

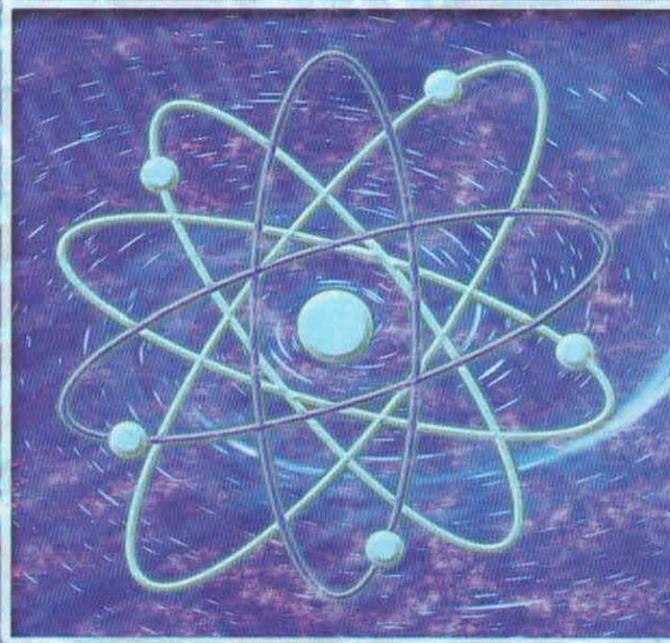
ISSN 1680-9165

ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУКА И ТЕХНИКА
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ АПАКӘНІСТАН

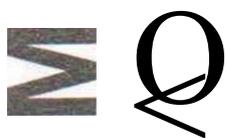
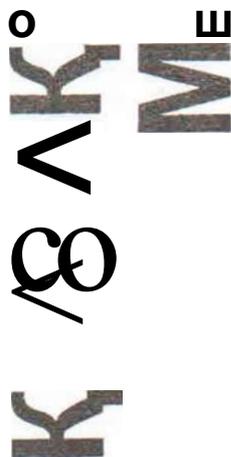


3'2002

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА



ҚАЗАҚСТАН
ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

* 3

Ш X

§ §
Ш S

H X

E b
J H S
u

Й K

X Ш

P S

< X

Ш X

a.

U

O

o

I

Г

H

H

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

E

Жаратылыстану ғылымдары*В.В.Рындин*

Тепе-теңсіздіктің және қайтымдылықтың тұжырымдамалары - термодинамиканың екінші заңының теңсіздіктерінің текдіктеріне көшудің шарты ретінде

В.В.Рындин

Тепе-теңсіздік тұжырымдамасын термодинамика екінші заңының негізі ретінде сарайғау.....17

В.Л. Лаврентьев, Н.И. Медведева

Биоформдардың геометриялық симметриясы..... 29

Ғ. Иренов, Н. Даулеткулова, А. Исаділова

Киіз үй - физикалық объект.....35

Д.П. Хрусталеv, С.Д. Фазылов, А.М. Гашиев

2-ауысқан-1,3-оксазолиндердің жаңа алыну әдісі..... 45

И.Н. Рябова, З.Ғ. Аққулова, Ғ.А. Мустафина

Формальдегид пен гуминді қышқылдық моделді реакциясын заңды түрде оқыту.....51

*М.Ш. Шарипов, Ш.К. Амерханова,**А.М. Сабитов, Д. С. Серикпаева***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

Кислов А.П., к.т.н., доц.

Клецель М.Я., д.т.н., проф.

Күдерин М.К., к.т.н., доц.

Мансуров З.А., д.х.н., проф.

Мурзагулова К.Б., д.х.н., проф.

Пивень Г.Г., д.т.н., проф.

Сагинов А.С., д.т.н., проф., академик НАН РК

Сулеев Д.К., к.т.н., проф.

Сейтахметова Г.Н. (*тех. редактор*)

Адрес редакции:

637034, г. Павлодар,

ул. Ломова, 64.

Тел.: (3182) 45-11-43

(3182) 45-38-60

Факс: (3182) 45-11-23

E-mail: publish@psu.pvl.kznauka@psu.pvl.kz

№ 03 ГООГ

3 2 If

§ 0 |
zzz

- o s Si
· Н Н S B li

пинта · · · со
л U-X I r
- r ш I

| - X

o ш
^

co
^
K

Темір (Ш) гидроксокомплекстердің түзілуінің тепетендігін зерттеу.....60

Р.Ш. Еркасов, Б.А. Өнербаев, Р.Г. Рысқалиева
25°С-тағы $CoSO_4 - H_2SO_4 - CH_3CONH_2 - H_2O$ жүйе.69

С.С. Донцов
Қазақстан Республикасы кәшпорындарындағы қазіргі кезеңдегі еңбек ұйымдастырылуының нормативтік-құқықтық базасы.....74

Техникалық ғылымдар

А.П. Кислое, А.П. Кислова, М.П. Кургузова, Т.Е. Сагайдак
Ферромагниттік экрандалған индукциялық электрмагниттік жүйелердің электр параметрлерін талдауы.....78

Л.И. Кургузова
Жылжымайтын күйінзі іске қосқан жағдайда асинхронды электрқозғалтқыштың дифференциалды қорғауының тізбектеріндегі өтпелі процестердің талдауы.....84

Н.Н. Кургузове, Л.И. Кургузова, М.П. Кургузова
Қуатты қозғалтқышының іске қосқанда дифференциалды қорғауның ток трансформаторларын шалақтыру туралы.....90

А.А. Глазырин, М. Т. Смздыков
Жылу торабы консервациялау туралы.....97

А.А. Глазырин, В.А. Глазырин
Барабанды қазандарды гидразин және аммиак қосындыларымен консервациялау туралы.....100

Ә.Қ. Әкімбеков, М.К. Ибатов, Т.Н. Нәлібаев
Карьер автокөлігінің пайдаланылған газдарын тазарту үшін қолданылатын катализаторлардың қасиеттерін зерттеу.....103

А.П. Кислое
Магниттік сым мен жүктеме коэффициентердің индукторға тиімді талдауы.....110

Издание зарегистрировано Министерством культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан. Свидетельство о постановке на учет средства массовой информации №1924-Ж.

	<i>Б.Б. Өтегулов, А.Б. Өтегулов, Д.Б. Өтегулова, В.В. Ткаченко, Л.В. Ткаченко</i>	
* 3	Электрмен жабдықтауының тораптарында керкуінің рұқсат берілген шығыны анықтаудың әдісі.....	118
љ љ ш љ ѝ љ ш љ и- љ	<i>Б.Б. Өтегулов, А.Б. Өтегулов, Д.Б. Өтегулова, В.В. Ткаченко, Л.В. Ткаченко</i>	
о ^ љ љ	Кәсіпорындардың электрмен жабдықтауы тораптарда кернеудің деңгейлері және режимдері.....	121
С Ш љ љ љ љ	<i>В.Н. Борисов, Г.Х. Хозкин, В.С. Сидельковский, Ю.А. Леньков</i>	
5 ш h m o s љ x љ љ о љ љ љ љ љ љ љ љ љ љ љ љ љ	Оңашаланған бейтарапты тораптарға арналған шунттайтын қорғау аппаратына және электрлік сұлбині өңд^те арналған.....	129
	<i>В.Н. Борисов, В.С. Сидельковский, Ю.А. Леньков</i>	
	Оңашаланған бейтарапты тораптарға арналған шунттаушы қорғау аппараты.....	136
	<i>В.Н. Борисов, В.С. Сидельковский</i>	
	Шунттаушы сақтайтын тетіктерді жасау сұрақтарына.....	142
	<i>М.К. Ибатов</i>	
	Карьер автокөлігінің пайдаланылу қауіпсіздігі.....	147
	<i>М.М. Суйіндіков, П.О. Быков</i>	
	Қүю жүйесіндегі жергілікті кедергілердің өзара ықпалдасуы.....	154
	<i>Н.С.Дудак, В.М. Степаненко, С.А. Ворожцова, М.А. Шерниязов</i>	
	Тенгершіктің тесігін тартажону кезінде «Бөлшек - тартажонғыш» жүйесіндегі бойлық тербелістері теориялық зертт^.....	158
	<i>П.В. Корниенко</i>	
	«Жылы едендер» атты жылытудың электрлік кабельдік жүйелерін пайдалану арқылы ғимараттарда қолайлы жағдай жасау.....	167
	Ақпарат	
	Біздің авторлар	180
	Авторларға арналған ережелгр	183



о 2002

СОДЕРЖАНИЕ

АХ

ϕ 0 1 x III III 0 9? >	Естественные науки	
	<i>В. В. Рындин</i>	
	Концепции равновесности и обратимости как условия перехода от неравенств второго закона термодинамики к равенствам.....	7
	<i>В. В. Рындин</i>	
e< oB o s	Концепция неравновесности как основа второго закона термодинамики.....	17
И 0 0 1	<i>В.Л. Лаврентьев, Н.И. Медведева</i>	
	Геометрическая симметрия биоформ.....	29
I Q	<i>Г.Н. Иренов, Н.Т. Даулеткулова, А.Н. Исадилова</i>	
	Юрта как физический объект.....	35
•S J3 x x x	<i>Д. П. Хрусталев, С.Д. Фазылов, А.М. Газалиев</i>	
	Новый метод синтеза 2-замещенных 1,3-оксазолидинов.....	45
	<i>И.Н. Рябова, З.Г. Аккулова, Г.А. Мустафина</i>	
	Изучение кинетических закономерностей модельной реакции гуминовых кислот с формальдегидом.....	51
	<i>\\1.Ш. Шарапов, Ш.К. Амерханова, А.М. Сабитов, Д.С. Серикнаева</i>	
	Изучение равновесий образования гидроксокомплексов железа (III).....	60
	<i>Р.ИУ. Еркасов, Б.А. Унербаев, Р.Г. Рыскалиева</i>	
	Система $\text{CO}_2\text{O}-\text{H}_2\text{SO}_4-\text{CH}_3\text{COONH}_4\text{H}_2\text{O}$ при 25°C.....	69
	<i>С.С.Донцов</i>	
	Современная нормативно-законодательная база организации труда на предприятиях Республики Казахстан.....	74

КОРРЕКТОРЫ:

А.Ф. Зейнулина (каз.)

М.А. Данилова(рус)

ВЕРСТКА

А.С. Подмиогин



S



Н



и



Технические науки

*А.П. Кислое, В.П. Кислова,
М.Н. Кургузова, Т.В. Сагайдак*

Анализ электрических параметров индукционно-
электромагнитных систем с ферромагнитными
экранами.....78

Л. И. Кургузова

Анализ переходных процессов в цепях
дифференциальной защиты асинхронного
электродвигателя при пуске.....84

Н.Н. Кургузов, Л. И. Кургузова, М.Н. Кургузова

О насыщении трансформаторов тока
дифференциальной защиты электродвигателя
при пуске.....90

А. А. Глазырин, М.Т. Сыздыков

О консервации тепловых сетей.....97

А.А. Глазырин, В.А. Глазырин

О высокотемпературной консервации барабанных
котлов раствором гидразина и аммиака.....100

А.К. Акимбеков, М.К. Ибатов, Т.Н. Палибаев

Исследование свойств катализаторов, применяемых
для очистки отработавших газов карьерного
автотранспорта.....103

А.П. Кислое

Анализ коэффициентов влияния магнитопровода и
загрузки на индуктор.....110

Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, Д.Б. Утегулова,

В. В. Ткаченко, Л.В. Ткаченко

Метод определения допустимой потери напряжения
в сетях электроснабжения.....118

Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, Д.Б. Утегулова,

В.В. Ткаченко, Л.В. Ткаченко

Уровни и режимы напряжения в сетях
электроснабжения предприятий.....121

За достоверность мате-
риалов и рекламы ответ-
ственность несут авторы и
рекламодатели.

Мнение авторов публи-
каций не всегда совпадает с
мнением редакции.

Редакция оставляет за
собой право на отклонение
материалов.

Рукописи не возвраща-
ются.

При использовании ма-
териалов журнала ссылка на
«Науку и технику Казахста-
на» обязательна.

Н	Q	з	ГООГ	В.Н. Борисов, Г.Х. Хожип, В. С. Сидельковскии, Ю.А. Леиьков	
∨			∨	К разработке электрической схемы и аппарата шунтирующей защиты для сетей с изолированной нейтралью.....	129
S			∨	В.Н. Борисов, В.С. Сидельковский, Ю.А. Леиьков	
Н			∨	Аппарат шунтирующей защиты для сетей с изолированной нейтралью.....	133
Х			О	В.Н. Борисов, В.С. Сидельковский	
Ш			О	К вопросу создания щадящих защитных шунтирующих устройств.....	142
Г			О	М.К. Нбатов	
∨			О	Управление показателями качества эксплуатационной безопасности карьерного автотранспорта.....	147
∨			О	М.М. Суюидиков, И.О. Быков	
Х			О	Взаимное влияние местных сопротивлений в литниковых системах.....	154
∨			О	Н.С. Дудак, В.М. Степаненко, С.А. Ворожцова, М.А. Шерниязов	
∨			О	Теоретическое исследование продольных колебаний в системе «деталь-протяжка» при протягивании отверстий в балансирах.....	158
∨			О	П. В. Корни ейко	
Х			О	Создание комфортности в помещениях с использованием электрических кабельных систем отопления «теплые полы».....	167
				Информация	
				Наши авторы.....	180
				Сведения для авторов.....	183

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 536:53

КОНЦЕПЦИИ РАВНОВЕСНОСТИ И ОБРАТИМОСТИ КАК УСЛОВИЯ ПЕРЕХОДА ОТ НЕРАВЕНСТВ ВТОРОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ К РАВЕНСТВАМ

В.В. Рындин

*Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова*

Термодинамиканың екінші заңының негізін құрайтын тепе-теңдіктің және қайтымдылықтың тужырымдамаларына талдау келтірілген. Олардың тепе-теңдіксіз жүйелердегі қайтымды процестерді қарастырғанда адекватты болмайтыны көрсетілген

Дан анализ концепций равновесности и обратимости. Показана их неадекватность при рассмотрении обратимых процессов в неравновесных системах.

The analysis of the concepts of equilibrium and convertibility is given. Is shown them unconformity at consideration of convertible processes in nonequilibrium systems.

В термодинамике при рассмотрении второго закона (начала) термодинамики (ВЗТ) используются различного вида неравенства:

$$5w < pdv; \tag{1}$$

$$л Г < л Г ; \tag{2}$$

$$сБ_{-nc} > 0; \tag{3}$$

$$<jdg/\Gamma < 0 ; \tag{4}$$

$$dy > 5^{/7}; \tag{5}$$

$$Tds > dw + pdv. \tag{6}$$

Для объяснения существования этих неравенств и перехода от них к ра-

венствам были разработаны две концепции (системы взглядов): **равновесности** (неравновесности) и **обратимости** (необратимости). Процессы, для которых выражения (1) - (6) могут быть использованы в виде равенств, получили название равновесных, или обратимых (идеальных). Остальные процессы, для которых нельзя использовать эти выражения в виде равенств, — неравновесных, или необратимых (реальных). Поскольку неравенства не могут быть использованы для практических расчётов, то основное содержание учебников по данному вопросу в настоящее время составляет конкретизация условий, при которых можно использовать эти неравенства в виде равенств.

В связи с многозначностью терминов, обозначающих соответствующие понятия в этих концепциях, например, таких как «равновесное состояние» (РС), «система», «окружающая среда» (ОС), «давление окружающей среды», «обратимый процесс» (ОП), «необратимый процесс» (НОП), «квазистатичность», — возникли опреде-

лённые противоречия как внутри соответствующих концепций, так и между ними.

Концепция равновесности. В основу концепции равновесности положены понятия равновесного состояния и равновесного процесса. Равновесное состояние системы — состояние, в которое переходит система в течение времени при отсутствии термодинамического взаимодействия между системой и ОС. Термодинамические взаимодействия могут отсутствовать внутри системы и с ОС в трёх случаях: при одинаковости и постоянстве значений параметров системы и ОС; при изоляции как частей системы, так и её в целом от ОС (жёсткие и адиабатные перегородки); при наличии гравитационного поля.

Введение термина «равновесный» связано с неравенствами (1) и (5). До настоящего времени в качестве первичной формулы для расчёта изменения энтропии **рабочего тела** (РТ) используется выражение **Р. Клаузиуса** для расчёта изменения энтропии (здесь удельной) **источников гепла** (ИТ),

$$ds = bq / T = dLSp_T = \delta Q_{PT} / T_{VJ} = \delta q^c / \Gamma_{PT} = - \delta q_m / \Gamma_{IT} = - ds_{HT} . \quad (7)$$

где $d^? = ds_{PT}$ и ds_{HT} — изменения удельной энтропии соответственно РТ и ИТ;

$T = T_{rj}$ и T_{VJ} — температуры РТ и ИТ; $bq = bq_{rj}$ — удельная теплота,

подведённая к РТ; $\delta q^c = \delta Q^{внеш}$ — внешняя теплота, подведённая к РТ из ОС'.

Очевидно, использование неравенства (5) в качестве равенства (7) возможно лишь при равенстве значе-

¹ Обще принято считать, что внешняя теплота равна и противоположна по знаку теплоте, отведенной от ИТ: (как будет показано ниже, в случае обратимого переноса тепла между телами с разной температурой это равенство не выполняется).

температур РТ и ИТ, т. е. при на-
*-.ии **внешнего термического рав-**
новесия между РТ и ИТ. Процессы,
протекающие при равенстве (в преде-

$$T = T_{PT} = T_T \quad \text{и} \quad ds = ds_{PT} = -ds_{IT}.$$

Поскольку теплообмен возможен
только при наличии разности темпе-
ратур между рабочим телом и источ-
никами тепла, то можно говорить лишь
квазиравновесном (почти равновес-
ном) процессе теплообмена, когда раз-
ность $T_{um} - T_{PT} \rightarrow 0$ (но не равна
нулю), т. е. при наличии между тела-
ми бесконечно малой разности темпе-
ратур $dT \neq 0$.

$$ds = dq/T = ds_{VT} = dq_{FV}/T_{VT} = dq^c/T_{PT} > dq^c/T_m = -dq_m/T_m - cB_{um}. \quad (8)$$

Действительно, согласно концепции
равновесности (и дополнительно, равен-
ства теплот) неравенство (5) переходит в
равенство (7) при равенстве температур
РТ и ИТ и неравенство сохраняется в виде
(8) при неравенстве температур.

Однако известно, что неравенство
(5) переходит в равенство и при **конеч-**
ной разности температур между РТ
и ИТ, если перенос тепла осуществля-

$$dq = dq_{PT} = dq^c = -dq_n - bW_m.$$

В этом случае неравенство (5) с
учётом $bq_n = Trj-dVp! < 0$ и

ле) температур рабочего тела и источ-
ников тепла получили название **терми-**
чески равновесных процессов. Для
них справедливы равенства²:

В случае протекания **термически**
неравновесных процессов между тела-
ми системы имеется конечная разность
температур: $T = T_m \neq T_u$ ($T_n > T_n$ и
 $\Gamma_{PT} > \Gamma_{XT}$). Для РТ и ИТ — совокупности
тел термически неравновесной системы
— при отсутствии трения и равенстве
теплот: $bq = bq^c = bq^e = -bq_{yn}$ не-
равенство (5) может быть конкретизиро-
вано так:

ется с помощью идеальных тепловых
машин (ИТМ), осуществляющих иде-
альные циклы Карно (ИЦК). В этом
случае в соответствии с рисунком 1
теплота ($dq_{pj} > 0$), подводимая к РТ
от одной из ИТМ (равная внешней
теплоте dq^c при отсутствии трения),
получается меньше теплоты Idg^1 , от-
даваемой горячим телом идеальной
тепловой машине, на работу ИЦК:

$$dq = - (T^c - T_{PT}) ds_{PT} > 0 \quad (\text{см.}$$

рисунок 1) переходит в равенство:

² Для выполнения равенства изменений энтропии, кроме равенства температур, дополнительно требуется отсутствие трения. При наличии трения в процессе подвода тепла подведенная к РТ теплота получается больше теплоты от ИТ: $bq_n = Trj-dVp! < 0$ и $ds^c > |ds^c|$ даже при равенстве температур РТ и ИТ.

$$ds = \delta q / T = ds_{pj} = \delta \wedge / T_{pm} = b q^e / T_{,,} = - + \delta w_{\text{нук}} / T_{pm} =$$

$$= \sim FrrdVr - (T_{\text{п}} - T_{,,}) ds_{\text{гТ}}] / T_{\text{рТ}} = - ds^{\wedge} = - \delta q^{\wedge} / \Gamma_{\text{гТ}}. \quad (9)$$

Следовательно, и при наличии энтропии РТ через параметры ИТ, конечной разности температур, что противоречит концепции равновесности, допускающей такой переход только в термически равновесной (квазиравновесной) системе (Г_{рТ} = Т_т), т. е. в неравновесной системе, неравенство (5) может перейти в равенство (9), позволяющее найти изменение

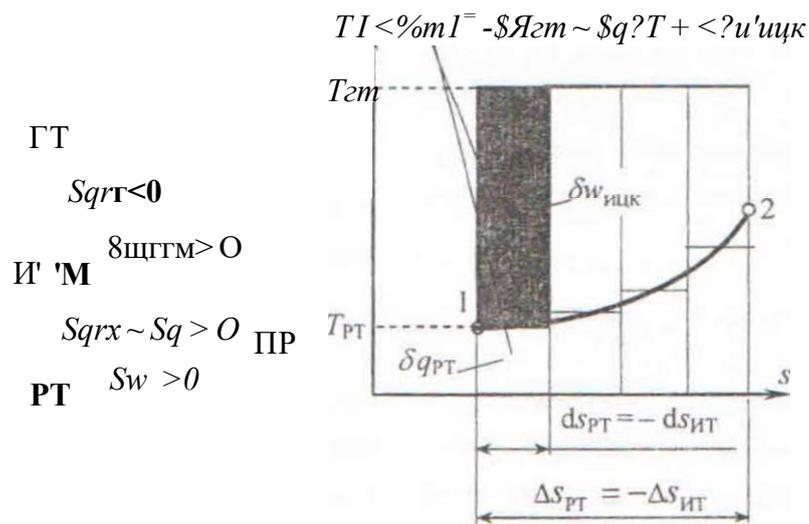


Рисунок 1

Аналогичным образом, до настоящего времени для расчёта работы³, совершаемой рабочим телом над окружающей средой (внешней, или эффективной работы), используется выражение (здесь для удельной работы)

$$S \backslash v^e = SW_{\text{эф}} = P \text{ of } dv = p^e dv = p_{\text{рТ}} dv = p' dv = p dv = SW = S w, \quad (10)$$

где $p = p_{\text{рТ}} = p^l$ — давление, оказываемое газом (рабочим телом) на поршень с внутренней стороны его (внутреннее, или индикаторное давление); $p^c = p^{\wedge}$ — давление, оказываемое окружающей средой на поршень с его внешней стороны (внешнее, или эффективное давление); (j — изменение удельного объёма);

³ В неравенстве (1), как это общепринято, работа, отводимая от РТ в ОС на внешней стороне границы системы - эффективная (внешняя) работа w_e , обозначается тем же символом w - как и работа изменения объёма (индикаторная работа - работа, получаемая поршнем от рабочего тела), что вносит определенную путаницу при анализе этого неравенства. Если под w понимать внутреннюю (индикаторную) работу газа над поршнем, то неравенство (1) переходит в равенство в любом процессе:

тш гзоочего тела.

Под давлением окружающей среды многие [1, 2 и др.] понимают давление жидкой окружающей среды (атмосферного давления) $p_{ж} = p_{жос}$, по аналогии с давлением газа внутри цилиндра, а под вещественной границей системы (поршнем) — весомую абсолютно упругую оболочку. В общем же случае в состав окружающей среды, кроме жидкой среды, могут входить и твёрдые тела (пружина, поднимаемый груз, ускоренное тело — источники и приёмники работы), давление от которых определяется путём действия силы на шатуне или штоке на площадь поршня.

Очевидно, что внешнюю работу, получаемую окружающей средой от поршня снаружи, можно рассчитать как внутреннюю работу изменения объёма (работу РТ над поршнем) лишь в частном случае, когда $p^e = p_{жос} = p^x = p_{ж} = p$. Следовательно, использование неравенства (1) в виде равенства (10) возможно лишь в случае равенства давлений на внутренней и внешней сторонах поршня, т. е. при наличии так называемого **внешнего механического равновесия** между РТ и окружающей средой⁴.

Неравенство давлений РТ и ОС (**механическую неравновесность**) при протекании реальных процессов стали объяснять в первую очередь наличием волновых (колебательных) явлений

внутри цилиндра из-за конечной скорости поршня, т. е. отсутствием **внутренней равновесности** РТ, обуславливающей в конечном итоге появление **внешней неравновесности** между средним давлением РТ по всему объёму цилиндра в данный момент времени и внешним давлением ОС [3]. Отсюда делается вывод, что уменьшить **механическую неравновесность** можно путём замедления процесса (скорости поршня), когда волновые явления исчезают, и вводится термин «**квазистатический**»⁵ процесс» (равновесный процесс), который стали отождествлять с бесконечно медленным процессом, т. е. под термином «квазистатический» стали понимать как равновесный, так и бесконечно медленный процессы.

Многие авторы термин «квазистатический процесс» относят и к **внешней термической неравновесности**, так как при малой разности температур процесс теплообмена также замедляется. Однако замедлить процесс теплообмена можно и путём увеличения термического сопротивления стенки при конечной разности температур, когда процесс будет замедленным, но не равновесным. Следовательно, бесконечно медленный процесс может обеспечить только **внутреннюю равновесность** отдельного тела, а внешнюю неравновесность между локально-равновесными

⁴ Это возможно, если поршень не аккумулирует УД в виде кинетической или потенциальной энергии и не преобразует его в тепловое движение микрочастиц поршня и гильзы при трении. Как видим, для обоснования механической равновесности требуется много дополнительных условий.

⁵ Латинское слово quasi означает "как будто бы". Термин "квазистатический процесс" ("почти равновесный") ввел К.Карагеодори в 1909 году.

талами (системами) он устранить не может. Поэтому отождествление равновесности (квазистатичности) с бесконечно медленным протеканием процессов в общем случае не оправдано.

Концепция обратимости. Введение терминов «обратимый», «необратимый»⁶ связано с неравенством (3), являющимся аналитическим выражением ВЗТ для неравновесной системы при протекании в ней необратимых процессов. При протекании **обратимого** (идеального) процесса **не происходит накопление каких-либо остаточных изменений** во всей изолированной системе (ИС) взаимодействующих тел (о чём свидетельствует **неизменность энтропии** системы: $ds_{ИС} = 0$), которые не позволили бы этим телам вернуться в исходное состояние при протекании **обратного** процесса. Например, шарик при отскоке от чугунной плиты в обратимом процессе будет подниматься на прежнюю высоту.

При протекании **необратимого** процесса в системе взаимодействующих тел **накапливаются** такие **необратимые изменения** (о чём свидетельствует **рост энтропии** ($\Delta s_{ИС} > 0$)), которые не позволяют при протекании **обратного** процесса вернуть все тела в исходное

состояние. Например, шарик при реальном (необратимом) отскоке от чугунной плиты не поднимается на прежнюю высоту.

Название «необратимый» не совсем удачно, так как неизолированную внутренне(локально)равновесную систему, входящую в состав неравновесной изолированной системы, всегда можно вернуть, обратить в исходное состояние (например, сжать рабочее тело до первоначального состояния). Однако всю неравновесную ИС нельзя вернуть в исходное состояние с прежней равновесностью (с той же энтропией) без снятия изоляции этой системы.

Поскольку для отдельного локально равновесного тела (неизолированной системы) неравенство (3) в общем случае не выполняется (изменение энтропии может быть любым) и для любого процесса можно всегда подобрать обратный, возвращающий системы в исходное состояние (с прежним значением энтропии), то, следовательно, для **отдельного тела нет надобности вводить понятие обратимого процесса**, приводящее неравенство (3) к равенству, как и нет надобности вводить для отдельного тела неравенства (5) и (6). Понятия «**обратимый**» и «**необратимый**» процес-

⁶ Понятия "обратимые" и "необратимые" процессы ввел Клаузиус. Еще раньше Карно показал, что к.п.д. его цикла наибольший, исходя из предположения, что "восходящий" поток тепла невозможен, противоречит природе, тем самым для доказательства своей теоремы он использовал односторонность протекания процессов, т. е. второе начало термодинамики" [4]. Заметим, что направление переноса тепла от горячего тела к холодному диктует не ВНТ, а закон Фурье (градиентный закон).

⁷ Термин "обратимый" происходит от слова "обратный". Однако отождествлять понятия, определяемые этими терминами, нельзя. В то время как любой процесс (в том числе и необратимый) имеет обратный процесс, возвращающий, восстанавливающий неизолированную систему в исходное состояние, не каждый процесс будет обратим для всех тел ИС. Например, "Очищенное яйцо можно восстановить (обратить в целое), если его превратить в курицу, но с точки зрения термодинамики такой процесс будет необратим" [3]. В связи с этим предлагается термин "обратимый" по возможности заменять на термин "идеальный".

и само неравенство (3), относительно совокупности взаимодействующих систем, входящих в состав изолированной системы. Только в случае процессов в изолированной системе «взаимодействующих тел неравенство (3) можно использовать в виде равенства (для этого и была введена обратимость = $dQ_{PT} + dS_{HT} = 0$.

Согласно современным представлениям, полная обратимость наступает, если наряду с внутренней равновесностью обеспечивается внешняя равновесность взаимодействующих тел ИС. В таком понимании квазиравновесность и обратимость рассматриваются как синонимы. **Отождествление обратимости с равновесностью** дало основание, по аналогии с делением равновесности (неравновесности) на внутреннюю и внешнюю, поделить обратимость (необратимость) процессов на «внутреннюю обратимость (необратимость)» (для рабочего тела) и «внешнюю обратимость (необратимость)» (для совокупности тел ИС) процессов [5, 6 и др.]. При этом внутренняя необратимость связывается с трением, а внешняя — с конечным перепадом температур рабочего тела и источников тепла [5]. Мартыновский же трение относит к внешней необратимости: «Если следовать определению **ОП** как последовательности обратимых состояний, то для внутренне **ОП** достаточ-

но соблюдать условия внутренней равновесности, а трение поршня или элемента среды в потоке будет определять только внешнюю необратимость» [6].

Считается, что **процесс теплообмена будет обратимым**, если он будет протекать при квазитермической равновесности, когда перепад температур между телами стремится к нулю. Отсюда следует вывод, что в системе с телами, имеющими конечный перепад температур нельзя осуществить обратимый перенос тепла. Однако во всех учебниках отмечается, что обратимый перенос тепла при конечной разности температур между телами возможен, если имеется специальное устройство (двигатель), осуществляющее ИЦК, и даже используется специально введенный термин «равновесный теплообмен между телами с разной температурой» [2] (правильнее было бы сказать — обратимый перенос тепла в термически неравновесной системе).

Согласно **концепции механической равновесности** процесс будет **механически обратимым**, если обеспечивается **механическая равновесность**. В концепции механической равновесности (а значит и механической обратимости) не всё так просто, как излагается. Так, даже условия механического равновесия в учебниках формулируются по-разному. Например, в [1] в качестве условия механического равновесия считается равенство давлений P_T на поршне и поршня на газ, в [2, 7] — отсутствие перепада давлений на поршне, а также при

равенстве сил на внутренней и наружной поверхности поршня [2], в [8] — равенство сил при различных давлениях на поршни разного диаметра соединенных штоком.

По поводу этих условий механического равновесия отметим следующее. **Давление газа** при условии внутренней равновесности РТ согласно третьему закону Ньютона (поток импульса, отводимый от газа, равен потоку импульса, подводимому к поршню [9]) всегда **равно давлению поршня** на газ независимо от трения поршня, т. е. от обратимости или необратимости процесса.

Давление ОС может быть **равно давлению** газа только в случае, если поршень невесом и нет трения, т. е. конечный перепад давлений на поршне может быть вызван не только трением поршня (для чего и вводится механическая неравновесность), но и весом поршня, когда процесс будет обратимым; при течении жидкости перепад давлений в потоке также может быть обусловлен не только трением, но и ускорением жидкости, изменением её ПЭ или совершением технической работы в турбине, т. е. конечный перепад давлений в потоке имеется всегда, но это не значит, что процесс обязательно необратим. Следовательно, если **нет трения**, то при наличии конечного перепада давлений в потоке течение будет обратимым (изоэнтропным в случае адиабатного процесса), а также процесс будет обратимым и при наличии конечного перепада давлений на весоном поршне между га-

зом и ОС.

Как видим, имеется явное несоответствие между концепциями полной равновесности и обратимости процессов: **обратимость** может наступать и в **неравновесных** системах.

Многие авторы отождествляют понятия **квазистатический** (в значении «медленный») и **обратимый** (идеальный), хотя понятие обратимый процесс шире понятия квазистатический, так как для обеспечения обратимости требуется полная равновесность — внешняя и внутренняя, — а медленный процесс, как уже отмечалось, обеспечивает только внутреннюю (локальную) равновесность подсистемы, входящей в состав взаимодействующих систем, неравновесных между собой. «Представление, что ОП является бесконечно медленным в общем случае является неверным, так как медленность процесса можно получить не только за счёт малых перепадов давления, но и за счёт бесконечно большого сопротивления мостика (при конечных перепадах давления) — медленный и необратимый процесс одновременно» [10].

Многозначность терминов «равновесность системы», «равновесный процесс», «квазистатический процесс» и отождествление их с обратимостью процессов приводит к противоречивым суждениям. Так, нельзя согласиться с утверждением некоторых авторов учебников по термодинамике, что в «термодинамических диаграммах могут быть изображены лишь **обратимые**, равновесные

ЖЗб.
СМС
OkZai
ate
pen
-cxt:

ГТЙ
sin
•CI
•SL1
ЯХ

«1
m

*
-«
i

Г-: цессы», так как те же авторы при рас- аврлении течения с трением (НОП) ис- Икльзуют соответствующие диаграммы изменения состояния подвижных ло- іс-"ьно-равновесных элементов среды. Ііесь следовало бы уточнить, что **внут- ренне неравновесные процессы** (точ- -ее состояния внутренне неравновесных «стем) **нельзя изображать графичес- ки**, но внутренне (локально) **равновес- аые необратимые** процессы (точнее со- стояния локально-равновесных систем, -лпример, малого элемента **вязкой** под- г-окной среды) **можно**. Следовательно, наличие внешней, т. е. полной равновес- ности, а значит и обратимости процес- сов для их изображения в диаграммах не требуется.

Приводимое в учебниках деление обратимости на внутреннюю и вне- шнюю обратимость вряд ли оправдано, так как согласно определению **обрати- мым может быть только один процесс** — который во всех взаимодействующих телах не вызывает остаточных измене- ний, которые не позволили бы вернуть в исходное состояние все взаимодейству- ющие тела (а не только одно внутренне равновесное тело) при протекании об- ратного процесса.

