}$ .

Проинтегрировав выражения (6) и (8) с учетом того, что  $p = \frac{G}{L}$ , а также то, что при одном полном обороте ведущего колеса длина гусеницы, находящейся в контакте с грунтом, будет равна  $2\pi r_K$  и подставив полученные значения в уравнение (1), получим:

$$F = \frac{LAG}{2nr..5} \ln ch \frac{2n\epsilon}{p} + f_{np} \frac{fmp}{\text{СЙ} 2\text{яг.} \leq} + Ar_{\text{ср}} h_r z + 4/7\Gamma_{\text{кб}} h_{\text{г}} d_{\text{г}}^2 \quad (Ю)$$

1 При полном обороте ведущего колеса величина деформации почвы грунтозацепами в направлении противоположном движению трактора, следовательно, длина пути буксования  $D = \frac{2\pi}{\epsilon_{\text{кб}} I (p \sim 2\text{яд} \epsilon_{\text{кб}})}$ . Тогда отношение определенной выше касательной силы тяги на эту длину можно принять как приведенный коэффициент жесткости почвы:

$$C = \frac{f_{\text{ср}} A G}{2\text{яд}_{\text{кб}} \Delta L_{\text{кб}} \delta} \ln ch \frac{2\text{яд}_{\text{кб}} \epsilon_{\text{кб}}}{h_{\text{г}} f_{\text{нр}}} - \frac{L n p}{ch 2L \delta} + 4m h_{\text{рз}} + A y 7 i k b K S r_{\text{кз}} \quad (И)$$

В таблице №1 приведены значения параметров, характеризующих различные виды грунтов [1]. На рисунке 2 показаны зависимости от буксования значений коэффициентов сцепления  $\epsilon_{\text{р}}$  движителей гусеничного трактора класса 30 кН тяги «Казахстан», определенные с использованием по-

лученных формул и данных таблицы №1. Анализ этих зависимостей и сравнение расчетных значений  $\langle p \rangle$  принятыми значениями допустимого ( $p_{доп}$  и максимального  $\langle p_{жп} \rangle$  значений коэффициента сцепления, установленных эк-

Таблица №1

Обозначение величин и коэффициентов	Суглинок тяжелый			Суглинок средний			Суглинок легкий			Су песок		
	целина	стерня озимых	слежавшаяся пахота	целина	стерня озимых	слежавшаяся пахота	целина	стерня озимых	слежавшаяся пахота	целина	стерня озимых	слежавшаяся пахота
$u$	-	0,76	-	0,76	0,72	0,70	0,76	0,72	0,69	-	0,79	-
$f_{лр}$	-	0,323	-	-	-	-	0,248	0,259	0,316	-	1,23	-
Ю'Чи Па	2,8	2,2	1,15	2,92	1,975	0,885	2,4	1,76	1,06	1,36	0,85	0,55
$10^{-7}$ к, н/м <sup>3</sup>	0,12-0,18	0,10-0,17	0,07-0,11	0,11-0,20	0,11-0,17	0,06-0,11	0,07-0,10	0,11-0,19	0,10-0,17	0,08-0,11	0,07-0,08	0,04-0,06
/П	0,762	0,822	0,802	-	-	-	0,805	0,765	0,745	0,884	0,824	0,844
$\tau$ , кПа	3,0	3,0	3,0	2,75	2,75	2,75	2,5	2,5	2,5	1,0	1,0	\,o
$tg\langle P \rangle$	0,72	0,78	0,76	-	-	-	0,77	0,73	0,71	0,87	0,81	0,83
$k_m=0.068$ м $m_{Г\phi} \sim 2 \cdot 10^3$ Нм    61000н    Z=13 $7^{0,25}$ $\Gamma=0.170$ м $B=0.39$ м $K \sim 0.03$ м $\rho \geq 70.890$ кПа												

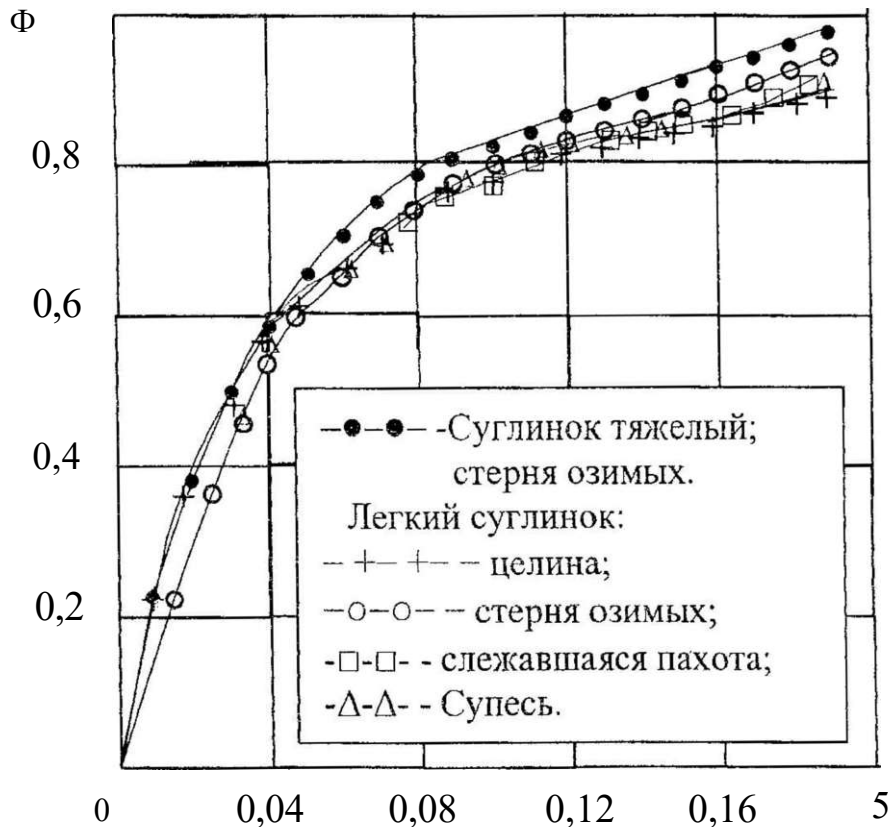


Рис. 2



спериментальным путем, показывают, что для всех видов грунтов значения коэффициента сцепления  $\leq p_{III}$  соответствуют значению буксования двигателей в пределах  $\delta - 0,04-0,06$ , а максимального значения  $(p_{тк}$  коэффициент  $\wedge$  достигает при значениях буксования от 0,15 до 0,2. Это соответствует действительному характеру взаимодействия гусеничных двигателей с грунтом. Поэтому, при исследовании динамики гусеничных тракторов формулы (10) и (11) можно использовать для определения касательной силы тяги  $F$ . и приведенного коэффициента жесткости  $C$  грунта,

### ЛИТЕРАТУРА

1. Гуськов В.В., Велев Я.Я., Атаманов Ю.Е. и др. Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов по спец. «Автомобили и тракторы» // Под общей ред. В.В. Гуськова.-М.: Машиностроение, 1988.- 376 с.: ил.

УДК 539.19+541.27+541.6

## О ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ГРАДИЕНТОМ ПЛОТНОСТИ ОДНОЧАСТИЧНОЙ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, ЭЛЕКТРОННОЙ ПЛОТНОСТЬЮ И ОДНОЧАСТИЧНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Ш Т. Сулейменов

Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева,  
г. Караганда

*Квантъщ жүйелердің бір бөлшектік потенциалымен, электрондыц тыгыздыц және кинетикалык энергияныц градиенті арасында байланыс орнатылган. Бул тыгыздыц функционалы арқылы алынган мәліметтерді ництылау үйіи және люлкулалардагы ядро орнын көрсетуге көмектеседі.*

*Устанаулиаается взаимосвязь между градиентом плотности одночастичной кинетической энергии, электронной плотностью и одночастичным потенциалом квантовых систем. Это позволяет уточнить результаты, полученные с помощью теории функционала плотности, а также играет большую роль при установлении местонахождения ядра в со от вет ствую щих молекулах.*

*Interrelationship between the gradient of density of one-particle kinetic energy; electronic density and one-particle potential of the quantum systems is fixed. This allows to elaborate the results got by means of density functional theory, as well as plays the greater role at determination of the nucleus site in corresporiding molecules.*

Как указывалось в работе [1], электронная плотность  $s(\mathcal{z})$  в принципе может быть рассчитана точно из одночастичного потенциала  $V(r)$ , который имеет вид

где  $b_{0k}[p]$  - плотность обменно-корреляционной энергии.

Нужно подчеркнуть, что здесь между соотношением  $s$  и  $V$  градиентом плотности кинетической энергии существует тесная связь [2]. Ниже приве-

дем обобщение для трехмерного случая. Это соотношение является дифференциальной формой теоремы вириала.

Как отмечалось выше, плотность  $p$  можно представить через собственные функции одночастичного оператора  $V(r)$  в виде

$$\langle \psi | \rho | \psi \rangle = E_T^2 \quad (0 = E_a) \quad (21)$$

или  $p = \dots$ .

Рассмотрим уравнение Шредингера для ЧК:

$$\nabla^2 \psi + [V(r) - K] \psi = 0. \quad (3i)$$

Взяв градиент от этого выражения, получаем

$$\nabla_T \nabla_T' \psi + \nabla(V^2 \psi) = \dots \quad (4f)$$

Поскольку  $\psi = Y$ , можно записать

$$\dots \cdot 2 \nabla \cdot \text{grad} F - W, V^2 \psi, + \dots \quad (5)$$

Теперь введем плотность кинетической энергии  $G(r)$  для состояния  $\psi$ :

откуда

$$\nabla G_r = \nabla V^2 \psi, V^2 \psi. \quad (6)$$

Следовательно

$$2p; \text{grad} F = -\nabla G, + \nabla V f V^2 \psi. \quad (7)$$

Теперь рассмотрим величину

$$\nabla(V^2 p) = \nabla \text{div} \nabla W, \dots - 2 \nabla V(V^2 \psi) + 2W, V^2 \psi, + 4VG. \quad (8)$$

Тогда из соотношений (1)-(8) следует, что

$r$

$$\nabla G, = -i_A \text{grad} K + i_V (V^J_A).$$

Суммируя по всем занятым состояниям  $i$  и используя обозначение

$i$

мы получаем результат

$$\nabla G = - \nabla \text{grad} F + i_V (V V). \quad (9)$$

Соотношение (9) связывает градиент плотности кинетической энергии с электронной плотностью и одночастичным потенциалом  $V(r)$ . Этот результат связан с локализуемостью энергии.

Данное соотношение имеет важное значение при установлении местонахождения ядра в соответствующих молекулах, молекулярных образованиях типа кластеров и т.п.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Мулдахметов З.М., Минаев Б. Ф., Безносюк С.А.* Теория электронного строения молекул- Алма-Ата: Наука, 1988.- 216 с.

2. *Mcilyshev V.P., Suleymenov T., Beznosyuk S.A.* Quantum-Chemical Calculation of the Electronic Stability of Cores in Alkali Halides Inorganic Materials. Vol. 32. N7. 1996. P. 781-783.