Если следовать концепции равно- весности, *обратимость наступает только в полностью равновесных сис- темах* («обратимый процесс — в пре- деле нет разности давлений и темпера- тур между РТ и ОС» [2]), *когда нет ни- каких взаимодействий, нет процессов, т. е. только при отсутствии процес-*

сов. «Квазистатический процесс предъявляет взаимно противоречивые требования: быть процессом и быть рав- новесным^. е. **не быть процессом»** [4].

Чтобы избежать такого логическо- го тупика некоторые авторы [10] счита- ют, что достижение полной равновесно- сти не обязательно, так как при малых перепадах (неравновесностях) наступа- ют обратимые процессы. Например, счи- тают, что при малой разности темпера- тур процесс теплообмена обратим, т. е. он «легко идёт в прямом и обратном на- правлениях». Однако если следовать логике ВНТ, все самопроизвольные про- цессы протекают в направлении сложив- шихся перепадов до полного исчезнове- ния этих перепадов и поэтому обратно протекать не могут. Следовательно, сам собой ни один процесс (обратимый и необратимый) после достижения пол- ной равновесности в ИС не пойдёт нив прямом, ни в обратном направлениях.

Выводы по анализу концепций рав- новесности и обратимости:

1. Понятие **обратимости** введено для совокупности тел ИС с целью пере- хода от неравенства $ds_{HC} > 0$ к **равен- ству** $dv_{HC}=0$.

2. Для отдельного тела (например, РТ) неравенство $ds_{pT} > 0$ в общем слу- чае не выполняется (знак неравенства может быть любым) и, следовательно, **нет надобности** переходить к равенству $ds^{\wedge} = 0$, т. е. **вводить понятие обрати- мости** для отдельного тела (системы) до **изучения ВЗТ**.

3. Понятие обратимости эквивален-

тно понятию полной равновесности (внешней и внутренней) для совокупности тел.

4. Требование полной равновесности для протекания обратимого процесса приводит к вырождению самого процесса.

5. Требование малой неравновесности в изолированной системе при протекании в ней процессов не делает эти процессы само обратимыми: они протекают строго в сторону увеличения равновесности и при достижении равновесного состояния во всей ИС обратно протекать не могут.

6. Деление процессов на внутренне обратимые, но внешне необратимые противоречит ВНТ, согласно которому процесс не может быть одновременно

обратимым и необратимым.

8. Концепция внешней равновесности между всеми телами ИС не является необходимой для обеспечения внешней обратимости, т.к. обратимый процесс может протекать и в неравновесной системе, например, обратимый перенос тепла между телами с разной температурой с использованием ИЦК, обратимая химическая реакция может протекать в химически неравновесной системе при использовании ящика Ван-Гоффа, обратимое истечение газа из сопла при переменном давлении в нём.

9. Механический перенос концепции внутренней равновесности на внешнюю равновесность для всех тел ИС приводит к расхождению концепций равновесности и обратимости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бэр Г.Д. Техническая термодинамика. Теоретические основы и технические приложения // Пер. с нем. — М.: Мир, 1977. — 518 с.: ил.

2. Техническая термодинамика: Учеб. для вузов / Под ред. В.И. Крутова. — 3-е изд. — М.: Высшая школа, 1991, — 384 е.: ил.

3. Трайбус М. Термостатика и термодинамика // Пер. с англ. — М.: Энергия, 1970. — 504 е.: ил.

4. Кричевский И.Р. Понятия и основы термодинамики. — М.: Химия, 1970. — 440 е.: ил.

5. Техническая термодинамика: Учеб. для вузов / В.А. Кириллин и др. — М.: Энергия, 1974. — 448 е.: ил.

6. Мартыновский В.С. Термодина-

мические характеристики циклов тепловых машин и холодильных машин. — JL: Госэнергоиздат, 1952. — 116 с.: ил.

7. Новиков И.И. Термодинамика: Учеб. пособие для студ. энергомаш. и теплотехн. спец. вузов. — М.: Машиностроение, 1984. — 592 е.: ил.

8. Жуковский В.С. Термодинамика / Под ред. А. А. Гухмана. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 304 е.: ил.

9. Рындин В. В. Новая интерпретация понятия силы и законов движения Ньютона // Вестник Павлодарского университета. — 2000. — № 2. — С. 163-177.

10. Вейник А. И. Термодинамика: Учеб. для вузов. — Минск: Высшая школа, 1965. — 402 е.: ил.

»
.
*
4

УДК 536:53

КОНЦЕПЦИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ КАК ОСНОВА ВТОРОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ

В.В. Рындин

*Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова*

Бурын қолданылып келген тепе-теңділік тұжырымдамасының орнына жаңа «тепе-теңсіздік» тұжырымдамасы енгізілге. Оның мәнісі - термодинамикалық оқиғау жүйеде өтетін қайтымды процесс барысында қорытынды тепе-теңсіздіктің өзгермеуінде. Тепе-теңсіздікті және оның қайтымсыз процесте азаюын сипаттау үшін сандық өлшемдер берілген.

Взамен существующей концепции равновесности вводится новая концепция — «неравновесности», согласно которой в обратимых процессах полная конечная неравновесность изолированной системы не изменяется. Для количественного характеристики неравновесности системы и её уменьшения в необратимых процессах даются соответствующие величины.

Instead of the existing concept of the equilibrium the new concept — «of the nonequilibrium» is entered, according to which in reversible processes the complete finite nonequilibrium of the isolated system non changes. For the quantitative characteristic of the nonequilibrium of system and of its diminution in irreversible processes the appropriate magnitudes are given.

В работе [1] было показано несоответствие концепций обратимости и равновесности, используемых при изложении второго закона термодинамики (ВЗТ). Несоответствие заключается в том, что обратимость в концепции равновесности наступает при полной равновесности, когда нет никаких процессов. Наличие обратимости в неравновесных системах концепция

равновесности не предполагает. В то же время известны обратимые процессы (ОП), протекающие в неравновесных системах, например, перенос тепла при конечной разности температур между телами с помощью тепловой машины, совершающей идеальный цикл Карно; истечение газа без трения из идеального сопла при конечном перепаде давления на нём или его рас-

ширение в идеальной турбине и другие. Кроме того, в соответствии с концепцией равновесности область применения ОП в термодинамике ограничивается рассмотрением взаимодействий между системами, находящимися в почти одинаковых состояниях (при бесконечно малых перепадах давления и температуры между системами), что снижает практическое значение этой концепции.

Концепция обратимости в неравновесных системах. В основу новой концепции положено положение, что причиной всех процессов является **неравновесность** — свойство материи, обусловленное неодинаковостью распределения концентрации движения в пространстве. Под **неравновесностью** также будем понимать свойство (**способность**) системы **совершать работу** (работоспособность) как внутри изолированной системы (ИС), так и отдавать её за пределы неизолированной (адиабатной) системы.

Любой процесс может протекать только в неравновесной системе. В процессах взаимодействия движение передаётся от одного тела к другому, что приводит к выравниванию концентрации движения в пространстве. В результате неравновесность данного вида уменьшается с появлением неравновесности другого вида в эквивалентном или меньшем количестве (например, уменьшение термической нерав-

новесности при переносе тепла от горячего тела к холодному может компенсироваться ростом механической неравновесности за счёт разгона маховика или подъёма груза при работе теплового двигателя), либо может исчезнуть полностью без появления неравновесности какого-либо другого вида (например, в процессах выравнивания температур двух тел при теплообмене или уровней воды в двух сообщающихся резервуарах).

Поскольку все реальные процессы протекают в сторону уменьшения неравновесности (увеличения равновесности) ИС, что в конечном итоге приводит к «замиранию» всех макропроцессов в системе, а значит и к невозможности получения упорядоченного движения — работы, то возникает естественный вопрос, как организовать процесс, чтобы продлить время работы неравновесной системы, т. е. получить больше работы от данной неравновесной системы? Какие процессы (идеальные, обратимые) в пределе не будут менять неравновесность изолированной системы?

В связи с выше изложенным для обоснования **обратимости** процессов взамен концепции внешней равновесности выдвигается **концепция сохранения полной внешней неравновесности**¹ в системе взаимодействующих тел (в ИС). Согласно этой концепции **обратимость** (точнее **квазиобрати-**

¹ В дальнейшем под неравновесностью будем понимать внешнюю неравновесность между подсистемами (телами), каждая из которых находится во внутренне равновесном состоянии.

чность) наступает не при полной равновесности (тогда нет никаких процессов, в том числе и обратимых), а в любой неравновесной системе, состоящей из внутренне равновесных систем (подсистем), **если** при протекании процессов **полная неравновесность** между ними **сохраняется** (почти сохраняется): *уменьшение неравновесности одного вида должно компенсироваться увеличением неравновесности другого вида.*

То есть эта концепция — **«неравновесности»**, в отличие от концепции полной равновесности, **возможность** (причину) **обратимости** самопроизвольного (естественного) процесса, приводящего к уменьшению неравновесности между двумя подсистемами, **видит в создании новой неравновесности** между двумя другими подсистемами в результате осуществления принудительных (компенсационных) процессов, протекающих (одновременно с протеканием прямого процесса) в **специальных устройствах**, которых обычно нет при протекании естественных процессов выравнивания.

Концепция сохранения неравновесности согласуется с существующим определением обратимого процесса, согласно которому изолированная система после протекания прямого и обратного процессов возвращается в **исходное состояние**, т. е. **к прежней неравновесности**. При протекании естественных (самопроизвольных) процессов выравнивания происходит уменьшение неравновесности данного вида.

Например, при расширении рабочего тела (РТ) перепад давлений в цилиндре и в атмосфере (барическая неравновесность) уменьшается, при совершении цикла уменьшается перепад температур (термическая неравновесность) между источниками тепла (ИТ), при опускании груза уменьшается его ПЭ и т. п. Однако при протекании процессов с уменьшением неравновесности одного вида могут одновременно протекать процессы с увеличением неравновесности какого-либо другого вида. Поэтому об изменении неравновесности изолированной системы следует судить лишь по суммарному изменению всех видов неравновесности.

В связи с этим вводится новое понятие — **«полная неравновесность»** системы тел (ИС) как **сумма всех видов неравновесностей** изолированной системы. Она включает в себя как **термодинамическую (термическую и барическую) неравновесность**, обусловленную неравномерностью распределения ХД в пространстве, так и другие **виды неравновесности**, не свойственные термодинамике (**механическую, электрическую, химическую** ит. п.) и обусловленные неравномерностью распределения УД в пространстве. Разгон тела, сжатие пружины, электризация или намагничивание тела — все это приводит к концентрации УД (энергии, возможной работы) в отдельных телах, а значит к созданию неравновесности (неоднородности) в пространстве (пространства).

Процессы, в которых уменьшение неравновесности одного вида полностью компенсируется увеличением неравновесности другого вида, и будут теми обратимыми процессами, которые рассматриваются в термодинамике в качестве идеальных. Примерами сохранения механической неравновесности в системе двух тел являются процессы абсолютно упругого соударения подвижного шара с неподвижным, разгон тела абсолютно упругой пружиной, качание маятника в вакууме и т. п. В реальных процессах всегда происходит некомпенсированная потеря неравновесности в системе взаимодействующих тел. что делает реальные процессы необратимыми в рассматриваемой системе взаимодействующих тел (ИС).

В соответствии с данной концепцией неравновесности взамен существующей формулировки ВЗТ — все реальные процессы протекают в сторону увеличения равновесности ИС — можно дать новую: *все реальные процессы протекают в сторону уменьшения полной неравновесности в системе взаимодействующих тел (в ИС); при протекании идеальных (обратимых) процессов полная неравновесность ИС сохраняется: уменьшение неравновесности одного вида компенсируется созданием неравновесности другого вида. Отличие этих формулировок ВЗТ заключается в том, что в общепринятой формулировке **обратимость** наступает в полностью равновесных си-*

стемах (в этом случае **равновесность** системы **не изменяется**), а в **новой** формулировке обратимость имеет место в неравновесных системах, когда **не изменяется неравновесность**. Это принципиальное отличие позволяет расширить понятие обратимости на неравновесные процессы, имеющие место на практике.

Концепция сохранения внешней неравновесности для совокупности взаимодействующих тел в ОП согласуется с концепцией **компенсации Клаузиуса**, согласно которой перенос тепла от холодного тела к горячему без компенсации невозможен, если под **компенсацией** понимать **уменьшение неравновесности** (например, механической) **между какими-либо другими телами** системы, **эквивалентное росту термической неравновесности** при переносе тепла от ХТ к ГТ [2].

В предлагаемой концепции **основная причина необратимости** заключается не в конечных перепадах значений величин, характеризующих состояния взаимодействующих локально-равновесных систем, а **в отсутствии специальных устройств, которые могли бы потерю неравновесности между телами в основном процессе компенсировать созданием эквивалентной неравновесности между другими телами в сопутствующем процессе**. Благодаря уменьшению неравновесности, созданной с помощью этих устройств в сопутствующем процессе, можно было бы в обратном про-

...ессе создать начальную неравновесность — вернуть систему тел в исходное неравновесное состояние, т. е. сделать процесс обратимым.

Именно, **создание новых конечных неравновесностей взамен теряемых** и отличает эту концепцию обратимости от существующей, которая видит обратимость в малом уменьшении существующей, хотя и малой, но неравновесности и не заботится о создании, хотя и малой, но новой неравновесности. Считается, что система сама собой легко идет в обратном направлении. На самом деле ИС, перейдя, хотя и от малой, но неравновесности к полной равновесности, обратно сама собой не пойдет. Для этого нужен толчок извне [1].

В отличие от концепции равновесности, сводящей обратимость к рассмотрению процессов только в идеализированных полностью равновесных системах, предлагаемая концепция неравновесности указывает пути осуществления обратимых процессов при наличии конечных перепадов давлений и температур в реальных системах. **Для сохранения полной неравновесности** между телами изолированной системы (т. е. для создания условий обратимости процессов) в первую очередь требуется **устройство** (двигатель), а во вторую очередь, это устройство должно удовлетворять определенным требованиям: работать при **внутренней равновесности** РТ (что при существующих скоростях

поршня всегда выполняется), **отсутствии трения и бесконечно малой разности температур** между РТ и ИТ.

Поскольку и при бесконечно малых разностях температур между системами процессы протекают в сторону уменьшения неравновесности (в сторону полной равновесности), то и в данной концепции можно говорить лишь о **квазиобратимых** процессах, при протекании которых **потерей неравновесности можно пренебречь** по сравнению с существующей конечной **неравновесностью** (в необратимых процессах потери неравновесности соизмеримы с существовавшей до протекания процесса конечной неравновесностью).

Количественные характеристики (меры) неравновесности системы. Поскольку в реальных процессах **количество неравновесности** в ИС уменьшается, то возникает вопрос о физических величинах (количественных характеристиках, мерах), которые могут быть использованы для оценки отдельных видов неравновесности между отдельными подсистемами и её потери (необратимости процессов). Так как уменьшение неравновесности происходит за счёт переноса движения, то мерой уменьшения неравновесности может быть количество переданного движения, характеристиками которого, в свою очередь, являются такие физические величины, как накопленная энергия, полное изменение энергии или частичные изменения энергии — теплота и работа.

Поэтому мерой **механической неравновесности** между телами, движущимися с разными скоростями (такую неравновесность можно назвать **кинетической**, или инерционной), будет разность кинетических энергий этих тел; мерой механической неравновесности между телами, находящимися на разной высоте (**потенциаль-**

ная, или гравитационная неравновесность), — разность потенциальных энергий этих тел (в качестве одного из тел может быть и сама Земля); мерой механической неравновесности между сжатой пружиной и соприкасающимся с ней телом (**упругостная** неравновесность)— упругостная потенциальная энергия:

$$D^k = \sim E_u > = p \setminus \sim E_p 2$$

Если одно из тел считается неподвижным или его потенциальная энергия принимается равной нулю, то количество кинетической и потенциальной неравновесности в системе этих тел определяют кинетическая E_k и потенциальная E_p энергии соответствующего тела.

При механическом взаимодействии тел уменьшение неравновесности одного вида может полностью компенсироваться ростом неравновесности другого вида без использования специальных устройств. Например, при падении тела в вакууме уменьшение потенциальной (гравитационной) неравновесности компенсируется ростом кинетической (инерционной) неравновесности в системе тело-Земля: $-dE_p = dE_k$, и в целом полная неравновесность такой системы не изменяется: $dE_{\text{мех}} = dE_p + dE_k = 0$. Следовательно, такой процесс будет обратимым.

В других же случаях уменьшение механической неравновесности может происходить без роста неравновесности какого-либо другого вида, напри-

мер, при движении шарика с трением по горизонтальной плоскости. При полном торможении шарика инерционная (кинетическая) неравновесность в системе шарик-плоскость полностью исчезает, однако новой (термической) неравновесности здесь не возникает (если не возникает разности температур в системе шарик-плоскость). Следовательно, условие изменения кинетической неравновесности системы шарик-плоскость (неравновесной системы) можно выразить аналитически в виде $dE_{\text{кМРС}} \wedge 0$, согласно которому при наличии неравновесности в системе шарик-плоскость кинетическая неравновесность уменьшается в необратимом процессе и сохраняется в обратимом процессе (без трения). Условием нахождения системы в равновесном состоянии (РС) будет равенство $dE_{\text{кРС}} = 0$, согласно которому при достижении системой равновесного состояния изменения кинетической неравновесности в системе не происходит (оно равно нулю).

Процессы, протекающие с поте-

гей полной неравновесности, называ-
ются **диссипативными**. Процесстор-
жения шарика можно сделать час-
чно обратимым, если воспользовать-
специальным устройством — на-
г-имер, пружиной. Здесь уменьшение
кинетической неравновесности будет
лстично компенсироваться ростом уп-
тностной неравновесности в системе

$$d\mathcal{E}_p = -A E_k - W_{wc} \quad \text{или} \quad (1)$$

В выражении (1) знак неравенства
относится к необратимым процессам
приращение ПЭ меньше убыли КЭ), а
знак равенства— к обратимым процес-

$$d\mathcal{E}_p + d\mathcal{E}_k < 0 \quad \text{или} \quad d\mathcal{E}_{ш_пр} < 0.$$

Согласно этим соотношениям из-
менение полной механической нерав-
новесности ИС шарик-пружина в об-
ратимом процессе равно нулю, а в нео-
братимом процессе меньше нуля.

При тепловом взаимодействии
для компенсации уменьшения терми-
ческой неравновесности требуется
специально устройство (тепловой дви-
гатель), создающее неравновесность
какого-либо другого вида (например,
кинетическую при разгоне маховика,
или потенциальную при подъёме гру-
за или сжатии пружины и т. п.). По-
скольку количественной характеристи-
кой изменения механической неравно-
весности при работе устройства явля-
ется изменение механической энергии
приёмника работы (здесь маховика,
груза или пружины), т. е. работа дви-
гателя, то в соответствии с законом

шарик-пружина, другая же часть ки-
нетической неравновесности в процес-
се трения полностью исчезает в коли-
честве, равном работе диссипации

Условие получения новой потен-
циальной (упругостной) неравновес-
ности взамен кинетической можно
представить в виде

сам (приращение ПЭ равно убыли КЭ).

Условие изменения полной нерав-
новесности ИС шарик-пружина мож-
но представить в виде

сохранения полной неравновесности в
обратимом процессе она же будет и ме-
рой изменения термической неравно-
весности в каком-либо отдельном про-
цессе или за цикл. Только в случае изо-
термического процесса мерой измене-
ния термической неравновесности бу-
дет переданная теплота, равная рабо-
те. Следовательно, **закон сохранения
полной неравновесности ИС в обра-
тимом процессе** диктует брать в ка-
честве **меры термической неравно-
весности** меру механической неравно-
весности — **работу**.

При переходе неравновесной изо-
лированной системы (НРИС) в равно-
весное состояние (при полной потере
неравновесности системы) в результа-
те диссипации упорядоченного движе-
ния происходит потеря **потенциаль-
но возможной работы**. Эту макси-

мальную работу можно было бы получить от системы в обратимом процессе, если предварительно снять механическую изоляцию, т. е. сделать ИС адиабатной. Следовательно, **мерами неравновесности** изолированной и адиабатной систем при их переходе в равновесное состояние будут соответственно **максимальная потерянная работа** $\Delta S_{\text{акс}}^{\text{ТМ}}$ и **максимальная возможная (полученная) работа** $W_{\text{макс}}^{\text{ПАС}}$

$$\Delta S^* = \Delta S_{\text{НРИС}}^* - \Delta S_{\text{РИС}} S_{\text{НРИС}}^* \quad (2)$$

Эту разность энтропий можно назвать *энтропийным количеством неравновесности, перепадом энтропии* (энтропийным перепадом) или *энтропийной разностью* (со временем эти наименования можно уточнить).

Приращение энтропии ИС $dS_{\text{ИС}}$ будет характеризовать **потерю неравновесности ИС**, или необратимость процесса, приближающего систему в

$$d(\Delta S^*) = d\Delta S_{\text{РИС}} - dS_{\text{НРИС}} = -\Delta S_{\text{НРИС}}^* < 0 > \text{ или } \sim d(\Delta S^*) = dS_{\text{НРИС}} > 0. \quad (3)$$

В соответствии с этими выражениями при протекании необратимых процессов в ИС **энтропийная разность**, как и **полная неравновесность**, уменьшается, а **энтропия растёт**, т. е. *убыль энтропийной разности равна приращению энтропии изолированной системы*.

Поскольку в обратимых процессах энтропия не изменяется ($dS_{\text{РИС}} = 0$), то общее условие протекания процессов в ИС — **второе**

мерой же потерянной неравновесности в этих системах будет потерянная работа $W_{\text{пот}}$.

С другой стороны, согласно ВЗТ переход неравновесной ИС в равновесное состояние всегда сопровождается ростом энтропии ИС, следовательно, **разность энтропии ИС в равновесном и неравновесном состояниях** также будет характеризовать **неравновесность ИС** в данном состоянии:

равновесное состояние. Связь между изменениями энтропии ИС и энтропийной разностью при протекании необратимых процессов можно получить, если продифференцировать уравнение (2) с учётом, что $dS_{\text{РИС}} = dS_{\text{МАКС}} = 0$ (так как в равновесном состоянии энтропия ИС достигает максимума и уже больше не изменяется).

начало термодинамики — можно сформулировать так: *при протекании необратимых процессов энтропийная разность изолированной системы уменьшается, а в обратимых — не изменяется*, что аналитически выразится в виде

$$d(\Delta S^*) = d(\Delta S_{\text{НРИС}}^*) < 0. \quad (4)$$

Неравенство (4) своим знаком («меньше») непосредственно указыва-

£T на уменьшение неравновесности (энтропийной разности) в ИС, в отличие от известного неравенства $dS^{\wedge} > 0$, знак которого («больше») в явном виде не отражает тенденцию уменьшения неравновесности изолированной системы.

Связь между энтропийной раз-

$$- \Delta(\Delta S^*)_{\text{макс}} = (\partial \xi_{pc} - a^{\wedge} n_{pc}) - A^{\wedge} n_{pc} = \quad = \Delta u_c = \frac{W^{\wedge} c^{\wedge} T}{T_{\text{Тмин}}}, \quad (5)$$

где $-\Delta(\Delta \xi^*)_{\text{макс}} = \Delta S_{\text{На4}}^* = \Delta S^*$ — максимальная убыль энтропийной разности при переходе системы в равновесное состояние ($\Delta S_{pc} = 0$); она равна самой энтропийной разности (начальной разности), а в соответствии с (3) равна приращению энтропии ИС при переходе её в равновесное состояние.

Для элементарных процессов, протекающих в неравновесных системах (изолированной или адиабатной) с потерей возможной (располагаемой) работы $\Delta J_{\text{пот}} = \Delta J_{\text{воз}}$, в соответствии с (5) можно записать:

$$dS_{\text{WViC}} = b W_{\text{нр}} J T^{-1} T_{\text{Тмин}}, \quad (6)$$

$$\Delta n_{\text{PAC}} = S^{\wedge} n_{\text{OT}}^{-1} T_{\text{Тмин}}, \quad (7)$$

$$\text{или } \Delta^{\wedge}_{\text{Гюи}} = \Delta^{\wedge} T_{\text{Тмин}} \Delta n_{\text{PAC}} \quad (8)$$

где $T_{\text{Т}}$ — температура тела с наименьшей температурой (холодного тела) при теплообмене или температура термодинамической системы (РТ, ИТ) при взаимодействии её с источниками работы (груз, пружина, маховик, электроконденсатор, аккумулятор и т.

стью ИС ΔS^* и максимальной работой, которую могла бы совершить эта система в обратимом процессе при переходе её в равновесное состояние при снятии механической изоляции, т. е. в случае преобразования ИС в адиабатную, может быть задана простым соотношением

п.), которые сами не характеризуются температурой.

Если в качестве тела с наименьшей температурой берётся равновесная окружающая среда, температура которой при переходе неравновесной системы в равновесное состояние не изменяется ($T_{\text{oc}} = \text{const}$), то формула (8) для потерянной работы (её иногда называют потерянной работоспособностью или энергетической потерей [3]) примет вид

$$= T_{\text{OC}} dS_{\text{nc}} \quad (9)$$

Выражение (9) называют уравнением Гюи-Стодолы по имени французского физика М.Гюи, который вывел это уравнение в 1889 г., и словацкого теплотехника А.Стодолы, впервые применившего это уравнение для решения технических задач.

Исходя из молекулярного строения вещества, можно придать определенный физический смысл приращению энтропии неравновесной изолированной системы при перехо-

де её в равновесное состояние. Следует заметить, что многие физические величины (внутренняя энергия, давление, температура и др.) стали доступны интуитивному представлению только благодаря выражению их через КЭ отдельных молекул. Не является исключением и энтропия.

В работе [4] энтропия интерпретируется как изохорная теплоёмкость неравновесной системы, состоящей из совокупности элементарных систем, взятых в интервале температур от нуля

$$S = \sum_{i=1}^{\infty} 5C_{vi} = C_{v \text{ уел}} = c_{vm} N_{\text{о-ат}} = k R^N \text{ уел}, \quad (10)$$

где $c_{v \text{ чл}} = c_{v \text{ б}} = 2.07098710 \Gamma^{23} \text{ Дж/К}$
 Лтм
 — постоянная, равная молекулярной изохорной теплоёмкости одноатомного газа (теплоёмкости, приходящейся

$$dS_{\text{uc}}^1 = d(5j + S_2 + \dots + S_n) = k_R d(N_{\text{ycn1}} + N_{\text{ycn2}} + \dots + N_{\text{ycnn}}) = k_R dN_{\text{ycnliC}}(\backslash)$$

где $S_1 \dots S_n$ и $N_{\text{ycj1}} \dots N_{\text{ycm}}$
 — энтропии отдельных тел ИС и сопоставляемые им числа одноатомных молекул условных систем; dS_{uc}^1 и $djV_{\text{елИС}}$ — суммарное изменение энтропии всех тел ИС и сопоставимое ему полное изменение числа одноатомных молекул условных систем, сопоставляемых действительным системам.

$$\Delta^{\text{иот}} \sim \Delta_{\text{усл}} \sim \Delta_{\text{уусл}} \Delta^{\text{ХТмин}} - \Delta^{\text{М}} \Delta^{\text{W пот}} \Delta^{\text{ХТмин}} = \Delta^{\text{W иот}} \Delta^{\text{ХТмин}} \Delta^{\text{ХТмин}} \quad (12)$$

где $5C_{\text{уусл}}$ — изохорная теплоёмкость условной элементарной системы.

до Γ , число частиц в которых обратно пропорционально их температурам, а суммарная их энергия равна теплоте, подведённой к исходной равновесной системе в изобарном процессе в том же интервале температур. Если в качестве молекул условных систем взять молекулы одноатомного газа, теплоёмкость которого не зависит от температуры, то любому значению энтропии исходной системы можно сопоставить некоторое число одноатомных молекул совокупности условных систем:

на одну молекулу).

Применяя выражение (10) к энтропии ИС, состоящей из n тел, и дифференцируя его, получим

Потерянной (потенциально возможной) элементарной работе $5\text{ЭГ}_{\text{пот}}$ (положительная величина) можно сопоставить элементарную внутреннюю энергию условной системы $5\text{ЭГ}_{\text{усл}}$, содержащей элементарное² число одноатомных молекул $8jV_{\text{WноТ}}$, взятых при температуре $T_{\text{ХТмин}}$

Подставляя выражение (12) для потерянной работы в уравнение (6), с учётом (11), получим формулу для

² Число молекул условной системы элементарно по отношению к числу молекул действительной системы, но оно гораздо больше единицы: $\{ \ll m_{\text{уел}} \}$.

расчёта изменения энтропии НРИС при переходе последней от менее рав-

новесного к более равновесному состоянию:

$$\Delta S_{\text{НРИС}} = \Delta S_{\text{пот}} - \Delta S_{\text{Тмин}} = \Delta S_{\text{Усл}} = \Delta S_{\text{УслИС}} = M \cdot \Delta \ln \tau \quad (13)$$

Таким образом, изменению энтропии $dS'_{\text{НРИС}}$ НРИС при её переходе из менее равновесного в более равновесное состояние можно сопоставить как полное изменение числа одноатомных молекул $dN_{\text{ос}}$ условных систем, сопоставляемых действительным системам, входящим в состав ИС, так и число одноатомных молекул $dN_{\text{ос}}$ условной системы, внутренняя энергия которой при $T_{\text{ХТмин}}$ сопоставляется потерянной работе (потенциально возможной работе).

Более наглядно второе сопоставление. В этом случае приращению энтропии НРИС можно придать такой **физический смысл: приращение энтропии неравновесной ИС характеризует (пропорционально) число молекул $dN_{\text{ос}}$ условной системы** (ими могут быть и реальные молекулы ОС), **внутренняя энергия которой** при температуре самого холодного тела системы **равна потерянной** (по-

тенциально возможной) **работе. Чем больше потерянная работа** и чем ниже температура самого холодного тела ИС, **тем больше потребуется молекул** условной или действительной системы (например, молекул атмосферы, воспринявших энергию рассеянного, диссипированного упорядоченного движения) **для изображения (представления) этой потерянной работы**, а значит больше рост энтропии ИС и потеря неравновесности системы.

Выражение (13), связывающее изменение энтропии с числом молекул ОС, воспринимающих потерянную (возможную) работу (УД), наглядно показывает причину, по которой энтропию³ (правильнее изменение энтропии ИС) называют мерой диссипации (рассеяния): **чем больше рост энтропии системы тело-ОС, тем больше число молекул, воспринявших потерянную работу при температуре ОС.**

³ Здесь следует уточнить, что смысл энтропии и её изменения и. более того, изменения энтропии отдельного тела и нескольких тел ИС — не одно и то же. Мерой (характеристикой) диссипации (потери неравновесности ИС) является не сама энтропия и не изменение энтропии отдельного тела, а изменение . приращение) энтропии именно совокупности тел неравновесной ИС, переходящей в равновесное состояние. Изменению энтропии системы тело-ОС и соответствует число молекул ОС, воспринявших диссипированную энергию (потенциально возможную работу) **Чем большее число молекул ОС восприняло ранее сосредоточенную в отдельном теле энергию, тем больше необратимость процесса, тем больше рост энтропии неравновесной изолированной системы** (но не отдельного тела, как это принято иногда считать)

ЛИТЕРАТУРА

1. Рындин В.В. Концепции равновесности и обратимости — как условия перехода от неравенств второго закона термодинамики к равенствам / Наука и техника Казахстана. — 2002 — № 3 — С. 7-16.
2. Рындин В.В. Критический анализ изложения формулировок второго закона термодинамики в учебниках // Наука и техника Казахстана.— 2002 — № 2 — С. 28-37.
3. Техническая термодинамика: Учеб. для вузов / В.А. Кириллин и др. — М.: Энергия, 1974.—448 е.: ил.
4. Рындин В. В. Новый метод введения энтропии // Учёные записки Павлодарской государственной университета. — 1998. — № 4. — С. 29-35.

УДК 378.147

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СИММЕТРИЯ БИОФОРМ

В.И. Лаврентьев, Н.И. Медведева

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

«Симметрия - бар идея, адам оның көмегімен ғасырлар бойы кемел мен сулулықты, тәртіп жасауға және түсіндіруге тырысты.» Герман Вейль.

«Симметрия - есть идея, с помощью которой человек веками пытался объяснить и создать порядок, красоту и совершенство.» Герман Вейль.

«The Symmetry - is idea, with which help the man by centuries tried to explain and to create the order, beauty and perfection. » Herman Veil.

Окружающий нас трехмерный мир огромен и разнообразен. Цвет, размер, форма - признаки, характеризующие предметы живой природы и неорганического мира. Форма - одна из его основных характеристик. Мир, окружающий нас, - это солнце, озеро, горы, ствол сосны, цветы и т.д. Древнейшая наука — геометрия - дала человечеству прототипы реального мира. Это - плоскость, цилиндр, круг, шар.

Структуры тел неорганического мира довольно просто поддаются визуальному анализу. Например, кристаллы веществ, снежинки и т.п. Геометрия форм живой природы более сложна и не видна сразу. Природные образования характеризуются упоря-

доченностью структуры и внешней формы, что следует из общей для всех биологических систем структурно-функциональной упорядоченности. Однако степень упорядоченности различных биоформ неодинакова. Биологические конструкции обеспечиваются общими свойствами, дающими необходимую прочность, гибкость, устойчивость, динамические свойства. Общие свойства биоформ появляются в виде их геометрических и алгоритмических констант. Геометрические образы, отшлифованные веками окружают нас всюду. Для анализа их форм учёными было создано такое направление естествознания как геометрия. Изучение плоских и пространствен-

ных тел - основа познания окружающей нас биосферы, в ее бесконечном многообразии.

Тесно связано с природными формами свойство симметрии геометрических тел. Понятие геометрической симметрии проходит через всю многовековую историю человеческого творчества. Принципы симметрии играют важную роль в химии и биологии, технике и архитектуре, живописи и скульптуре. Законы природы, управляющие картиной явлений, в свою очередь, подчиняются принципам симметрии.

Что такое симметрия? Почему симметрия пронизывает весь окружающий нас мир? Ответы на эти вопросы можно получить при помощи геометрических законов, например, рассматривая симметрию структур, положений, форм трехмерного мира.

Термин «симметрия» по гречески означает соразмерность, одинаковость в расположении частей одного целого. По трактовке Германа Вейля, определение симметрии следующее: симметричным называется такой объект, который можно как-то изменять, получая в результате тоже с чего начали. Таким образом представление о симметрии предполагает неизменность объекта по отношению к каким-то преобразованиям выполняемым над ним.

Симметрия природной формы того или иного объекта определяется целесообразностью, кроме того они красивы. Именно природа учила человека понимать формо-симметрию, а

затем пользоваться ей. Фактически с симметрией мы встречаемся везде, где наблюдается какая-либо упорядоченность, уравновешенность. Для описания симметрии конкретного объекта надо указать все поворотные оси и их порядок, а также все плоскости симметрии. Рассмотрим, например, геометрическое тело составленное из двух одинаковых правильных четырехугольных пирамид, представленных на рисунке 1. Оно имеет одну поворотную ось. На рисунке 2 представлено понятие поворотной симметрии кругового цилиндра. Он имеет бесконечное число поворотных осей 2-ого порядка и одну поворотную ось бесконечно высокого порядка. В природе наблюдается поворотная симметрия у растений и животных.

Ярко выраженной симметрией обладают листья, цветы, плоды. Поворотная симметрия здесь встречается разных порядков.

В зависимости от числа плоскостей симметрии просматривается соответствующий порядок, т. е. центрально организованная форма при повороте вокруг центра на угол 360° совмещается с первоначальной формой. Например, цветок ириса обладает симметрией третьего порядка.

Однако наиболее распространенной является поворотная симметрия пятого порядка. Циклическая симметрия пятого порядка наблюдается у многих цветов - шиповника, колокольчика, незабудки, гвоздики, зверобоя, и

др. Эта симметрия встречается у цветов многих плодовых деревьев, плодово-ягодных растений (земляника, ежевика, малина, калина и др.) Вообще наблюдается пристрастие растений к такой симметрии, которая, как известно, принципиально невозможна в периодических структурах.

На рисунке 3 представлена поворотная симметрия пятого порядка, которой обладает цветок зверобоя, яблоко в поперечном разрезе и т. д.

Часто поворотная симметрия в мире растений сочетается с зеркальной. На рисунке 4 показана зеркальная симметрия листа клёна, разрезанного по оси симметрии. На рисунках 5 и 5а представлена схема веточки акации, имеющей зеркальную и переносную симметрию. Веточка боярышника, показанная на рисунках 6 и 6а обладает, как видно по схеме, скользящей осью симметрии.

Поворотная симметрия пятого порядка также встречается в животном мире. Примером может служить морская звезда и морской еж. Однако в отличие от мира растений, поворотная симметрия в животном мире наблюдается редко.

Фактически мы встречаемся с ней при наблюдении только некоторых обитателей моря.

Таким образом, свойства геометрии, симметрии природных форм, подобие их отдельных частей, спиральность траекторий роста, билатеральная симметрия и др. свидетель-

ствует об упорядоченности геометрии природных форм. Это является опорной точкой при их геометрическом моделировании.

Практическую ценность представляют геометрические исследования биоформ, их аналитические описания для поиска рационального соотношения объема и площади поверхностей конструктивных форм, разработки моделей новых конструкций, усовершенствованию существующих аналогичных по способу образования природным.

Например на основе исследований геометрии поверхностей некоторых видов рыб и китообразных, чья форма отличается высокими гидродинамическими качествами, разрабатываются оптимальные формы в судостроении. В строительстве подобные формы могут быть применены при создании оболочек перекрытий к которым предъявляются повышенные требования.

Исследования структурно - геометрических особенностей стебельчатых растений эффективно функционирующих в условиях сейсмичности также применены при строительстве в сейсмоопасных районах.

Итак, при любом человеческом творчестве, в какой бы области оно не происходило, в научном познании мира и т. д. необходимо всегда использовать законы природной симметрии, учитывать ее свойства и влияние на наш трехмерный мир.

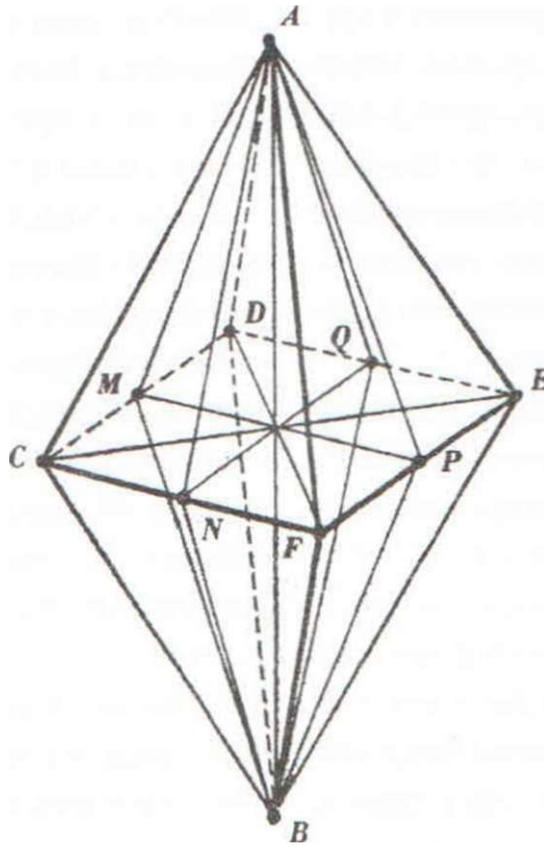


Рисунок 1

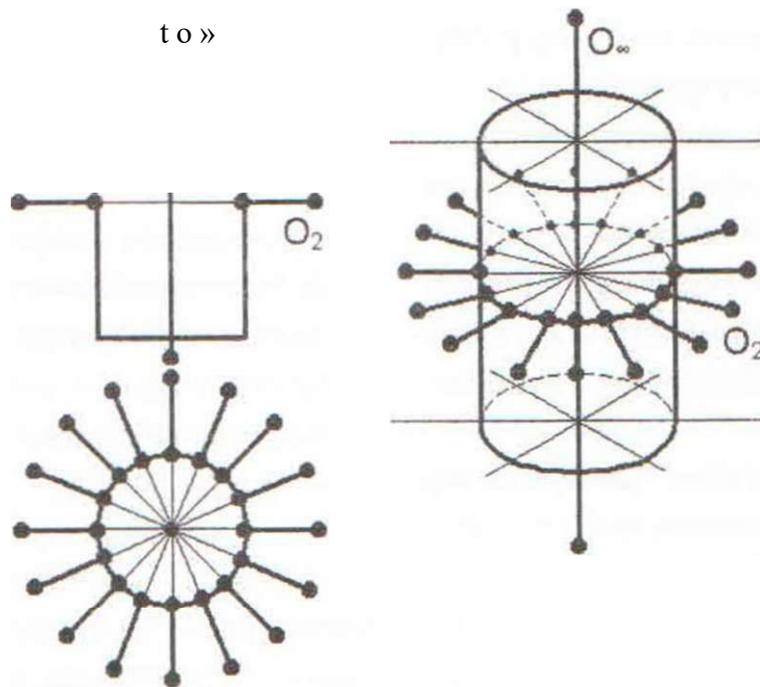


Рисунок 2

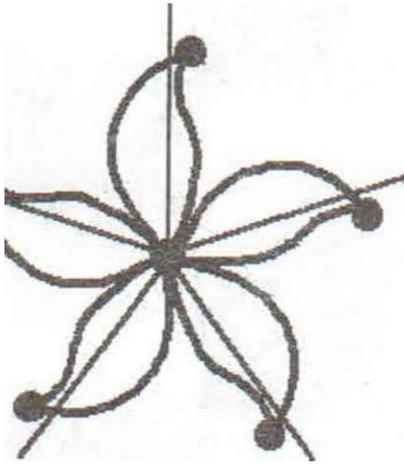


Рисунок 3

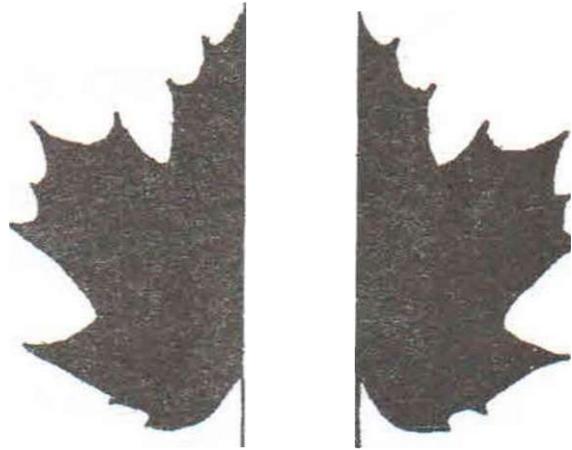


Рисунок 4

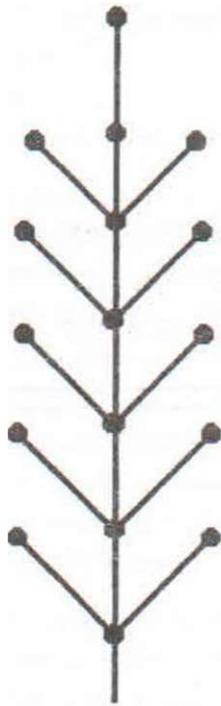


Рисунок 5

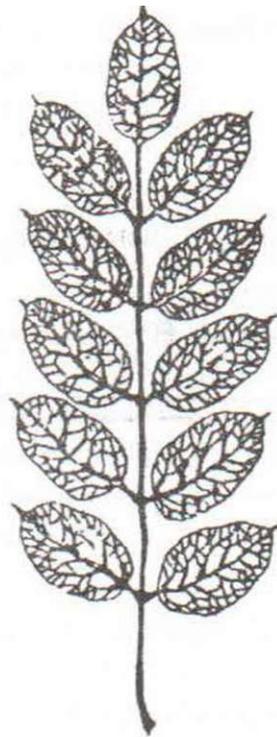


Рисунок 5а

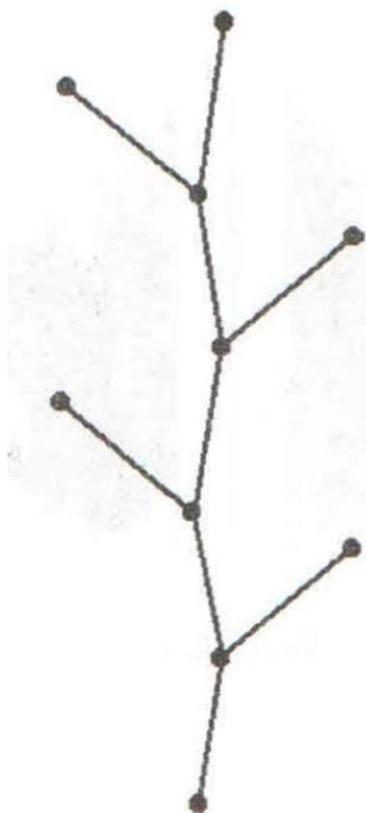


Рисунок 6

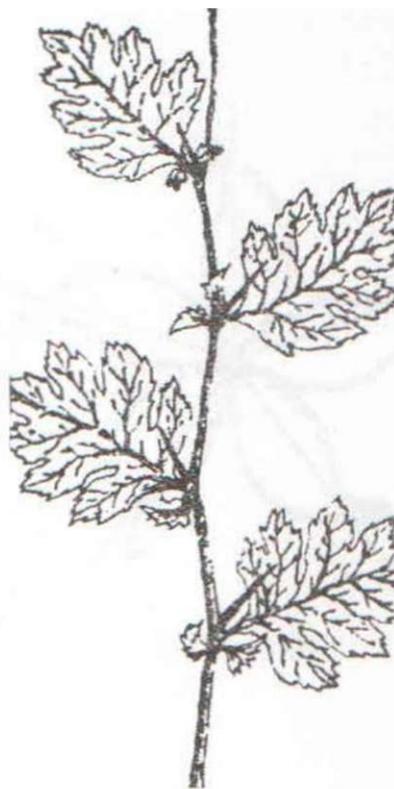


Рисунок 6а

ЛИТЕРАТУРА

1. Вейль Г. Симметрия. Наука, 1968
2. Григорьев В.И., Макишев Г.Я.
3. Гарднер М. «Этот правый левый мир» Пер. с англ. Мир, 1967


 УДК 008+53 (574)

КИІЗ ҮЙ - ФИЗИКАЛЫҚ ОБЪЕКТ

Ғ.Н. Иренов, Н.Т. Даулеткулова, А.Н. Исаділова

С. Торайғыров ашындағы Павлодар мемлекеттік университеті

Ұсынылып отырған жұмыста физикалық зерттеудің объектісі ретінде қазақ халқының ұлттық киіз үйі алынған. Бұл жұмыстың негізгі арқауы - ауа конвенциясы жарықтың шағылу құбылыстары, киіздің жағіе басқа заттардың жылу өтімділігі. шаңырақ - күмбезінің пішіні. Киіз үйдің физикасын зерттеудегі қажетті мағлұматтар көне көз қариялардың оңгімелерінен және этнографиялық әдеби деректерден сұрыпталып жинақталған. Осыларды негізге ала отырып, физика тұрғысынан түсіндірме берілген Жұмыстың қорытынды нәтижесімынадай ой-тұжырымға алып келді: еасырлар бойы жиналған асыл мұраларымызды көзіміздей сақтап, ата-бабамыздан қалған байлығымызды жоғалтып алмай, оны ғылыми турғыдан дәлелдей отырып, мәдениетімізді басқа халық өкілдеріне таныту. Бұл ғылыми жұмыс сәулет өнері және физика саласына қызығушылығы бар адамдарға ұсынылады.

, -ял!

а

В данной работе объектом физических исследований является юрта. Работа опирается на конвекцию воздуха, отражение солнечных лучей, теплопроводность войлока и других материалов, находящихся в употреблении казахского народа. Для физических исследований юрты материалы брались из этнографических издания и по рассказам пожилых людей, бывших кочевников. Опираясь на эти данные и учебники по физике, мы проводили исследования. Оставленное нам нашими предками предание - юрта - не должна забываться, а наоборот исследоваться в научных целях, чтобы в нынешнее время пользоваться ею и знакомить драгоценное наследие с другими странами.

In the following work the object of physical research is a traditional national kazakh yurta. Here we can observe such a phenomenon as air protection convention, Light reflection, felt heat conductivity and others materials, date-shaped shanyrak is also mentioned. Investigating physics of shanyrak our information is based on old menys stories and ethnographical literature afterwords we gave physical explanation to this or that phenomenon. In the result of my work I've come to conclusion that having such rich heritage we can't lose it. on the contrary, we should introduce other people with our rich culture and give them scientific ground. The following -work is intended for students are interested in physics and architecture.

Соңғы жылдары отандық мәдениетіміздің көне заманынан бері қалыптасқан құнды жүйелері, рухани байлықтары, оркениет үлгілері ғылыми тұрғыдан жан-жақты қарастырылуда.

Қазақ халқының дәстүрлі тарихы мен әдебиеті, мәдениеті мен менталитет! тәжірибе - тағылымдарға, көсемдік мұраларға толы.

Қазақтың материалдық және рухани байлықтарының бірі - киіз үй. Оның пайда болуын тек қана тұрмыстық қажеттілік деп қарауға болмайды.

Киіз үй - біріншіден, көшпенділіктің белгісі, екіншіден, бейнелі сана сезімі, ал ғылыми тұрғыдан қарасақ - жеке микрожүйе, микродүние және микроәлем.

Бүкіл әлемге әйгілі, атақты шығыстанушы, тарихшы Л.Н. Гумилев киіз үй туралы былай деп жазған: «Еуропа және Орта Азия халықтары сәулеті адам баласын сүйсіндіретін, таңдана тын және таңқалдыратын калалар мен шаһарларды салған. Түріктер үйді салмады, себебі салқын климат жан-жақтағы құрғақ ормандардың баршасы біткен соң, осы үйлерді қалдыруға мәжбүр еткізді. Бірақ та, тас лашығы немесе балшық үйі жылы, кең, бір орыннан басқа орынға жеңіл апарылатын киіз үймен салыстырғанда тұрақ жайдың ең жоғары түрі болатынын әлі ешкім дәлелдеген емес. Өмірі табиғатпен өте тығыз байланысты көшпенді халық осындай үйде тұруға мәжбүр болған».

Тұрмыс қалпына, рельефке, кли-

маттық жағдайларға байланысты шығатын осы қажеттілік көптеген ұзақ ғасырлар бойы көшпенділердің тұрмыс салтын қалыптастырған. Және өзге отырықшы, егіншілік халықтарға Қарағанда көшпенді халықтардың экономикалық жағдайы тиімді жай-күйде болған. Көшпелі халықтың экономикалық және материалдық орнықтылығы дала халықтарының ерекше, оларға ғана тән рухани мәдениетін қалыптастырған. Барша көшпелі әлемнің, оның тұрмысының, көзқарасының, әдебиетінің ұйытқысы көшпенділердің өмірлеріндегі ең маңыздысын шағылдыратын ғасырлар бойы берік қалыптасып, сана сезімде мәңгілікке бекітілгендерін ғана көрсететін киіз үй.

Мал баққан көшпелі халықтардың қысы-жазы отыратын баспанасы киіз үй болған. Ол тез жағып, түйеге артып жүре беруге, шапшаң тігуге ыңғайлы, көшін-қонуга лайықтап жасалған. Киіз үй біздің заманымыздың жетінші ғасырында кеңінен пайдаланып, киіз басу белгілі бір еңбек кәсібіне айналған. Оған Алтай, Сібір, Қырым таулы-тастарындағы сурет таңбалар айғақ бола алады. Ұзақ жыл тәжірибе негізінде халық киіз үйдің ұйтқып соққан желге жығылмайтынына, носерлеп күйған жаңбырды өткізбейтініне көзі жетіп, оны баспана етуді әдетке айналдырған.

Киіз үйдің көшіп-қонудың ыңғайлылығымен бірге жазда ауасы таза, салқын болады. Қос қабаттап киіз жапқан қазақ үйінде ертеде ата-баба-

ларымыз кыстап та шыққан.

Киіз үйдің осы және басқа таң калдыратын ерекшеліктерін біле отырып, біз оның қасиеттеріш және ерекшеліктеріне ғылыми дәлелдеме беруге тырыстық.

Мақаланы жазу барысында көптеген тарихи және этнографиялық, физикалық ғылыми әдебиеттерімен *танысып, киіз үйді жасау технологияларын* қарастырып, оның физикалық зерттеулердің де бір объектісі бола алатындығына көңіл аудардық.

Киіз үйдің өзіндік сипаттамасы мен ерекшеліктері бар. Басқа көшпенді халықтардың үтіген конструкция жағынан көп алда, әрі кең, әрі биік. Киіз үйді халқымыз көптеген ғасырлар бойы пайдалана отырып, тұрмыста оның қолдануын жеңілдетіп, жетілдірген Ғасырлар бойы киіз үйдің конфигурациясы өзгеріп, біздің заманымызға осы түрде келді. Киіз үйді тұрмыста қолдану жәж оның кұраушы бөліктерін жетілдіру барысында, халық нақты физикалық заңдарды білмей, өзінің сезіміне және тәжірибесіге сүйеніп отырды. Бұл оркениет туындының нақты авторы жоқ, оның авторы-халық, осындай әмбебап, тұрмысқа лайықты үйді жасап, оны өзінің тұрмысына, өміріне қызмет еткізді. Міне, осыған таң калып, киіз үйдің физикасын, оның канқасын жасау физикасын, қолдану физикасын айтпасқа болмайды.

Киіз үйдің қасиеттерін физикалық заңдар жәш заңдылықтар арқылы қарастырған да жөн, яғни киіз үйді

физикалық тұрғыдан зерттеп, кездесетін кұбылыстарға физика ғылымы арқылы түсіндірме бермекпіз.

Әринг, киіз үйді қазақ халқының ұлты ғана емес, онымен коса Азияның көптеген тұрғындары біледі. Қазақтың киіз үйі сыртқы жабысына қарай:

«Үзікті», «көтерме туырлықты», сүйегінің (ағашының) уақ-ірілігіне қарай: 4 канат, 6 канат, 8 канат, 18 канат, ал салтанатына қарай: «ак орда», «ак отау», «алтын орда», «хан орда» **жәье** «караша үй», «кара лашық», «абылайша», «ұран кш», «жалым үй» сияқты түрге бөлінеді. Оның сүйегі, яғни қаңқасы «казак» және «калмақ» үлгісімен екі түрде жасалынады. [6]

Киіз үйдің сүйегі дегеніміз - кереге, сықырлауық, уық, шаңырақ.

Алдымен тал және кайын ағаштарды үй сүйегін жасауға қолданатын себептерін қарастырайық. Ағаштар өз пішіні мш көлемін сактайтын қасиетіве байланысты, оларды катты девелерге жатқызамыз. Бірақ катгы дегелердің пішіндерін өзгерте болады. Осындай процесті физикада деформация деп атайды. Дененің деформациясы оған түсірілген күшгерден және материалдың тегінен байланысты. Егер ағаштардың ерекшеліктерін қарастырсақ (кесте 4 және 5), тал мен кайыңның киіз үйдің сүйегін жасауға алынған себепін ұтамыз. Бұл ағаштардың қаттылық саны басқа ағаштардың қаттылық санына Караганда томен болады жәнг осы ағаштар түрлері біздің даламызда кең тараған. Материалдың қаттылығы де-

геніміз - шарггы ұғым. Қаттылықты анықтайтын нақты бір тәсіл жоқ. Де-

ненің қаттылығын басқа денеге катысты ғана бағалауға болады.

Ағаш түрі	Қаттылық саны нв
Қайын кк	4,1
Қайыы кк	3,1
Емен кк	6,2
Емен кк	4,9
Шырша кк	2,2
Шырша кк	1,8
Темірағаш кк	9,0
Қарағай кк	2,5
Қарағай кк	2,3
Тал кк	2,0
Тал кк	1,7

Киіз үйді жасауда құраушы бөліктеріне арнайы пішін беру мақсатымен дайындалған ағашты үлгіге (морға, тезге) салады. Мұнда міндетті түрде түсірілген механикалық кернеу мен әрбір заттың Юнг модулін ескеру керек. Механикалық

кернеу деп деформацияланған дененің колденең кимасының ауданына эсер ететін ішкі күштердің шамасын айтады. Юнг модулі деп үлгінің ұзындығы екі есе өскенде материалдағы пайда болатын калыпты кернеуді айтады.

АҒАШТЫҢ СЕРПІНДІЛІК МОДУЛІ ЖӘНЕ БЕРІКТІК ШЕГІДЕГЕНІМІЗ

Ол ағаиғгың кейбір түрлеріне (ағаш ылғалдылығы 15%) серпінділік модулі Е орташа мәндері және (талшықтар бойымен) ұлғаю және сығылу беріктік шегі.

Оған дәлел төмендегі көрсеткіштер:

Ағаш түрі	Е, гпа (кгс/мм ²)		стбер. гпа (кгс/мм ²)	
	Ұлғаюда	Сығылуда	Ұлғаюда	Сығышуда
Қайың	18,1 (1810)	15,8 (1580)	161,0 (16100)	46,5 (4650)
Емен	14,1 (1400)	14,0 (1400)	113,50 (11350)	51,0 (5100)
Шырша	14,3 (1430)	14,2 (1420)	100,5 (10050)	39,0 (3900)
Қандыағаш	11,9 (1190)	12,8 (1280)	96,5 (9650)	38,5 (3850)
Брғай	15,4 (1540)	12,6 (1260)	120,0 (12000)	37,5 (3750)
Қарағай	11,7 (1170)	11,7 (1170)	101,0 (10100)	41,5 (4150)
Тал	12,2 (1220)	13,7 (1370)	87,0 (8700)	34,5 (3450)
Шетен	14,0 (1400)	15,0 (1500)	139,0 (13900)	50,0 (5000)

ЕНДІ ЭР ТҮРЛІ АҒАШТАРДЫҢ ҚАТТЫЛЫҒЫНА ТОҚТАЛАЛЫҚ

Қаттылық - түсірілген қысымға материалдың кедергілік қасиеті. Әртүрлі тәсілдермен анықталып, НВ қаттылық санмен есептеледі. Ағаштардың ылғалдылығы 15% болған жағдайда қаттылық сан Бринелль әдісі бойынша анықталып, 20°С қатысты қаттылық физикалық тұрақтыларға жатпайды, бұл материалдың құрамымен құрылымына, оның термиялық және механикалық өңделуіне және температураға тәуелді күрделі қасиетке жатады. Сондықтан кесте келтірілген қаттылық сандардың мәндерін жуық шамамен алынған деп есептелінді. Бринелль әдісі бойынша үлгіге, диаметрі 10 миллиметр болат шарик 30 килоН жүк әсерінен қысым түсіреді, жүктеменін әсер ету уақыты 30 секунд. Қаттылық саны жүктеменің шарикте қалған орны беттік ауданына қатынасымен анықталады. Талшықтарға қатысты көлденгі және бойлық ағаштық қаттылығы бірдей емес.

Киіз үйдің сүйегі арнайы өңделген «үй ағаштан» жасалады. Соның бірі кереге-киіз үйдің шеңбер қабырғасын күрайды. Кереге жасау үшін шыбық талды кептіріп, оны қоламтаға (морға) тәсеп, балкытып, арнаулы үлгімен нырақта қатырады. Үлгіге келген талды жонып, жұмырлап, жылғалап, жосамен бояйды. Көк өткізген жерін дақтап алып үскілейді де, түйенін мшын терісіген жасаған таспамен көктейді. Жосаланған Іүй ағаш-

ты дақтау кезінде керегені желкөз (көзі кең) немесе тор коз (козі тар) жасау жағы ескеріледі. Кең козді кереге («желкоз») түйегетеңдеуге жеңіл болғанмен, желге тозімсіз болады, ал тар козді («таркоз») тиеуге ауыр болғанмен, желге берік боп келеді. Керегенің аяғы, басы, сағанағы (екінші қанатпен жалғанатын жері немесе босақамен байланысатын жері) болады.

Торт қырлы ұшын «каламы» деп атайды. Қалам шанырақ тесіктеріне енгізіледі.

Киіз үйдің басты сүйегінің бірі - шаңырақ. Оның өзіндік физикалық технологиясы бар.

Шаңырақ - киіз үй сүйегінің іегізгі бір бөлігі. Ол шеңбер мен қайқылау иіп, айқастыра жасалған 8 күлдіреуіштен тұрады. Шаңырақ киіз үйдің шамасына қарай, көп қанатты үйлерде көлемді, торт, алты қанаты үйлерде шағын болып келеді, 6 қанатты үйде шаңырағының диаметрі (135-140) сантиметр аумасында озара бекітілген тен екі жарты шеңберден тирады. [8] Киіз үйдің сүйегі (кереге, уык, есік, т.о.) талдан жасалатын болса, шаңырақ жасауға, әдетте, тек қайың ағашы ғана пайдаланылады. Шаңырақ киіз үйдің еңсесін күрайды. Сүйегін озара байланыстырып тәуірлатындықтан, онын шеңберінің қалыңдығы 10 сантиметр жәнг одан да қалың болып келуі шарт. Ені осындай тал ағашының табиғатта сирек кездесетіні белгілі.

Халық кайың ағашын бойына шырыш - сөлі толық жиналған жаз айының ортасында кесіп алуға тырысқан. Кереге мен уықты жасайтын ағаш қабығынан аршылып, күннің көзіне әбден кептіріліп алынатын болса, шаңырақ жасайтын қайың ағашының қабығын аршып, көленкеде кептіреді де, козга көміп, жұмсартады. Бұдан соң оны жонып, тезге салып, иіп, қажетті шеңбер пішініне келтіреді. Шаңырақтың шеңберлі жиегіне айнала уық өткізуге арналған көз жасалынып, күлдіреуіштердің дөңес жағы үстіне қаратыла шеңберге бекітіледі. Шаңырақ - киіз үйдің күмбезді төбесін құрайтын ең жоғарғы бөлшегі. Қазақ үл - қызына бата бергенде «Шаңырағы биік болсын» деуі осыдан шыққан. Оны көбінесе тораңғыдан, сом кайыңнан иіп қиюластырады, қоспаларын жылтырауық металмен күрсаулайды. Шаңырақтың дөңгелек шеңберін тоғын дейді. Шаңырақ тоғынының үстінен түндікті көтеріп тұру үшін және киіз үйдің төбесіне жауын - шашын іркілмеуі үшін 45° шамасында айкастыра бекітілген ағаштарды күлдіреуіш деп атайды. Күлдіреуіш арқылы үйге жарық кіреді, түтін шығады.

Уық - шаңырақпен керегені байланыстыратын бөлшек. Уық та керегеге үксас әдіспен даярланады. Уықтың керегеге жақын бүгілісін «иіні», ал шаңыраққа байланысар бөлігі «қары» дейді. Төрт қырлы ұшын «қаламы» деп атайды. Қалам шаңырақ тесіктеріне енгізіледі. [8]

Сықырлауық (жарма есік) кереге шеңберін тұйықтап, киіз үйге кіріп - шығатын есік қызметін атқарады. Ол табалдырық пен маңлайшадан. қос босағадан және жарма беттен құралады. Қос босаға мен маңдайша ауқымды келетін ұласымды өрнектермен оймышталып, есік беті нәзік өрнекті, бедерлі сүйекпен немесе металмен қапталады.

Киіз үйдің сыртқы обзелдері күн сәулесін және тамшы өткізбеу, жылу сақтау қызметтерін атқарады. Оларды пісірілген ақ шаңқан кигізден пішіп, ою-өрнектермен безендіріледі. Туырлық-керегенін іргесінен уықтың ортасына дейінгі жерде, үзік - кереге басынан шаңырақ шеңберіне дейінгі аралықты, түндік - шаңырақты, киіз есік - сықырлауықты жауып тұрады. Киіз есіктің сырты киіз, ортасы ши, астары жармақ теріден жасайды. Шиыршықтап тұрығы қоюға ыңғайлы. Алуан түрге боялған қой жүнін орлау арқылы тоқылған шиді шым ши деп атайды. Ши кейде туырлықтың сыртынан да үсталады.

Енді көңіл аударатын мәселенің бірі - конвекция күбылысы. Ол - жылу берілудің бір түрі, ал латын тілінен тасымалдау деп аударылады.

Конвекцияда энергия газдың (ауаның) ағыны арқылы тасымалданады. Ыстық плитаға шмесе шамға тиіп тұрған ауа қызады да, ұлғаяды. Ұлғайған ауаның тығыздығы суық ауаның тығыздығынан кем болады, сондықтан жылы ауа қабаты суық ауаның ішімен өрлей жоғары көтеріледі. [1]

ҚҰРҒАҚ АУАНЫҢ ҚАЛЫПТЫ ҚЫСЫМДЫҒЫ ӘР ТҮРЛІ ТЕМПЕРАТУРАДАҒЫ ТЫҒЫЗДЫҒЫМЕН БАЙЛАНЫСТЫ

T, K	ρ, кг/м⁵
250	1,769
273,15	1,293
300	1,177

Өйткені жылы ауаға суық ауа тарапынан томенген жоғары қарай эсер ететін Архимед күші жылы ауаға эсер ететін төмен қарай бағытталған ауырлық күшінен өте жақсы жылу оқшаулағыш болып табылады. Сонан кейін суық ауаның келесі қабаты қызады да, жоғары қарай көтеріле бастайды. Конвекция құбылысы өзіміз тұратын бөлмелерде де болып жатады. Жоғарыда айтылғандай жылы және суық ауа ағындарының өзара тасымалдануы киіз үйдің ішінде де болады. Сондықтан ыстық күндері киіздің төменгі жақтарын көтеріп қояды. Себебі ашылған жерінен салқындау ауа ағыны кіріп тұрады, ал жылынған ауа түндігі қайырылған шаңырақ арқылы сыртқа шығады. Конвекцияның осындай түрін табиғи конвекция деп атайды.

Таза ауасыз отынның жануы мүмкін емес екенін білеміз. Егер оттыққа, ошаққа ауа келіп тұрмаса, от сөніп қалады. Мұнда ауаның табиғи ағыны - түтін тартуы пайдаланылады. Түтін тартуды күшейту үшін оттықтың үстіне мұржа орнатады, ал киіз үйде шаңырақтың түндігін ашады немесе қайырып қояды. Отын жанғанда оның үстіндегі ауа қызады. Бұрын айтқан-

дай, ауаның тығыздығы кемиді. Демек, ошақтағы және ошак үстіндегі ауаның қысымы сыртқы ауаның қысымынан аз болады. Қысымдардың айырмашылығының салдарынан суық ауа ошаққа кіреді, ал жылы ауа жоғары көтеріледі де тартылу құбылысы пайда болады да, түтін шаңырақ арқылы далаға шығады.

Шаңырақтың күмбездігінің де өзіндік сыры бар. Шаңырақтың күлдіреуштерін 45° шамасындай айқастыра бекітетінің де физикалық түсіндірмесі бар. Біріншіден, күн сәулелері бір қалыпты, ұзақ уақыт киіз үйге жарық көзі ретінде қызмет атқарады, екіншіден, жаңбырдың тамшылары пісірілген киізге сіңбей, шаңырақтан домалап кетеді. Егер күлдіреуіштер 30°-35°-тай бекітілсе, ондатамшылардың түндіктен домалап кетуі баяу болады, сондықтан тамшылар киіздің ішіне сіңіп кетуі мүмкін. Ал егер күлдіреуіштерді 40°-тан үлкен істеп орнатсақ, онда шаңырақтың ішкі шеңберінің диаметрі аз болады да, күн сәулелері үйдің ішіне нашар кіреді.

Жарықтың шағылу қасиеті де физикамен байланысты. Неге сықырлауықты, шаңырақты металмен қап-

тайды? Ал киіз үйдін сыртқы эбзелдері ақ киізбен безендірілген?

Табиғи жарық көзінің бірі - Күн. Адамның көзіне көрінетін күн мен сәуле шығару құбылысын жарық құбылысы деп атайды. Күн сәулесі ақ түсті заттардан шағылады, ал кара түсті заттар жарықты жұтады. Сондықтан, киізді ақ түспен бояғанда, киіз үйдегі ауа жылынбасын деген максат көзделді. Қапталған металдың да қызметі дәл осындай. [5], [9]

Жылу окшаулағыштар да физикалық роль аткарады. Оған киіз, түбіт, жүн, тері, кілемдер, ши, шым ши кіреді. Жылу окшаулағыштар - суықты нгмесе жылуды нашар өткізетін заттар. Киіз - өте жұмсақ, бастырылған жүн. Жүнніңталшықтарының арасында ауа болады. Шидің немесе шым шидің іші қуыс болатындықтан, яғни оның ішіпде ауа орналасқандықтан, ол да өте жақсы жылу окшаулағыш болып табылады. [4], [7]

ҚАЛЫПТЫ АТМОСФЕРАЛЫҚ ҚЫСЫМДА АУАНЫҢ ЖЫЛУ ӨТГМДІЛІГІН (ӘР ТҮРЛІ ТЕМПЕРАТУРАДА) ДӘЛЕЛДЕЙ КӨРЕЛІК:

Т, °С	Вт (м*к)
-50	0,0204
-30	0,0220
-20	0,0228
-10	0,0236
0	0,0244
10	0,0251
20	0,0259
30	0,0267
50	0,0283

Сондықтақ кшз үйдің ішінде жазда салқын болып, қыста жылы болтан. [4]

АЛ ӘР ТҮРЛІ ҚАТТЫ ДЕНЕЛЕРДІ ЖЫЛУ ӨТІМДІЛІГІНІҢ $t=20^{\circ}\text{C}$ ТЕМПЕРАТУРАДАҒЫ (ЕГЕР БАСҚА ТЕМПЕРАТУРА КӨРСЕТІЛМЕСЕ) МӘНДЕРІТӨМЕНДЕГІДЕЙ:

Зат	Вт/(м*к)
Мақта	0,042
Қағаз киізі ($t=20^{\circ}\text{C}$)	0,057
Жүн киізі	0,062

кестенің жалғасы

Құрғақ ағаш (талшықтарға көлденең)	
Емен	0,20-0,21
Қарағай	0,14-0,16
Дымқыл жер	0,67
Құрғақ жер	0,14
Қызыл кірпіш	0,77
Кірпіш қабырғасы	0,67-0,87
Қойдың жүні (t=0°)	0,038
Жүн мата	0,052
Құрғақ ағаш (талшықтарға бойымен)	
Емен	0,35
Қарағай	0,35-0,37

Осы мақсатпен жерге әдетте алдымен ши немесе қамыс төсейді, одан кейін ғана киізден бастырылған қазақ және қырғыз ұлттарына тән жиһазды - сырмақты төсейді. [5], [9]

Сөйтіп, киіз үйдің жгізіжн шаңырағына дейінгі әрбір құраушы ұсақ бөлігі тұрмыстық қызметімен бірге, өзге де сан алуан физикалық функцияларды атқарады. Және де киіз үйдің барлық элементтері өзара қатысты катал геометриялық, табиғаттық, рухани тәуелділікте тұрады.