УДК621.315:621.3.016.31  
ЩВ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИНТЕРВАЛОВ НАГРУЗОК ПРОВОДНИКОВ В СИСТЕМЕ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

**В.В. Ткаченко**

I Павлодарский государственный университет

§§§ им. С. Торайгырова

III\* . Бір маркалы өткізгішпенгі және бірыңғай тесегіштері мен кабельдер  
yzv-i^k ушія, кедергісі көп болғандағы аз ақылы өткізгіштік болған жағдайдағы  
электрмен қамтамасыз ететін ішкі жүйесіндегі өткізгіштік жүктемесінің  
экономикалық ара қашықлығын анықтайтын әдіс қарастырылды.

||jj§  
Iffjf Разработан метод определения экономических интервалов нагрузок  
3fjg| проводников в системе внутреннего электроснабжения при условии, когда  
проводник, имеющий большее сопротивление, имеет меньшую стоимость  
для кабелей и проводников одной марки при одном способе прокладки.

The method of definition of economic intervals of loadings of conductors  
in system of internal electrosupply under condition of when the conductor having  
the greater resistance, has smaller cost, for cables and conductors of one mark is  
developed at one way of a lining.

Используя понятие об оптимальной потере напряжения в линии, можно определить оптимальную мощность, передаваемую по данной линии, т.е. соответствующую минимуму приведенных затрат.

Значение удельной оптимальной потери напряжения в линии можно выразить как;

$$\mu_{\text{опт.уд.}}\% = \frac{100 - S_{\text{опт}} - (U \cos(\rho + \alpha_0) \cdot \sin \Phi)}{\Gamma^2}, \quad (1)$$

где  $S_{\text{опт}}$  - оптимальная мощность, кВА;

$U_H$  - номинальное напряжение линии, кВ;

$\cos \rho$  - коэффициент мощности нагрузки;

$\Gamma_0$ ,  $\alpha_0$  - активное и реактивное удельные сопротивления проводов, Ом на 1 км.

Удельные оптимальные потери напряжения в линии определяем по математической формуле выраженное через значения стоимостных оценок:

$$S_{\text{опт}} = \frac{100}{\gamma_0} \cdot \frac{S \cdot \sin^2 \varphi \cdot X_0^2 \cdot \cos^2 \varphi}{U_H^2} - \frac{p \cdot c \cdot 10^{-3}}{m \cdot \rho} \quad (2)$$

где S - транспортируемая мощность в линии электропередачи, кВА;  
 c - коэффициент, зависящий от сечения (сопротивления) проводов;  
 T - время максимальных потерь энергии в линии, ч;  
 Ц<sub>п</sub> - стоимость 1 кВт'ч потерянной электроэнергии;

$$P = E_H + Pa >$$

где E<sub>н</sub> - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;  
 p<sub>ц</sub> - норма амортизационных отчислений.

Приравняв выражения (1) и (2) и выполнив преобразования, можно определить значение оптимальной мощности S<sub>опт</sub>, соответствующей оптимальной потере напряжения и минимуму приведенных затрат в линии.

$$100 - S_{\text{опт}} \cdot (\gamma_0 \cdot \cos^2 \varphi \cdot X_0^2 \cdot \sin^2 \varphi) = \frac{100}{\gamma_0} \cdot \frac{S_{\text{опт}} \cdot X_0^2 \cdot \sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi}{U_H^2} \cdot \frac{p \cdot c \cdot 10^{-3}}{m \cdot \rho} \quad (3)$$

Используя выражение (3), можно определить для любой линии электропередачи любого конструктивного исполнения с конкретным числом часов максимальных потерь и стоимостью потерь электроэнергии значение оптимальной мощности для любого сечения проводника с известным активным удельным сопротивлением γ<sub>0</sub>.

Обычно, при проектировании систем электроснабжения стоит обратная задача, т.е. по известной расчетной нагрузке линии требуется определить оптимальное сечение проводников, соответствующее минимуму приведенных расчетных затрат, т.е. требуется подобрать удельное сопротивление линии γ<sub>0</sub>, при котором расчетная мощность будет являться оптимальной. В связи с тем, что стандартный ряд сечений проводников дискретен, подобрать оптимальное сечение провода для конкретной передаваемой мощности затруднительно. Но для каждого сечения проводника с удельным сопротивлением γ можно найти интервал мощностей, при которых

приведенные затраты на линию будут минимальными по сравнению с проводниками других сечений.

Пусть имеются два проводника одинаковой длины с удельными сопротивлениями  $\gamma_{o1}$  и  $\gamma_{o2}$ . Выражение приведенных затрат для каждого проводника без учета затрат на обслуживание и других одинаковых для обоих сечений составляющих будет иметь вид:

$$S_1 = p \cdot \frac{1}{x_{o1}} + \gamma_{o1} \cdot T - \text{Цд} \cdot 10^{-j} \quad U_u \quad (4)$$

$$S_2 = P - \frac{1}{\gamma_{o2}} + \gamma_{o2} \cdot T < \text{Цл} - 1 (\Gamma^3) \quad vU_{ny} \quad (5)$$

Приравняв выражения (4) и (5) и выполнив преобразования, можно определить границу экономических интервалов между двумя проводниками. Если  $\gamma_{o1}$  больше  $\gamma_{o2}$ , то для значений передаваемой мощности меньше граничного значения приведенные затраты будут меньше для провода с большим удельным сопротивлением  $\gamma$  (с меньшим сечением). Таким образом, граница экономических интервалов является верхним значением экономического интервала для проводника с большим значением (меньшим сечением) и одновременно нижним значением интервала экономических нагрузок с провода с меньшим удельным сопротивлением (большим сечением). Внутри экономического интервала приведенные затраты будут меньше для проводника данного сечения по сравнению с приведенными затратами для проводников других сечений.

Определим значение граничной мощности:

$$P \frac{1}{x_{o1}} + \gamma_{o1} T - \text{Цл} - 10^{-3} \quad v_a \quad = P \frac{1}{\gamma_{o2}} + \gamma_{o2} T - \text{Цл} - 10^{-3} \quad v_{u,y} \quad (6)$$

$$s = \frac{p - c \cdot 10^n}{V_{o1} \cdot \gamma_{o2} \cdot l}$$

По выражению (6) можно определить границы интервалов экономических мощностей для проводников различных сечений и, таким образом, определить экономические интервалы нагрузок.

Выражением (6) можно пользоваться в тех случаях, когда проводник, имеющий большее сопротивление, имеет меньшую стоимость. Например, для кабелей одной марки при одном способе прокладки.

УДК 621.316.925

SJR

i-III  
III

II

I I

I «

I I

# УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ ЛИНИИ ОТ ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

**Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, Д.Б. Утегулова,**

**Sfl А.Б. Абдыкаримов, А.М. Шинтемиров, А.М. Шинтемиров**

*Павлодарский государственный университет*

P  
ffj§

*им. С. Торайгырова*

III  
III

ш

*Бір фазалық жерге түйықталумен арцалыц ауыспалы кедергі жагдайда қамтамасыз ететін селективтік және тез әрекет ететін оқшауламаган бейтараптамамен торапта бір фазалық жерге шунықталудан желінің қорғасын құрылғы жасалған. Егер қосымша жалпы токпен қалеан желілерден қорғалған сыйымдылықты ток салыстырылған.*

*Разработано устройство защиты линии от однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью, обеспечивающее селективность и быстродействие при однофазных замыканиях на землю через переходное сопротивление в случае, если емкостной ток защищаемой линии соизмерим с суммарным током остальных линий.*

*The device of protection of a line from the single-phase short circuit on the ground in an network with isolated neutral which provide selectivity and speed is developed at single-phase short circuits on ground through transitive resistance in a case, in addition, if the capacitor current of the protected line is commensurable with a total current of other lines.*

С целью повышения селективности при однофазных замыканиях на землю через переходное сопротивление в электрических сетях с изолированной нейтралью разработано устройство защиты линии от однофазных замыканий на землю в трехфазных электрических сетях с изолированной нейтралью.

В настоящее время широко применяется устройство от однофазных замыканий на землю, содержащее по числу фаз конденсаторы, включенные между соответствующими фазами сети и землей, трансформатор тока нулевой последовательности и исполнительные реле, а также снабжено двумя выпрямительными мостами и дополнительным трансформатором тока



нулевой последовательности [1]. Недостатком данного устройства является то, что защита имеет низкую селективность при однофазных замыканиях на землю через переходное сопротивление в местах, где емкостной ток в сети соизмерим с суммарным емкостным током защищаемой линии.

Разработанное устройство, содержащее по числу фаз конденсаторы, включенные в месте соединения первичных обмоток основного и дополнительного трансформаторов тока нулевой последовательности, включенных последовательно и на выходе имеющих согласующие элементы, снабжено тиристорными оптронами, логические элементы И-НЕ, соединенные по схеме RS-триггера, транзистор, выполняющий функции электронного ключа, оптотиристор, силовые электроды которого коммутируют катушку электромагнита отключения выключателя нагрузки линии.

На рисунке 1 представлена схема разработанного устройства, на рисунке 2 - временные диаграммы работы устройства.

Устройство защиты линии при однофазных замыканиях на землю в сети с изолированной нейтралью содержит источник питания; электрическую линию с однофазным замыканием на землю в фазе А; трансформатор тока нулевой последовательности ТА1; дополнительный трансформатор тока нулевой последовательности ТА2; конденсаторы С, подключенные по числу фаз; согласующие элементы ЭС1 и ЭС2; тиристорные оптроны VU1-VU2; резисторы R1-R4; логические элементы И-НЕ Э1-Э5; транзистор VT; оптотиристор VU3; выключатель нагрузки QF.

На временных диаграммах рис. 2 показаны токи на выходе согласующих элементов ЭС1 и ЭС2, где:

$I_{\text{вк}}$  - ток включения тиристорного оптрона;

$I_o$  - емкостной ток сети;

$I_k$  - ток, генерируемый конденсатором С;

$(p$  - угол сдвига фаз между векторами тока  $I_c$  и тока  $I_o$ .