Корыта келгенде, соңғы VII-VIII ғасыр бойына киіз үйге жөнді өзгеріс енгізілмей, малшылар үшін ең қолайлы баспана болып қалды. Ол ауа райы түрлі жағдайында да пайдалануға өте ыңғайлы - ішінв жарық жақсы түседі,

ауа алмасуы талапқа сай, жел - дауылға коп шайқалмайды, берік, тобесі жадағай емес, күмбез болыгі келгендіктен жаңбыр өтпейді, жинап - тігу оңай.

Сонымен біз киіз үйге байланысты тек кана кейбір физикалық құбылыстарды қарастырдық. Киіз үйдегі құбылыстарға ғылыми түсіндірме беру арқылы қазақ халқының даналығы корінеді. Киіз үй біздің, яғни Қазақстанның жерінде, өмір сүруге қазір де әмбебап, жеңіл, динамикалық тұрғын үй болып табылады. Осымен коса, ауасы үнемі тазарып, жаңарып тұратын, күн сәулелерінен қорғап тұратын киіз үй экологиялық тарапынан караған да таза болып табылады.

ПАЙДАЛАНЫЛМАҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1. С.К. Алиева. Словарь иностранных слов для школьников. Москва, ГИИТ, 1998.
2. А.С. Анатольева. Жизнь монголов. Журнал ГЕО. 2001, № 10 - с. 136.
3. С. Бакытұлы. Киіз үй. Сарыарка самалы. 2000, 22 тамыз.
4. А.С. Енохович. Справочник по физике по физике - Москва: Просвещение. 1978, с. 48, 91-93, 144.
5. Л.С. Жданов, В.А. Маранджян. Курс по физике - Москва: Наука, 1998.
6. Казахи. Историко-этнографическое исследование - Алматы: Казахстан, 1995. С. 95-100, 111-121.
7. О.К. Костко. Справочник по физике для школьников - Москва: ГИИТ, 1998.
8. Р.Н. Нұрғалиев және т.б. Шанырақ энциклопедиясы. Алматы, Қазақ Совет, 1989.
9. И.В. Савельев. Курс физики - Москва: Наука. 1989, т. 1.
10. А.И. Сейдинбек. Мир казахов - Алматы: Рауан, 1993.
11. У. Джанибеков. Эхо. - Алматы, 1991 - с. 212-221.
12. М. Муканов. Казахская юрта. - Алматы, 1981 - с. 48.
13. Ж. Артыкбаев. Казахское общество: традиции и инновации. - Караганда, 1993. с. 165-168.
14. В. Родилов. Ис Сибири. - Москва, 1989, с. 749.

УДК 547.94

НОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА 2-ЗАМЕЩЕННЫХ- 1,3-ОКСАЗОЛИДИНОВ

Д.П. Хрусталёв, С.Д. Фазылов, А.М. Газалиев
ЗАО «ИОСУРК», лаборатория СБАВ

Мақалада 2-ауыстырылған -1,3-оксазолиндердің жаңа әдісі қарастырылды

В статье рассматривается новый метод синтеза 2-замещенных-1,3-оксазолидинов

The article have described of a new method of synthesis of 2-Substituted-1,3-oxazo/idines

Современные тенденции по созданию практически значимых веществ указывают на перспективность работ по синтезу азотсодержащих гетероциклов, в частности 2-замещенных-1,3-оксазолидинов. Это объясняется как высокой биологической активностью [1], так и уникальными физико-химическими свойствами представителей этого ряда соединений. Так, английская компания (филиалы в 15 странах мира) Industrial Copolymers Limited специализируется на производстве замещенных 1,3-оксазолидинов используя их в производстве композиционных материалов с заданными механическими свойствами, антикоррозийных покрытий, реагентов для цветной фотографии, для

производства всех видов покрытий (напольные, настенные, упаковочные и т.д.) с широчайшим набором необходимых свойств. Также они используются для производства химически, термически, механически стойких полимеров и клеев [2].

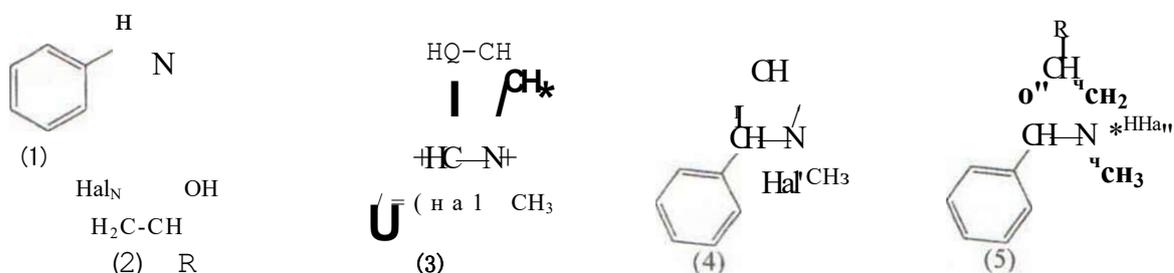
Значительный интерес 1,3-оксазолидины представляют как исходные вещества (или полупродукты) в тонком органическом синтезе. Известно, что во многих случаях реакция конденсации альдегида и хирального аминоспирта протекает стереоселективно с образованием только одного стереоизомера. Раскрытие оксазолидинового цикла магнийорганическими реагентами протекает с обращением конфигурации C2 атома, что является основой методики

стереоселективного синтеза соответствующих спиртов [3]. Отмечено, что 2-замещенные-5-фенил-3,4-диметил-1,3-оксазолидины являются единственным известным синтоном для синтеза большинства ацетиленсодержащих производных эфедриновых алкалоидов [4]. Образование 1,3-оксазолидинового цикла используется как средство защиты карбонильной группы, что применяется для синтеза труднодоступных альдегидов [5].

Из небольшого числа методов синтеза 2-замещенных-1,3-оксазолидинов наиболее изученной является реакция конденсации аминспирта с альдегидом (кетонем): она протекает с высокими выходами (от 65-99%), условия проведения, методика выделения продукта, а также ограничения метода (основным из которых является доступность исходных веществ) описаны для большого числа примеров, что позволяет считать этот процесс стандартным способом синтеза 2-

замещенных-1,3-оксазолидинов [3,5,6]. Прочие методы, описанные в литературе взрывоопасны, основаны на применении труднодоступных реагентов, протекают с низкими выходами желаемых продуктов, требуют сложного аппаратного оформления [7,8]. В этом свете актуальным является разработка новых, более эффективных методов синтеза 2-замещенных-1,3-оксазолидинов на принципиально иной ресурсной базе.

Нами установлено, что нагревание в течение 12 часов, предварительно высушенных и свежеперегранных бензальметиламина (1) и фенилбромгидрина (2а), взятых в эквимольном соотношении, в отсутствие растворителей, в сосуде изолированном от влаги воздуха приводило к образованию белого кристаллического вещества гидролиз которого приводил к образованию 2,5-дифенил-3-метил-1,3-оксазолидину, что позволяет предположить следующий механизм протекания реакции.



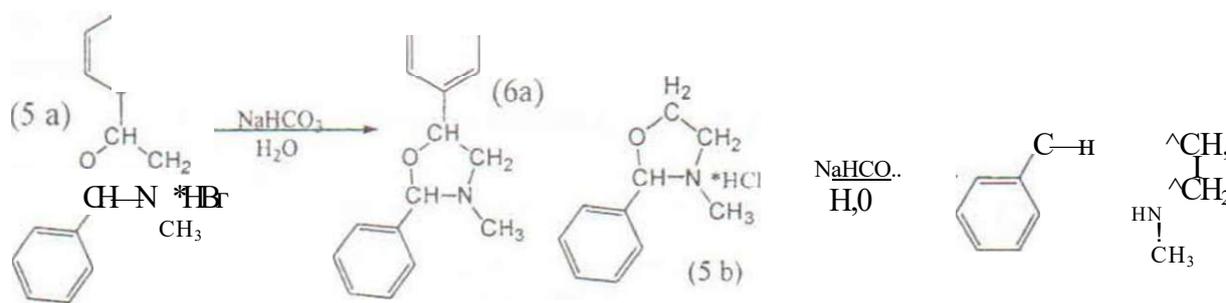
Вероятно, что после алкилирования атома азота, положительный заряд, расположенный на нем делакализуется образуя соответствующий

иммониевый ион (3), стабилизированный электроноакцепторной фенильной группой. Далее электронная пара атома кислорода атаку-

ет электродефицитный атом углерода с образованием циклического переходного состояния (3,4). Третья стадия механизма может быть представлена либо как синхронное элиминирование бромоводорода с последующим его связыванием соответствующим 1,3-оксазолидином с образованием продукта (5) или последовательный вариант течения реакции: отщепление аниона брома с образованием иона оксония с последу-

ющим отщеплением протона.

Взаимодействие образовавшейся соли с избытком насыщенного раствора бикарбоната натрия, в зависимости от строения протекало по двум направлениям: в случае производного фенилэтиленбромгидрина (5а) - образовывался 2,5-дифенил-3-метил-1,3-оксазолидин (6а); производное этиленхлоргидрина (5б) гидролизовалось с образованием бензальдегида и N-метилэтанолamina.



Образовавшийся бензальдегид и N-метилэтанолamin были экстрагированы бензолом, высушены сульфатом натрия и введены в реакцию конденсации. Выход 2-фенил-3-метил-1,3-оксазолидина составил (6б) 65%.

Устойчивость бромоводородной соли 2,5-дифенил-3-метил-1,3-оксазолидина по сравнению с гидрохлоридом 2-фенил-3-метил-1,3-оксазолидином мы объясняем разницей в липофильности (гидрофобности) указанных соединений. Необходимо заметить, что 2,5-дифенил-3-метил-1,3-оксазолидин, как и все представители этого класса со-

единений гидролизуются, но скорость этого процесса позволяет нам выделить вещество без заметных потерь продукта, в то время как его гомолог в этих условиях полностью гидролизуются.

Используя пакеты программ Molgen (1996 г.) и ChemOffice 6.0 нами были проведены расчеты показателей липофильности (представляющий собой десятичный логарифм константы распределения октанол/вода и являющийся одним из показателей водорастворимости исследуемых молекул) для соединений (6 а,б), которые приведены в таблице.

Таблица

Значения липофильности соединений (6 а,б)

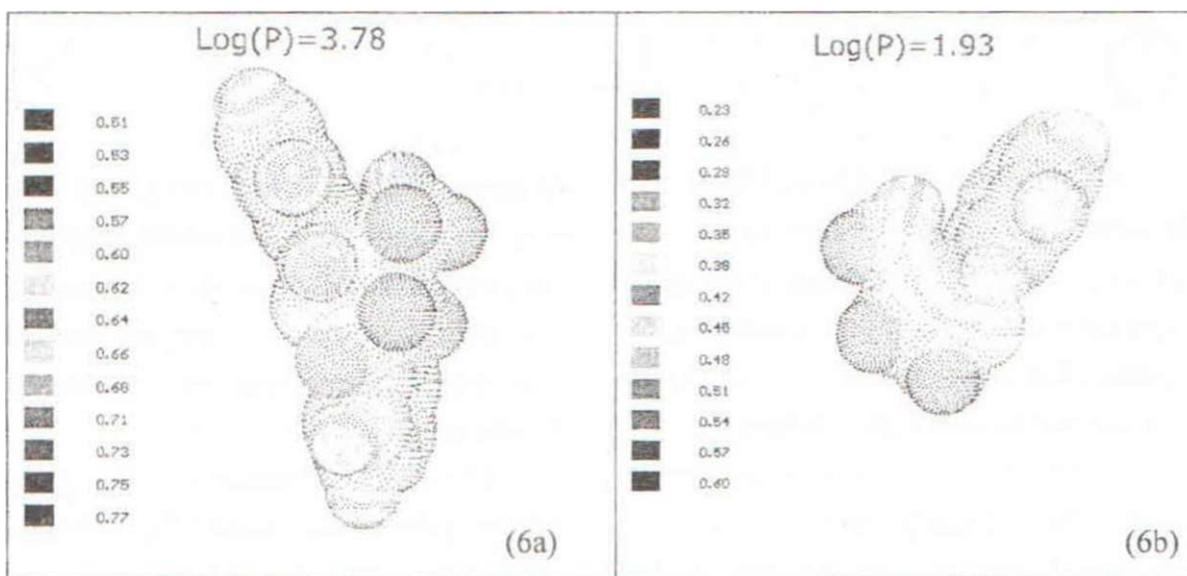
Пакет	lg(P) 6(b)	lg(P) 6(a)
"Molgen"	1.93	3.78
"ChemOffice 6.0"	1.96	3.52

Как видно из таблицы водорастворимость соединения (6б) ориентировочно на 2 порядка выше чем у соединения (6а).

Также были построены диаграммы распределения потенциала липофильности для молекул (6а) и (6б). Предварительный поиск оптимальной геометрии молекул проводился в оболочке программы Molgen, методом MM2.

Диаграмма.

Распределение потенциала липофильности



Безусловно, 1,3-оксазолидиновый цикл соединения (6а) благодаря наличию второй фенильной группы экранирован значительно сильнее от атак молекул воды чем (6б), чем и можно объяснить его повышенную устойчивость, но при рассмотрении пространственного строения соединения (6 а) видно, что реакционный центр 1,3-ок-

сазол иди нового цикла открыт для атаки с тыла.

Как было замечено в ходе эксперимента, 2,5-дифенил-3-метил-1,3-оксазолидин в процессе нейтрализации соли (5а) образуется в виде белого твердого вещества на поверхности раствора. Образование гетерофазы также происходило при образовании ди-

оксазолидина конденсацией глиоксаля и d-псевдоэфедрина в водной среде о чем мы сообщали в работе [9]. В случае нейтрализации соединения (5b), образование гетерофазы не наблюдалось, атомы азота и кислорода стерически более доступны, растворимость существенно выше, что и приводит к

мгновенному раскрытию цикла.

Из вышеизложенного можно предположить, что именно способность к образованию гетерофазы обусловленное высокой липофильностью конечного продукта и является фактором, определяющим образование 1,3-оксазолидина.

Экспериментальная часть

2.5-Дифенил-3-метил-1,3-оксазолидин. Эквимолекулярные количества бензальметиламина (0.05M) и фенилбромгидрина (0.05M) нагревали на водяной бане при температуре 85°C в течение 12 часов в сосуде изолированном от влаги воздуха. Образовавшееся кристаллическое вещество порциями вносили в концентрированный раствор бикарбоната натрия. После прекращения реакции суспензию экстрагировали бензолом. Органический слой отделяли, сушили сульфатом натрия. фильтровали, фильтрат упаривали и перекристаллизовывали полученную массу из этанола. Выход 90%. Т.пл. 72°C. Найдено %: С 80,35; Н 7,12. Брутто формула: C₁₆H₁₇NO. Вычислено %: С 80,30; Н 7,16.

ЯМР-'Н: 7.17-7.30 м.д. Ph(ЮН); 2.19 м.д N-CH₃ (3H); O-CH-N 4.7м.д. (1H); 2.77 м.д. N-Щ-СН (2H); 4.4 м.д. O-CH-CH₂(1H).

2-Фенил-3-метил-1,3-оксазолидин. Эквимолекулярные количества бензальметиламина (0.05M) и этиленхлоргидрина (0,05M) нагревали на во-

дянной бане при температуре 85°C в течение 12 часов в сосуде изолированном от влаги воздуха. Образовавшееся кристаллическое вещество порциями вносили в концентрированный раствор бикарбоната натрия. После прекращения реакции раствор многократно экстрагировали бензолом (4 раза по 50 мл.). Органический слой отделяли, сушили сульфатом натрия, фильтровали. Фильтрат упаривали до объема 100 мл. После этого раствор кипятили в колбе снабженной ловушкой Дина-Старка и обратным холодильником до полного прекращения выделения воды. Растворитель отгоняли, продукт перегоняли под вакуумом. Выход 65%. Т.кип. 113/25. Найдено %: С 74,01; Н 8,06. Брутто формула C₁₀H₉NO. Вычислено %: С 73,59%; Н 8,03%.

ЯМР-'Н спектры записаны на приборе Tesla BS-587 с рабочей частотой 80 МГц в растворе D₆H₆ относительно внутреннего стандарта Т-ГМДС. Температуру плавления определяли на столике "Voetius".

ЛИТЕРАТУРА

1. Bocker E., Draber W., //Chimie der Pflanzenschutz- und Schdlingsbekämpfungsmittel. Springer Verlag. Berlin Heidelberg, New-York, - 1970.-1. P. 220-240
2. Рекламные буклеты корпорации Industrial Copolymers Limited // P.O. Box 347. Primrose Hill. London Road. Preston. Lancashire. PR1. 4LT. England, www.icorez.co.uk
3. Neelakantan L. Asymmetric synthesis. II. Synthesis and absolute configuration of oxazolidines derived from (-)-epedrine and aromatic aldehydes //J.Org.Chem. -1971. -36, 16. P.2256-2259.
4. Фазылов С.Д., Хрусталёв Д.П., Газалиев А.М. Исследование механизма взаимодействия 1,3-оксазолидинов с фенилэтинилмагнийбромидом // Юбилейный сборник научных трудов «Проблемы химии центрального Казахстана». -Караганда. -1998. -С.50-51.
5. Agami C., Couty F., Evano G., Mathieu H. S_N2 regio and stereoselective Alkylation of Allylic and Propargylic Mesylates Linked to N-BocOxazolidine using Organocuprates //Tetrahedron. - 2000. -56. P. 367.
6. Давтян С.М., Папаян Г.Л., Оганян М.А. Синтез и изучение биологических свойств производных оксазолидина //Армянск. Хим. Ж.-1984.-34,4. С.242-246.
7. Латыпова Ф.Н. //Acta. Phis.Chem., V.27. P. 87-104.
8. Alfred Hortmann. Current Research. <http://www.chemistry.wustl.edu/Faculty/Hortmann/>
9. С.Д.Фазылов, А.М.Газалиев, Д.П. Хрусталёв. Взаимодействие глиоксаля с d-псевдоэфедрином // ЖОХ. -1999. Т.69. Вып. 11. С. 1931

УДК 541.64:547.127

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ МОДЕЛЬНОЙ РЕАКЦИИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ С ФОРМАЛЬДЕГИДОМ

И.Н. Рябова, З.Г. Аккулова, Г.А. Мустафина

ЗАО «Институт органического синтеза и углеродимии РК»

Формальдегид пен салицил қышқылының негізгі кинетикалық заңдылықтар конденсациясы гуминді қышқылының төменгі молекулалық үйлесімдігі турінде оқылды.

Изучены основные кинетические закономерности реакции конденсации формальдегида и салициловой кислоты как низкомолекулярного аналога гуминовых кислот.

Basic kinetic laws of condensation of formaldehyde and salicyl acid are investigated as analogue of humin acids.

Гуминовые кислоты (ГК) представляют собой природные полимеры, в состав которых входят сложные конденсированные системы с различными функциональными группами (карбоксыльными, фенольными, карбонильными, хиноидными и пр.). Хотя смоделировать ГК невозможно, исследование индивидуальных соединений, структурно сходных с ними, весьма полезно, тем более в таких сложных вопросах как определение кинетических параметров и схемы реакции.

В качестве модельного соединения нами была выбрана салициловая

(ооксибензойная) кислота (СК). В этом качестве СК уже использовалась при изучении свойств ГК. Так, авторами [1] были исследованы кислотно-основные свойства СК как низкомолекулярного аналога ГК, и было установлено, что при потенциометрическом и кондуктометрическом титровании обоих веществ титруется одна из двух кислых групп. Это объясняется наличием водородной связи, поскольку НООС- и НО- группы в молекуле СК находятся в о-положении друг к другу.

Сведения о взаимном положении и порядке размещения кислородсодер-

жащих функциональных групп в структуре ГК крайне ограничены, хотя именно этим определяется их реакционная способность. На основании вышесказанного можно предположить, что в ГК, по-видимому, тоже есть фрагменты с подобным расположением этих функциональных групп. Поэтому выбор СК в качестве модельного соединения для изучения процесса взаимодействия с формальдегидом пред-

ставляется нам вполне правомерным.

Таким образом, целью данной работы являлось кинетическое исследование закономерностей реакции взаимодействия салициловой кислоты с формальдегидом и определение на основе этого исследования основных кинетических параметров конденсации формальдегида с ароматическими кислотами, содержащими гидроксогруппы преимущественно в о-положении.

Экспериментальная часть

СК очищали сублимацией. Формальдегид применяли в виде 33%-ного формалина ($\rho=1,094 \text{ г/см}^3$). Этиловый спирт, используемый как растворитель, имел концентрацию 90% ($\rho=0,820 \text{ г/см}^3$). За ходом реакции следили по изменению концентрации формальдегида в растворе, которую определяли потенциометрическим титрованием на приборе рН-121.

Константа диссоциации СК $1,064 \cdot 10^{-3}$, т.е. в 1 м. растворе создается кислая среда (рН 3-4), достаточная, по нашему мнению, для проведения конденсации, поэтому катализатор не использовали.

Реакцию проводили следующим образом: в термостатируемую колбу загружали 1,4372 г (0,01 моль) СК. приливали 17,4 мл этанола и перемешивали с помощью магнитной мешалки до полного растворения кислоты. В полученный 10%-ный раствор, нагретый до необходимой температуры,

приливали 1 мл формалина и начинали отсчет времени.

Через определенный временной промежуток реакцию смесь выливали в колбу Эрленмейера с притертой пробкой, содержащую 50 мл 0,2н. водного раствора солянокислого гидроксиламина, при этом СК и продукт реакции выпадали в осадок. После 10-минутного отстаивания осадок отфильтровывали на воронке Бюхнера, отбирали 25 мл фильтрата и титровали 0,2н. раствором гидроксида калия [2].

За образованием метилольных производных и их превращением следили по изменению количества кислых групп. Для их количественного определения осадок, полученный при фильтровании, высушивали до постоянного веса при 90°C , после чего навеску массой около 0,2 г, взвешенную с точностью до 0,0001, растворяли в

20 мл 0,1 н. раствора гидроксида натрия, добавляли 30 мл дистиллированной воды и титровали кондуктометрически 0,25 н. раствором серной кисло-

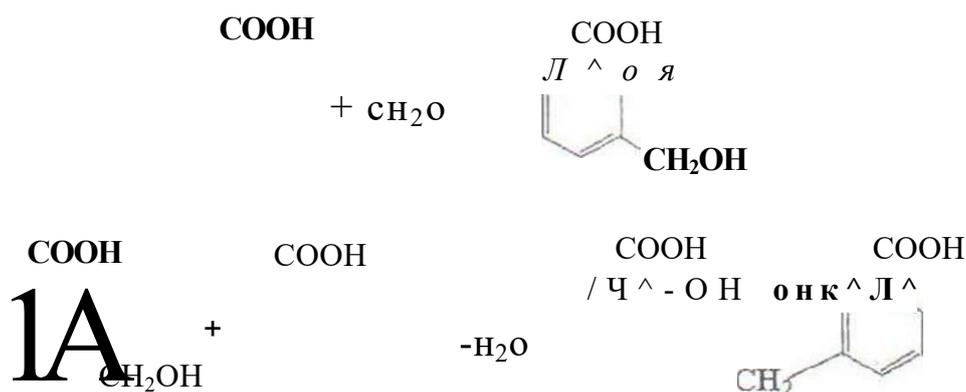
ты. Количество кислотных групп рассчитывали по формуле:

$$X = V_{к-ты} \cdot C_{к-ты} / m_{навески} , [Г-эква./Г]$$

Результаты и их обсуждение

Для исследуемой реакции предполагается схема, аналогичная про-

цессу образования ареноформальдегидных смол [3]:



Согласно этой схеме, реакция поликонденсации СК с формальдегидом является сложной и протекает через цепь последовательно параллельных превращений. Однако из литературных данных известно, что лимитирующей стадией процесса поликонденсации фенола и формальдегида является присоединение альдегида к фенолу [3]. Поэтому, следуя принципу аналогии, можно предположить для изучаемой нами реакции второй порядок.

Авторы [4] для расчета константы скорости взаимодействия фенола с ацетальдегидом (необратимая реакция второго порядка) приняли следующие допущения: 1) орто- и пара-

положения одинаково реакционноспособны, 2) количество свободных положений равно трем. Следуя логике их рассуждений и принимая для салициловой кислоты количество свободных положений равным двум, можно вывести уравнение, описывающее кинетику начальной стадии процесса.

Скорость реакции определяется уравнением:

$$W = k[F]^3[S]^b$$

где F и S - текущие концентрации формальдегида и салициловой кислоты соответственно.

Тогда.

$$\frac{dF}{dt}$$

Приняв $k = k_1 = k_2$, учим¹ полу¹

(О

Количество прореагировавшего формальдегида равно $[F]_0 - [F]$. Сумма оставшихся л/-положений может быть найдена:

$$[S]_m + [S]_{ms} = 2[S]_0 - ([F]_0 - [F]) = 2[S]_0 - [F]_0 + [F] \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим:

$$dt$$

Обозначив для простоты $\ln \frac{2[S]_0 - [F]_0 + [F]}{2[S]_0 - [F]_0}$ как $\ln \frac{b}{a}$ и разделив переменные, после интегрирования получаем:

$$\ln \frac{b + [F]}{b - [F]} = k_1 t \quad (3)$$

Таким образом, кинетические кривые в полулогарифмических координатах позволяют вычислить константу скорости реакции, если изучаемая нами реакция является необратимой реакцией второго порядка.

Были получены серии кинетических кривых зависимости содержания формальдегида в растворе (моль/л) от времени для молярного соотношения кислота:формальдегид 1:1, 1:2, 1:3 при температуре 333

К, а также для температуры 318 К, 333 К, 348 К при эквимольном соотношении.

Концентрационный порядок реакции определен по кинетическим кривым (рис. 1а), полученным при одной и той же концентрации СК (0,566 моль/л) и различных начальных концентрациях формальдегида (0,566 моль/л, 1,132 моль/л, 1,698 моль/л). По наклону касательных, проведенных в начальных точках, определены начальные скорости:

$$W_1 = 0,010 \text{ моль/л-мин} ; ; W_2 = 0,035 \text{ моль/л-мин}$$

$$W_3 = 0,071 \text{ моль/л-мин}$$

Отсюда порядок реакции:

$$n = \frac{\lg 0,035 - \lg 0,010}{\lg 1132 - \lg 0,566} = 1,81 \approx 2$$

Тангенс угла наклона прямой в координатах $\lg w_0$ от $\lg C_0$ (рис. 16) имеет то же значение, следовательно, данная реакция, как и ожидалось, является реакцией второго порядка. Кроме концентрационного порядка реакции был определен временной

порядок, для чего измеряли тангенсы угла наклона касательных к кинетической кривой, полученной при 333 К и эквимолярной концентрации компонентов, который оказался равным 2.9. Так как временной порядок выше концентрационного, это говорит о торможении процесса продуктами реакции.

Расчет константы скорости реакции с использованием интегрального метода приведен в таблице.

Таблица

Кинетика взаимодействия салициловой кислоты с формальдегидом
 $([CK]_a = [\Phi]_0 = 0,566 \text{ моль/л, } T=333\text{К})$

t, мин.	[Ф и > моль/л	[Ф]*расч., моль/л	[Ф]**расч. , моль/л	к, л/моль*мин
2	0,554	0,558	0,562	0,0097
4	0,549	0,550	0,558	0,0069
6	0,542	0,542	0,554	0,0069
8	0,531	0,535	0,550	0,0072
10	0,525	0,527	0,546	0,0065
18	0,493	0,499	0,531	0,0070
25	0,470	0,476	0,519	0,0070
40	0,451	0,431	0,494	0,0053

* - использовано уравнение работы [5].

** - использовано классическое уравнение [4].

$$k_{\text{сред}} = 6,924 \cdot 10^3 \text{ л/моль-мин } (1,22 \cdot 10^4 \text{ л/моль-с})$$

Полученное значение в два с половиной раза выше константы скорости реакции поликонденсации фенола с формальдегидом в присутствии кислотного катализатора [3], что объясняется согласованным ориентирующим действием карбоксильной и фенольной групп.

Как видно из таблицы, значения экспериментальных данных о снижении уровня формальдегида завышены по сравнению с расчетными, что свидетельствует о протекании побочных процессов. Однако использование модифицированного уравнения (3), учитывающего функциональность

СК, позволяет получать данные, более близкие к экспериментальным. При расчете среднего значения константы скорости крайние результаты были отброшены как статистически ненадежные.

Так как в ходе изучаемой нами реакции возможно протекание нескольких процессов с участием исходных веществ, поэтому помимо данных о расходовании формальдегида необходимо иметь данные о накоплении продуктов взаимодействия исходных компонентов.

Для определения степени превращения СК в метилольные производные использовали кондуктометрическое титрование продуктов реакции, позволяющее фиксировать изменение количества кислых групп, к числу которых относятся и метилольные группы. Полученные кинетические кривые приведены на рисунке 2. Как видно из рисунка, в течение первых 5-15 минут количество кислых групп возрастает, а затем убывает, что характерно для кривой промежуточного соединения. Величина максимума на кривых, равная 0,1467, не зависит от соотношения компонентов и выражает максимально возможный выход промежуточного продукта:

$$X_{TM}^* = K \frac{K_-}{K_+} \quad (4)$$

где K - отношение константы скорости реакции конденсации к константе реакции присоединения формальдегида.

Рассчитанное по уравнению (4) отношение констант скоростей равно 4,4. Таким образом, скорость реакции присоединения формальдегида лишь в 4,4 раза меньше скорости конденсации, поэтому вряд ли возможно говорить о том, что данная стадия является лимитирующей.

Доля прореагировавшего формальдегида в зависимости от соотношения компонентов изменяется следующим образом:

1:1 - 13,4%
1:2 - 14,3%
1:3 - 15,2%,

т.е. степень превращения формальдегида невысока, но возрастает пропорционально количеству формальдегида: 0,13, 0,29 и 0,46 на моль СК соответственно.

Для расчета энергии активации процесса были получены кинетические кривые при температурах 318 К, 333 К, 348 К и эквимолярного соотношения компонентов (рис.3а). Графические зависимости $1/C$ от t хорошо ложатся на прямую линию для 318 и 333 К, хуже для температуры 348 К. По наклону полученных прямых найдены следующие значения констант: $0,5641 \cdot 10^4$ л/мольЧс, $1,2241 \cdot 10^4$ л/мольЧс, $2,5041 \cdot 10^4$ л/мольЧс для температуры 318 К, 333 К, 348 К соответственно.

Энергия активации, рассчитанная по уравнению Аррениуса для темпе-

ратур 318 и 333 К, равна 40,8 кДж/моль.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно утверждать следующее:

1. Реакция поликонденсации салициловой кислоты и формальдегида идет в кислой среде в отсутствие катализатора, при этом константа скорости при 333 К равна 1,2241 л/моль·с.

В кинетическое уравнение скорости должны входить константы скорости всех стадий.

2. Реакция подчиняется закономерностям необратимой реакции второго порядка. Образующиеся продукты тормозят ход реакции.

3. Величина энергии активации изучаемого процесса равна 40,8 кДж/моль.

Зависимость скорости реакции от соотношения реагирующих компонентов (СК: Ф): 1 - 1:1, 2 - 1:2, 3 - 1:3 (а) и зависимость начальной скорости от концентрации формальдегида в логарифмических координатах (б).

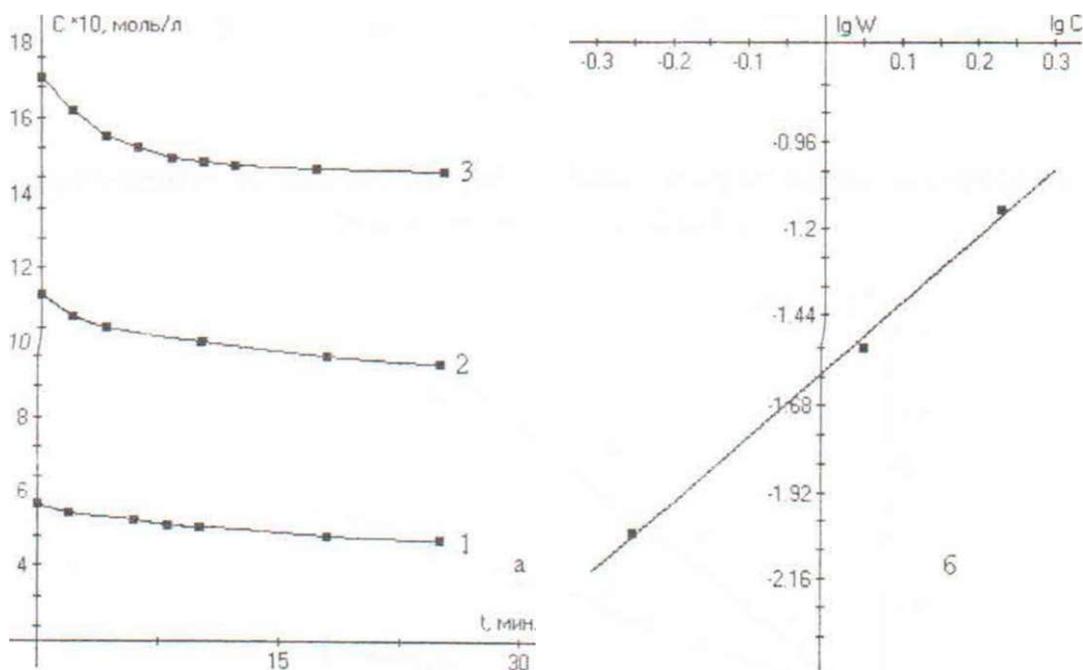


Рисунок 1

Кинетические кривые изменения количества кислых групп при соотношении СК: Ф 1:1 (1) и 1:3 (2).

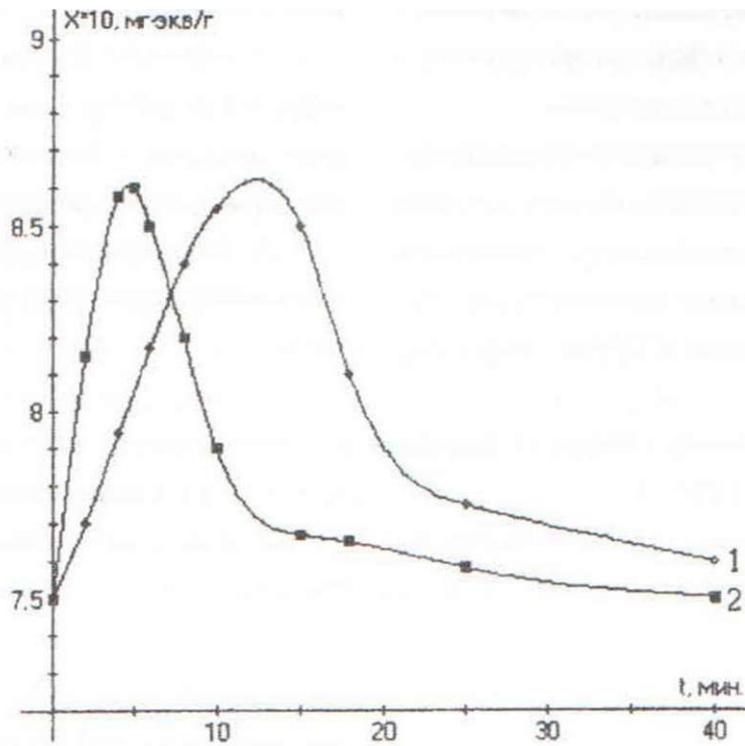


Рисунок 2

Зависимость скорости расходования формальдегида от температуры:
1- 348 К. 2 - 333 К, 3 - 318 К.

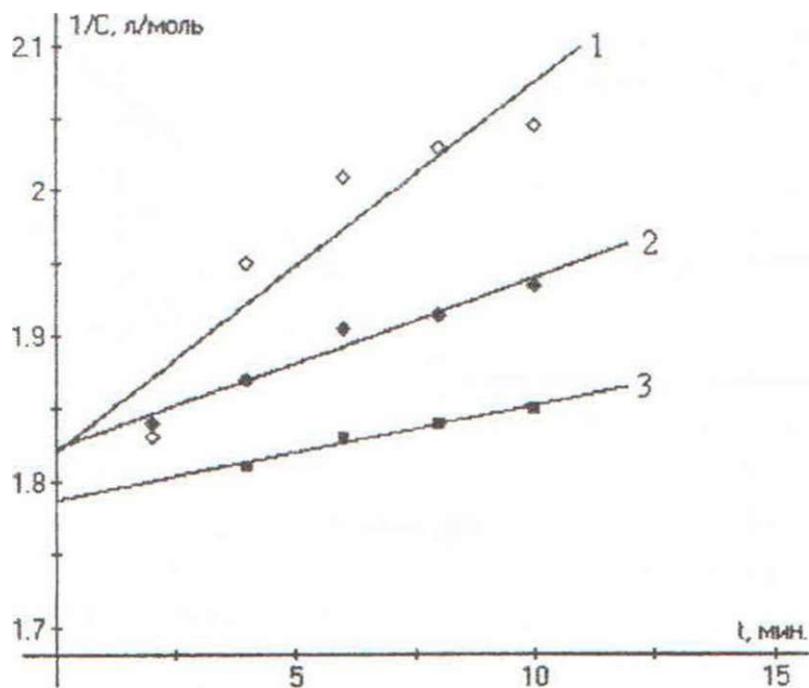


Рисунок 3

ЛИТЕРАТУРА

1. Василевская Н., Глебко Л., Максимов О. Исследование химической структуры и реакционной способности гуминовых кислот // Почвоведение.- 1971.- №4.- С. 63.
2. Сиггиа С., Ханна Г.Дж. Количественный органический анализ по функциональным группам: Пер. с англ. М.: Химия. 1983.- 672 с.
3. Гуцалюк В.Г., Невский В.М., Сафронова А.С. Ареноформальдегидные олигомеры. Алма-Ата: Наука, 1986.-232 с.
4. Сафронова А.С., Васильянова Л.С., Иванов В.В., Габдракипов В.З., Архипова И. А. Конденсация фенола с ацетальдегидом в различных растворителях в присутствии соляной кислоты // Высокомолекул. соедин. 1989.-А31.- №9.-С. 1904.
5. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. М.: Высш. школа, 1969.- 432 с.

УДК 543+546 72

ИЗУЧЕНИЕ РАВНОВЕСИЙ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРОКСОКОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА (III)

М.Ш. Шарипов, Ш.К. Амерханова,

А.М. Сабитов, Д.С. Серикпаева

Карагандинский государственный университет

им. Е.А. Букетова

Темір (III) ертінділерді қолдана отырып, гидролиз және кешенді түзілу процесстерді өту заңдылықтарды қарастыруға әрекет жасалынды. Алынған гидрокомплкстердің құрамдары әдебиеттік нәт ижелерімен сәйкес келеді. Темір (III) гидролиз процесіне шемір (II) және мыс (II) сульфаттарының катиондардың әсері зерттелінді.

В работе предпринята попытка на примере растворов железа (III) с единой точки зрения рассмотреть закономерности протекания процессов гидролиза и комплексообразования. Составы обнаруженных гидроксокомплексов и соответствующие значения констант гидролиза по порядку величины хорошо согласуются с литературными данными. Также изучено влияние посторонних катионов сульфатов железа (II) и меди (II) на гидролиз ж елеза (III).

In work the attempt was initiate from the unified point of view to consider a regularity weep of processes of hydrolysis and complex formation on an example of solutions Ferri lactas (III). The structures of founding hydroxocomplexes and conforming values constants of hydrolysis on an order of magnitude well be agreed with literary datas. Also it is studied the influencing of extraneous cautions of zinci sulfates Ferri lactas (II) and cuprum (II) on a hydrolysis Ferri lactas (III).

В работе предпринята попытка на примере растворов железа (III) с единой точки зрения рассмотреть закономерности протекания процессов гидролиза и комплексообразования. Составы обнаруженных гидроксокомплексов и соответствующие значения констант гидролиза по порядку величины хоро-

шо согласуются с литературными данными. Также изучено влияние посторонних катионов, сульфатов железа (II) и меди (II) на гидролиз железа (III).

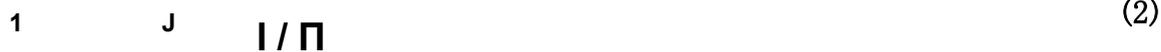
Гидролизу ионов железа (III) посвящен целый ряд исследований, среди которых наибольший интерес представляют работы [1-6]. Так, на-

пример, на фоне ЗМ перхлорита натрия констатируется формирование гидроксокомплексов, $Fe(OH)^*$ и $Fe_2(OH)^*$ [2]. Гидролиз железа (III) на фоне сопоставимых с ним концентраций сульфат-ионов сопровождается образованием $FeOH^{2+}$ и $Fe_2(OH)_2^+$ и соответствующих им гидросульфатных комплексов [1]. Отмечается также образование смежных многоядерных гидроксокомплексов трехвалентного железа [5]. К сожалению, в указанных работах исследования проводились в "чистых" растворах солей железа (III), если не учитывать индифферентный фон, влияние посторонних поливалентных катионов не учитывалось. Вместе с тем данные по константам равновесий, полученным разными авторами, отличаются друг от друга в довольно больших пределах. Очевидно, это связано как с примененными инструментальными

методами (потенциометрия, спектрофотометрия, ионный обмен и т.д.), так и методикой обработки экспериментальных данных. В связи с изложенным мы предприняли попытку проанализировать гидролиз железа (III) на сульфатном фоне рН-потенциометрическим методом.

Для количественного решения задачи по определению констант химических равновесий необходимо в явном или параметрическом виде установить функциональную связь между измеряемым физико-химическим свойством раствора как целого (в нашем случае рН) и его аналитическим свойством. Указанную функциональную связь мы изыскивали, опираясь на известные, признанные уже классическими, руководства [3; 12-16].

Процесс гидролиза железа (III) на стадии формирования его гидроксокомплексов можно представить следующими уравнениями:



Равновесия, сопровождающиеся образованием более сложных гидроксокомплексов, в общем виде представляются следующим образом:



где B_c (как и b_n, b_{12}, \dots и т.д.) - концентрационные константы гидролиза.

В выражениях (1)-(8) $H^+, Fe^{1+}, Fe(OH)^{2+}$ фактически представляют собой акваионы $H_{i_{ш}}, (H_3O^+), Fe^*_q$ и т.д., однако мы рассматриваем только те отношения между формами, в которых указанное обстоятельство в принципе является несущественным, и которое, более того, не может быть выявлено. Это и позволяет нам вместо, например, H_3O^+ применить простую запись H^* или даже просто H .

Введем функцию образования Бьеррума n [3], которая в данном случае отражает среднее число гидроксидных ионов в составе гидроксокомплексов железа (III).

Таким образом:

$$n = \frac{[FeOH^{2+}] + [Fe(OH)_2^+] + [Fe_2(OH)_2^{2+}] + \dots + [Fe_p(OH)_p^*]}{[Fe^{3+}]} \quad (9)$$

где $C_{Fe^{3+}}$ - заданная общая концентрация железа (III) в растворе. С учетом выражений (1)-(9) функцию образования можно представить как

$$n = \frac{D_1 [H^+] + M_1 F_1 [H^+]^2 + \dots + p_n [Fe^{3+}]^n [H^+]^n}{C_{Fe^{3+}}} \quad (10)$$

если в числителе все члены, начиная со второго, объединены в ряд, тогда

$$n = \frac{D_1 + \sum_{i=2}^n \frac{M_i F_i [H^+]^{i-1}}{C_{Fe^{3+}}^{i-1}} + p_n [Fe^{3+}]^n [H^+]^n}{C_{Fe^{3+}}} \quad (11)$$

По своему физическому смыслу на основании (11) представляется собой еще гомогидролизованное железо, тогда концентрация свободных ионов Fe^{3+} будет определяться как

$$[Fe^{3+}] = C_{Fe^{3+}} (i-1) \quad (12)$$

Нам необходимо еще ввести следующую функцию

$$\Phi = \frac{\lg[\Gamma]}{1 - \gamma} \quad (13)$$

которая с учетом уравнения (12) преобразуется к виду

$$\Phi = \quad (14)$$

Если теперь в последнее выражение подставить значение γ в (11), то

$$p \quad c \quad I - \gamma \quad (15)$$

Последнее выражение и будет использовано нами при обработке рН-потенциометрических данных.

Экспериментальная часть

Потенциометрические исследования проводили в растворах, в которых содержание ионов железа изменялось от $14 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л, концентрацию серной кислоты задавали от 0 до 0,65 моль/л, концентрация сульфат-ионов поддерживалась 2,4 моль/л за счет введения индифферентной соли-сульфата натрия. Влияние посторонних катионов изучали на примере сульфатов железа (II) и меди (II). Все перечисленные реактивы использовались марки "х.ч." Железо (III) определяли комплексометрическим методом с ЭДТА амперометрическим установлением эквивалентной точки [7]. Железо (III) в присутствии железа (II) при необходимости определяли амперометрически с помощью двух платиновых элект-

родов ($E^0 = 0,05$ В), титрант бихромат калия. Медь анализировали в амперометрическом варианте йодометрическим методом [7]. Меняющееся влияние железа (III) устраняли путем связывания последнего в прочное комплексное соединение с фторидом натрия. Концентрация свободной серной кислоты определялась по методу, предложенному Э.А. Поляк [8]. При этом свободную кислоту в растворах гидролизующихся солей определяют комплексометрически по разности между общим содержанием гидролизующегося катиона в растворе, которое определяют предварительно. После связывания катионов в прочное комплексное соединение с ЭДТА проводят амперометрическое титрование раствором щелочи.

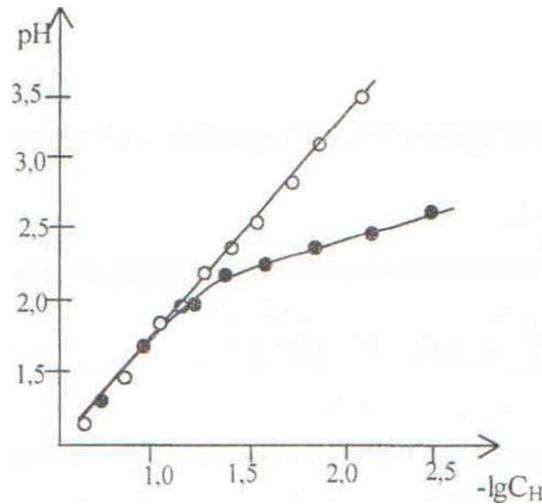


Рисунок 1

Инструментальное значение рН измеряли с помощью прибора рН-340 при температуре 25°C. Предварительно растворы выдерживали в закупоренных сосудах в течении 3-4 суток.

Обсуждение результатов

Расчет среднего числа гидроксидных ионов, присоединенных к иону железа (III), т.е. функцию образования выполняли по методике, предложенной в работе [9]. Для этого строили зависимость показаний рН-метра (рис. 1) от логарифма концентрации серной кислоты для растворов, не содержащих ионов Fe^{3+} (кривая 1), и для растворов с Fe^{3+} (кривая 2). В области высоких концентрации кис-

лот указанные кривые совпадали, что свидетельствовало об отсутствии гидролиза при данных концентрациях кислоты. Таким образом, кривая 1 является зависимостью показаний прибора от логарифма концентрации серной кислоты в исследуемом растворе, но при гипотетическом отсутствии гидролиза ионов железа (III).

Значение \bar{n} вычисляли по формуле

$$(16)$$

где N - концентрация кислоты (соответствующая абсциссе кривой 1 (рис. 1) при ординате, равной пока-

заниям рН-метра), C_H - аналитическая концентрация кислоты, C_{Fe} - общая концентрация железа (III).

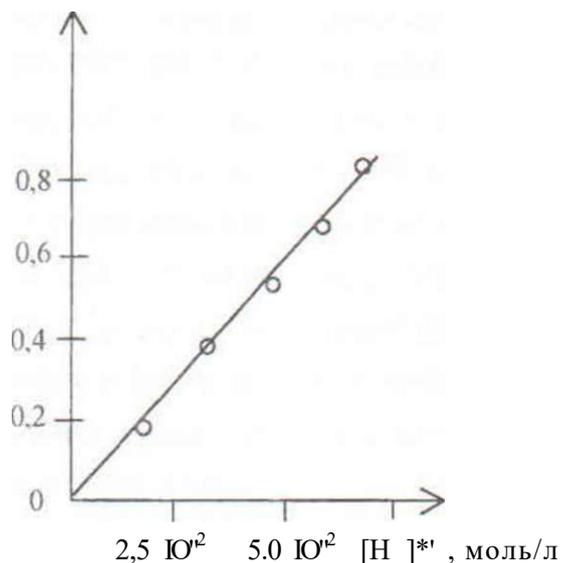


Рисунок 2

Отметим, что разность (Н-С_н) представляет концентрацию той части кислоты, которая обусловлена гидролизом за счет установления равновесия типа (1)-(12) и т.д. Следовательно, разность (Н-С_н) одновременно выражает суммарную концентрацию всех гидроксокомплексов железа (III). В отсутствии серной кис-

лоты при изменении концентрации железа (III) от 0,1Ч10² до 1,0410² моль/л рН исходных растворов снижалась от 3,3 до 2,6 (таблица 1). Эти растворы затем инфректировались по рН путем добавления рабочего раствора серной кислоты. Экспериментальные значения функции образования n представлены в таблице I.

Таблица 1

Значения n при различных концентрациях ионов и общей концентрации сульфат-ионов 2,4 моль/л

[Fe ^{III}] моль/л	РН	n	[Fe ^{III}]*1 моль/л	РН	n
ОЛЮ ²	2.5	0,10	0.5-10 ²	2,4	0.12
	2,7	0,12		2,6	0,18
	2,8	0,17		2,7	0,30
	3.0	0,31		2,8	0,40
	5,3	0,50		2.9	0,45
0,25-10 ²	2,6	0.14	1.0-10 ²	2,2	0,11
	2,7	0,16		2,3	0,15
	2,8	0,25		2.4	0,20
	3,0	0.35		2,5	0,25
	3,3	0.52		2.6	0,30

По этим данным были рассчитаны и построены зависимости функции

Fe(III) при постоянных значениях рН. Как видно из рис. 2, при этом получе-

ны прямолинейные зависимости; отрезок, отсекаемый на оси F , очевидно, соответствует B_r в уравнении (1), только в этом случае концентрация Fe^{3*} в уравнении (1) будет в первой степени. Характер расположения прямых свидетельствует о том, что с уменьшением кислотности гидролиз усиливается.

Для выявления максимально возможного значения построена зависимость тангенсов наклона указанных прямых от $[H^-]$, она оказалась также линейной (рис. 3), что в соответствии с уравнением (1) свидетельствует об образовании гидроксокомплексов с максимальным числом $q=2$. Таким образом, в исследованных условиях преимущественно образуются гидроксокомплексы состава $Fe(OH)_2 \cdot Fe_2(OH)_4$.

Значение B_r , рассчитываем как среднее значение постоянных членов уравнений соответствующих прямых (рис. 2). значение как половина углового коэффициента прямой (рис. 3), поскольку $p=q=2$. Значение констант гидролиза B_1, B_2 , ока-

запись соответственно равными $(1,15 \pm 0,15) \cdot 10^{-4}$ и $(1,73 \pm 0,10) \cdot 10^{-4}$, указанные ошибки соответствуют $P=95$. В шкале матных долей значения этих констант соответствуют $2,05 \cdot 10^{-6}$ и $3,08 \cdot 10^{-6}$. Как уже отмечалось вначале, изучено также влияние на гидролиз железа (III) ионов меди (II) и железа (II), которые вводились в систем}' в виде соответствующих сульфатов с обеспечением их концентрации по 0,65 моль/л. На рисунке 4 показаны изменения функции F в зависимости от концентрации Fe^{3+} при наличии указанных примесей каждого в отдельности, также без них. Приведенные сопоставления свидетельствуют о том, что гидролиз железа (III) значительно усиливается в присутствии ионов Si^{2+} , влияние же ионов Fe^{2+} не столь существенно. Можно предположить, что при этом изменяется природа внешнесферного катиона в смешанных гидроксосульфатных комплексах и что комплекс $Cu[Fe_2(OH)_2(SO_4)_6]$ гораздо устойчивее комплексов $Fe''[Fe^{2+}(OH)_2(SO_4)_b]$ $Fe^I[Fe^{2+}(OH)_2(SO_4)_c]$.

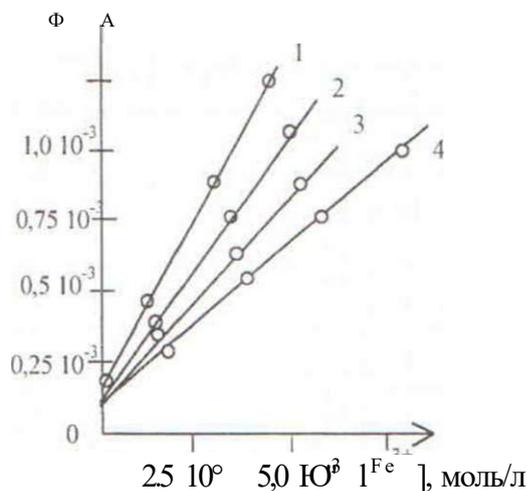


Рисунок 3

В связи с этим уместно отметить, что ионы цинка, по данным авторов [4], также оказывают влияние на глубину гидролиза ионов железа (III). Между тем сопоставление ПР гидроксидов меди, цинка и железа (II) свидетельствует, что величины рПР по этому ряду убывают и составляют соответственно 19,66; 16,92 и 15,10 [10]. Как мы видим, значения рПР для гидроксидов цинка и железа (II) довольно близки. Исходя из этого можно предпо-

ложить, что двухзарядные катионы более растворимых гидроксидов оказывают меньшее влияние на гидролизуемость многозарядных ионов типа Fe^{3+} . Нельзя отрицать и такой факт, что ионы железа (II) и цинка, по-видимому, не склонны к ассоциации с сульфат-ионами, в то время как склонность меди к образованию гидросульфатных комплексов неоднократно подчеркивалась, например, в работе Шарипова MLLJ. [11].

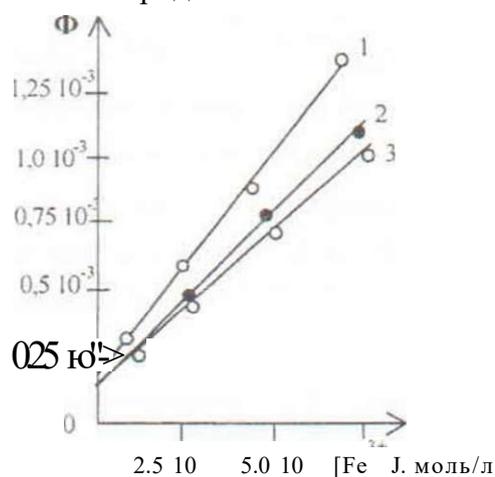


Рисунок 4

Подводя итоги отметим, что составы обнаруженных гидроксокомплексов и соответствующие значения констант гидролиза по порядку величины хорошо согласуются с ли-

тературными данными [2-5], которые базировались на исходных гипотетических предположениях, качественно схожих с принятыми в настоящей работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Звягинцев О.Е., Ляхманов С.В. О расчете констант образования полиядерных комплексов.// ЖНХ. -1968. -Т.13. С. 1230-1235.

2. Никольский Б.П., Калямин

А.В., Пальчевский В.В. Исследование гидролиза в растворах перхлоратов железа (III) методом спектроскопии ЯПР.// Доклады АН СССР. -1974. -Т.207. №1. -С. 107-109.

3. Колосов И.Б., Инцкирвели Л.Н., Варшал Г.М. Изучение гидролиза железа (III) методом ионного обмена. // ЖНХ. -1975. -Т.20. -№8. -С.2121-2126.
4. Давыдов Ю.П., Грачек М.А., Малчин Л.А. Исследование гидролиза Fe(III) при 20-75°C. // Изв.АН БССР, серия физ.-энерг.наук. -1974. -№1. -С.42-46.
5. Звягинцев О.Е., Лопатко М.С. Четырехядерные окси-гидроксикомплексы трехвалентного железа. // ЖНХ. -1961. Т.5.-№6. -С.863-867.
6. Андриянов В.А., Калямин А.В., Томинов С.Б. Полимеризационные процессы в нитронных растворах железа (III). // ЖОХ. -1981. -Т.60. -№3. -С.584-586.
7. Сонгина О.А., Захаров В.А. Амперометрическое титрование. М.: Химия. -1979. 303с.
8. Поляк Э.А. Определение свободной кислоты в растворах гидролизующихся солей с применением комплексна (III). // ЖАХ. -1962. -Т.20. -№3.- С.355-358.
9. Яковлев Ю.Б., Кульба Ф.Я. и др. Гидролиз сульфата железа (III) в растворах смеси сульфатов цинка, алюминия и меди. // ЖНХ. -1978. -Т.23. -С.411-415.
10. Лидин Р.А., Андреева Л.Л., Молочко В.А. Справочник по неорганической химии. -М: Химия, -1987. 319с.
- И. Шарипов М.Ш. Гидрохимические превращения реализуемые при участии ионов железа, алюминия и меди: докт.диссер. Караганда: Фонды ХМИ МН АН РК. 1995. -С. 387.
12. Россотти Ф., Россотти Х. Определение устойчивости и др. констант в растворах. -М.: Мир, -1965. 522с.
13. Робинсон Р., Стоке Р. Растворы электролитов. М.: Мир. 1963.
14. Мищенко К.П., Полторацкий Г.М. Вопросы термодинамики и строения водных и неводных растворов электролитов. -Л.: Химия, 1976.
15. Шефер Г.Л. Комплексообразование в растворах.- Л.: Химия. 1964.
16. Назаренко В.А., Антонович В.П., Невский Е.М. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах. -М.: Атомиздат, 1979.

УДК 541.123.31:547.55.42

СИСТЕМА $\text{CoSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ПРИ 25°C

Р.Ш. Еркасов

*Кокшетауский государственный университет
им. Ш. Уалиханова*

Б.А. Унербаев, Р.Г. Рыскалиева

Казахский национальный университет им. аль-Фараби

25°C - тағы CoSO_4 - H_2SO_4 - CH_3CONH_2 - H_2O жүйесіндегі гетерогендік тепе-теңдік зерттелген. Үш компонентті жүйесіндегі эттоникалық құрам, кобальт сульфаты мен күкірт қышқылы ацетамидпен қос қосылыстар. сонымен қатар $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{CoSO}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ үш компонентті қосылыстардың түпкілікті кристалдану салалары анықталған

Изучены гетерогенные равновесия в системе CoSO_4 - H_2SO_4 - CH_3CONH_2 - H_2O при 25°C. Установлены области кристаллизации исходных эттонических составов соответствующих трехкомпонентных систем, двойных соединений ацетамида с сульфатом кобальта и серной кислотой, а также соединений, содержащих одновременно три компонента: $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{CoSO}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$

The heterogeneous balances were studied in the system CoSO_4 - H_2SO_4 - CH_3CONH_2 - H_2O at 25°C temperature. The field of crystallization of initial entopic compound of the appropriate ternary system, double mixture of acetamide with cobalt sulfate and sulphuric acid and also the mixture, containing at the same time 3 components, were defined: $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$, $\text{CoSO}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$

Ранее были изучены гетерогенные равновесия в системах ацетамид - неорганическая кислота - вода [1] и ацетамид-соль металла - вода [2], при этом установлено образование коор-

динационных соединений, имеющих различный стехиометрический состав. Они представляют не только теоретическое значение с точки зрения их строения и свойств, но и большой

практический интерес [1,3,4].

В последние годы появились данные по синтезу и изучению свойств соединений, содержащих в своем составе одновременно ацетамид, кислоту и соль металла [5,6], такие соединения могут сочетать свойства исходных компонентов с вновь приобретенными.

Изучение растворимости в системе $\text{CoSO}_4 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{CH}_3\text{CONH}_2 - \text{H}_2\text{O}$ проводили по ранее разработанной методике [6]. Пробы фаз анализировались на содержание ацетамида, кобальта и кислоты [5]. Количество компонентов приведено в мас.%, твердые фазы идентифицировали методами химического, рентгенофазового и кристаллооптического анализов.

Полученные результаты по растворимости в системе сульфат кобальта - серная кислота - ацетамид - вода приведены на рис. в виде центральной проекции изотермы.

Ветвь изотермы, включающая точки 1-7, соответствует кристаллизации эвтонической смеси системы сульфат кобальта - ацетамид - вода, состоящей из ацетамида и гептагидрата сульфата кобальта. Рост концентрации серной кислоты в растворе до 8,84% приводит к уменьшению количества ацетамида от 59,18 до 39,95% и небольшому увеличению содержания сульфата кобальта от 12,02 до 13,02%. В точке состава 7 начинается кристаллизация нового соединения, содержащего в своем составе

одновременно три исходных компонента - $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$. Водное число с ростом количества H_2SO_4 в растворе увеличивается от 0,68 до 2,49, что свидетельствует о высаливающем действии серной кислоты на растворимость исходной эвтонической смеси.

Ветвь изотермы, соответствующая точкам 7-14, отвечает насыщению растворов образовавшимся новым соединением: сульфатом тетраацетамид сульфата кобальта. Увеличение концентрации серной кислоты в растворе от 8,84 до 15,47% приводит к значительному уменьшению количества ацетамида от 39,96 до 20,61% и росту содержания сульфата кобальта от 13,02 до 22,93%. Увеличение при этом водного числа от 2,49 до 3,48 указывает на высаливающее действие серной кислоты на растворимость $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$.

Точки изотермы системы 14-26 отвечают выделению в твердую фазу исходного гептагидрата сульфата кобальта. Рост количества H_2SO_4 в растворе от 15,47 до 45,85% вызывает вначале небольшое увеличение содержания сульфата кобальта от 22,93 до 26,39%, а затем его резкое снижение до 6,41%. Количество ацетамида при этом в растворе уменьшается от 20,61 до 1,72%.

Прибавление в эвтонический раствор системы ацетамид - серная кислота - вода, содержащий 29,07% CH_3CONH_2 и 25,19% H_2SO_4 , сульфата

та кобальта до 6,15% приводит к снижению количества серной кислоты до 15,75% (ветвь изотермы точки 27-31). Содержание ацетамида при этом изменяется весьма незначительно, оно уменьшается до 28,11%. Рост водного числа от 3,39 до 4,10 свидетельствует о высаливающем влиянии сульфата кобальта на растворимость эвтонической смеси, состоящей из ацетамида и сульфата гексаацетамида.

Ветвь изотермы, соответствующая точкам 31-35, 7, отвечает выделению в твердую фазу нового соединения - $\text{CoSO}_4 \cdot 4\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$. Рост количества сульфата кобальта в растворе от 6,15 до 13,02% приводит к увеличению содержания ацетамида от 28,11 до 39,96% и снижению количества серной кислоты от 15,75 до 8,84%. Водное число уменьшается от 4,10 до 2,49. что указывает на всаливающее влияние CoSO_4 на растворимость сульфата тетраацетамид сульфата кобальта.

Прибавление в эвтонический раствор системы ацетамид-серная кислота - вода, содержащий 34,83% ацетамида и 44,17% серной кислоты, возрастающих до 10,91% количества сульфата кобальта приводит к насыщению раствора двумя сульфатами ацетамида - состава 6:1 и 2:1 (молярное отношение ацетамид : серная кислота). Увеличение содержания CoSO_4 в растворе сопровождается снижением количества ацетамида от 34,83 до 26,20% и серной кислоты от 44,17% до

27,89%. Рост водного числа от 1,12 до 2,43 указывает на высаливающее действие сульфата кобальта на растворимость сульфатов ацетамида.

Ветвь изотермы, соответствующая точкам 41-46, 14, отвечает кристаллизации из насыщенных растворов образовавшегося нового соединения $\text{CoSO}_4 \cdot 2\text{CH}_3\text{CONH}_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$. Рост содержания сульфата кобальта в растворе от 10,91 до 24,77% приводит к уменьшению водного числа от 2,43 до 2,16, что указывает на небольшое высаливающее влияние сульфата кобальта на растворимость тройного соединения.

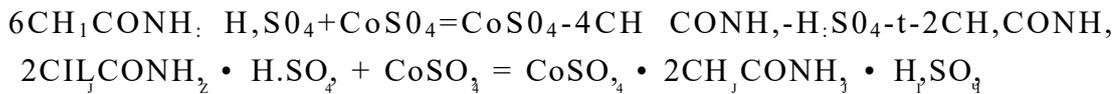
Точки 31,41, 47-50 изотермы растворимости соответствуют выделению в твердую фазу сульфата гексакис(ацетамида). Рост концентрации серной кислоты от 15,75 до 27,89% при кристаллизации данной амидкислоты приводит к увеличению количества сульфата кобальта от 6,15 до 10,91%. Закономерности в изменении количества ацетамида при этом не наблюдается. Водное число с ростом количества H_2SO_4 в растворе уменьшается от 4,10 до 2,43, что указывает на сильное высаливающее действие серной кислоты на растворимость сульфата гексакис(ацетамида), которое приводит к образованию новой амидкислоты состава 2:1.

Ветвь изотермы, соответствующая точкам 41, 51-58, отвечает кристаллизации из растворов сульфата бис(ацетамида). Его выделение в

твердую фазу происходит при следующих интервалах концентрации компонентов: ацетамид от 12,20 до 26,20%, сульфат кобальта от 3,54 до 10,91%, серная кислота от 27,89 до 41,23%. Увеличение концентрации серной кислоты в указанном интервале снижает количество двух других исходных компонентов. Водное число при этом увеличивается от 2,38 до 3,68, что свидетельствует о высаливающем влиянии H₂SO₄ на растворимость сульфата бис(ацетамида).

Исходя из вышеизложенного следует отметить, что тройные соединения, содержащие в своем составе одновременно три компонента, могут быть получены исходя из эвтонических составов составляющих трехкомпонентных систем при прибавлении определенных количеств четвертого компонента.

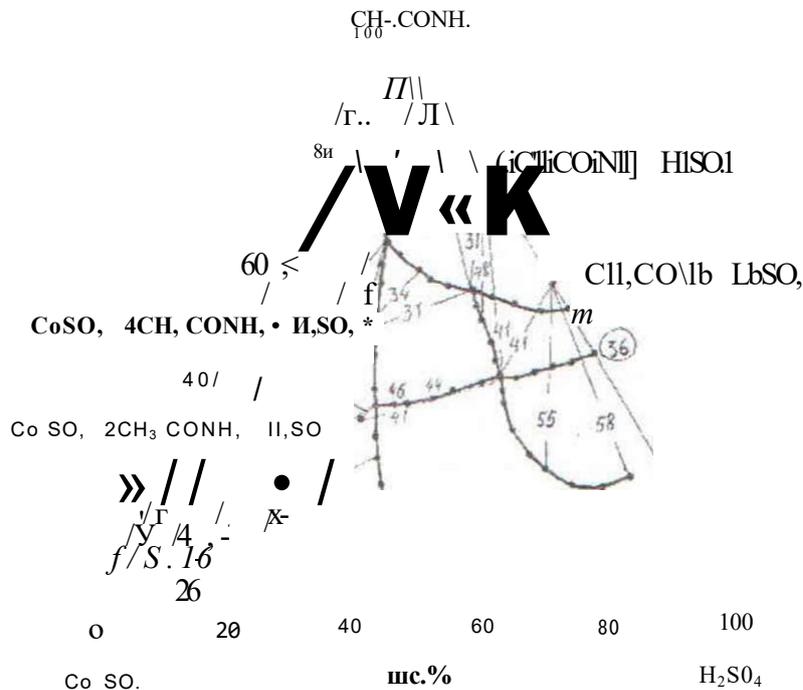
Идентификацию новых координационных соединений, образующихся при протекании следующих реакций:



проводили методами химического и рентгенофазового анализов, определением температур плавления (разло-

жения), растворимости в органических растворителях, плотности. Полученные данные приведены в работе [7].

Центральная проекция изотермы растворимости в системе CoSO₄ - H₂SO₄ - CH₃CONH₂ - H₂O при 25°C



Рисунок

ЛИТЕРАТУРА

1. Нурахметов Н.Н. Амидкислоты. Итоги науки и техники. ВИНТИ. Сер. физ. химия. - 1989. - №4. - 64 с.
2. Иманакунов Б.И. Взаимодействие ацетамида с неорганическими солями. - Фрунзе: Илим, 1976. - 141 с.
3. А.с. 638598 (СССР) Тригидрофосфат бензамида в качестве удобрения (КазГУ им. С.М.Кирова. Авт. изобр. Нурахметов Н.Н., Беремжанов Б.А., Еркасов Р.Ш.). - Заявл. 14.07.77 № 2506771/23-04.
4. А.с. 1751969 (СССР) Огнеупорная обмазка (Казахский Межотраслевой научно-технический центр самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Авт. изобр. Ксандопуло Г.И., Базарулы Исмаилов, Еркасов Р.Ш., Гангаев С.Н., Сторожев А.В. - Заявл. 3.05.89 № 4732037/33.
5. Еркасов Р.Ш., Ташенов А.К., Ниязбаева А.И., Каратаев З.М. Взаимодействие хлорида магния с протонированным ацетамидом в водных растворах при 25°C. Вестник Евразийского университета. 1997. - №4. - с.81-84.
6. Еркасов Р.Ш., Унербаев Б.А. Взаимодействие хлорида кобальта с протонированным ацетамидом в водных растворах при 25°C. Вестник Евразийского университета. - 2000. - №4. - с.94-101.
7. Еркасов Р.Ш., Унербаев Б.А. Соединения солей бериллия и кобальта с протонированным ацетамидом. Вестник Евразийского университета. - 1999. - №2. - с.143-148.