Суммарный ток определяется по формуле

$$I = K^+ \quad (1)$$

Устройство работает следующим образом. Величина тока  $I_k$  обеспечивает разницу амплитуд токов  $I_c$  и  $I_o$ , и угол сдвига фаз  $(p$  между векторами токов  $I_c$  и  $I_o$ . Разница амплитуд токов  $I_c$  и  $I_o$  и угол сдвига фаз этих токов характеризуется величиной емкости С, чем больше величина емкости С, тем больше угол сдвига фаз между токами  $I_c$  и  $I_o$  и разница амплитуд этих токов, что увеличивает разницу во времени сигналов включения тиристор-

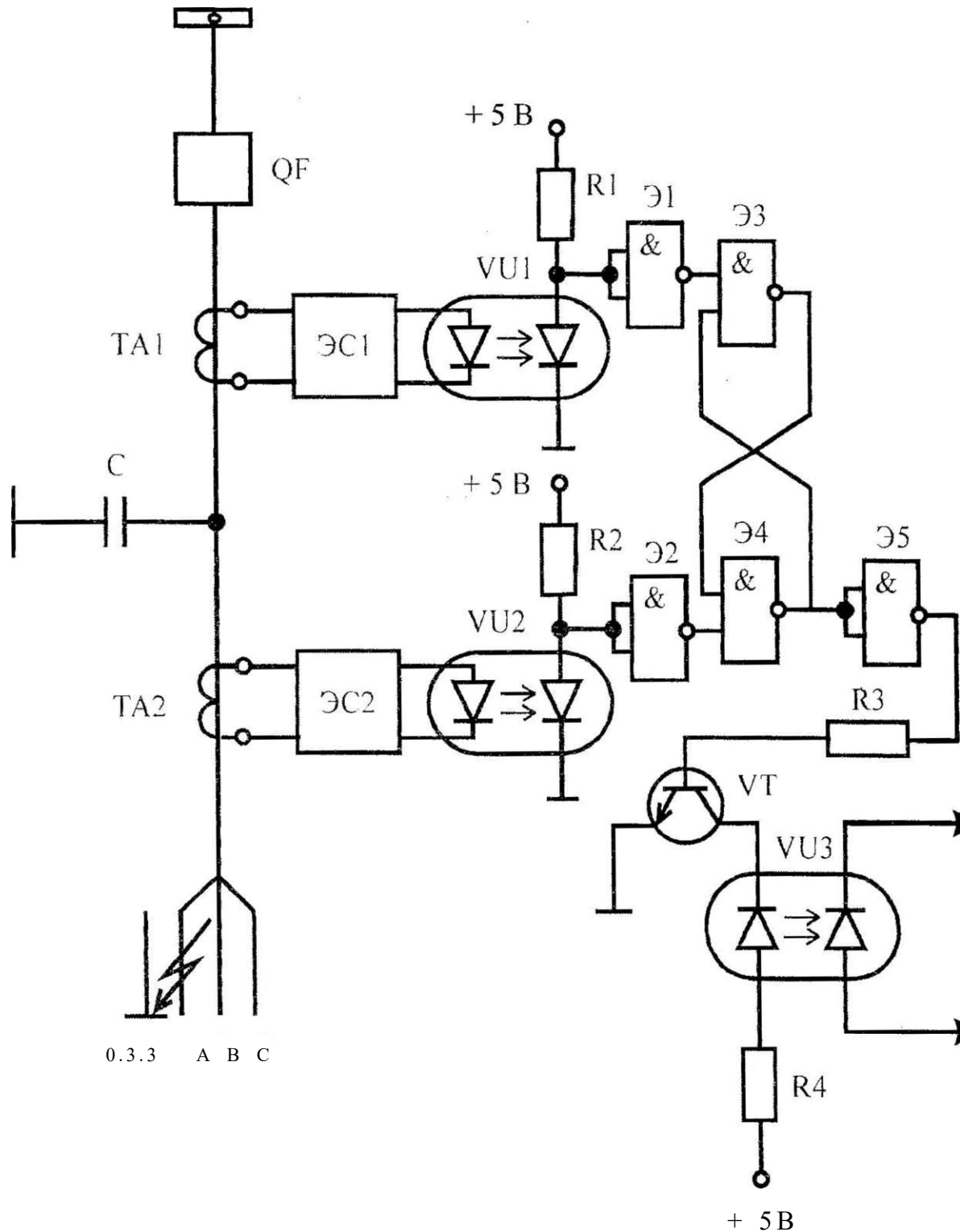


Рис. 1

ных оптронов и положительно сказывается на надежности работы разработанного устройства защиты линии от однофазного замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью.

При отсутствии короткого замыкания на линии и со стороны источника питания, тиристорные оптроны VU1 и VU2 закрыты и на входах элементов И-НЕ Э1 и Э2 присутствует напряжение высокого уровня. На вы-

ходе этих элементов и на входах элементов И-НЕ Э3, Э4 присутствует напряжение низкого уровня. Соответственно на выходе элементов И-НЕ Э3 и Э4 - уровень высокого напряжения, на входах элемента И-НЕ Э5 высокий уровень напряжения, на выходе - напряжение низкого уровня, поэтому транзистор VT закрыт, оптотиристор VU3 закрыт и выключатель нагрузки QF линии находится во включенном состоянии.

При возникновении однофазного замыкания на землю на линии через трансформатор тока ТА1 протекает  $I$  - емкостной ток всех линий сети, а через трансформатор тока ТА2 протекает  $I_c$  - суммарный ток, который состоит из тока  $I_o$  и  $I_k$ .

Как видно из рис. 2, на управляющий электрод тиристорного оптрона VT2 подается большой управляющий сигнал, который характеризуется током  $I_c$ , что приводит к быстрому его открыванию за время  $t_p$  при этом на входах элемента И-НЕ Э2 появляется напряжение низкого уровня, на выходе этого элемента и на одном из входов элемента И-НЕ Э4 появляется

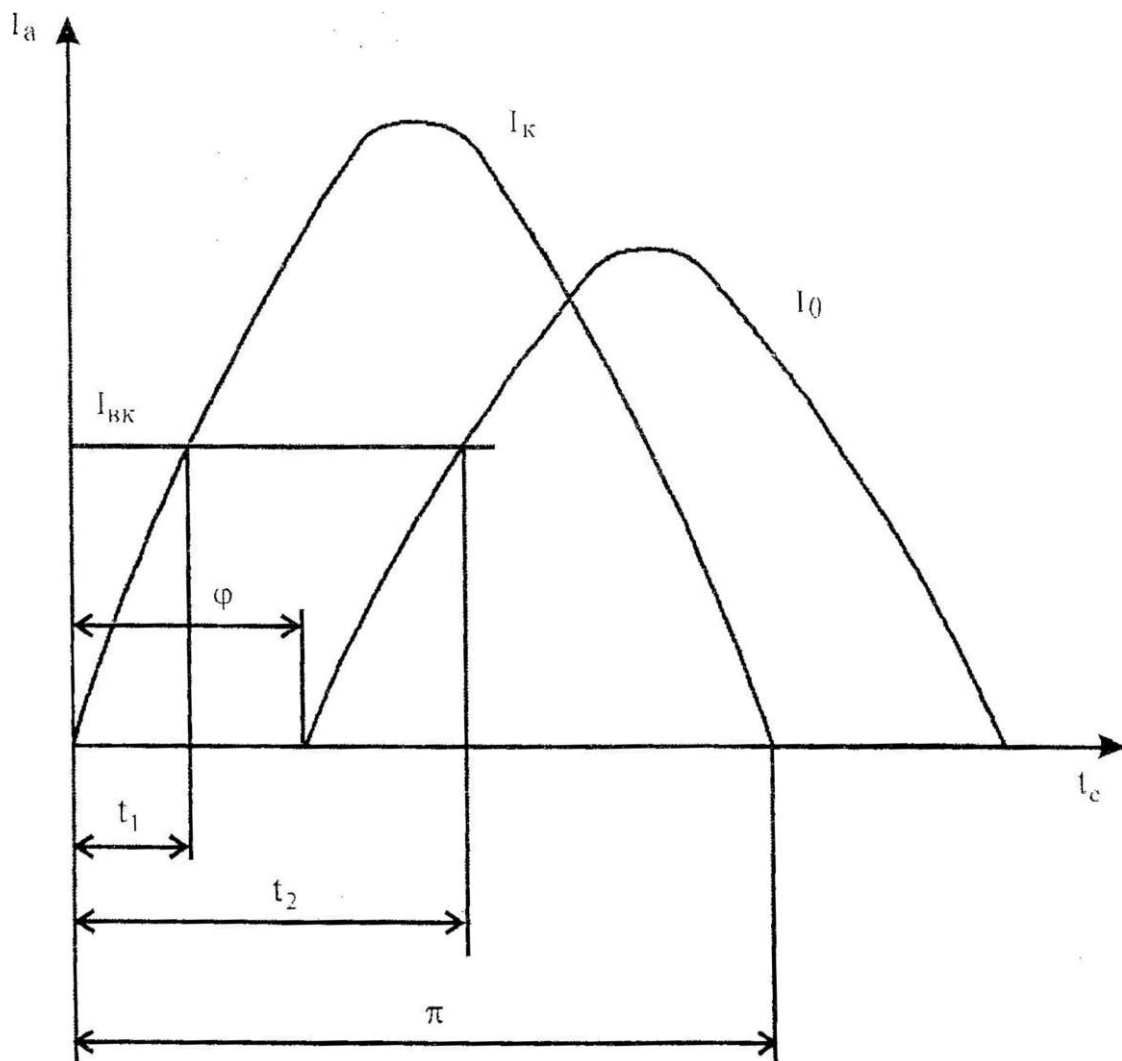


Рис. 2

напряжение высокого уровня. На втором входе этого элемента уже присутствует напряжение высокого уровня, поэтому на выходе элемента И-НЕ 34 и на одном из входов элемента И-НЕ Э3 и на входах элемента И-НЕ 35 - напряжение низкого уровня. На выходе элемента И-НЕ Э5 и на базе транзистора VT появляется напряжение высокого уровня, поэтому транзистор открывается, оптотиристор VU3 открывается, срабатывает электромагнит отключения и выключатель нагрузки QF отключается.

При возникновении однофазного замыкания на землю со стороны источника питания через трансформатор тока ТА2 протекает только емкостной ток  $I_0$  линии, а через трансформатор тока ТА1 протекает величина суммарного тока  $I_0$ , который состоит из тока  $I_0$  и тока  $I_k$ .

Согласно рис. 2, на управляющий катод тиристорного оптрона VU1 подается большой управляющий сигнал, который характеризуется током  $I_0$ , что приводит к быстрому его открыванию за время  $t_r$ . На входах элемента И-НЕ Э1 появляется напряжение низкого уровня, на выходе этого элемента и на входе элемента И-НЕ Э3 появляется напряжение высокого уровня. Так как на другом входе этого элемента уже присутствует напряжение высокого уровня, то на выходе этого элемента и на входе элемента И-НЕ Э4 присутствует напряжение низкого уровня. На другом входе элемента И-НЕ Э4 присутствует напряжение низкого уровня, поэтому на выходе элемента И-НЕ Э4 и на входе элемента И-НЕ Э5 - напряжение высокого уровня, на выходе элемента И-НЕ Э5 - напряжение низкого уровня, Транзистор VT закрыт, оптотиристор VU3 закрыт, и выключатель нагрузки остается во включенном состоянии.

Так как на входе элемента И-НЕ Э4 появляется напряжение низкого уровня, то это исключает отключение выключателя QF при срабатывании через время  $t_2$  тиристорного оптрона VU2, т.к. при появлении напряжения высокого уровня на втором входе элемента И-НЕ Э4 в результате срабатывания тиристорного оптрона VU2, на выходе элемента И-НЕ Э4 и на входе элемента И-НЕ Э5 остается напряжение высокого уровня, на выходе элемента И-НЕ Э5 напряжение низкого уровня, транзистор VT закрыт, оптотиристор VU3 закрыт, выключатель QF находится во включенном состоянии.

Согласующие элементы предусмотрены с целью настройки устройства таким образом, чтобы все тиристорные оптроны включались при определенной величине тока нулевой последовательности.