УДК 658.53 (574)

СОВРЕМЕННАЯ НОРМАТИВНО-ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ БАЗА ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

С.С. Донцов

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Мақалада Қазақстан Республикасының кәсіпорындарындағы еңбекті ұйымдастырудың нормативтік-құқықтық базасының қазіргі кезеңдегі жағдайы меп соңғы өзге-рістері қарастырылған.

В статье рассмотрены последние изменения и современное состояние нормативно-законодательной базы организации труда на предприятиях Республики Казахстан.

In article last changes and a modern condition of legislative base of the organization of work at the enterprises of Republic of Kazakhstan are considered.

С первого января 2000 года введен в действие Закон Республики Казахстан «О труде в Республике Казахстан», регулирующий трудовые отношения, возникающие в процессе реализации гражданами конституционного права на свободу труда в Республике Казахстан. Очевидно, что принятие нового законодательного акта, регулирующего отношения работодателя и работника, вполне соответствует новым условиям развития национальной экономики. Кодекс законов о труде КазССР был принят еще в 1972 году в

условиях иной политико-правовой формации, поэтому он во многом не соответствовал сегодняшним реалиям не только по отдельным нормам, но и по своей идеологии. Это предопределило многие нововведения в трудовом законодательстве.

Некоторые изменения необходимо выделить особо:

1. Продолжительность рабочей недели сокращена до 40 часов (ранее она составляла 41 час);

2. Предусмотрена возможность реализации права на сокращенную

рабочую неделю и возможность работать неполный рабочий день или по гибкому рабочему графику в нескольких местах;

3. Исключено понятие ненормированного рабочего дня;

4. Не предусмотрены нормы, регулирующие порядок оплаты времени простоя работника, оплаты бракованной продукции, как было ранее в КЗОТ. Теперь оплата осуществляется только за произведенную продукцию и выполненную работу;

5. Введена минимальная продолжительность трудового отпуска (не менее 18 календарных дней). При этом условия и порядок предоставления отпуска определяются индивидуальным трудовым или коллективными договорами. Не устанавливаются ограничения в сроках предоставления отпуска без содержания. Предусмотрен отпуск без содержания матерям, имеющим детей в возрасте до полутора лет, с сохранением места работы (должности). Предоставление учебных отпусков и порядок их оплаты теперь оговариваются в индивидуальном трудовом договоре.

В статье № 75 настоящего закона приводится трактовка понятия «Нормы труда» и разъяснения по их применению в современных условиях:

- Нормы труда (нормы выработки, времени, обслуживания) являются мерой затрат труда и устанавливаются для работников в соответствии с достигнутым уровнем техники, техноло-

гии, организации производства;

- Введение, замена и пересмотр норм труда производятся работодателем. О введении новых норм труда работники извещаются не позднее, чем за один месяц;

- Для выполнения работниками норм выработки работодатель обязан обеспечить нормальные условия труда;

- Нормы выработки для работников моложе 18 лет устанавливаются, исходя из норм выработки для взрослых работников пропорционально сокращенной продолжительности рабочего времени для лиц, не достигших восемнадцати лет, в соответствии с индивидуальным трудовым договором.

Настоящий Закон определяет, что труд гражданина является товаром, цена на который должна устанавливаться в индивидуальном трудовом договоре между работником и работодателем. В этой связи огромное значение имеют личные профессиональные качества работников [1].

Основные принципы организации нормирования труда определяют «Методические рекомендации по организации нормирования труда», разработанные в соответствии с Законом «О труде в Республике Казахстан» и утвержденные приказом Министра труда и социальной защиты населения РК от 22.06.2000 года. Они характеризуются следующим содержанием:

1. Общие положения;
2. Методические основы орган-

зации нормирования труда;

3. Организация работы по нормированию труда;

4. Порядок введения, проверки, замены и пересмотра норм труда;

5. Регламентация вопросов нормирования [2].

В целях правового регулирования взаимоотношений администрации и коллектива трудящихся, для согласования интересов и сотрудничества в решении общих задач по повышению эффективности производства на современных предприятиях РК рекомендуется ежегодно заключать и перезаключать соответствующий коллективный договор. В коллективный договор на очередной год рекомендуется включать следующие основные разделы:

- Общие положения;
- Основные обязанности сторон;
- Порядок приема и увольнения рабочих и служащих, укрепление дисциплины труда и сохранность имущества;
- Оплата и нормирование труда;
- Режим труда и отдыха;
- Охрана труда и здоровья;
- Социальная защита и льготы;
- Социально-бытовое обеспечение;
- Культурно-спортивная работа, организация досуга;
- Трудовые споры;
- Гарантии профсоюзной жизни;
- Контроль выполнения договора, его корректировка и пролонгация;
- Заключительные положения.

Для эффективной и грамотной с юридической точки зрения организации трудового процесса конкретного работника на определенном предприятии рекомендуется использование следующего примерного перечня документации:

- Общие правила по охране труда и технике безопасности;
- Положение о системе управления охраной труда (СУОТ);
- Правила безопасности в газовом хозяйстве (при наличии такового);
- Инструкция по противопожарной безопасности;
- Инструкции по охране труда и технике безопасности при проведении отдельных работ;
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;
- Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей;
- Чертежи и эскизы изготавливаемого оборудования;
- Нормативно-технические данные серийно применяемых средств технологической автоматизации, средств механизации и измерений;
- Нормативная документация на разработанные для конкретного участка средства механизации и автоматизации;
- Должностная инструкция конкретного работника.

Наличие, знание и соблюдение требований данной документации конкретными работниками необходимо и

обязательно, т.к. в спорных или, тем сторона несет персональную ответ-
более, несчастных случаях виновная ственность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон «О труде в Республике по организации нормирования труда /
Казахстан» от 10 декабря 1999 г. / Бюллетень бухгалтера. - 2000,- № 28.-
2. Методические рекомендации С. 16-21.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.365.5

THE ANALYSIS OF ELECTRICAL PARAMETERS OF INDUCTION ELECTROMAGNETIC SYSTEM WITH FERROMAGNETIC SCREENS

A.P. Kislov, V.P. Kislova, M.N. Kurguzova, T.V. Sagaidak
PSU named after S. Toraighyrov

Үш элементті қыздыру жүйелердің қуаттық есептеу нәтижелері алынған.

Получены выражения для решения задачи расчета мощностей, выделяющихся в загрузке и индукторе трехэлементной системы нагрева.

The expressions let us to solve the task of powers account, which detach in the charging and inductor of thrice element system of heating.

System calculation of inductor load within work load in the inner inductor cavity is considered (Weinberg A.M. Induction Smelting furnace) in detail, on the strength of which is developed and widely used available engineer calculation method precisely meeting requirements. In a number of scientific works some investigations and calculation method of induction heat with magnetwire system are held. In addition the stated calculations do not reflect magnetic circuit influence on energetic properties in the system, that does not let hold an analysis of energetic properties in the heat system. In the mentioned works the availability of external magnetic circuit is taken into account only by accepting

position, that magnetwire concentrates the distribution of magnetic circuit and incidentally the magnetic circuit losses are ignored. In reality magnetwire introduction into the heat system under some conditions influence the energetic correlation and electrical parameters of the heat system.

To clarify this influence it required me to determine the degree of inductor correlation and load with magnetwire depending on geometrical correlation in the heat system. For quantitative characteristics of this influence an experimental investigation work of electrical steel properties was held, which is magnetwire made from. For characteristics of available loads on

magnetwire packet certain specific losses were determined in electrotechnical steel and specific magnet active and reactive resistance of this steel.

The calculation of induction electrical magnet system, magnetwire inductor load.

Let us consider stretch of long multy winding inductor, inside which the load is put, and on the external side of inductor packets of magnetwire made of electrical steel are situated (fig. 1), making away for magnetic flux inductor with less magnetic resistance.

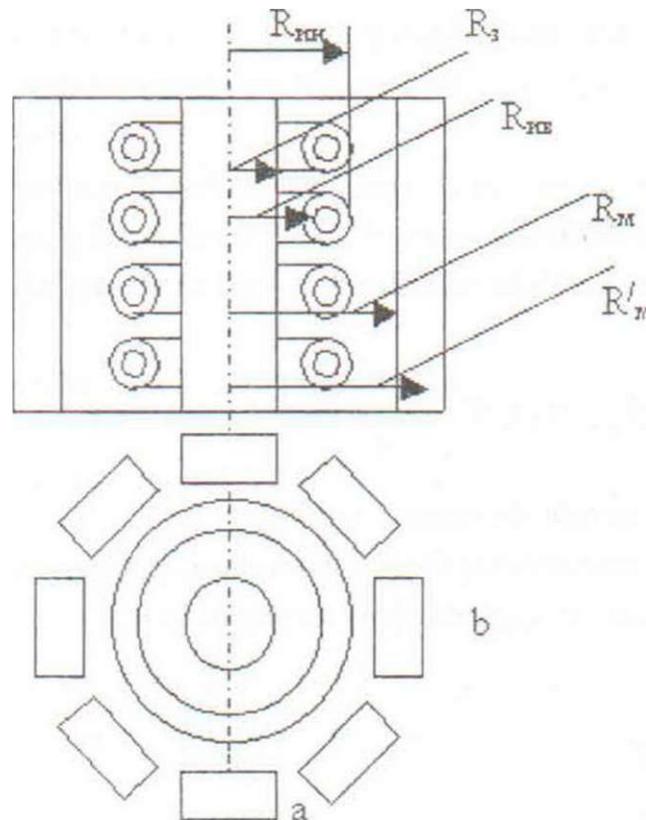


Fig. 1

The sum for voltage, applied to the inductor, is defined as a balancing inductivity by the magnetic field of electro-motive force and voltage falling on its active inductor resistance.

$$U = Jr_u + E \quad (1)$$

If we take the initial phase of inductor current equal to 0, all quantities in the phase with it can be written in a

non-complex form.

The quantity of electro-motive force is spent on conducting of magnetic flow in the loan the inductor, the magnetwire and the air clearance between the loan and the inductor, the inductor and the magnetwire.

The magnet flow goes between the loan and the inductor, in the clearance between the inductor and the magneticwire, the magnetic flow goes in the loan.

The total sum of the magnetic flow equals to:

$$= \dots \quad (2)$$

From this formula follows that under analysis of flowspreading between the magnetwire and the inductor one cannot speak but of mentioned conductivity.

Determining the total sum of conductivity for different ways of the magnetic flon we can differ two tasks:

1. The two-measument task of determining of area conductivity of magnet flow paths.

2. The task of calculation mentioned madnet conductivity which are necessary for determining of complete mentioned conductivity.

Let us consider these two consequent tasks.

The Field in a circular air gap between inductor and magnetwire can be considered plane-parallel. Conductivity of an air gap will be defined as:

$$\langle \dots \rangle = \dots = N \dots \frac{d^2 - d^2}{\dots} \quad (3)$$

where S_{um} - means the area of an air gap.

The size of magnetizing force for conduction of the magnetic How through the air gap and the size of magnetic flow are equal to:

$$\bullet \quad \Phi \quad K, = \dots \quad (4)$$

$$\mathbf{t} = K, l u u \quad (5)$$

By analogy with the circular air gap between the inductor and loading:

$$d^2 \dots d^2 \quad (6)$$

$$F_{VI} = \frac{\Phi}{\dots} \quad \Phi_{iU} = F_{I\theta} \dots \quad (7)$$

Conductivity and size of the magnetic flow, passing within the loading will be defined according to the following formula:

$$j r_3 \quad (8)$$

$$\phi = \frac{1}{4\pi} \frac{1}{P_z} \frac{1}{O} \frac{Tr\{d^2-d^2\}}{V} \frac{w}{wJ} \quad (9)$$

Magnetic conductivity and size of the magnetic flow, passing within the magnetwire are expressed:

$$F = \Phi \cdot z \quad \Phi = \frac{F}{\rho} \cdot s \quad (10)$$

where ρ - means complex specific magnetic resistance of electro technical steel;

H, B -mean Intensity of the magnetic field and induction in the packet of the magnetwire.

It is evident that for this magnetic system it's possible to write down:

$$\Phi_{uH} + \Phi_M - \Phi_{Ju} + \Phi_I = \phi_u \cdot$$

Using the law of full current and the first Kirchhof's law for the magnetic circuit one can get the second equation of the next system:

$$\Phi_{IM} + \Phi_M = \Phi_{311} + \Phi_J = \Phi_H \quad (12)$$

As it was noticed, external magnet flow of inductor divides into parts so that sum of $\Phi_{IM} + \Phi_M$ is equivalent to total flow

$$\Phi_{IM} + \Phi_M = \Phi$$

Going on to the writing of this equation in relative digits, we shall have:

$$\frac{\Phi}{\Phi_u} = \frac{\Phi_{Ju} + \Phi_I}{\Phi_u}$$

For the further solution of the system (12) the second member of this expression we shall notice as and call as coefficient of interaction of inductor and magnet wire:

Φ

u

Solving the system of equation (12), using (3), (7), (9), (11) and taking attention that $F_u = J_{||}$, we determine strain of magnet field in the hole between inductor and charging:

$$B_{||} = \frac{I}{2\pi r} \frac{X_{1u} + X_{w} + X_{10} + X_{w0} - j(\mu_{10} + \mu_{10})}{X_{1u} + X_{w} + X_{10} + X_{w0} - j(\mu_{10} + \mu_{10})} = \frac{V}{2\pi r} \quad (14)$$

Analogously we shall have strain of magnet field in the hole between magnet wire and inductor:

$$H_{rii}^{R>} = J_{w,0} \frac{X_{10} + X_{w0} - j(\mu_{10} + \mu_{10})}{X_{10} + X_{w0} - j(\mu_{10} + \mu_{10})} = J_{w,0} \frac{V}{A} \quad (15)$$

In (14) and (15) $B_{||}$ and $B_{||}$ - coefficients of influence of magnet wire and charging on inductor by ferromagnet screening.

Using these expressions and mentioning that by the law of electromagnet induction

$$\vec{E} = -j\omega \nabla \Phi - \nabla \times \vec{A} \quad (16)$$

we shall have:

$$U = J_{w,0} (r_{10} + r_{10}) B_{||} - (X_{10} + X_{w0}) |K_{10}|^2 (X_{10} + X_{w0}) B_{||} \quad (17)$$

where $X_{ii} = a_u W_u^2 C O^2$ - is the reactive resistance of inductor;

X_{10} - is the reactive resistance of equivalent cylinder with the diameter d_w

X_{w0} - is the reactive resistance of equivalent cylinder with the diameter d_w

ρ_x - is the specific magnet resistance of electrical steel, which determines it's absorbing properties;

ρ_k - is the specific active magnet resistance of electrical steel, which determines it's magnet conductivity.

Therefore we shall express the sizes of active and reactive power in the charging of digit's length of boiling system.

$$P, = (M \ll Y \quad r, = 6,2 \cdot 10^{-6} (\text{JH} < \quad) \quad \mathbf{B}_\text{я} \quad d, l, MMjF_{ly} K; m$$

$$\rho_\omega = (M_{\text{я}} Y \quad \epsilon, \quad V, = 6,2 \quad 10^{-6} \text{G} 4, \text{,})^2 \quad B_{\text{я}} \quad : \quad d \quad j \quad \wedge \quad p \quad i \quad M \quad j \quad G, \quad X \quad m$$

Some amount of ampercoiis of inductor will determine with the discount of the final length of inductor:

$$(\text{J}^w i. o) = \frac{10^3}{\mathbf{B}_\text{я} \mathbf{K}_t \mathbf{H} 2 d \mathbf{J} \wedge \mathbf{p}_3 \mathbf{M} j \mathbf{F}_v} \quad (20)$$

The Received expressions let us to solve the task of powers account, which detach in the charging and inductor of thrice element system of heating and determine the specific magnetive power of inductor for this case.

УДК 621.316.925

DIE ANALYSE DER TRANSITIVEN PROZEFIE IN DEN KETTEN DIFFERENTIALSCHUTZE DES ASYNCHRONEN ELEKTROMOTORES BEI DEM START

L.I. Kurgusowa

Die Pawlodarer S. Toraigyrow-Staatsuniversitat

Техникалық жетілгендікті жоғарылату мен қуатты электрқозғалтқыштардың бойлық дифференциалды қорғауның жалған жұмыс істеуіне жол бермеу үшін пайдаланылатын нәтижелер ийыгарылған.

Получены результаты, которые могут быть использованы для повышения технического совершенства и исключения ложных срабатываний продольных дифференциальных защит мощных электродвигателей.

Results which can be used for increase of technical perfection and exception of false operations of longitudinal differential protection of powerful electric-motors are received.

Zur Zeit bleibt sehr aktuell die Frage über die Erhöhung der technischen Vollkommenheit der Langläufigen Differentialschütze der konzentrierten Objekte, einschließliche der Elektromotoren. Wichtigste der Eigenschaften, die technische Vollkommenheiten des Relaischutzes [1] charakterisieren, sind die Selektion und die Stabilität des Funktionierens. In bezug auf die Langläufigen Differentialschütze der mächtigen Elektromotoren solche Faktoren der technischen Vollkommenheit sind, besonders, die Ausnahme der unwahren Ansprechen der Schütze bei dem Start der

Elektromotoren.

In der Praxis der Ausnutzung der elektrischen Stationen wurden [2,3] Fälle der unwahren Ansprechen der Langläufigen Differentialschütze der mächtigen Elektromotoren, die auf den Differentialrelais erledigt sind, bei den Starts der Elektromotoren mehrfach bezeichnet. Die Parameter des Ansprechens dieser Schütze kamen nach der bekannten Methodik [4], die die 10-prozentbedeutung zulässigen Fehler der Transformatoren des Stromes (TS) des Schutzes berücksichtigt, heraus.

Auf Grund der geleiteten Forschungen in [5,6] ist eingerichtet, daß

ein Hauptgrund des Erscheinens des bedeutenden periodischen Stromes der Unbilanz, herbeirufend die unwahren Ansprechen des langslaeufigen Differentialsschutzes des machtigen synchronen oder asynchronen Elektromotors die Sattigung TS von den Stromen der variablen Frequenz, die nach den primaren Wickeln TS in den Anfangsmoment des Starts des Elektromotors verlauft, ist.

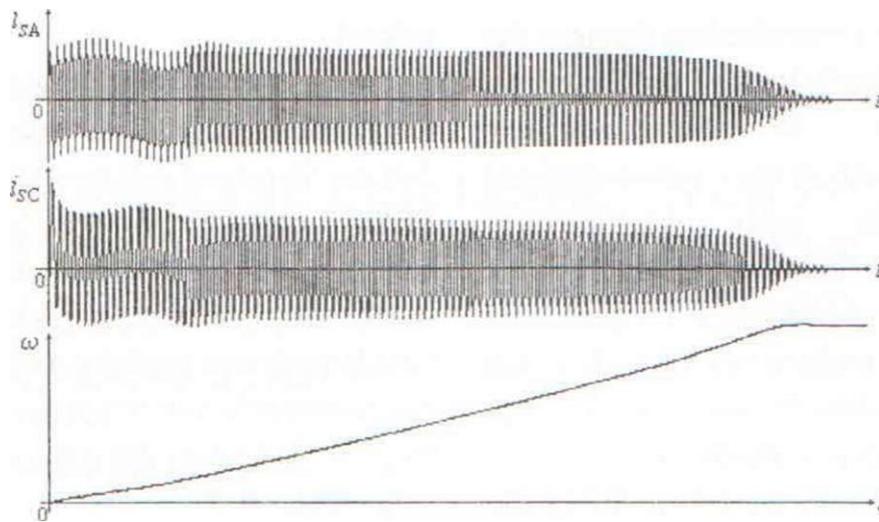
Die komplexe Betrachtung der Fragen und die Erarbeitung der Massnahmen nach der Vorbeugung der unwahren Ansprechen der langslaeufigen Differentialsschutze in den Regimes des Starts der Elektromotoren sind nur mit der Benutzung des zusammengefassten Modells des Objektes «den asynchronen Elektromotor - der langslaeufige Differentialsschutz», beruecksichtigend die Prozesse, die im Elektromotor und in den Ketten des langslaeufigen Differentialsschutzes verlaufen, moeglich.

In der vorliegenden Arbeit ist die Analyse der transitiven Prozesse bei dem Start der Elektromotoren von der Kapazitaet 4000 kW, der naehrhaften verwendeten fuer das Drehen am oftsten Pumpen der elektrischen Stationen, und der Stromen der Unbilanz in der Gruppe der Verbindung TS «der unvollstaendige Stern - der unvollstaendige Stern» des

langslaeufigen Differentialsschutzes geleitet.

Auf der Zeichnung ist die Rechenkurven der Veraenderung in der Zeit der Stromen in den Phasen A und C Elektromotor (die primaren Stromen und I_{vf} in den Phasen des langslaeufigen Differentialsschutzes) und die Geschwindigkeit ω , bekommen mittels der mathematischen Modellierung des Prozesses des Starts des Elektromotors aufgefuehrt.

Wir werden die Stromen in den Phasen des Elektromotors analysieren. In der Phase A ist nur sinusformiger Strom und der freien variablen Frequenz. Die Schwingungen (der wellige Charakter) bieugend der Spitzenbedeutungen des Startstromes in der Anfangsperiode des Starts sind mit dem Vorhandensein im Startstrom der freikomponente variablen Frequenz bedingt. In der Phase C vorhanden sind wie sinusformiger und der aperiodische Komponenten des Stromes, als auch freikomponenten der variablen Frequenzen, die die Schwingungen der Spitzenbedeutungen des Startstromes in der Phase herbeirufen. Nach Anlauf des Laufers des Elektromotors erloschen die Magnetfluee des freien Regimes, und zusammen mit ihnen verschwinden freikomponenten des Startstromes [5].



Die Zeichnung 1 - Die Reaktionskurven bei dem Start des Elektromotore

Freikomponenten, einschließlich Komponenten des Stromes, der die variable Frequenz hat, werden in die nochmaligen Wickeln TS schlecht umgeformt und rufen [5,6] tiefe Sättigungen der Kerne TS und das Erscheinen der bedeutenden Strome der Unbilanz herbei.

Wir werden die transitiven ProzeBe in den Ketten des langslaeufigen Differentialsschutzes des Elektromotore

in der Anfangsperiode seines Starts analysieren. Im Programm des zweiphasigen langslaeufigen Differentialsschutzes (für die Mehrheit der Elektromotoren solcher Kapazität vermeiden die Gruppen der Verbindung TS «der unvollständige Stern - der unvollständige Stern») ist das System der Gleichmachungen (Gleichungen) (die Zeichen vor abgelegt verwendet entsprechen dem Regime inner K3):

$$iW_{j(}^{4l} = R_{2aj} \cdot U_{2aj} + L'_{2aj} \frac{di_{2aj}}{dt} + R_{da} i_{da} + L_{da} \frac{di_{da}}{dt} + R_{o6j} i_{o6j}'$$

$$\frac{dV_{cj}}{dt} = R_{2cj} \cdot \frac{1}{2} i_{2cj} + L_{2cj} \frac{di_{2cj}}{dt} + R_{dc} \cdot \frac{1}{2} i_{dc} + L_{dc} \frac{di_{dc}}{dt} + \wedge_{ooj} i_{o6j}'$$

$$2aj \quad laj \quad oaj \quad aj \quad oaj$$

$$2cj \quad Icj \quad ocj \quad cj \quad ocj$$

$$i_{da} = \sum_{j=1}^2 i_{2aj}$$

$$i_{dc} = \sum_{j=1}^2 i_{2cj}$$

$$i_{o6j} \sim i_{2aj} + i_{2cj}'$$

wo $j = 1, 2$ - die laufenden Nummern der Schultern des Differentialenschutzes;

A, c - die Phase A und C den Schützen;

n_{LI}, n_{LII} - die Gesamtkraftlinienzahl des TS in der Phasen A, C;

R_{2uj} - die Wirkwiderstände und die Induktivität der nochmaligen Kette TS in der Phase A;

R_{2Cj} - die Wirkwiderstände und die Induktivität der nochmaligen Kette TS in der Phase C;

R_{da} - die Wirkwiderstände und die Induktivität der nochmaligen Kette TS in der Phase A der

Differentialkette;

R_{dc} - die Wirkwiderstände und die Induktivität der nochmaligen Kette TS in der Phase C der Differentialkette;

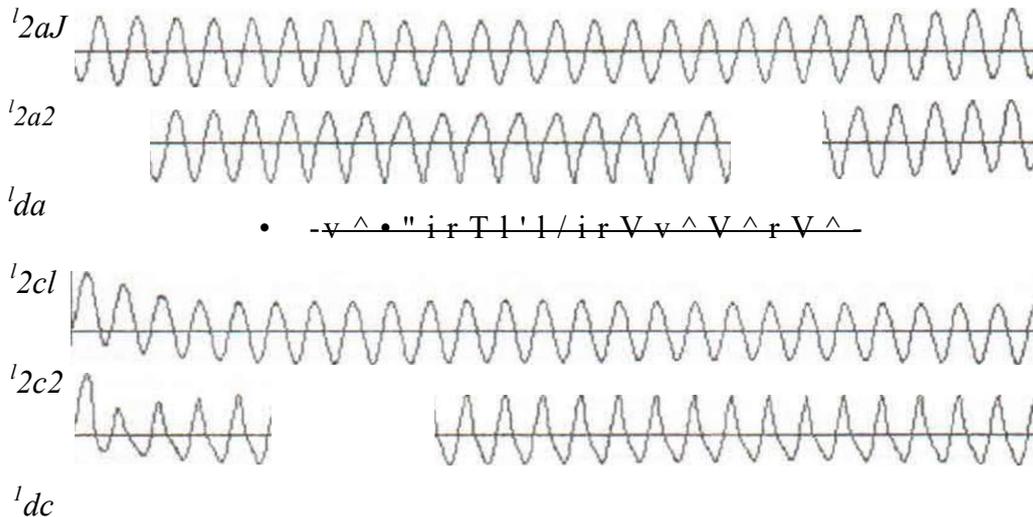
R - die Wirkwiderstände der rückgängigen Leitung (das Kontrollkabel);

i_{up}, i_{un}, i_{lk} - Wandlerprimärstrom, der Wandlerstrom und der Magnetisierungsstrom in der Phase A;

i_{uf}, i_{uc} - der Wandlerprimärstrom, der Wandlerstrom und der Magnetisierungsstrom in der Phase C;

i_{da}, i_{dc} - die Ströme in den Differentialketten in der Phasen A und C;

i_r - der Strom in der rückgängigen Leitung (das Kontrollkabel).



Die Zeichnung 2 - Die Stromkurven in den Differentialenschutzes

Auf der Zeichnung 2 ist die Rechenkurven Ströme in der Phasen A, C den Schultern 1 und 2 (die Ströme i_{2j} , i_{2c} die Ströme i_{2a2} i_{2c2}) und der Ströme der Unbilanze in den Phasen A und C (die Ströme i_{dc}) des langslaeufigen Differentialenschutzes, der mittels der

Modellierung auf dem persönlichen Computer bekommen ist, aufgeführt.

Es ist sichtbar, daß der Strom der Unbilanze in der Phase A dem Schutz mit der Sattigung der Kerne TS vom Strom der variablen Frequenz, und in der Phase C - die Sattigung der Kerne TS der

freikomponente, einschliesslich dem Strom der variablen Frequenz bedingt ist.

Zu Vergleichszwecken ist der quantitative!! und qualitative!! Charakteristiken des Stromes der Unbilanz, im Programm die Bestimmung seiner Integralcharakteristiken vorgesehen:

- der Effektivwerte der Ströme der

Unbilanz (I_{eff});

-Mittler nach dem Modul der Bedeutungen der Ströme der Unbilanz $\langle U \rangle$.

-der Gleichkomponente der Ströme der Unbilanz (I_{BI});

In der Tabelle sind die Bedeutungen der erwähnten Charakteristiken des Stromes der Unbilanz nach den Perioden des transitorischen Prozesses aufgeführt.

Die Tabelle - die Integralcharakteristiken des Stromes der Unbilanz

Numerische Periode	Phase A			Phase C		
	I_{eff}, A	I_{mil}, A	I_{s}, A	I_{eff}, A	I_{lit}, A	I_{gi}, A
1	3,3	2,7	2,7	13,9	11,7	11,5
2	2,1	1,8	1,8	20,8	14,7	14,5
3	1,8	1,5	1,5	12,5	8,5	6,9
4	1,7	1,5	1,5	8,1	6,1	2,4
5	1,8	1,5	1,5	6,4	5,2	0,3
6	2,1	1,7	0,5	5,6	4,6	-0,5
7	4,3	3,0	-0,9	5,2	4,3	-0,6
8	5,0	3,4	-1,2	4,9	4,0	-0,5
9	5,3	3,7	-1,2	4,9	3,9	-0,3
10	5,5	4,0	-1,1	5,0	4,0	0,0
11	5,6	4,2	-1,0	5,3	4,1	0,2
12	5,7	4,3	-0,8	5,6	4,4	0,4
13	5,8	4,4	-0,6	6,0	4,6	0,6
14	5,8	4,5	-0,5	6,4	5,0	0,7
15	5,7	4,5	-0,3	6,7	5,3	0,7
16	5,6	4,4	-0,1	7,1	5,6	0,7
17	5,3	4,2	0,1	7,3	6,0	0,7
18	5,0	4,0	0,3	7,5	6,2	0,5

Die Analyse der Parameter, die in der Tabelle aufgeführt sind, hat aufgezeigt, dass die Ausführung der langlaufigen Differentialschütze der Elektromotoren mit den Messorganen, die auf mittlerer nach dem Modul die Bedeutung des Stromes der Unbilanz reagieren, bevorzugt ist, da der Strom des Ansprechens des Differentialschutzes ungefähr in 1,25-1,5 Male dabei

herabgesetzt sein kann. Es wird mit den Vorschlägen [7], gegründet auf die Analyse der Ströme der Unbilanz, der mit der Sättigung bedingten Kerne TS der langlaufigen Differentialschütze der aperiodische des Stromes ganz vereinbart werden.

Auf die Bestellung Pawlodarer Wärmekraftwerk № 1 waren die Forschungen des Verhaltens der

langslaufigen Differentialschütze der Elektromotoren von der Kapazität 4000 Kilowatt, der nahrhaften für das Drehen verwendeten Pumpen geleitet. Die Analyse hat die ungenügende Selektion der langslaufigen Differentialschütze, die auf den Differentialrelais als DZT-

11 und MZT-11 erledigt sind, aufgezeigt.

Auf Grund der Ergebnisse der geleiteten mathematischen Modellierung war empfohlen wird, die Parameter des Ansprechens der Schütze der langslaufigen Differentialschütze der Elektromotoren zu vergrößern.

INFO-QUELLEN

1. Fedoseew A.M. Der Relaischutz des elektrischen Systems.- M.: Energie, 1976.- 560 S.

2. Slodarsh M.I., Fridman A.J. Der Differentialschutz der Generatoren und der Hochspannungselektromotoren variabel des Stromes.- Die elektrischen Stationen, 1971, №5, S. 85.

3. Metlenko G.P. Die Tests der Differentialschütze der Elektromotoren der nahrhaften Pumpen, die auf dem Relais RNT-565.- Die elektrischen Stationen erledigt sind, 1977, №10, S. 59-60.

4. Die Regeln des Strukturs der elektrischen Anlagen.- M.:

Energieatomizdat, 1985.- 640 S.

5. Bogdan A.W., Kurgusow N.N., Kurgusowa L.I. Die Ströme der Unbilanz der Differentialschütze der mächtigen Elektromotoren // Die elektrischen Stationen, 1980, 9, S. 46-50.

6. Bogdan A.W., Kurgusow N.N., Kurgusowa L.I., Alfutow W.I.. Die Differentialschütze des synchronen Elektromotors // Die elektrischen Stationen, 1989, №5, S. 70-72.

7. Die elektrischen Ketten mit ferromagnetischen Elementen im Relaischutz / A.D. Drosdow, A.S. Sacypkin, S.L. Kushekovv. M.: Energieatomizdat, 1986.- 256 S.

УДК 621.316.925

ABOUT SATURATION OF TRANSFORMERS OF THE CURRENT DIFFERENTIAL PROTECTION OF THE ELECTRIC MOTOR AT START-UP

N.N. Kurguzov, L.I. Kurguzova, M.N. Kurguzova
PSU named after S. Toraighyrov

Бастапқы кезеңде электрқозғалтқышты іске қосқанда жіберілетін токтың аperiodтық құрастыратыныны мен айнымалы жиіліктің еркін құрастыра/нының қуатты асинхронды қозғалтқышының дифференциалды қорғауының ток трансформаторларын пәрең толық/пырудың салыстырмсиы талдауы жасалғак Айнымалы жиіліктің еркін құрастыратындарының дифференциалды қорғаудың ток трансформаторлары өзектерін узақна тым созылған терең толықтырумен баланс еместің (небаланстың) узақты өтпелі тогының пайда болуына себеп болатыны көрсетілгея Айнымалы жиіліктің еркін құрастыратындарының ток трансформаторлары өзектерін алғаищы толықтырудың уақыт кезеңінің аналитикалық формуласы алыған

Проведен сравнительный анализ глубокого насыщения трансформаторов тока дифференциальной защиты мощного асинхронного электродвигателя аperiodической составляющей пускового тока и свободной составляющей переменной частоты в начальный период пуска электродвигателя. Показано, что свободные составляющие переменной частоты могут вызвать более продолжительное глубокое насыщение сердечников трансформаторов тока дифференциальных защит и появление длительного переходного тока небаланса. Получено аналитическое выражение для момента времени первого насыщения сердечников трансформаторов тока свободной составляющей переменной частоты.

The comparative analysis of deep saturation of current transformers of differential protection of the powerful asynchronous electric motor with an unidirectional component a starting current and a free component of variable frequency at the initial stage of start-up of the electric motor is carried out. It is shown, that free components of variable frequency can cause much prolonged deep saturation of cores of current transformers of differential protection and occurrence of prolonged transitive current of imbalance. Analytical expression for the moment of time of the first saturation of current transformers cores of a free current of variable frequency is gained.

In the practice of exploitation of electric power stations and substations with powerful electric motors of alternative current [1], cases of false work of longitudinal differential protection of electric motors executed on the relay with sated current transformers were repeatedly registered.

In [2,3] it is established that the principal cause of occurrence of the significant periodic current of imbalance- it the current of variable frequency at the initial moment of start-up of the electric motor is. At the same time, in a number of sources, for example [4,5], it is affirmed that the reason of false operations of differential protection of powerful electric motors are currents of imbalance caused by saturation of current transformers (CT) of differential protection with unidirectional components of the current of the stator at the initial stages of start-up, instead of currents of variable frequency.

The present work describes the analysis of saturation of CT of longitudinal differential protection with free components of the starting current in the modes of start-up of electric motors of the capacity of 4000 and 8000 kW with the help of mathematical model of object «the asynchronous electric motor - longitudinal differential protection». The known equations describing processes in the asynchronous electric motor [6] and longitudinal differential protection [7] are

taken as a basis of mathematical model of the object « the asynchronous electric motor - longitudinal differential protection.

The current equivalent mesh connection of the rotor and the standard assumptions were used for high-power electric motors with strong dependence of parameters of the wiring of the rotor on the effect of current displacement:

- the voltage applied to the stator winding is sinusoidal;
- all three poles of switching device (the switch in the circuit of the stator winding of the electric motor) become isolated simultaneously;
- the stator and the deep bar rotor have three-phase symmetric windings;
- distribution of the magnetic field of each winding along the circle of the air backlash is sinusoidal;
- losses of steel are not taken into account;
- availability of rotor slot and non-uniformity of the pole gap do not influence on the magnetic conductance.

The voltage on connection terminals of the electric motor is designed calculated with the prediction of power failures on active and jet resistance of the mains (step-down transformers, conductor lines and power cables).

Taking into account the accepted assumptions, the system of the equations describing processes in the asynchronous electric motor, becomes [6]:

$$p^C_{sa} = U_{дв,а} \frac{R_{S_vp}}{l_{as}} \frac{R_{sa}}{l_{sa}} \frac{R_{S_yp}}{l_{os}}$$

$$p^C_{>5(3 \sim^n дв, p^n)} = \frac{R_{sa}}{l_{as}} \frac{Y_{S P^n}}{* S P^n} + \frac{R_{sa}}{l_{as}} M'$$

$$H_{ra} = \frac{R(I)}{L(1)} \frac{r(D)}{ra} \frac{L(I)}{L(I)} \frac{ma}{ma} \quad r(3)$$

$$p^C_{\phi} = \frac{R(I)}{L(1)} \frac{rP}{ar} \frac{m(3)}{ar} \frac{ra'}{ra'}$$

$$p^Y_{ra(2)} = \frac{R^{(2)}}{i(2)} \frac{ra}{ar} \frac{j(2)}{ar} \frac{ma}{ma} \frac{rp}{rp}$$

$$p^F_{\phi(2)} = \frac{R^{(2)}}{i(2)} \frac{V_A(2)}{\Phi} + \frac{R^{(2)}}{L(2)} \frac{V_A(2)}{mp} + \frac{R^{(2)}}{L(2)} \frac{V_A(2)}{ra'}$$

$$ma = \left(\frac{1}{L_{\sigma s}} + \frac{1}{L_{\sigma r}^{(1)}} + \frac{1}{L_{\sigma r}^{(2)}} \right) \frac{V_j(O)}{L_{as}} \frac{vp(2)}{L_{ar}^{<>}} \frac{V}{L_m}$$

$$4^j_{mp} = \left(\frac{1}{L_{as}} + \frac{1}{L_{ar}^{(1)}} + \frac{1}{L_{ar}^{(2)}} \right) \frac{V_{sp}}{L_{as}} \frac{rP}{f_{ar}^{(1)}} \frac{rp}{L_{ar}^{(2)}} \frac{V_{m(3)}}{L_{in}}$$

$$M = \frac{3}{2} \frac{P_j}{L_{as}} \frac{V_P}{ma} \frac{V_p}{sp} \frac{U}{sa} \frac{4}{mp};$$

$$p_{co} = \frac{M - M}{J} \cdot K$$

$$sa = \frac{vp_{sa} \cdot ip_{ma}}{l_{as}} \frac{j_{sp}}{sp} \frac{V_{mp}}{L_{as}}$$

$$U_{дв,а} = U_{sa} - R_{c sa} \frac{di_{sa}}{dt}; U_{дв, p^n} = U_{s3 \pi} - R_{c sp} \frac{di_{sp}}{dt}$$

Where $a, (3$ - system of coordinate axes;

p - the symbol of differentiation on time;

$\Lambda''s' \wedge as''$ active resistance and induction of dispersion of the winding of the stator;

$\Lambda''s' \wedge as''$ magnetic linkage wirings of the stator on axes;

$\kappa- \Lambda''s' \wedge as''$ active resistance and leakage induction of the first loop of a winding of a rotor;

$\Lambda''s' \wedge as''$ active resistance and leakage induction of the second loop of the winding of the rotor;

$\Lambda''s' \wedge as''$ magnetic linkage of the first loop of the winding of the rotor on axes;

$\Lambda''s' \wedge as''$ magnetic linkage of the second loop of the winding of the rotor on axes;

$\Lambda''s' \wedge as''$ magnetic linkage of mutual induction on axes:

$U_{s, a}, U_{s, p}$ - voltage of the power supply on axes;

$\Lambda''s' \wedge as''$ voltage on connection terminal of the electric motor on axes;

$\Lambda''s' \wedge as''$ active resistance and induction of the power line;

ω_r - angular speed of rotation of an electric motor rotor;

M - the electromagnetic torque of the engine;

$M_c(\omega_r)$ - the drag torque of the mechanism in the function from speed of rotation;

P , - number of poles pairs;

$i_{c, a, b}$ - currents in the stator wiring on axes.

On fig. 1 the rating oscillogram of change in time of currents in phases A, B and C of the stator winding the electric motor with the capacity of 4000 kW and is given the angular speed ω_r during the start-up, gained by mathematical modelling of processes in an electric drive.

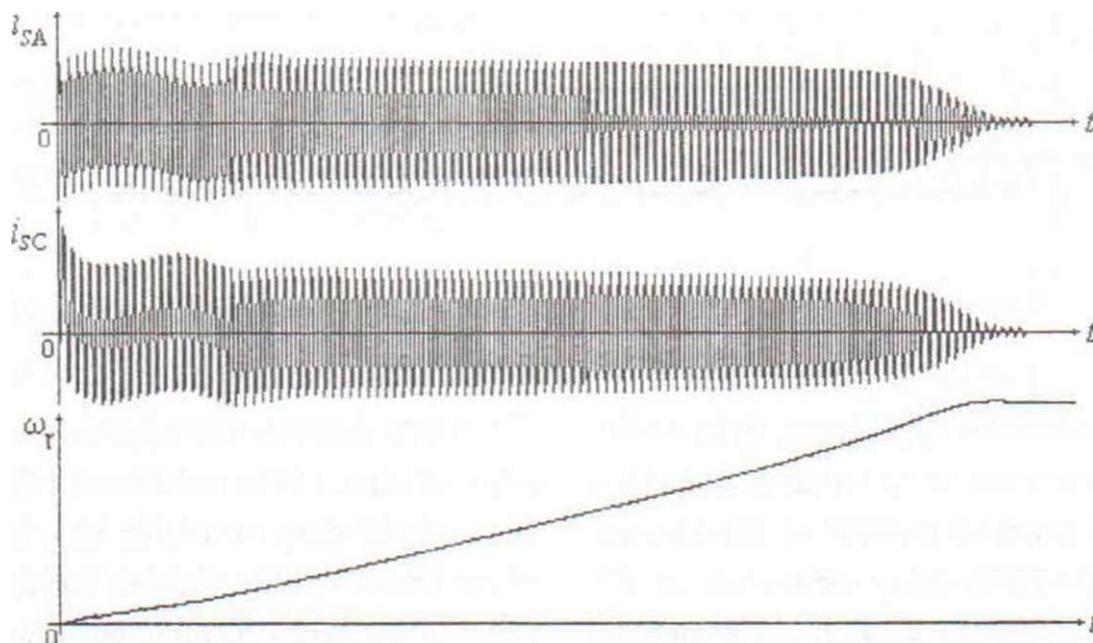


Figure 1 - the Oscillogram of start-up of the electric motor

IIIUg till d.M5 Ul IIIIC lb OUVIOUSIV

In the phase A the stator winding of the electric motor, the unidirectional component of the starting current is absent. Therefore, the placement of the current curve is determined by imposing the starting current of the free component having the same frequency on the periodic current. In the phase A this result is the unidirectional component of the starting current and the free component.

are also transformed to secondary windings of CT, causing [2-4] saturation of CT cores and occurrence of significant transitive currents of imbalance. In figure 2 the settlement oscillogram of change in time of currents of shoulders and currents of imbalance in phases A and C of the longitudinal differential protection of the electric motor with the capacity of 4000 kW is given.

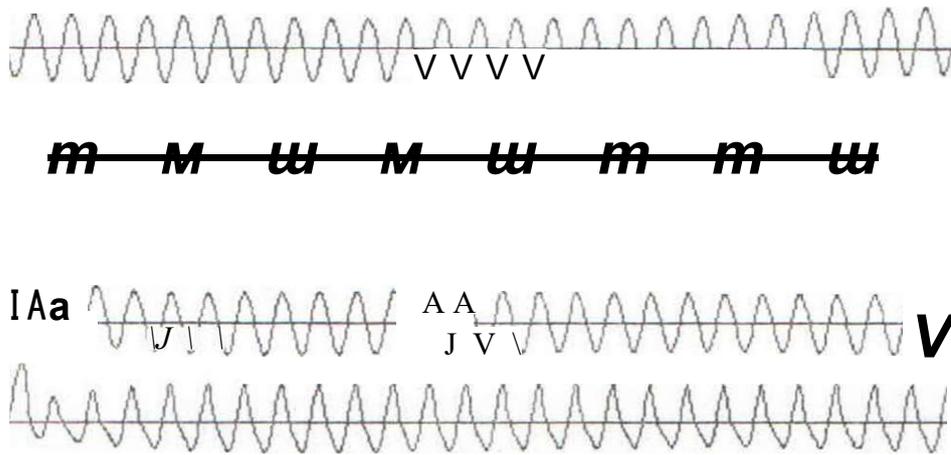


Figure 2 - the Oscillogram of currents of shoulders and currents of imbalance of protection

From the oscillogram it is visible that the current of variable frequency during the starting current of the electric motor causes deep saturation of CT cores and occurrence of the prolonged unidirectional current of imbalance.

Let's analyse the opportunity of entry of cores of the most loaded CT in the mode of deep saturation as a result of the action of only the free current of variable frequency in time, equal to the first half-cycle of this current. The

CUICb <K of the magnet T/ current initial « motor i contact: the stat< motor [the val simulta of the s frequen [9] of simultai D the free as the c start-up electric 4000 ar reach 0. a const; the un practice second; duratio unidirec within tl Hence, t variable more ii nidire

characteristic of magnetization CT such as TPOL-IO is close to rectangular. Therefore, in the analysis of the modes of deep magnetic saturation of their cores according to [7], we use the method of the rectangular characteristics of magnetization.

The amplitude A_d of the free current of variable frequency at the initial stage of start-up of the electric motor at simultaneous short circuit of contacts of the switch in the circuit of the stator winding can reach the electric motor [2], or even to exceed a little [8] the value of rated current. At non-simultaneous short circuit of contacts of the switch free currents of variable frequency can exceed by 1,4-1.8 times [9] of the values of currents at simultaneous short circuit of contacts.

Duration of the first half-cycle of the free current of variable frequency, as the carried out research of modes of start-up of the non-loaded and loaded electric motors with the capacity of 4000 and 8000 kW have shown, can reach 0,3-0,8 seconds (in comparison, a constant of time T_a attenuations of the unidirectional component in practice is within the limits of 0,01-0.04 seconds [5] and, consequently, the duration of existence of the unidirectional component is practically within the limits of 0,03-0,16 seconds). Hence, the influence of free currents of variable frequency on cores CT will be more prolonged, than the unidirectional component of the

starting current.

Let's present the free secondary current as a not fading sinusoid roughly approximately:

$$i_{sa} = i_{sa} = A_a \sin(\omega t).$$

Magnetic linkage before saturation of core CT, taking into account [11]

$$\psi = r_2 J' 2s3^{dt} + V$$

where r_2 - active resistance of secondary circuit CT;

V - initial magnetic linkage, appropriate to residual magnetization of the core.

After the transformations executed according to [7.11] under condition of $\psi = 0$, we shall receive the expression of time of entry of core CT in the saturation caused by the action of the first half wave of the free component of the current of variable frequency (during the time of the first turn of the rotor at the angle of 180°):

$$t_{s1} = \frac{1}{\omega} \arccos\left(1 - \frac{B_m}{B}\right)$$

Where B_m - the induction of saturation of core CT;

B - the amplitude of the induction at the absence of saturation of the core.

Under calculating conditions for the electric motor with the capacity of 8000 kW the time of the first saturation of the most loaded CT longitudinal differential

th the data gained as a result of the of 300 MW.

CONCLUSIONS

1. It is shown, that free components of variable frequency may give more prolonged deep saturation of the cores of transformers of the current of differential protection.

2. The analytical expression for the time of the first saturation of cores CT

of free current of variable frequency is gained, which can be used in the research of transitive modes of operation of CT of longitudinal differential protection of electric motors using the method of the ordered impression of the initial-current components.

THE LITERATURE

1. Slodarz M.I., Frydman A.J. Differential protection of generators and high-voltage electric motors of variable current.-Power station, 1971, № 5.

2. Bogdan A.V., Kurguzov N.N., Kurguzova L.I. Current imbalance of differential protection of powerful electric motors // Power station, 1980, № 4, p. 46-50.

3. Bogdan A.V., Kurguzov N.N., Kurguzova L.I., Alfutov V.I. Differential protection of the synchronous electric motor of power station, 1989, № 5, p. 70-72.

4. Kuzhekov S.L., Chmyhalov G.N., Shihkerimov I.A. Differential protection of electric motors//Electrotechnics, 1985, № 8, p. 40-44.

5. Relay protection of electric motors by the voltage higher than 1 kW// Paper of S.L.Kuzhekov, M.: Energoatomizdat, 1987.-248 p.

6. Sivokobylenko V.F., Kostenko V.I. Mathematical modelling of electric

motors of own needs of electric power stations.-Donetsk, DPI, 1979.-110 p.

7. Electric circuits with magnetic elements in relay protection / A.D.Drozdov, A.S.Zasyupkin, S.L.Kuzhekov etc.; Under edition of V.V.Platonov.-of M.: Energoatomizdat, 1986.-256 p.

8. Kuzhekov S.L., Shihkerimov I.A., Chmyhalov G.N. protection of the electric motor from failure start-up // News of high schools of the USSR. Electromechanics, 1980, № 10, p. 67-72.

9. Kovach K.P., Rats 1. Transient processes in machines of alternative currents.-M.-L.: Gosenergoizdat, 1963.-744 p.

10. Liberzon E.M., Korolev E.P. Calculation of the safe loads in current circuits of relay protection.-M.: Energy, 1978.-264 p.

11. Drozdov A.D. Asymmetrical transient modes in electric systems and circuits of relay protection.-Novocherkassk: NP1, 1977.-76 p.

УДК 621.181

THE CONSERVATION OF THERMAL NETWORKS

A.A. Glazirin, M.T. Sysdykov

PSU named after S. Toraygyrov

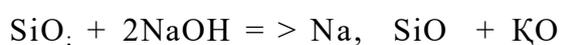
Жазуда жазгы кездегі жылу торабының консервациясының технологиясы қараст ырылды

В статье рассмотрена технология консервации тепловых сетей в летний период.

In the article there is an idea of know-how of preservation of thermal networks in years period is reviewed.

In summer period warmer networks of enterprises, the heating of cities blocks, the central heating of settlement don't work, are in reserve filling by water or if necessary of outflow the part of tubes can be in a semisubmerged condition in atmosphere of high realization of repair works - empty. If the networks remain with water, because of relative humidity. The metal of tubes in this case is subjected of intensive corrosion. Slime and the solid corrosion products which are generatrix on a surface of metals during activity, have rather small-sized pores, and at a drainage of water it in them lingers over. In outcome at idle time the metal appears by wetted at the expense of a capillary condensation in depositions

at damp below than dew point. In such conditions also processes of corrosion rather fast develop, as the water filling in a pores, is an electrolyte. In this connection all thermal networks not working in summer period are necessary for depreserving. Now conservation of thermal networks of a part of habitation quarters Pavlodar carry out by solution of silicate of natrium. The silicates of natrium and potassium are received at fusion of silicon dioxide with diabrotic alcali:



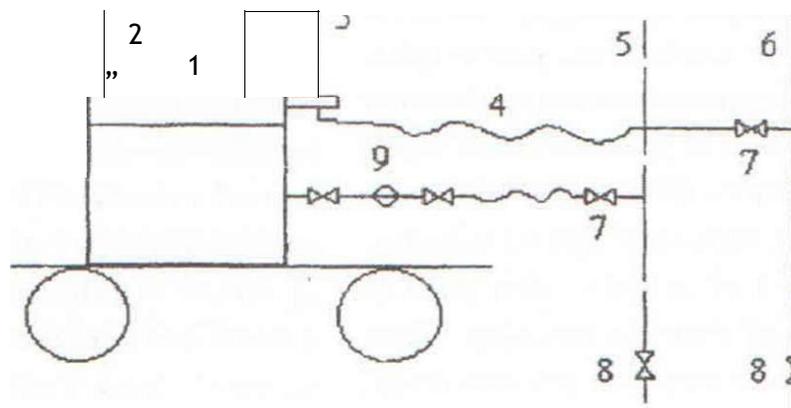
Due to a having paid likeness with glass and high dissolubility in water of

silicate of natrium and potassium have received titles dissoluble or water glass. The silicate of natrium is most applicable for the purposes of conservation. In an industry silicate of natrium receive by fusion of sand with soda salt or with a mix of sulphate and coal. The aqueous solutions of silicates of alcali metals have alcali reacting owing to a hydrolysis. Silicate of natrium well we shall dissolve in water, is indissoluble in solutions of salts of natrium, in alcohol. It is dense solution yellow or is grey of colour, without mechanical actuations seen by a unaided eye.

At presence in water of ferric oxides and contact of solution with surface of metal the shielding protective layer ferrosilicate as connection $FeO \cdot FeSiO_3$, will be derivated. At presence in water of calcium the protective layer including calcium, silicate of natrium and iron will

be derivated.

The laboratory activities with samples and experience of conservation of thermal networks of habitation quarters of Pavlodar have shown a capability of cooking of preserving solution on the water which has stayed in thermal networks. At circulation of solution contoured part of ferric oxides is spent for formation ferrosilicate of a film on internal surfaces of tubes, and their excess remains as a deposit on a surface ferrosilicate of a film and at water washing out in a start-up phase easily leaves. Preservation carry out at concentration SiO_2 within the limits of 1,5-3 g/l or 4,5-9 kg/m³ of the technical product. At presence incoming water of chlorides and sulphates is received greater of indicated values. At conservation of habitation quarters install a mobile caravan, introduced on the scheme.



Scheme of a mobile caravan for conservation of quarter thermal networks:

1 - Tank for circulation of solution contoured; 2 - supply of concentrated technical silicate of natrium; 3 - fixed pipe

line of reset of water in a tank; 4 - flexible pipe; 5 - straight line the pipe line of water delivery per habitation quarter; 6 - figurative pipe line of water delivery per habitation quarter; 7 - again established fixed union;

8 - nominal reinforcement; 9 - pump of a type 2K-6 or 3K-6 for circulation of preserving solution contoured.

On a movable dolly install a tank by 1 capacity 1-1,5 m³ and pump 9 with supply to approximately equal water volume preserved by thermal networks. On a tank the pipe line 3 for connection of a flexible pipe 4 is installed. On direct and converse pipe lines thermal networks also install of the fixed pipe connection with valves for affixture of a flexible pipe. After opening-up of the scheme of recirculation in a tank 1 dose computational quantity of silicate of natrium. The control behind its concentration conduct on samples taken on reset 3. At circulation of preserving solution, but not earlier than through 2 hours after the moment of input of a reactant, with the purpose of intensification of stirring of silicate of

natrium on all sites solution pumping on separate sites with cut-out adjacent.

In connection with considerable ramifide of a preserved contour the duration of circulation should be not less than 12-16 hours. The preserving solution remains in pipe lines before launch of a network in activity. If it is required to lay up completely thermal networks and boiler-house working for these networks, after the ending of heating season and the decrease of temperature of water in thermal networks are lower 60°C actuate pumps of water circulation, and from nourishing of a tank in pipe lines of a network dose computational quantity of a strong solution of silicate of natrium. Circulation of solution execute not less than 1 day. Before launch in activity preserving solution from thermal networks drain. Padding washing out of pipe lines it is not required.

LIST OF THE LITERATURE

1. Glazyrin A.I., Muzyka L.P., Kabdualieva M.M. Corrosion and preservation (conservation) energetic of the equipment.

2. Akolzin P.A. Corrosion and

protection of metal of the heat power equipment. M.

3. Tomashov N.D. The theory of corrosion and protection of metals. M.: publishing house AH.

F BARREL BOILER BY SOLUTION OF A /DRAZINE AND AMMONIA

Glasyrin, V.A. Glasyrin

>U named after S. Toraygyrov

Жазуда барабанды қазандардың гидразин және аммиакпен жоғарғы температуралық, консервациясының тоқталу кестесіндегі әдісі астырылған

В статье рассмотрена технология высокотемпературной сержавии барабанных котлов раствором гидразина и аммиака в режиме остановки.

The know-how of hyperthermal preservation of barrel boiler by solution of hydrazine and ammonia in a mode of their break is reviewed In the article.

passivation of heating surfaces
tion of a hydrazine with
at heats provides formation of
ig film rather high quality. Such
on in closed systems for
ents with the small contents of
10 more than 0,03 мг/kg) and
d pH is specially effective. Thus
amount of ferric oxides located
ce of metal participates rather
ion of a hyperthermal layer,
ic) weight Fe₂O₃, as well as Fe
^u₂O, CuO, at the expense of
lattice constants and as a result
very up to the protoxidic and
forms(shapes) and formation
;x compounds loses a strength

member with base metal and leaves from
heating surfaces in preserving solution.

The entirety of deleting of ferric
oxides and brass from a heating surface
in an initial stage of realization of
preservation(conservation) depends on
concentration of a hydrazine in water,
temperature of environment, and also
pattern and structure of corrosion
products.

The realization of hyperthermal
preservation(conservation) in a mode of
break allows to use a heat of the cooling
down boiler. So, at break of the
barrel(drum) boiler of high and super-
high pressure without forced
disenchating of temperature of

at maxim
the barre
input of
his(its) S'
header cc

The
hyperthen
a boiler v
saltinsolu
a replenish
contained
clean com
kgs in salii
(PO1~, S
exceed 40
200 мг/kg:
of a boiler
the contei
limits, alb
preservin
concentrat
little for
consumpt
compound
boiler watt
them saltU
clean com J
200-600 v
both in
compartm
acids on cl
- accord in

environment in all heating surfaces exceeds 230°C within not less than 6 hours.

Condition of successful realization of preservation (conservation) of the boiler is the input of passivating reactants at maximum heats of environment. For the barrel (drum) boiler it is reached by input of strong solutions directly after his (its) switching-off (cut-out) from the header collecting pairs.

The solution for realization of hyperthermal passivation can be prepared on a boiler water of different composition of salt in solution. So, boiler water of HES with a replenishment chemically by treated water contained up to 10 мг/kgs of chlorides in a clean compartment (bay) and up to 50 мг/kgs in saline. The sum of remaining anions ($\text{SiO}^* \setminus \text{SO}_2^-$ Etc.) did not exceed 40 on clean I shall dissect away and 200 мг/kgs on saline. Analyzing a structure of a boiler water, it is necessary to note, that the contents of chlorides laid within the limits, allowed (permissible) for cooking preserving solution. However initial concentration of a hydrazine is necessary a little for increasing because of its consumption at formation of complex compounds with impurity (additives). The boiler water of boiler at a replenishment has them saltless by water with salt content in a clean compartment (bay) 20-40, and in saline 200-600 мг/kgs. The contents of chlorides both in clean, and in a saline compartment (bay) does not exceed 1, silicic acids on clean and saline I shall dissect away - accordingly 1-1,5 and up to 10 мг/kgs. In

absence of oxygen and at presence in solution of other anions the allowed (permissible) concentration of chlorides can reach 350 мг/kgs or even of the tenth fractions of percent. The chlorides are adsorbed by oxide layer only there, where the surface is very active, thus presence stranger (extraneous) ions considerably kills depassivation of metal by chlorides. At simultaneous presence of a hydrazine, chlorides and sulphates in passivating solution the double and mixed halogenids and double sulphates metallhydrazine can be derivated, which one loosen depassive operating of chlorides on metal sharply. All this enables a capability of realization of preservation (conservation) of boiler by solution of a hydrazine and ammonia cooked on умягченной to water. For 5-10 mines before termination (ending) input of reactants in the boiler agrees режимной to a card of break open purging a superheater. That allows to fill in heating surface by ammonia and provides high performance of preservation (conservation). The preservation (conservation) of the boiler takes place at his (its) gradual cooling, and consequently the duration of process of passivation is determined in parameters of the boiler. As the termination (ending) of passivation it is necessary to consider (count) the moment, when temperature of a boiler water is reduced (descended) up to 200-250°C. Process of passivation accompanies partial washing out of heating surfaces of the boiler from friable depositions passing in slime, which one of them is necessary for eliminating with purging. During preservation (conservation) the continuous

purging is closed, the maiden periodic purging through the lower headers carry out (conduct) through 3-4 hours, since panels of saline compartments (baies). At correctly selected initial concentration of a hydrazine in preserving solution the residual concentration it at reset (drop) does not exceed in 3-5 мг/kgs. As solution is contained sufficient quantity of oxides of brass, at a drainage on air the hydrazine is fast decomposed, and at reset (drop) it is necessary only to neutralize of ammonia and to eliminate or to dilute oxides of heavy metals. In order to prevent violation (disturbance) of a protecting film after a drain of preserving solution it is not recommended to flush an internal heating surface of the boiler, and also to spacefill (stuff) by its water with hydrogen ionization value below 10,5. If necessary of fulfilment of a pressure test in feed-water at filling also it is expedient to dose a strong solution of ammonia for increase pH up to 10 and more.

The chemical control at realization of preservation executes pursuant to the guidelines.

The control behind quality of preservation (conservation) should be executed on samples from heating surfaces of the boiler cut directly after its (her) realization and upon termination of repair, and also visual inspection of a shell of boiler. The inhibited surface of metal should have dark, characteristic for a hydrazine, passive film.

Thus know-how of hyperthermal preservation (conservation) of heating surfaces of boiler at usage hydrazine - ammoniacal solution with concentration of 30-200 мг/kgs of a hydrazine and pH more than 10 and also at temperature of environment in a start of preservation (conservation) 300-340°C will be derivated a protecting film of magnetite, which is saved during not less 3-4 months without any tracks of secondary rusting.

LIST OF THE LITERATURE

1. Glazyrin A.I., Muzyka L.P., Kabdualieva M.M. Corrosion and preservation (conservation) energetic of the equipment.

2. Akolzin P.A. Corrosion and

protection of metal of the heat power equipment. M.

3. Tomashov N.D. The theory of corrosion and protection of metals. M.: publishing house AH .

УДК 622.684.001.25

^ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КАТАЛИЗАТОРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА

А.К. Акимбеков, М.К. Ибатов, Т.Н. Налибаев
*Карагандинский государственный технический
университет*

Промотор ретіндегі ұсақ дисперсиялы платинасы бар. А/0, арқауындағы катализатор бетінің құрылымы мен физика-химиялық қасиеттерін зерттеу нәтижелері келтірілгені Карьер автоколігінің дизельді қозғалтқыштарының пайдаланылған газдарын бейітараптандырғыштар реакторларында 250-600°С температурада СО көміртек тотығын төмендету тиімділігі бойынша катализаторларды сынау жұмысына талдау жүргізілген.

Приводятся результаты исследования физико-химических свойств и структуры поверхности катализатора на носителе Al_2O_3 , содержащей мелкодисперсную платину в качестве промотора. Проведен анализ испытаний катализаторов по эффективности снижения окиси углерода СО при температуре 250-600°С в реакторах нейтрализаторов отработавших газов дизельных двигателей карьерного автотранспорта.

One of the most important problems concerning the carrier automeans is the increase of its exploitation safety. The solution of this problem is possible on the basis of the proposed theoretical preconditions on managing quality indicators of the carrier automeans exploitation safety. Structural scheme of factors influencing the safety of automeans, is brought up.

Каталитическая нейтрализация отработавших газов является одним из основных направлений исследований, направленных на решение проблемы повышения эффективности очистки токсичных компонентов отработавших

газов карьерных автотранспортных средств в условиях их эксплуатации на предприятиях горнорудной промышленности. При этом, кроме совершенствования конструкций самих нейтрализаторов, важным является поиск

Для решения проблемы подбора наиболее эффективных, обладающих высокими сорбционными свойствами платиновых металлов, нанесенных на носитель $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, требуется проведение исследований катализаторов на основе комплексного подхода и испытание их на эффективность очистки окиси углерода CO в отработавших газах дизельных двигателей автотранспортных средств.

В связи с этим были проведены лабораторно-стендовые исследования опытных партий катализаторов, разработанных Институтом органического катализа и электрохимии АН РК, на их эффективность и степень активности в окислительных процессах в сравнении с серийно выпускаемым платиновым катализатором ШПК-2 на носителе ШН-2.

Для проведения лабораторно-стендовых исследований была использована экспериментальная установка на базе дизельного двигателя ЯМЗ-238, где на выпускном тракте отработавших газов двигателя был установлен каталитический нейтрализатор модели ГКА.

На первоначальном этапе стендовых исследований испытанию подвергались опытные партии катализаторов ПТ-5, К-7-1 и П-7.5.25. На следующем этапе стендовых исследований испытанию на активность по окислению токсичных компонентов были

катализаторов П-7.10/ШН-2. П-7.10-5.25/ШН-2 и серийно выпускаемый катализатор ШПК-2.

Отдельные результаты лабораторно-стендовых исследований, приведенные в таблице 1 и на рисунке 1, свидетельствуют о существовании зависимости конверсии окиси углерода CO (0,015-0,075 % по объему) после нейтрализатора и степени очистки CO (14-86 %) от нагрузки на двигатель (25-100 кг) и соответственно температуры отработавших газов (240-650 °С) в реакторе нейтрализатора.

Анализ результатов испытаний подтверждает, что высокая степень очистки CO (86 %) соответствует высокой температуре (640 °С) и режиму максимальной нагрузки на двигатель (100 кг). По отдельным катализаторам уровень нейтрализации токсичных компонентов отработавших газов достигает 91 %. По степени очистки отработавших газов от CO исследуемые катализаторы располагаются следующим образом: ШПК-2 > П-7.10-5.25/ШН-2 > П-7.10/ШН-2.

Концентрация платины в опытных образцах смешанных платиновых катализаторов (0,038 мас. %) уменьшена по сравнению с ШПК-2 (0,2 мас. %) более, чем в 5 раз. При этом, как видно из результатов испытаний, это приводит к благоприятным условиям для повышения активности катализаторов.

Рост эффективности платиносо-

державших катализаторов был связан с количественным уменьшением содержания свободно восстановленной формы платины Pt до определенного размера кристалликов (25 - 40 Å) - видимо, оптимальные размеры

кристалликов Pt и природа ее состояния, а также соотношение (Pt^m / Pt^J) играют важную роль при контакте с активным атомарным кислородом в окислительном процессе между $(O_{хи} + CO \rightarrow CO_2 \cdot$

Таблица 1

Результаты лабораторно-стендовых исследований катализаторов К-7-1, П-7.5.25, ГТТ-5

Нагрузка на двигатель $P, кГ$	Температура отработавших газов, /г, °С	Концентрация окиси углерода CO в отработавших газах, % по объему		Степень очистки отработавших газов от CO , K_0 , %
		до нейтрализатора	после нейтрализатора	
К-7-1				
25	310-250	0,150	0,075	50
50	430-390	0,080	0,075	14
75	580-430	0,075	0,060	20
100	650 - 590	0,150	0,050	66
П-7.5.25				
25	320 - 240	0,075	0,050	33
50	420-380	0,100	0,075	25
75	580-420	0,110	0,060	45
100	640 - 580	0,250	0,075	70
ГТТ-5				
25	240 - 240	0,075	0,035	53
50	400 - 340	0,075	0,015	80
75	520 - 420	0,100	0,020	80
100	640 - 520	0,150	0,020	86

При оптимальных условиях активные атомы кислорода легко выделяются из элементарной ячейки решетки платины ($O_{хи} \rightarrow O$).

Результаты исследований [1,2, 3. 4] структуры поверхности дисперсных металлов (Pt, Ir, Ru, Ni) на поверхности дефектных решеток и их хемосорбции (O)

кислорода хорошо согласуются с нашими данными по вычислению энергии связи М-0 (кДж/моль): $Pt - 0 = 330 \cdot 100$; $Ir - 0 = 16 + 80$; $Ru - 0 = 16 \cdot 20$; $Ni(III) - 0 = 4 + 1$

Скорость окисления CO также имеет прямую связь с энергией связи платины и атомарного кислорода. Проведенный анализ хемосорбции

окси углерода на поверхностном слое металлической *Pt* при температуре от 300 °C до 600 °C позволил выявить два типа образования CO_{α} , при-

$$\begin{aligned} \alpha - CO_{\alpha}, E_u &= 38 \text{ кДж/моль. } K'' = 10^9 \text{ см}^2/(\text{мол. с}); \\ \rho - CO_{\alpha}, E_u &= 83 \text{ кДж/моль. } K_{\rho} = 10^{-6} \text{ см}^2/(\text{мол. с}). \end{aligned}$$

С повышением температуры основная часть хемосорбированных атомов кислорода переходит на окисление CO и превращается в CO_{α} . Возможно из-за высокой температуры (600 °C) на поверхности рыхлого металла платины с высокой дисперсностью происходит гистерезисное явление.

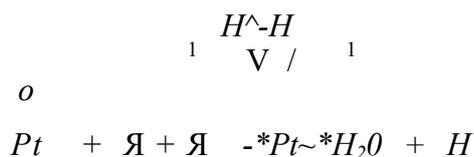
По данным РФЭС [2], на поверхностях твердых тел адсорбированная окись углерода CO характеризуется энергиями связи θIs (531,4 - 535 эВ) и $C Is$ (230 + 286 эВ). Анализ положения линий $C Is$ и θIs [2, 3, 4] позволил сделать вывод о том, что на поликристаллической поверхности *Pt* имеются две формы адсорбции CO : α - форма со связью, близкой к карбонильной, и ρ - форма, которая представляет диссоциативный характер.

чем в областях температуры 300 - 450 °C (α - CO_{α}), а 400 - 500 °C (ρ - CO_{α}).

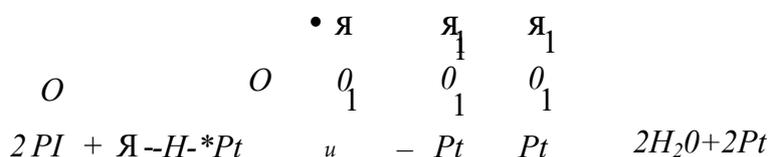
Имеется характерное различие по энергиям связи:

Фазовые превращения контролировались методами ДМЭ, РФЭС согласно реакции $CO(\text{газ}) + O(\text{газ}) \rightarrow CO_{\alpha}$; по адсорбционному механизму Лэнгмюра-Хиншельвуда (совместной адсорбции кислорода и углекислого газа). С увеличением температуры в реакторе нейтрализатора происходит перестройка поверхности и создаются условия для образования диссоциативной ρ - формы CO . В этих условиях водород не может хемосорбироваться на поверхности платины.