Разработано устройство защиты линии от однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью, обеспечивающее селективность

и быстродействие при однофазных замыканиях на землю через переходное сопротивление в случае, дополнительно, если емкостной ток защищаемой линии соизмерим с суммарным током остальных линий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Авторское свидетельство СССР. № 736251. МКИ Н 02 Ы 3/16. - 1960.

л; УДК 621.365.5

# I НАГРЕВ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЖИДКОСТЕЙ В ИНДУКЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С КОАКСИАЛЬНЫМИ ЦИЛИНДРАМИ

**В.С. Чередниченко**

*§ш* Новосибирский государственный технический университет

**К.В. Хацевский**

*И* Павлодарский государственный университет

*Щ* им. С. Торайгырова

*- С* Осы жұмыста сүйыштарды өңдеуде индукциялық жылыту жүйелерін  
*ifIII* қолдану проблемасы қарастырылған және өтетін термохимиялық  
*III* үрдістерге талдау жасалған.

*В настоящей работе рассмотрена проблема применения индукционных нагревательных систем для обработки жидкостей и приведен анализ происходящих термохимических процессов.*

*The problem of application of induction heating systems for processing liquids and the analysis occurring thermochemical processes is considered in this paper.*

## 1. Постановка задачи.

Использование индукционных систем с коаксиальными цилиндрами для нагрева воды позволяет одновременно с нагревом снижать солесодержание в нагреваемой воде за счет интенсификации химикотермических процессов в электромагнитном поле с получением нерастворимых порошковых продуктов из веществ, растворенных в воде. Общий анализ рабочих режимов обработки жидкости в рассматриваемых устройствах позволил выделить три одновременно протекающих взаимосвязанных процесса:

1) движение и нагрев жидкости в рабочем объеме за счет перепада давлений жидкости на входе и выходе устройства;

2) нагрев и конвективное движение жидкости при взаимодействии непосредственно с нагревающей поверхностью (нагрев в температурной об-

ласти без насыщения, нагрев при объемном или поверхностном кипении с одновременным протеканием термохимических процессов.);

3) движение нагреваемой жидкости за счет объемнораспределенных электромагнитных сил, действующих локально на паропроводящую смесь в рабочем пространстве индукционных систем нагрева (электромагнитное вихревое перемешивание), с одновременной интенсификацией термохимических процессов в электромагнитном поле.

Рассмотрим последовательно эти три процесса.

Принудительное движение жидкости за счет перепада давлений на входе и выходе нагревательного устройства определяет циркуляцию потока жидкости и интегральный теплообмен с коаксиальными цилиндрами. Теплообмен жидкости с нагревающими цилиндрами определяется законом Ньютона и, следовательно, коэффициентом теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи в этом случае зависит от целого ряда факторов: температур теплоотдающей ( $t_f$ ) и тепловоспринимающей ( $t_j$ ) сред, формы и геометрических размеров нагревающих стенок, характера движения жидкости, физических свойств жидкости (теплоемкости ( $c$ ), теплопроводности ( $\lambda$ ), плотности ( $\rho$ ), вязкости ( $\eta$ ), скорости ( $V$ ), увеличивающейся за счет действия электродинамических сил, возникающих при взаимодействии электропроводной воды с электромагнитным полем).

Взаимодействие жидкости с нагревающей поверхностью зависит от удельной плотности теплового потока при теплообмене и определяет характер движения жидкости совместно с электродинамическими процессами непосредственно около поверхности нагрева (объемное или поверхностное кипение, нагрев без парообразования). Величина теплового потока, поступающего в жидкость, в свою очередь, определяется тепловыделением в короткозамкнутых витках индукционной системы нагрева и оценивается на основе решения уравнения теплопроводности с внутренними источниками тепла. Кинетика химикотермических процессов, протекающих в жидкости при ее нагреве, зависит от скорости нагрева и характера процессов, развивающихся в поверхностных слоях, которые могут рассматриваться как дополнительные оптимизационные параметры для процессов снижения солесодержания в теплоносителе.

Неотъемлемым свойством любой индукционной системы нагрева является наличие интенсивных электромагнитных полей, которые определяют не только интенсивность преобразования электрической энергии в тепловую, но и магнитогидродинамические явления непосредственно в нагреваемой жидкости с преобразованием части электрической энергии в механи-

-ескую и, как следствие, в электрохимическую при интенсификации химических и термических процессов. Взаимосвязи этих процессов изучены недостаточно, а исследовать их экспериментально в пространстве индукционной системы нагрева воды практически невозможно. Поэтому потребовалось разработать расчетно-экспериментальный метод оценки режимов работы индукционных систем нагрева воды с одновременным снижением ее солеудержания.

## 2. Термохимические процессы при нагреве воды.

Одновременность протекания термохимических и теплофизических взаимодействий в нагреваемой воде определяет необходимость изучения влияния на эти процессы напряженностей электромагнитного поля и электродинамических сил, возникающих в гидродинамических потоках нагреваемой воды. В качестве модельного объекта исследований будем рассматривать лить водопроводную воду со стандартным содержанием  $6...7$  мг-экв/кг.

Направленность термохимических процессов и интенсивность их протекания можно оценить на основе анализа эксплуатационных характеристик наиболее распространенных на практике систем нагрева воды. Отопительные электроустановки, выпускаемые промышленностью, обеспечивают нагрев воды при плотностях теплового потока  $(4...8) \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>. Длительность безремонтного периода работы такой системы на основе трубчатых электронагревателей (ТЭН) ограничивается скоростью роста отложений (накипи) на поверхности нагревателя и при толщине отложений в  $0.5$  мм составляет  $800...1000$  часов. Электродные электродкотлы, в которых нагрев воды осуществляется за счет пропускания через воду электрического тока, сохраняют свои нагрузочные характеристики в течение  $80...100$

Затем происходит снижение мощности из-за накопления на электродах отложений. Эти же процессы формирования отложений протекают в городской теплосети, включая системы централизованного теплоснабжения ТЭЦ и котельных.

Химический анализ отложений показывает, что к основным составляющим относятся карбонатные соединения (Ca, Mg, Fe)-CO<sub>3</sub>, сульфатные CaSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, оксиды железа в различных формах (гидроокиси Fe(OH)<sub>3</sub>, Fe(OH)<sub>2</sub>, гематиты Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, вюситы FeO), шпинелиды, магнетиты Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Силкаты в отложениях встречаются как в виде безводных соединений, так и в виде гидратированных молекул.

Коррозионная агрессивность воды определяется содержанием диоксида углерода CO<sub>2</sub>, кислорода O<sub>2</sub>, сероводорода H<sub>2</sub>S, оксидов железа и ионов



$\text{Cl}$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ . Химический состав воды в системах отопления может изменяться в процессе эксплуатации за счет коррозии металла труб в теплосети, взаимодействия воды с воздухом и поступлением добавочной воды. Поэтому несмотря на расход солей в процессе накипеобразования и формирования отложений в трубах, радиаторах и на нагревателях коррозионная способность воды самовосстанавливается, а формирование отложений происходит непрерывно. Этому способствуют реакции окисления железа с образованием бикарбоната:  $\text{Fe} + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{H}_2$  с последующим образованием оксидов железа и вторичной двуокиси углерода  $4\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ .

Проведенный анализ химико-термических процессов накипеобразования в замкнутых системах отопления показал, что особенно перспективным является создание устройства, которое бы не только обеспечивало нагрев воды, но и интенсифицировало проведение рассмотренных химических реакций до скоростей, превышающих скорость восстановления коррозионных способностей воды, с получением нерастворимых соединений в объеме нагреваемой воды без осаждения продуктов реакции на каких-либо поверхностях.

Проведенные исследования на кафедрах «Автоматизация технологических процессов и электропривод» Павлодарского государственного университета и «Электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета показали, что такой практический результат возможно получить при реализации электронагрева в режимах поверхностного кипения в индукционных системах с движущимися слоями воды, если обеспечить необходимые критические тепловые потоки и оптимальные напряженности электромагнитного поля в областях солеобразования. Взаимодействие пароводяной смеси с электромагнитным полем, величина электродинамических сил, возникающих при этом взаимодействии, во многом определяются электропроводностью этой смеси, которая зависит от интенсивности теплофизических режимов нагрева воды.

### **3. Магнитогидродинамические явления в индукционных системах нагрева воды.**

В электромагнитном поле, создаваемом индуктором, на электропроводную жидкость действует объемнораспределенная сила  $F$ , направленная перпендикулярно вектору плотности тока  $j$  и вектору магнитной индукции  $B$ . Эта сила максимальна при взаимной перпендикулярности тока и силовых линий поля (вектора магнитной индукции  $B$ ) в условно непод-

вижной жидкости и в конкретном случае определяется электропроводностью воды и частотой тока индуктора/. Взаимная ориентация векторов  $F_a$ ,  $j_a$ ,  $B_a$  соответствует известному правилу левой руки и приведена на векторной диаграмме рис. 1, а.

**Векторные** диаграммы силовых воздействий на движущуюся жидкость, вызванных изменениями магнитного поля во времени (а) и движением жидкости относительно магнитного поля (б)

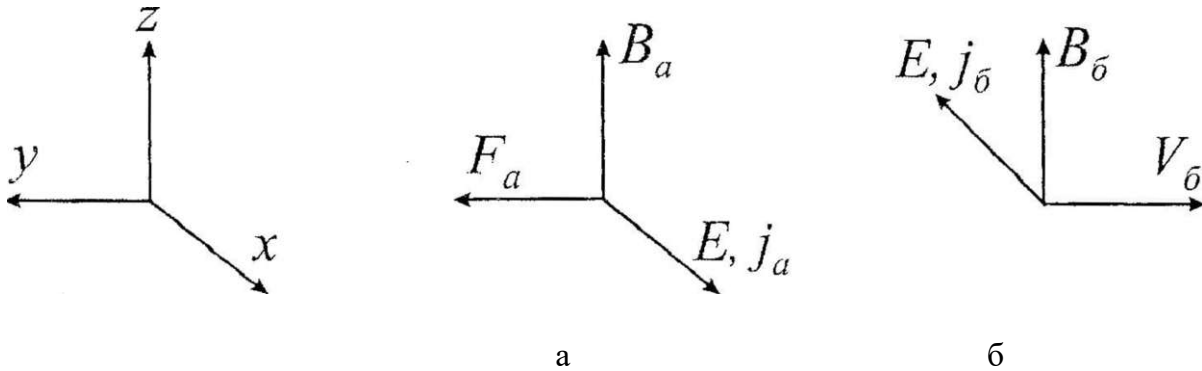


Рис. 1

При принудительном движении проводящей жидкости в магнитном поле в жидкости индуцируется электрическое поле  $\vec{E}_r$  и возникает ток  $j_б$ , направление которых определяется по правилу правой руки (рис. 1, б). При взаимной перпендикулярности направлений движения ( $K$ ) и линий магнитного поля ( $B_r$ ) возникающие силы максимальны по величине и направлены против движения жидкости. При других углах между скоростью движения и линиями поля силы имеют также и компоненту, нормальную к скорости движения ( $V_r$ ). Эта составляющая усиливает турбулентность движения потока жидкости.

Рассмотренные эффекты проявляются как в постоянных, так и в переменных полях (в последнем случае процессы взаимодействия определяются мгновенными значениями величин). В переменном магнитном поле возникают дополнительные силовые взаимодействия между полем и токами, наведенными в жидкости колебаниями этого поля. При этом силы действуют в направлении распространения электромагнитной энергии в жидкости.

Как установлено экспериментально для интенсификации термохимических реакций в жидкости определяющим являются не столько абсолютные значения возникающих электродинамических сил, сколько вихревой характер поля этих сил. При этом скорости движения элементарных объемов

жидкости должны быть соизмеримы со скоростями протекающих химических реакций в жидкости. Обеспечивая в цилиндрической системе индукционного нагрева оптимальный угол  $\alpha$  между направлениями  $B$  и  $V$ .  $= f(z, r, <p)$  создаются условия трехмерного характера растекания тока, составляющие которого зависят как от  $B_\alpha$ , так и от  $V$ .

В рабочем пространстве индукционных систем нагрева воды присутствует пароводяная смесь, имеющая градиенты параметров (температуры, соотношений паровой и водяной составляющих от 0 до 10%, электропроводности, плотности и др.). Точный учет этих свойств при теоретическом рассмотрении внутренних связей параметров практически невозможен. Поэтому анализ магнитогидродинамических явлений будем проводить для конкретного сечения при  $z = \text{const}$ , а радиальные градиенты усреднять в пределах рассматриваемых объемов путем введения эффективных значений параметров (средних для конкретных объемов).

Магнитогидродинамические явления, имеющие место при нагреве электропроводящих жидкостей, описаны уравнениями Максвелла для движущихся сред, Навье - Стокса и уравнениями непрерывности. Эта система уравнений не решена до настоящего времени и анализ процессов проводится с использованием методов подобия и моделирования. Основные явления в электропроводящей жидкости можно описать следующей системой уравнений:

$$\rho \frac{dV}{dt} = -\nabla p + TjAV + p - q + F_{\text{ж}}, \quad (1)$$

$$\nabla \text{rot} B = j + \text{rot} V \times B, \quad (2)$$

где  $B$  - магнитная индукция, тл;  $F_{\text{ж}} = (\partial_y \times 5_z) + y(v_x \times D.) \times B_x$  - мгновенное значение объемной электромагнитной силы;  $\delta$  - плотность тока, А/м<sup>2</sup>;  $p$  - гидродинамическое давление, Н/м<sup>2</sup>;  $y$ ,  $\rho$ ,  $L$  - удельная электрическая проводимость, 1/Ом-м; плотность, кг/м<sup>3</sup>, коэффициент динамической вязкости, н\*с/м<sup>2</sup>;  $q$  - ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $y$  - скорость движения жидкости, м/с,  $\rho$  - магнитная проницаемость жидкости, Гн/м.

В пределах поставленной задачи общего рассмотрения магнитогидродинамических явлений используем безразмерную форму уравнений (1), (2) с критериями подобия. В соответствии с безразмерной формой уравнений магнитогидродинамики определяющими критериями являются относительные параметры: проводимость  $y = \text{ut}|\rho/p$ ; напряженность электрического

поля  $E = p \cdot d^2 Y^{0.5} E / r^{1.5}$ ; индукция (критерий Гартмана)  $B = B \cdot d / (y/t)^{0.5}$ ; относительная скорость (критерий Рейнольдса)  $Re = V = p \cdot V / q \cdot$

Исследование закономерностей движения расплавленных металлов в электромагнитных полях вакуумных дуговых печей и индукционных электропечей показали, что критерий относительной проводимости  $\gamma$  следует считать определяющим для рассматриваемой системы уравнений (1) и (2). Для оценки этого критерия необходимо знать абсолютные значения электропроводности пароводяной смеси, находящейся в электромагнитных полях индукционной системы для нагрева воды.

При атмосферном давлении электропроводность паровой фазы значительно ниже электропроводности водяной фазы. Поэтому пароводяную смесь можно рассматривать как систему, состоящую из двух компонент - проводящей электрический ток и диэлектрика. Электропроводность такой гетерогенной системы зависит от проводимости водяной фазы, объемного паросодержания и структуры пароводяной смеси. Для конкретной объемноодинаковой пароводяной смеси можно аналитически рассчитать электропроводность на основе теории Максвелла для проводников с диэлектрическими включениями. Такой расчет обеспечивает достаточную точность, если паровая фаза (диэлектрик) присутствует в проводнике в виде равномерно распределенных шаровых пузырей одного размера при небольшом объемном содержании пара в смеси.

При реализации нагрева воды в индукционных системах проточного типа пароводяная смесь имеет сложную структуру, включающую пузыри размерами от долей миллиметра до миллиметра с последующим исчезновением после взаимодействия с менее нагретыми объемами воды. Кроме этого, температура воды и, следовательно, паросодержание в пароводяной смеси изменяется от входа потока воды в установку до ее выхода. Для таких сложных структур определять электропроводность пароводяной смеси можно только экспериментальным путем.

Электропроводность пароводяной смеси существенно зависит от плотностей теплового потока и формирующегося характера (структуры) развивающегося теплообмена. Для рассматриваемых задач представляет интерес определение электропроводности пароводяной смеси при такой гидродинамике на обогреваемых поверхностях, которая может препятствовать образованию отложений непосредственно на этих поверхностях, но интенсифицировать термохимические процессы в прилегающих слоях воды. Электротеплофизическая проблема в этом случае сводится к организации режимов пузырькового кипения в движущихся слоях воды, которое возни-

кает при плотностях теплового потока свыше  $6...8 \text{ Вт/см}^2$  независимо от температуры нагреваемой воды. Эти режимы нагрева характеризуются трехслойной структурой гидравлического потока, показанного на рис. 2. Зона I определяется действием сил поверхностного натяжения, в которой теплообмен происходит за счет теплопроводности тонкого слоя воды протяженностью  $\Delta_1$ , перекрывающего шероховатость поверхности нагрева (например,  $\Delta = 0,05 \text{ мм}$  для нержавеющей стали или меди). Движение воды в пределах этой зоны за счет гидродинамических сил не происходит, а влияние на воду в этом слое электромагнитного поля ограничивается первым

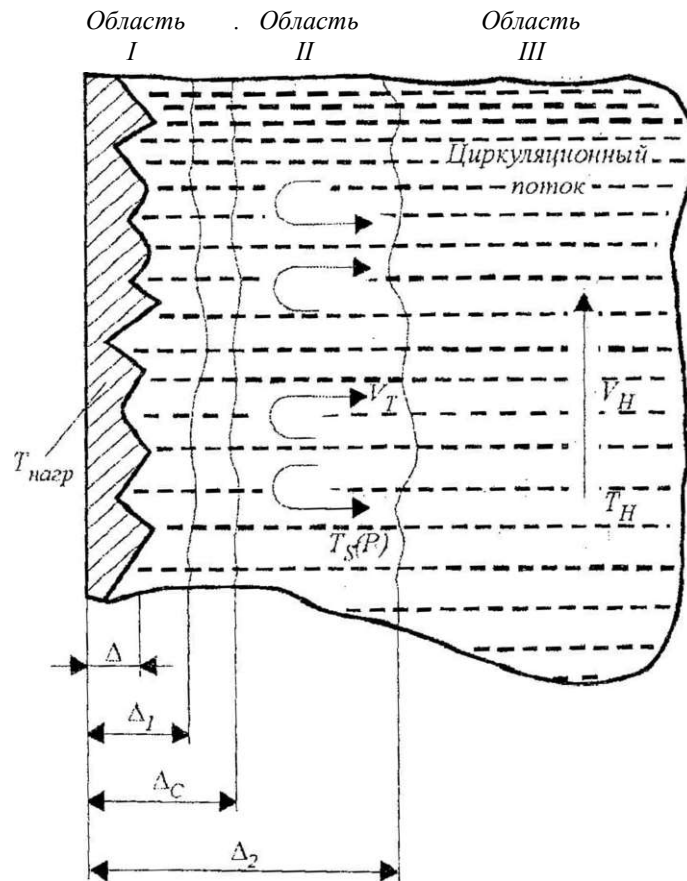


Рис. 2. Структура гидравлического потока

слагаемым в выражении для объемной электромагнитной силы  $F_{JT} \sim S \times B$  с учетом угла между нагреваемой поверхностью и направлением магнитной составляющей поля, создаваемого индуктором. К этой зоне примыкает область вихревой циркуляции (II), где транспорт тепла обеспечивается образованием паровых пузырьков, а их перенос в область внешнего потока воды (зона III) самоорганизован конвективными потоками в направлении, нормальном к поверхности нагрева. На организацию движения этого потока накладывается объемное силовое поле от действия электродинамических сил  $F_{ЭГ} = (j \times v) + \gamma(y \times v) \times B$ . Протяженность этой области  $\Delta_2$ .

Структура магнитогидродинамической модели завершается областью III внешнего относительно нагревающей поверхности потока, где закономерности циркуляции воды определяются перепадом давлений на входе и выходе воды в нагревающее устройство и гидравлическим сопротивлением системы нагрева. Процессы в этой области не влияют на область вихревой пристеночной циркуляции II. В области III магнитогидродинамические процессы определяются направлением и скоростью расходного потока воды и индукцией магнитного поля, создаваемого индуктором в этой области:

$$\vec{F}_{j.o.} = (\vec{\delta} \times \vec{B}) + \gamma (\vec{V}_y \times \vec{B}) \times \vec{B}.$$

При такой организации магнитогидродинамических процессов у поверхностей нагрева выпадение растворимых в воде солей будет происходить в зонах, где температура раствора достигает насыщения (область II) и распространяться на объемы воды с протяженностью слоя  $L_{(.)}$ , зависящего от теплового потока и интенсивности температурной депрессии насыщения. Кинетика термохимических процессов будет определяться температурными условиями, локальными скоростями деструктуризации пароводяной смеси в зонах насыщения и увеличением скоростей протекания реакций в зависимости от напряженностей электрического и магнитного полей.

Щ УДК 681.5.08:519.713

# РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕГО МИКРОПРОГРАММНОГО АВТОМАТА § МИЛИ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО I ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКА ОДНОФАЗНОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ Jg 6-ю кВ

fjjj **Б.Б. Утегулов, А.М. Шинтемиров***Павлодарский государственный университет*Щ *им. С. Торайгырова*  
Щй

§Ц **6-10 /с5** кернеулі электр тораптарындағы әісерге бірфазалық  
III түйықталу тогын автоматтың анықтау құрылғы математикалық әліптеу  
жасау үшін автоматтар теориясын қолдану көрсетілген. Бул цурылғының  
басқару микропрограммалың Мили автоматы құрастырылған.

*Показано применение теории автоматов для математического опи-  
сания устройства автоматического определения тока однофазного замы-  
кания на землю в электрической сети напряжением 6-10 кВ. Разработан  
управляющий микропрограммный автомат Мили данного устройства.*

*Application of the theory of automats for the mathematical description of  
the device of automatic definition of a current of single-phase short circuit on the  
ground in an electric network of 6-10 kV voltage is shown. Managing micropro-  
gram Mile automat of the given device is developed.*

С целью определения уставок защиты от однофазных замыканий на зем-  
лю (ОЗЗ) и выбора режима нейтрали при эксплуатации электроустановок  
для повышения уровня электробезопасности разработан способ автома-  
тического определения тока однофазного замыкания на землю в электри-  
ческой сети с изолированной нейтралью напряжением 6-10 кВ [1]. Реализу-  
ющее данный способ устройство осуществляет автоматическое определе-  
ние и накопление информации динамики изменения тока ОЗЗ в электроу-  
становках напряжением выше 1000 В. Для моделирования и технической

реализации необходимо разработать математическую модель устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети напряжением 6-10 кВ.

Анализ методов математического моделирования цифровых вычислительных машин показал, что наиболее эффективными являются методы теории автоматов, позволяющие синтезировать достаточно сложные цифровые вычислительные устройства для определенных прикладных задач.

Математической моделью любого цифрового устройства является абстрактный автомат, который задается множеством из шести элементов [2]:

$$S = \{A, Z, W, \delta, a_0\} \quad (1)$$

где  $A \sim \{a_1, \dots, a_n, \dots, a_m\}$  - множество состояний (алфавитсостояний);  
 $Z = \{z_1, \dots, z_f, \dots, z_p\}$  - множество входных сигналов (входной алфавит);  
 $W$   $W_G$  - множество выходных сигналов (выходной алфавит);

$\delta$  - функция переходов, реализующая отображение множества  $D_\delta \subset A \times Z$  в  $A$  [ $a_s = \delta(a_m, z_f)$ ];

$\wedge$  - функция выходов, реализующая отображение множества  $D_\wedge \subset A \times Z$  на  $W$  [ $w_g = \wedge(a_m, z_f)$ ];

$a_0 \in A$  - начальное состояние автомата.

Наибольшее распространение на практике получили модели автомата Мили и автомата Мура [2].

Закон функционирования автомата Мили задается уравнениями:

$$\begin{aligned} a(t+1) &= \delta[a(t), z(t)] \\ w(t) &= \wedge[a(t), z(t)]; \\ t &= 0, 1, 2, \dots, n. \end{aligned} \quad (2)$$

Наиболее оптимальным при синтезе цифровых автоматов считается представление любого цифрового устройства обработки информации в виде двух функционально связанных частей: операционного автомата и управляющего автомата [3].

В данной работе осуществлен синтез управляющего микропрограммного автомата Мили устройства автоматического определения тока ОЗЗ в электрической сети напряжением 6-10 кВ.

По результатам анализа методов структурного синтеза автоматов для описания математической модели принят метод граф-схем алгоритмов.

Синтез микропрограммного автомата Мили по граф-схеме алгоритма (ГСА) осуществляется в следующем порядке:



1. Получение отмеченной ГСА;

2. Построение графа автомата.

Для получения отмеченной ГСА входы вершин, следующих за операторными, отмечаются символами  $a_p, a_v, a_n$  по следующим правилам:

- символом  $a_j$  отмечаются вход вершины, следующей за начальной, а также вход конечной вершины;

- входы всех вершин, следующих за операторными, должны быть отмечены;

- если вход вершины отмечается, то только одним символом;

- входы различных вершин, за исключением конечной, отмечаются различными символами.

Пусть имеется ГСА, в операторных вершинах которой записаны операторы (микрокоманды)  $Y_1, \dots, Y_T$ . Начальной вершине ГСА ставится в соответствие оператор  $Y_0$ , конечной -  $Y_{T+1}$ . Каждому переходу из вершины  $Y_i (i = 0, 1, \dots, T)$  в вершину  $Y_j (j = 1, \dots, T+1)$  вида  $Y_i \rightarrow p_{ij} \rightarrow Y_j$ , проходящему через условные вершины  $p_{i1}, \dots, p_{iR}$ , соответствует конъюнкция

$$a_{i1} \wedge \dots \wedge a_{iR} \rightarrow p_{ij} \rightarrow Y_j$$

где  $x_{ir} \in X$  - логическое условие, записанное в условной вершине  $p_{ir}$ ;

$e_{ir} \in \{0, 1\}$  - символ, приписанный выходу условной вершины  $p_{ir}$ .

Если между вершинами  $Y_i$  и  $Y_j$  имеется  $N$  переходов, проходящих через условные вершины, то  $\langle X \rangle_{ij}$  равно дизъюнкции конъюнкций, соответствующих всем переходам, т.е.  $a_{ij} = \bigvee_{h=1}^N a_{ij}^h$ , где  $a_{ij}^h$  - конъюнкция, соответствующая  $h$ -переходу из  $Y_i$  в  $Y_j$ . Функция  $a_{ij}$  является функцией перехода от оператора (микрокоманды)  $Y_i$  к оператору (микрокоманде)  $Y_j$  [2].

Для перехода к графу автомата Мили каждой отметке, полученной на первом этапе ставится в соответствие вершина графа автомата Мили ( $a$  - начальное состояние автомата).

Каждому переходу в графе автомата Мили из состояния  $a_i$  в состояние  $a_j$  ставится в соответствие путь перехода вида  $a_i \rightarrow P_{ij}^1 \rightarrow Y_{i1} \rightarrow a_j$  ( $a_i, a_j \in \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ ) под действием входного сигнала  $X(a_i, a_j) = \bigwedge_{r=1}^R x_{ir}$  с выдачей выходного сигнала  $Y(a_i, a_j) = Y_{i1}$ . Каждому пути перехода вида  $a_i \rightarrow Y_{i1} \rightarrow P_{ij}^2 \rightarrow \dots \rightarrow P_{ij}^n \rightarrow a_j$  ставится в соответствие переход в графе автомата Мили из состояния  $a_i$  в состояние  $a_j$  под действием входного сигнала  $X(a_i, a_j) = \bigwedge_{r=1}^R x_{ir}$  с выдачей выходного сигнала  $Y_{i1}$ . Каждому пути перехода вида  $a_i \rightarrow P_{ij}^1 \rightarrow \dots \rightarrow P_{ij}^n \rightarrow a_j$  ставится в соответствие переход в графе автомата Мили из состояния  $a_i$  в состояние  $a_j$  под действием входного сигнала  $X(a_i, a_j) = \bigwedge_{r=1}^R x_{ir}$  с выдачей выходного сигнала  $Y_{i1}$ .

состояние  $a$ , под действием входного сигнала  $X(a_p, a_s)$  с выдачей пустого выходного сигнала  $Y_0$ . Каждому пути вида  $a^1 \dots a^j \dots a^k$ , возникающего при наличии ждущих вершин или контуров, включающих только условные вершины, ставится в соответствие переход в графе автомата Мили из состояния  $a$  в то же состояние  $a$ . под действием входного сигнала  $X(a_p, a_s) = \dots X^j$  с выдачей пустого выходного сигнала  $Y_0$  [4].

Отмеченная граф-схема алгоритма и граф управляющего микропрограммного автомата Мили устройства автоматического определения тока 033 в электрической сети напряжением 6-10 кВ приведены на рисунке 1.

Так как число состояний в графе управляющего микропрограммного автомата Мили устройства автоматического определения тока 033 в электрической сети напряжением 6-10 кВ велико, для наглядности составлены структурные таблицы переходов автомата Мили (табл. 1). В каждой строке таблицы записываются состояние  $a_T$ , из которого осуществляется переход в автомате, состояние  $a_s$ , в которое переходит автомат из состояния  $a_T$ ,  $X(a_p, a_s)$ ,  $Y(a_m, a_s)$  - входной и выходной сигналы на переходе  $(a_T, a_s)$ . Если на переходе  $(a_p, a_s)$  выдается множество выходных сигналов  $Y(a_m, a_s) = \{Y_1(a_m, a_s), Y_2(a_m, a_s), \dots, Y_n(a_m, a_s)\}$  под действием множества входных сигналов  $X_1(a_p, a_s), X_2(a_p, a_s), \dots, X_n(a_p, a_s)$ , то в таблице последовательно перечисляются все пути перехода. Также записываются коды исходного состояния  $K(a_T) = (T_1, \dots, T_n)$ ; состояния перехода  $K(a_s) = (T_1, \dots, T_n)$ , представляющих собой набор состояний элементарных элементов памяти микропрограммного автомата;  $F(a_m, a_s)$  - множество обязательных функций возбуждения, изменяющих состояние элементов памяти и вырабатываемых на переходе  $(a_m, a_s)$ .

Анализ алгоритмов кодирования состояний автомата показал их незначительный эффект минимизации комбинационной схемы управляющего микропрограммного автомата Мили устройства автоматического определения тока 033 в электрической сети напряжением 6-10 кВ. Поэтому осуществлено последовательное кодирование состояний автомата словами двоичного алфавита с применением импульса синхронизации элементарных автоматов памяти.

По структурной таблице переходов управляющего микропрограммного автомата Мили устройства автоматического определения тока 033 в электрической сети напряжением 6-10 кВ получены:

Отмеченная граф - схема алгоритма и граф управляющего микропрограммного автомата Мили устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю

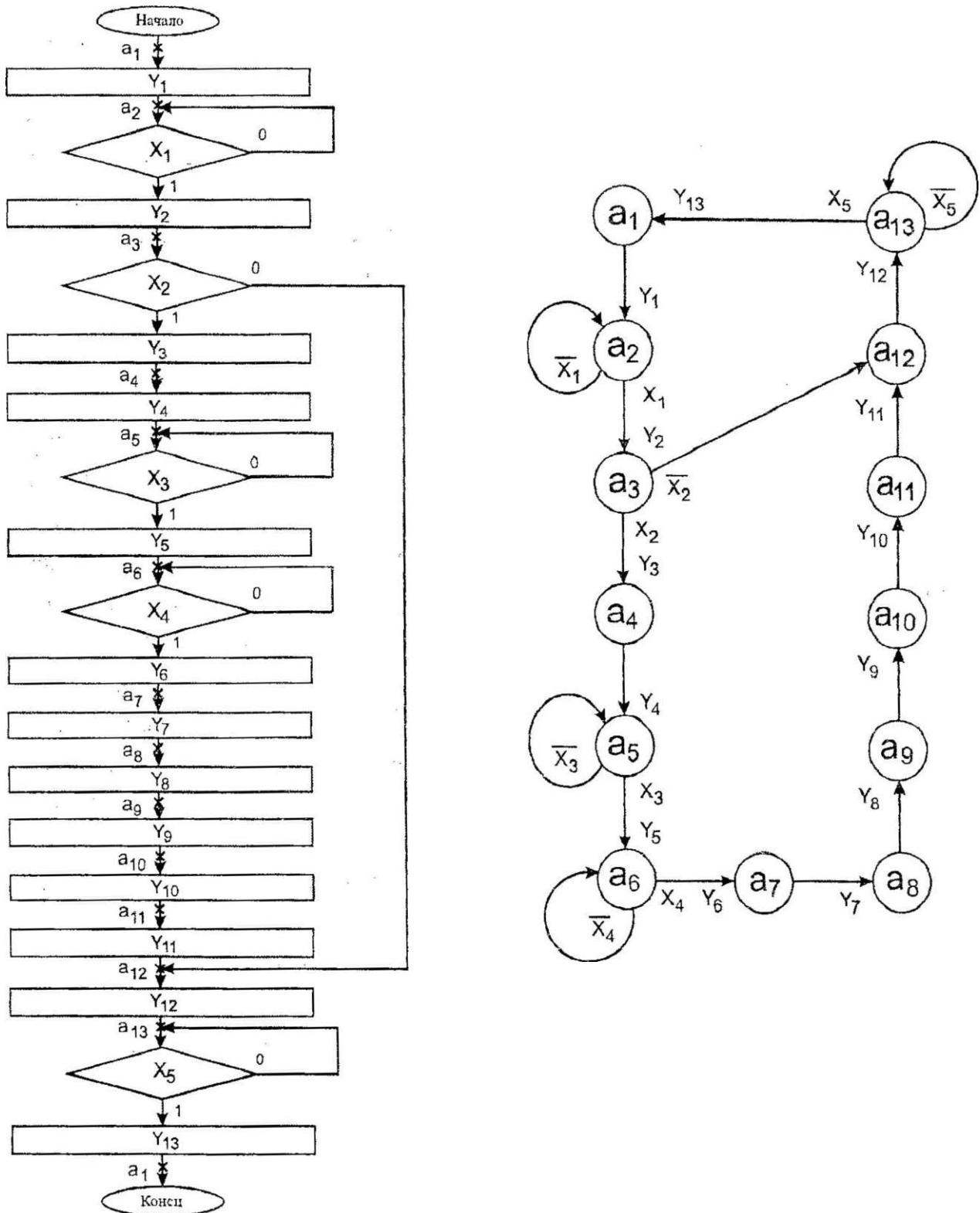


Рис. 1

- система булевых уравнений функций выходов:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= \bar{x}_1 x_2 x_3 x_4; & Y_2 &= T_1 T_2 T_3 T_4 x_1; & Y_3 &= x_j x_2 x_3 x_4 x_2; & (3) \\
 Y_4 &= T_1 T_2 T_3 T_4; & Y_5 &= \bar{x}_1 T_2 \bar{x}_4 x_3; & Y_6 &= \bar{x}_1 T_2 \bar{x}_3 T_4 x_4; \\
 Y_7 &= x_j x_2 x_3 x_4; & Y_8 &= T_1 x_2 T_3 T_4; & Y_9 &= \bar{x}_2 x_3 T_4; \\
 Y_{ю} &= x_1 x_2 T_3 x_4; & Y_u &= x_1 x_2 x_3 x_4; & Y_{12} &= x_j x_2 x_3 x_4; \\
 Y_{13} &=
 \end{aligned}$$

- система булевых уравнений функций возбуждения выходов элементарных автоматов памяти:

Таблица 1

Структурная таблица переходов управляющего микропрограммного автомата Мили устройства автоматического определения тока 033 в электрической сети напряжением 6—10 кВ

$a_T$	$K(a_T)$	$a_s$	$K(a_s)$	$X(a_{П1}, a_s)$	$Y(a_m, a_s)$	$F(a_s, T, !)$
$a_1$	0000	$a_1$	0001	1	$Y_1$	$\Phi_4$
$a_2$	0001	$a_3$	0010		$Y_2$	$\Phi_3 \cdot \Phi_4$
		$a_2$	0001		-	
$a_3$	0010	$a_4$	0011		$Y_3$	$\Phi_4$
		$a_n$	1013		-	$\Phi_1 \cdot \Phi_4$
$a_4$	0011	$a_5$	0100	1	$Y_4$	$\langle P_2, \Phi \rangle \cdot \Phi_3 \cdot \Phi_4$
$a_5$	0100	$a_6$	0101		$Y_5$	$\Phi_4$
		$a_5$	0100	$Y_6$	-	
$a_6$	0101	$a_7$	0110		$Y^*$	$\Phi_3 \cdot \Phi_4$
		$a_6$	0101	$X$	-	
$a_7$	0110	$a_8$	0111	1	$Y_7$	$\Phi_4$
$a_8$	0111	$a_9$	1000	1	$Y_B$	$\Phi_1 \cdot \Phi_2 \cdot \Phi_3 \cdot \Phi_4$
$a_9$	1000	$a_{ю}$	1001	1		$\Phi_4$
$a_{10}$	1001	$a_{ц}$	1010	1	$Y_{10}$	$\Phi_3 \cdot \Phi_4$
$a_{п}$	1010	$a_{,2}$	1011	1	$Y_{п}$	$\Phi_4$
$a_n$	1011	$a_{,3}$	1100	1	$Y_{i2}$	$\Phi_2 \cdot \Phi_3 \cdot \Phi_4$
$a_n$	1100	$a_{,}$	0000	$x_{y_1}$	$Y_{i3}$	$\Phi_1 \cdot \Phi_2$
		$a_{i3}$	1100	$X$	-	

$$\Phi_1 = X_1 X_2 T_3 T_4 X_2 \vee F_1 T_2 T_3 T_4 ; \tag{4}$$

$$\Phi_2 = *J*2^T_3 T_4 \vee T_1 \wedge 2^T_3 T_4 = \wedge 2^T_3 T_4 5$$

$$\Phi_3 = \wedge 1 \wedge 2 \wedge 3 T_4 X_1 \vee \wedge 1 X_2 X_3 X_4 X_4 \vee X_1 \wedge 2 \wedge 3 T_4'$$

$$\begin{aligned} \Phi_4 & \wedge T_1 J \wedge \wedge V T_1 T_2 T_3 T_4 X_2 \vee T_1 T_2 T_3 T_4 X_2 \vee t_1 t_2 t_3 T_4 X_3 \vee \\ & \vee T_1 T_2 T_3 T_4 \vee T_1 T_2 T_3 T_4 \vee T_1 T_2 T_3 X_4 = X_1 T_2 T_3 X_4 \vee W_3 T_4 \vee \\ & \vee X_1 T_2 T_3 T_4 X_3 \vee X_1 X_2 X_3 T_4 \vee X_1 T_2 X_4 = \\ & - X_1 T_2 X_4 \vee X_1 T_2 X_3 X_4 X_3 \vee X_1 X_2 T_3 X_4 \vee X_1 T_2 X_4 = \\ & = X_2 T_4 \vee T_1 X_2 X_3 T_4 X_3 \vee X_1 T_2 X_3 X_4 \end{aligned}$$

В качестве элементарного автомата памяти принимается синхронный D-триггер в связи с тем, что данный вид триггеров получил наибольшее распространение как составная часть логических элементов памяти.

Разработана логическая схема управляющего микропрограммного автомата Мили устройства автоматического определения тока ОЗЗ в электрической сети напряжением 6-10 кВ, являющаяся решением систем булевых уравнений функций выходов (3) и функций возбуждения элементарных автоматов памяти (4) (рис.2).

Логическая схема управляющего микропрограммного автомата Мили устройства автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрической сети напряжением 6-10 кВ

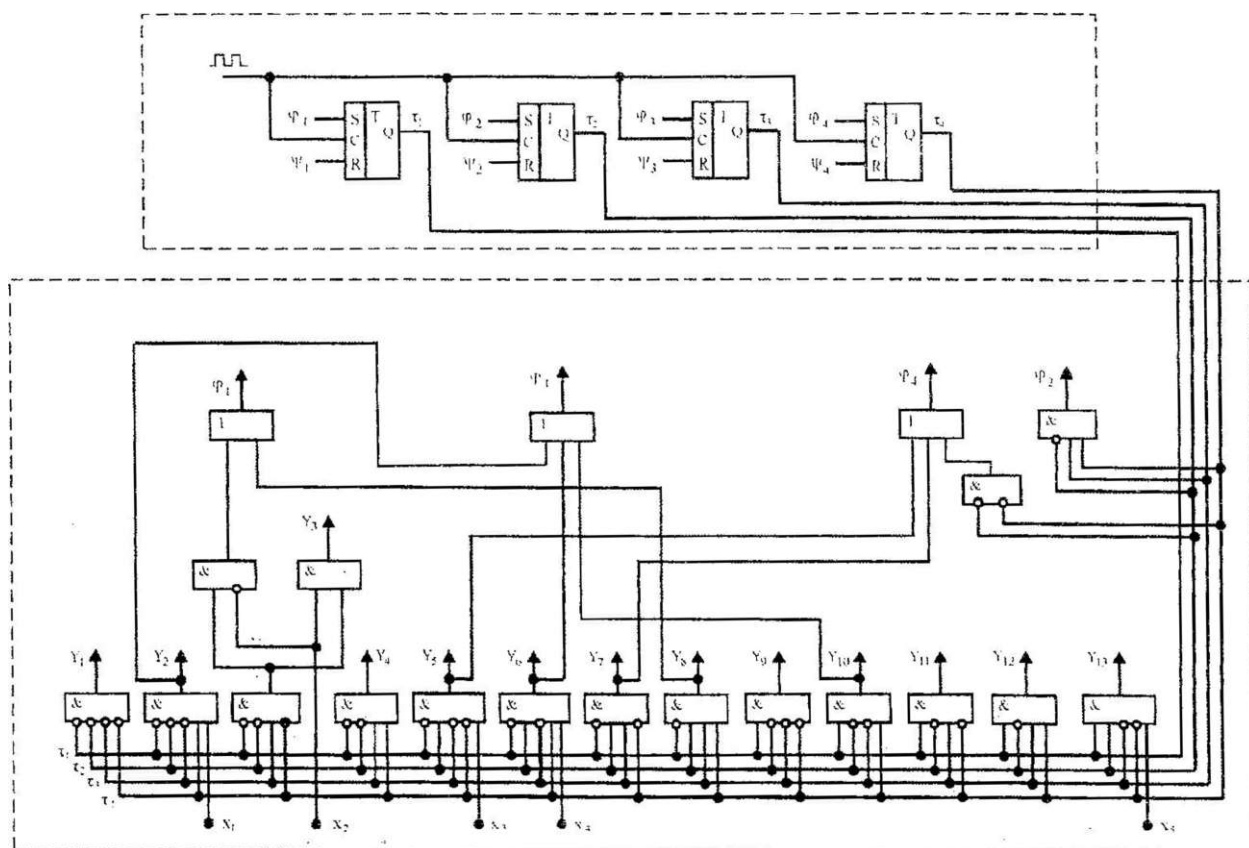


Рис.2

## ЛИТЕРАТУРА

1. Утегулов Б.Б., Утегулов А.Б., Шиптемиров А.М., Жуламанов М.А. Способ автоматического определения тока однофазного замыкания на землю в электрических сетях напряжением 6-10 кВ. // Сборник научных трудов «Уральские выставки - 2002», официальный каталог - Екатеринбург, 2002.
2. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов.-Л.: Энергия, 1979.
3. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов - М.: Физматгиз, 1962.
4. Баранов С.И., Журавина Л.Н., Скляров В. А. Автоматизация проектирования ЦВМ - Минск: Высшая школа, 1982.

# ИНФОРМАЦИЯ

## НАШИ АВТОРЫ

**Абдрахманов Ермаганбет Сейсенбекович** - канд. техн. наук, доцент кафедры «Металлургия», замдиректора Института строительства, транспорта и машиностроения по научной работе ПГУ им. С. Торайгырова.

**Абдыкаримов Аян Болатович** - аспирант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Абишев Кайратолла Кайрулинович** - ассистент кафедры «Транспортное машиностроение» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Алпысов Акан Канапиянович** - ст. преподаватель кафедры «Математика и информатика» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Алпысова Айгуль Кабдыгалиевна** - и.о. директора общеобразовательной гуманитарной гимназии «Дарын».

**Ахметгаев ДаурДиаесович** - Алматинский институт энергетики и связи, г. Алматы.

**Әбсет Зәуре Бақықызы** - аспирант кафедры коллоидной химии, химических технологий и экологии Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букетова.

**Байкенов Мурзабек Исполевич** - доктор хим. наук, доцент, зав. кафедрой коллоидной химии, химических технологий и экологии Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букетова.

**Батырбеков Еркеш Оразаевич** - доктор хим. наук, доцент, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы.

**Бекмагамбетова Куралай Хамитовна** - канд. техн. наук, Алматинский институт энергетики и связи, г. Алматы

**Бектенова Гульнар Амантаевна** - доктор хим. наук, профессор, Институт

химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы.

**Бектурганов Жаналы Султанович** - научный сотрудник, канд. хим. наук, Институт фитохимии МОН РК, г. Караганда.

**Бектуров Есен Абикенович** - член-корреспондент НАН РК, доктор хим. наук, профессор, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы.

**Болдырев Дмитрий Юрьевич** - аспирант института химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы.

**Джумагулова Жибек Хайруллаевна** - Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы.

**Джумадилов Талкыбек Кожатаевич** - доктор хим. наук, профессор, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы.

**Донцов Сергей Семенович** - кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и менеджмент» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Дюсембаева С.Е.** - Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова.

**Едилбаева Сауле Токтархановна** - научный сотрудник, канд. хим. наук, Институт фитохимии МОН РК, г. Караганда.

**Ельмуратов Сембай Кайкенович** - канд. тех. наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства ПГУ им. С. Торайгырова.

**Жубанов Булат Ахметович** - академик НАН РК, доктор хим. наук, профессор, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы.

**Жумадилов Едиге Кабикенович** - старший научный сотрудник, канд. хим.

наук. Институт фитохимии МОН РК, г.Караганда.

**Ибатов Марат Кенесович** - канд. техн. наук, доцент, декан транспортно-дорожного факультета Карагандинского государственного технического университета.

**Искаков Ринат Маратович** - с.н.с., канд. хим. наук. Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г.Алматы.

**Исмаилов Берсун Ертаевич** - Жезказганский университет.

**Какенов Кайрат Саттуович** - канд. техн. наук, доцент. Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза.

**Касенов Булат Кунурович** - зам. директора по научной работе, доктор хим. наук, профессор. Институт фитохимии МОН РК, г.Караганда.

**Касенова Шута Булатовна** - старший научный сотрудник, канд. хим. наук, Институт фитохимии МОН РК, г.Караганда.

Корниенко **Павел Васильевич** - канд. техн. наук, доцент кафедры «Городское строительство и архитектура» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Кравцова Валентина Дмитриевна** - доктор хим. наук, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г.Алматы.

**Кулумбаев Нуруолат Калиевич** - инженер кафедры «Металлургия» ПГУ им. С.Торайгырова.

**Малышев Виталий Павлович** - доктор техн. наук, профессор, Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева, г.Караганда.

**Мальков Игорь Викторович** - канд. хим. наук, доцент, зав. кафедрой «Химических технологий» ПГУ им. С.Торайгырова.

**Мамытбеков Галым Куламкадырович** - доктор хим. наук, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы.

**Муканова Жазира Гафуровна** - ст. преподаватель кафедры математики и информатики ПГУ им. С. Торайгырова.

**Мустафин Едиге Суиндигович** - ведущий научный сотрудник, канд. хим. наук, Институт фитохимии МОН РК, г.Караганда.

**Мухамедова Рашида Фатиховна** - канд. хим. наук, Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г.Алматы.

**Мухтанова Айнур** - преподаватель кафедры высшей математики ПГУ им. С. Торайгырова.

**Нуржауов Амангельды** - канд. техн. наук, профессор кафедры «Транспортное машиностроение» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Нухулы Алтынбек** - доктор хим. наук, профессор, проректор по НР и МС ПГУ им. С.Торайгырова.

**Омаров Хылыш Бейсенович** - канд. хим. наук, доцент кафедры коллоидной химии, химических технологий и экологии Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букетова.

**Рындин Владимир Витальевич** - канд. тех. наук, доцент кафедры транспортного машиностроения ПГУ им. С.Торайгырова.

**Сабиров Турсын Сабирович** - канд. физ.-мат. наук, доцент, зав.кафедрой высшей математики ПГУ им. С.Торайгырова.

**Савельев Олег Владимирович** - аспирант кафедры «Химических технологий» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Сагиндыкова Зоя Байтурсиновна** - канд. хим. наук, доцент кафедры коллоидной химии, химических технологий и экологии Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букетова.

**Садыкова Жанар** - магистр кафедры «Высшая математика» ПГУ им. С.Торайгырова.

**Сатбаев Баймахан Нурлыбаевич** - канд. хим. наук, зав. лабораторией тер-



мохимических процессов РГКП «Институт металлургии и обогащения» МОН РК, г. Алматы.

**Саулебекова Гульнар** - Институт химических наук им. А.Б. Бектурова МОН РК, г. Алматы.

**Сулеймен Ермек Бейсекулы** - канд. техн. наук, доцент кафедры «Металлургия» ПГУ им. С. Торайгырова.

- **Сулейменов Токтарбай** - канд. хим. наук, Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, г. Караганда.

**Султанова Лилия Минуллоевна** - инженер кафедры коллоидной химии, химических технологий и экологии Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букетова

**Суюндиков Мерхат Мадениевич** - канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Металлургия» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Ткаченко Владимир Васильевич** - аспирант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Тлеуленова Гульшат Толеувна** - ассистент кафедры промышленного и гражданского строительства ПГУ им. С. Торайгырова.

**Утегулов Арман Болатбекович** - аспирант кафедры электроснабжения промышленных предприятий ПГУ им. С. Торайгырова.

**Утегулов Болатбек Бахитжанович** - доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой

рой электроснабжения промышленных предприятий ПГУ им. С. Торайгырова.

**Утегулова Дана Болатбековна** - аспирант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Хацевский Константин Владимирович** - канд. тех. наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов и электропривода ПГУ им. С. Торайгырова.

**Чередниченко Владимир Семенович** - доктор техн. наук, профессор кафедры «АИТУ» Новосибирского государственного технического университета.

**Шамрай Николай Михайлович** - ассистент кафедры «Профессиональное обучение и инженерная графика» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Шарипова Сара** - канд. хим. наук, научный сотрудник лаборатории термохимических процессов РГКП «Институт металлургии и обогащения» МОН РК, г. Алматы.

**Шегебаева Галия** - магистр кафедры «Химические технологии» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Шинтемиров Алмас Максимович** - аспирант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий» ПГУ им. С. Торайгырова.

**Шинтемиров Асхат Максимович** - студент специальности «Автоматическое управление электроэнергетическими системами» ПГУ им. С. Торайгырова.

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнал принимаются рукописи статей по всем направлениям естественных и технических наук в двух экземплярах, набранных на компьютере, напечатанных на одной стороне листа с полуторным межстрочным интервалом, с полями 3 см со всех сторон листа, и дискета со всеми материалами в текстовом редакторе "Word 7,0 ('97,

2000) для Windows" (кегель - 12 пунктов, гарнитура - Times New Roman/KZ Times New Roman).

2. Статья подписывается всеми авторами. Общий объем рукописи, включая аннотацию, литературу, таблицы и рисунки, не должен превышать 8-10 страниц.

3. Статья должна сопровождаться ре-

цензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени.

4. Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

- УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;

- название статьи: кегль - 14 пунктов, гарнитура - Times New Roman Суг (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), заглавные, жирные, абзац центrovанный;

- инициалы и фамилиями) автора(-ов), полное название учреждения: кегль - 12 пунктов, гарнитура - Arial (для русского, английского и немецкого языков), KZ Arial (для казахского языка), абзац центrovанный;

- аннотация на казахском, русском и английском языках: кегль - 10 пунктов, гарнитура - Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), курсив, отступ слева-справа - 1 см, одинарный межстрочный интервал;

- текст статьи: кегль - 12 пунктов, гарнитура Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), полуторный межстрочный интервал;

список использованной литературы (ссылки и примечания в рукописи обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1 -84 - например;

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автор. Название статьи. // Название журнала. Год издания. Том (например, Т.26.) - номер (например, №3.) - страница (например, С. 34. или С. 15-24.)

2. Андреева С.Л. Название книги. Место издания (например, М.:) Издательство (например, Наука), год издания. Общее число страниц в книге (например, 239 с.) или конкретная страница (например, С. 67.)

3. Петров И.И. Название диссертации: дисс. канд. биолог, наук. М.: Название института, год. Число страниц.

4. С.Christopoulos, Thetransmisson-Line

Modelling (TML) Metod, Piscataway, NJ: IEEE Press, 1995.

На отдельной странице (в бумажном и электронном варианте) приводятся сведения об авторе:

- Ф.И.О. полностью, ученая степень и ученое звание, место работы (для публикации в разделе «Наши авторы»);

- полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, E-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

- название статьи и фамилия (-и) автора(-ов) на казахском, русском и английском языках (для «Содержания»).

4. Иллюстрации. Перечень рисунков и подрисовочные надписи к ним предоставляются отдельно и в общий текст статьи не включают. На обратной стороне каждого рисунка следует указать его номер, название рисунка, фамилию автора, название статьи. На дискете рисунки и иллюстрации в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi (файлы с названием «Рис1», «Рис2», «Рис3» и т.д.).

5. Математические формулы должны быть набраны как Microsoft Equation (каждая формула - один объект). Нумеровать следует лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

6. Автор просматривает и визирует гранки статьи и несет ответственность за содержание статьи.

7. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи и дискеты не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

8. Рукопись и дискету с материалами следует направлять по адресу:

637034, Республика Казахстан, г.Павлодар, ул. Ломова 64,

Павлодарский государственный университет им.С.Торайгырова,

«Научный издательский центр ПГУ».

Тел. (3182)45-11-23,45-11-43,

факс: (3182) 45-11-23.

E-mail: [publish@psu.kz](mailto:publish@psu.kz)

**Подписано в печать 09.02.2003 г.  
Формат 297x420/2. Бумага книжно-журнальная.  
Объем 12,5 уч.-изд. л. Тираж 300 экз.  
Заказ № 0287.**

**Научный издательский центр  
Павлодарского государственного университета  
им. С. Торайгырова  
637034, г. Павлодар, ул. Ломова 64.**



%