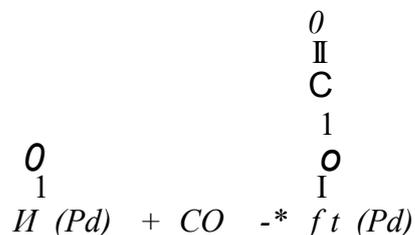
При окислении водорода и окиси углерода на металлической платине при повышенной температуре происходит взаимодействие адсорбированного кислорода с водородом на газовой фазе [5]. В этом случае может происходить реакция:



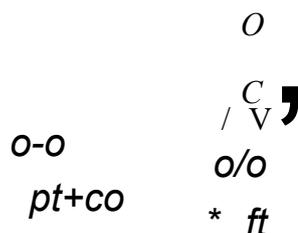
или



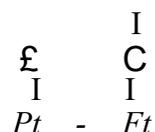
т.е. идет образование гидрокеильной группы, а затем этот процесс доводится до восстановления платины и молекул воды. На поверхности адсорбированного атома кислорода в решетке *Pt* при контакте с *CO* происходит окисление:



и



Аналогичное окисление также возможно на переходных металлах. По данным ИК - спектров *CO* после адсорбции на поверхности θ : происходит диссоциативная адсорбция в виде:



т.к. молекула *CO*, на платине не адсорбируется, тем более диссоциативно. Данный комплекс доказывает, что часть атомов *Pt* взаимодействует через атом углерода, где локализованы электронные *s*-орбиты для граней (110) и (100).

Таким образом, в данной статье проанализирована проблема эффективности адсорбции *CO* на поверхности определенного размера кристаллического порошка *Pt*, нанесенного на носитель определенной структуры. Было рассмотрено влия-

ние физической среды реактора нейтрализатора при разной температуре (300 + 600 °C) на процент превращения (*CO* → *COJ* при непосредственном участии атомарного кислорода (*O_{xii}*)).

Для анализа поверхностного и послойного состава и их изменений были привлечены современные методы ДМЭ и РФЭС. По результатам анализа можно сделать заключение о механизмах поверхностных явлений процесса окисления *CO* + *O* → *CO*, с изменением концентрации атомов *Pt* на грани ре-

сетки платины (ПО) и (100).

Учитывая малый расход платины в катализаторе П-7.10-5.25/ШН-2 по сравнению с серийно выпускаемым катализатором ШПК-2 и близкую к ШПК-2 эффективность очистки отработавших газов, представляется целесообразным рекомендовать катализатор П-7.10-5.25/ШН-2 к промышленным испытаниям на системах нейтрализации автотранспортных средств, работающих в карьерных условиях

горнорудной промышленности. Вместе с тем, проведенные исследования физико-химических и адсорбционных свойств поверхности катализаторов свидетельствуют о влиянии дисперсности металлов платины на сорбционные характеристики. Для решения задачи по определению оптимальных платиносодержащих катализаторов, нанесенных на γ - Al_2O_3 , требуется разработка и дальнейшее исследование новых материалов.

Зависимость степени очистки окиси углерода CO (K_u , %) от нагрузки на двигатель (P , кг) по катализаторам П-7.10, П-7.10-5.25 и ШПК-2

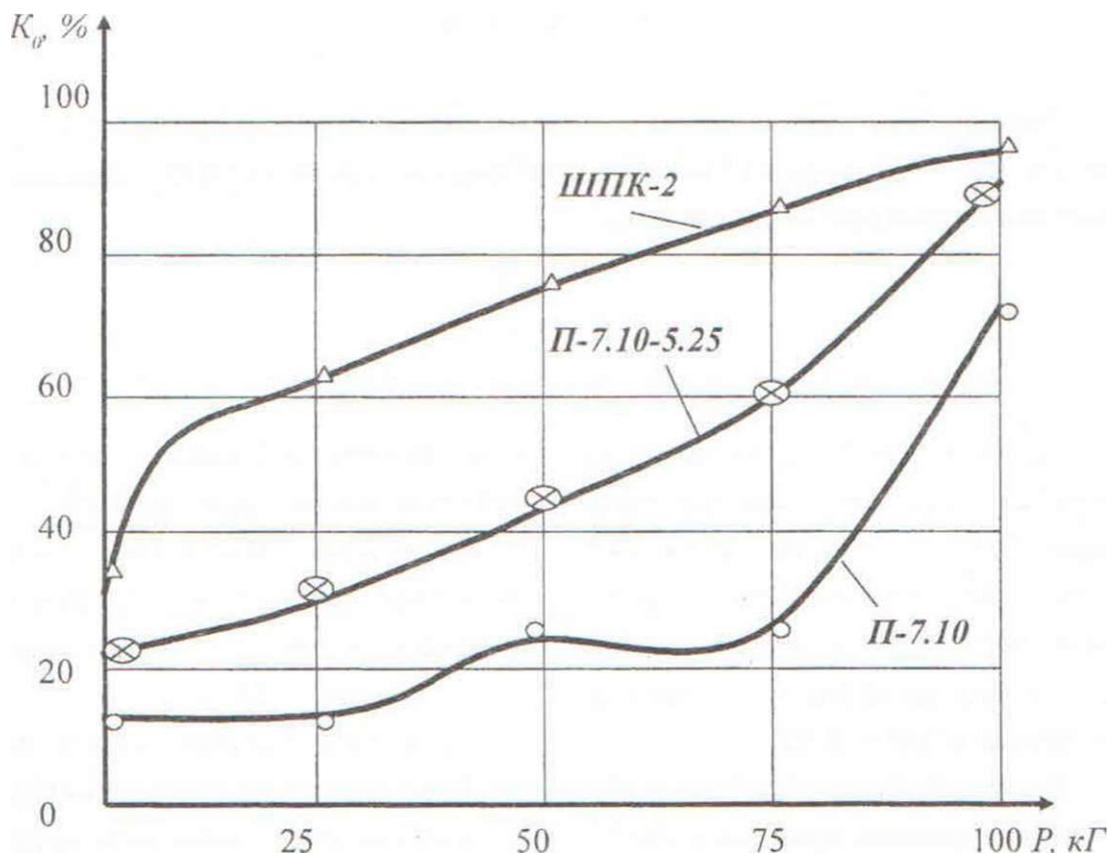


РИСУНОК 1

ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко В.И. Механизм катализа. Ч. 2 Методы исследования каталитических реакций. -Новосибирск: Наука: -1984. -126 с.
2. Налибаев Т.Н. О природе состояния поверхности активированных d-металлов и их хемосорбционных способностей. Известия МОН-НАН РК. серия хим. -2001: №5
3. Миначев Х.М., Антошин Г.В., Шпиро Е.С. Фотоэлектронная спектроскопия и ее применение в катализе. -М.: Наука.-1981.-216 с.
4. Анализ поверхности методами оже- и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. /Под ред. Д. Бриггса, М.П. Сиха. -М.: Мир. -1987.-600с.
5. Скляров А.В. Сб. Поверхностные соединения в гетерогенном катализе. -М.: Наука. -1975. -238 с.

АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЛИЯНИЯ МАГНИТОПРОВОДА И ЗАГРУЗКИ НА ИНДУКТОР

А.П.Кислов

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Қыздыру жүйелердің әртүрлі геометр сипаттамаларына индукторға байланыс жасау және магниттік сым мен индуктордың өзара тәуелділік магниттік коэффициентінің мошерін анықтау иыгуына талдауы корсетілген.

Полученные количественные соотношения для характеристики влияния магнитопровода на индуктор и проведен анализ коэффициента взаимосвязи магнитопровода и индуктора при различных геометрических соотношениях в системе нагрева.

Quantitative ratio for the characteristic of influence of a magnetic conductor of an inductor are received and the analysis of factor of interrelation of a magnetic conductor and an inductor is carried out of various geometrical ratio in system of heating.

Структурный анализ коэффициентов влияния магнитопровода и загрузки на индуктор показывает, что величина их в значительной степени зависит от электрофизических свойств гкротехнической стали, применяемой для выполнения пакетов магнитопровода, и геометрических соотношений в системе нагрева. Последнюю зависимость определяет коэффициент взаимосвязи между индуктором и магнитопроводом, показывающий часть щего магнитного потока индуктора.

проходящую через магнитопровод. Эта зависимость может быть представлена в следующем виде.

Рассмотрим систему, в которой магнитопровод расположен коаксиально индукционной системе. Предположим, что влияние вихревых токов, индуцированных в магнитопроводе на поле воздушного зазора, можно не учитывать. Векторный потенциал магнитного поля в воздушном зазоре может быть для двух измерений определен из уравнения:

$$\frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial A}{\partial R} \right) + \frac{1}{R^2} \frac{\partial}{\partial a^2} \left(R^2 \frac{\partial A}{\partial a^2} \right) = 0 \quad (1)$$

При граничных условиях:

$$\frac{\partial A}{\partial R} \Big|_{R=R_1} = 0 \quad R = R_1 \quad (2)$$

$$\frac{\partial A}{\partial a} \Big|_{a=a_1} = 0 \quad (3)$$

Решение уравнения (1) относительно тангенциальной и радиальной составляющих напряженности магнитного поля имеет вид:

$$H_{\phi} = \frac{\partial A}{\partial R} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{H_m}{R} \left[\frac{J_n \left(\frac{R}{R_1} \right)}{J_n \left(\frac{R_1}{R_1} \right)} \right] \sin \frac{n\pi a}{L} \quad (4)$$

$$H_r = \frac{1}{ju_0 R} \frac{\partial A}{\partial a} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{H_m}{R} \left[\frac{Y_n \left(\frac{R}{R_1} \right)}{Y_n \left(\frac{R_1}{R_1} \right)} \right] \cos \frac{n\pi a}{L} \quad (5)$$

Максимальный магнитный поток на единицу длины магнитопровода, проходящий в магнитном зазоре, определится

$$\Phi_{IM} = \mu_0 \int_{a_1}^{a_2} H_{\phi} da \quad (5)$$

Полученное выражение определяет взаимосвязь только магнитопровода и индуктора. Пользуясь принципом наложения задача определения напряженности магнитного поля и соответствующих потоков сводится к определению напряженности магнитного поля от загрузки и индуктора, представленных как однослойные цилиндрические катушки.

Для вычисления напряженности магнитного поля однослойной цилиндрической катушки Купо Foelsch дает следующую формулу для области вне катушки.

$$H_r = \frac{1}{R} \left[B_2 (M_2) \pm B_1 (M_1) \right] \quad (6)$$

$$H_R = \frac{Jw}{2\pi l} \sqrt{\frac{R}{\rho}} \left\{ A, \quad K. (\varepsilon_2 - E_2) - K_2 F_2 \right. \quad (7)$$

где

$$A(n, \beta) = \left| + K_1 l / W? (i + l / \Gamma^\wedge) + F(\beta, \rho) \cdot [F - E] - F \cdot E\{b, \rho\} \right.$$

$$= n - p \quad b^2 = \sqrt{-K^2} \quad \sin(p - \frac{1 - \beta}{i - l} :$$

$$n = \frac{4Rp}{(R + pY)}$$

$$+ \chi \Gamma \quad P_2 = \frac{(R + pY)}{(R + p)^2 + X_2^2}$$

•> - полные эллиптические интегралы первого и второго рода;

$\mathcal{E}(\beta, \beta')$ -эллиптические интегралы первого и второго рода;

R - радиус катушки;

Jw -ампервитки катушки;

l_1, l_2 - расстояния от концов катушки до рассматриваемой точки;

h - высота катушки;

r - расстояние от оси катушки до рассматриваемой точки.

В связи с тем, что радиальная составляющая напряженности магнитного поля в нижней и верхней частях магнитопровода равны друг другу и противоположно направлены, эти составляющие могут не приниматься при рассмотрении. Такое допущение целесообразно с точки зрения упрощения расчета и, как показывают эксперименты, не вносит значительной погрешности в результаты аналитических расчетов.

Принимая это, определение необходимых коэффициентов для расчета на-

пряженности магнитного поля свелось к определению значений коэффициентов B_1, B_2, n и p . Величина коэффициентов B_1 и B_2 , по вычисленным n и p для каждой интересующей нас точки может быть найдена с помощью графиков рис. 1, где приведены кривые изменения указанных коэффициентов. Эти зависимости даны в диапазоне изменения аргументов, охватывающих всю возможную область геометрических соотношений в индукционных системах нагрева.

Расчетные значения напряженности магнитного поля вне индуктора при различных геометрических соотношениях в системе нагрева приведены на рис. 2-4.

Графическое интегрирование зависимостей рис. 2-4 на основании выражения (5) позволило получить зависимости (рис.5), показывающие величину магнитного потока, проходящего через магнитопровод, в зависимости от его расположения относительно индуктора

при различных диаметрах загрузки. Точками на рисунке показаны экспериментальные величины, полученные при проведении экспериментального исследования ферромагнитного экранирования.

Зависимости коэффициента взаимосвязи между индуктором и магнитопроводом от геометрических соотношений в системе нагрева неоднозначно определяют коэффициент влияния магнитопровода и загрузки на индуктор. Как уже указывалось, коэффициент влияния в равной мере зависит от электрофизических свойств электротехнической стали, используемой для магнитопровода. Характеристика этих свойств будет приведена в следующем параграфе данной главы. Однако здесь представляет интерес рассмотреть частный случай зависимости коэффициентов влияния от геометрических соотношений в системе для определенного сорта стали - электротехнической стали Э-42. Такие зависимости при постоянном сечении магнитопровода приведены на рис. 6.

Как видно из сопоставления зависимостей (рис. 5 и 6), при отсутствии зазора между магнитопроводом и индуктором основная часть магнитного потока индуктора (95-100%) замыкается по ферромагнитным участкам магнитопровода. Возможное появление потоков утечки (до 5%) объясняется наличием паразитных зазоров между витками индуктора, т.е. отличием коэффициента заполнения индуктора по высоте от единицы и возникающих вследствие этого местных разностей магнитных потенци-

алов на соответствующих участках. Этим объясняются наиболее значительные различия расчетных и экспериментальных данных, полученных при исследовании данного вопроса.

При помещении пакетов магнитопровода на расстоянии $i_{л}, i_{у}$ от индуктора внешний магнитный поток разделяется на два параллельных потока, среди которых наибольший по величине проходит по ферромагнитным участкам. Естественно, что при расположении пакетов непосредственно возле индуктора без зазора коэффициент взаимосвязи γ увеличивается, что не всегда играет положительную роль. В случае, когда u максимален, расчет активного сечения магнитопровода необходимо вести по потоку, мало отличающемуся от потока индуктора, и, как следствие, потребуется значительное количество электротехнической стали, чтобы обеспечить допустимую рабочую индукцию в пакете. Расположение пакетов непосредственно около индуктора хотя и может обеспечить улучшение охлаждения магнитопровода, прилегающего пусть даже через изоляционное покрытие витков к водоохлаждаемому индуктору, но одновременно и осложнит в определенной мере конструирование индуктора, в частности, приведет к затруднениям в оформлении устройств, обеспечивающих осевую стяжку индуктора. Кроме этого, зависимость коэффициента влияния ($B_{зи}$) от геометрических соотношений в систе-

ме (рис. 6) показывает, что при изменении $\sim \frac{1}{U_{II}}$ от 1,0 до 1,2 влияние магнитопровода на энергетический режим работы сказывается существенно, что выражается в увеличении числа витков индуктора, изменении сопротивления и увеличении потерь активной энергии в индукторе. Все это свидетельствует за то, что пакеты магнитопровода необходимо располагать на некотором расстоянии от индуктора так, чтобы $d_1 > 1,2$

Удаление магнитопровода от индуктора влечет за собой увеличение длины окружности расположения пакетов и увеличения или количества пакетов при постоянной ширине, или увеличе-

ния ширины пакетов при постоянном их количестве. При этом в любом случае произойдет уменьшение ширины шихтованных пластин, что обеспечит лучший отвод тепла от внутренних частей пакета и увеличения общей поверхности пакетов, участвующей в отдаче тепла в окружающее пространство. Однако, увеличение зазора между индуктором и магнитопроводом накладывает требование увеличения длины пакетов, что увеличивает вес магнитопровода. Поэтому вопрос о выборе рационального положения пакетов должен решаться параллельно с расчетом экономических затрат на различное исполнение экранирующих элементов электропечи.

Значение коэффициента В для расчета напряженности магнитного поля цилиндрической катушки на основании (6)

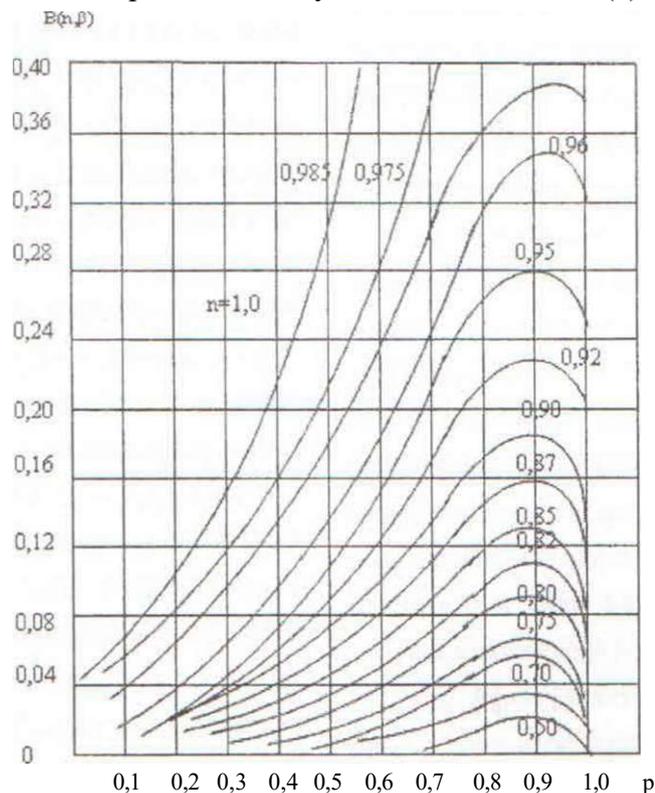


Рисунок 1

Распределение напряженности магнитного поля вне индуктора при
 - АЛ
 - и,о (расчетные): 1 - составляющая напряженности оттока индуктора; 2- составляющая напряженности от токов в загрузке; 3 - результирующая напряженность магнитного

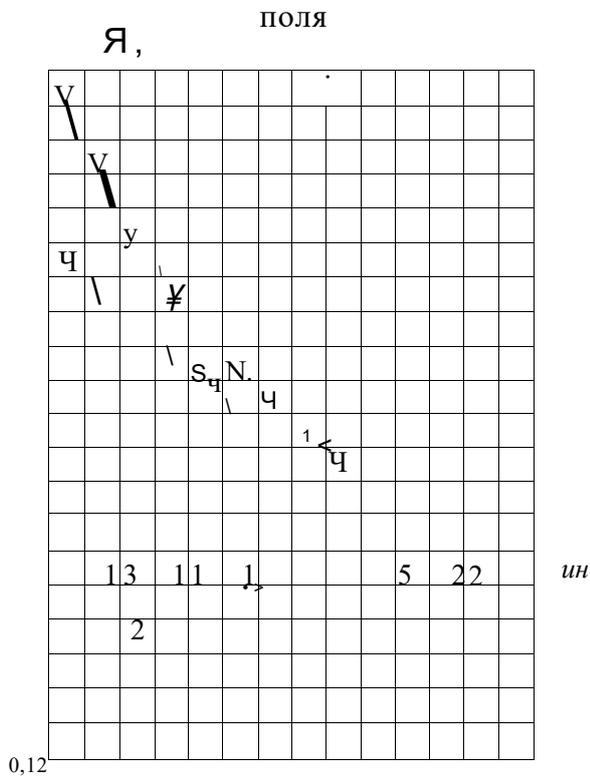


Рисунок 2

Распределение напряженности магнитного поля вне индуктора при
 - v, / (расчетные зависимости):
 ИИ
 1 - составляющая напряженности от тока индуктора; 2 - составляющая напряженности в загрузке; 3 - результирующая напряженность магнитного поля

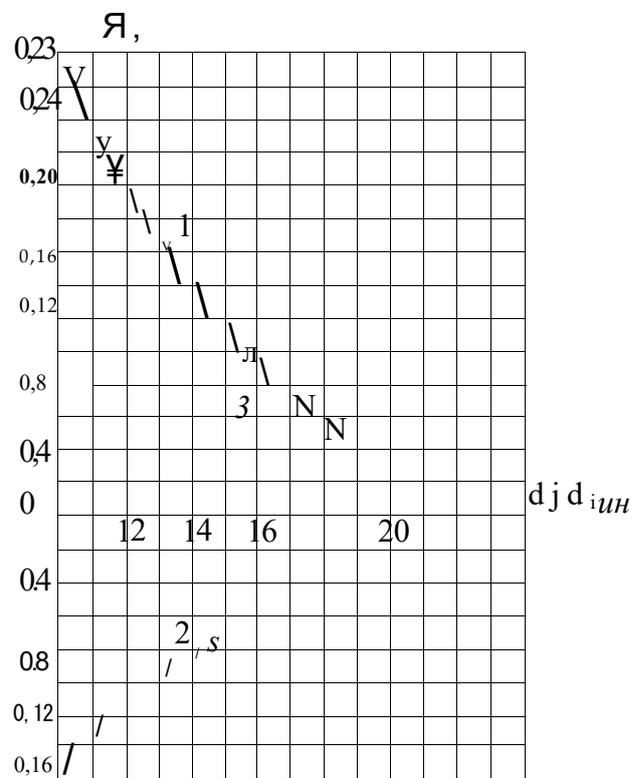


Рисунок 3

Распределение напряженности

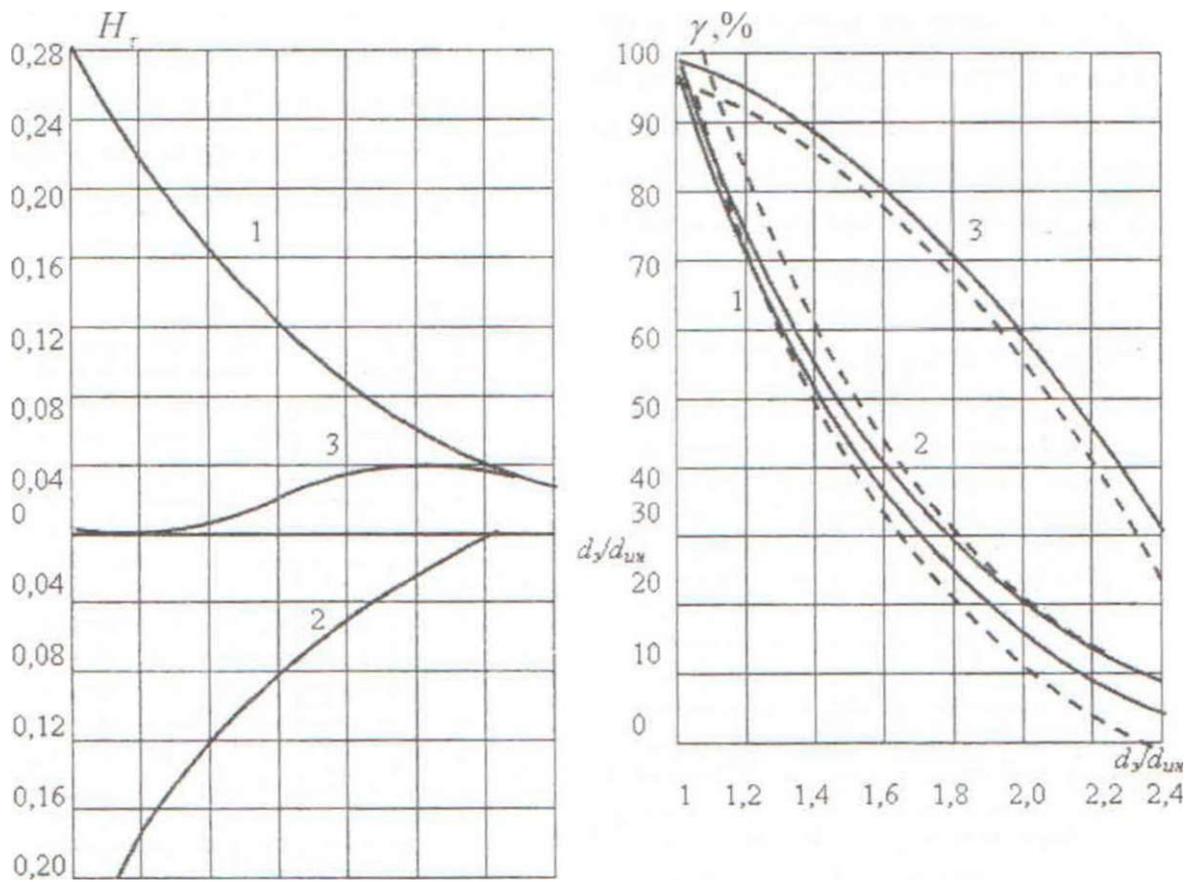
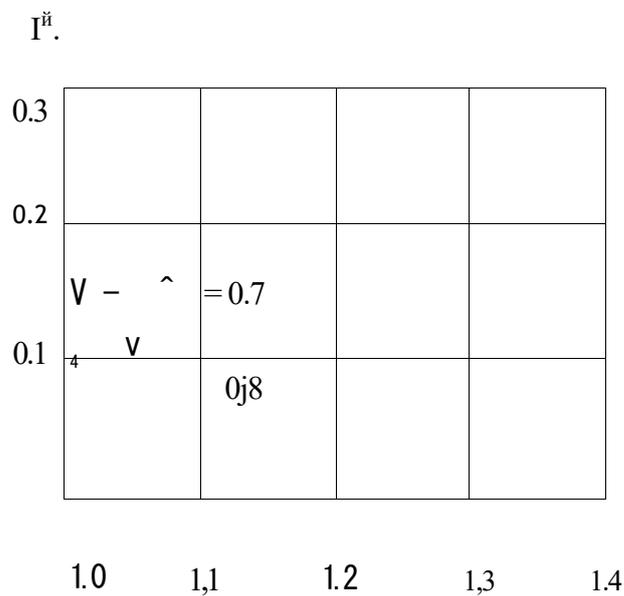
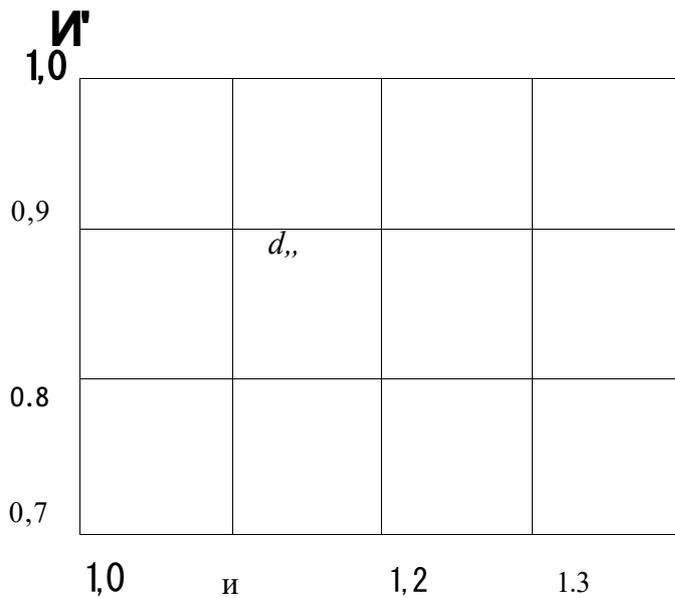


Рисунок 4

Величина магнитного потока в % магнитного поля вне индуктора от общего потока индуктора, при $\mathbf{A}_{ив}$ - П 8 (расчетные): проходящая через магнигпровод; 1 - составляющая напряженности в зависимости от диаметра оттока индуктора; 2 - составляющая расположения пакетов при 1 - напряженности от токов в загрузке; $\mathbf{Y}_{ив} \sim \dots$; $2 - \dots$; 3-результатирующая напряженность $\sim \dots$. Точками показаны экспериментальные значения



A
d...

УДК 621.311.13.004.16

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМОЙ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, Д.Б. Утегулова
*Павлодарский государственный университет
 им. С. Торайгырова*

В.В. Ткаченко, Л.В. Ткаченко
*Костанайский государственный университет
 им. А. Байтурсынова*

Электрмен жабдықтауының тораптарында кернеуінің рұқсат берілген шығыны анықтаудың әдістерінің зерттеулері өткізілген егер максималь және минималь жүктемелерінің режимдерде ортылығық иіінасы мен кернеудің рұқсат берілген шығынына қатысты үлесінің кернеудің ауытқуына қарай Торапта кернеудің рұқсат берілген шығынын айырудың өдісі .жасалған

Проведены исследования методов определения допустимой потери напряжения в сетях электроснабжения. Разработан метод определения допустимых потерь напряжения в сети, если известны отклонения напряжения на шинах центра питания в режимах максимальной и минимальной нагрузок и относительная доля допустимой потери напряжения.

Researches of methods of definition of allowable loss of a pressure (voltage) in networks of electro supply are carried out (spent). The method of definition of allowable losses of a pressure (voltage) in a network if deviations (rejections) of a pressure (voltage) on trunks of the center of a feed (meal) in modes of the maximal and minimal loadings and a relative share of allowable loss of a pressure (voltage) are known is developed.

Методы определения допустимых потерь широко изложены в литературе /1 - 3/. Существующие методы можно разделить на два основных вида:

- построение обобщенной диаграммы напряжений /2/;
- построение таблиц отклонений напряжения для всех элементов сети /3/.

Оба метода имеют свои достоинства и недостатки и позволяют определить максимально допустимую потерю напряжения в сети. Недостатком методов является большая затрата времени на составление таблиц или диаграмм. Эти методы не учитывают оптимальное распределение напряжения между линиями среднего (с.н.) и низкого (н.н.) напряжений.

При составлении таблиц отклонений напряжения или диаграмм напряжений всегда задаются определенные данные: отклонением напряжения на шинах ЦП - $V_{ЦП}$, $V_{цп}$; потерями на

$$V' = -5.0\%; \quad v'_{II} = 5.0\%;$$

Напряжение на шинах центра питания (ЦП) в режиме максимальной нагрузки - V_{iin} ; минимальной нагрузки ; отношение минимальной нагрузки сети к максимальной составляет 25 %.

Определение допустимой потери напряжения в сети с помощью составления таблиц отклонения напряжений довольно наглядно, но громоздко и

пряжения в потребительском трансформаторе - ди(., ди"; надбавкой потребительского трансформатора - V_T ; отношением минимальной нагрузки сети к максимальной - $S_{mm} \cdot -S_{max}''$

Как указывалось выше, существующие методы довольно громоздки и трудоемки, поэтому есть необходимость в их дальнейшей разработке с целью снижения трудозатрат при проектировании. Рассмотрим, например, как можно развить метод составления таблиц исходя из следующих начальных положений:

$$Ди \wedge 4.0\%; \quad Ди \wedge = 1,0\%.$$

требуется, как правило, составления таблиц более одного раза.

Выполним вывод простых выражений для определения допустимой потери напряжения в сети, исходя из указанных выше ограничений. Составим уравнения отклонения напряжения у потребителей в режиме максимальной и минимальной нагрузок.

$$V_{ЦП}' + U_T - Ди' \quad \mathbf{ДИ;оп=Уп} \quad (о)$$

где Ди_{10П} - допустимая потеря напряжения в линиях с.н. и н.н. в режиме максимальной нагрузки.

Допустимую потерю напряжения в линиях с.н. и н.н. можно выразить как:

$$A U_{доп} = a - A U_{доп} + b - A U_{доп}' \quad (2)$$

где a, b - относительная доля потери напряжения, приходящаяся на линию среднего напряжения и низкого напряжения соответственно, причем a + b = 1 •

$$y_{ЦП}'' \cdot y_{ЦП}' + V_{ЦП} \wedge V_T \wedge Ди \wedge T \wedge \wedge \wedge_{доп} = y_n^{7/} \quad (3)$$

В режиме минимальной нагрузки рассматривается потребитель, находящийся в наихудших условиях [подключенный к шинам н.н. потребительской трансформаторных подстанций (ТП)].

Подставив в (1) значения AU'_T и V_{cn} получим:

$$Д и ; о п = Y_{c'п} + Y_T - 4 = -5;$$

$$A u ; о н = v_{c'п} + v_T + i. \quad (4)$$

Обозначим $AU_{,101}$ как AU_{10n} -максимально допустимые потери напряжения в линии.

Из выражения (2) можно определить требуемую надбавку трансформатора потребительской ТП.

$$X_{цп}' + Y_T - 1 - \frac{1}{V_{UN}^2} (Y_{UN}^2 + Y_T^2 + i) - v_N'' = 0,$$

$$V = \frac{-a - v' - 4 - V'' + a + 24}{4 - a}. \quad (5)$$

По выражению (5) можно сразу определить максимально допустимую надбавку потребительского трансформатора и принять стандартную (от 0 до 10 %, ступенями через 2,5 %).

Из выражений (4) и (5) можно вывести формулу для определения допустимой потери напряжения в сети, если известны отклонения напряжения на шинах ЦП в режимах максимальной и минимальной нагрузок и относительная доля допустимой потери напряжения, приходящаяся на линию среднего напряжения - а

$$Д и д о п = \frac{4 \cdot (V'' - V''_{нн})}{4 - a} + 28. \quad (6)$$

Выражение (6) дает возможность без составления таблиц отклонения напряжения ориентировочно определить допустимую потерю напряжения в сети.

В этом выражении не учитывается ступенчатость изменения надбавок трансформатора V_T . для более точного определения допустимых потерь напряжения, следует по выражению (5) определить значение V_T , принять стандартное меньшее значение и, подставив это значение в выражение (4) вычислить значение $AU_{доп}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов Ф.Ф., Солдаткина Л.А. Регулирование напряжения в электросетях промышленных предприятий. - М.: Энергия. 1970. - 220 с.
2. Маркушевич Н.С., Солдаткина Л.А. Качество напряжения в городских электрических сетях. - М.: Энергия. 1975. - 256 с.
3. Будзко И.А., Зуль В.М. Электроснабжение сельского хозяйства. - М.: Агропромиздат. 1990. - 456 с.

УДК 621.311.13:658 26

УРОВНИ И РЕЖИМЫ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов, Д.Б. Утегулова

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

В.В. Ткаченко, Л.В. Ткаченко

*Костанайский государственный университет
им. А. Байтурсынова*

Кәсіпорындардың электрмен жабдықтауы тораптарда кернеудің деңгейлері және режимдері зерттелген. Электрқабылдағыштардың жұмысын техника-экономикалық көрсеткіштері мен оның электрмен жабдықтауындағы барлық жүйесін қамтамасыз ету жағдайф белгіленген.

Исследованы уровни и режимы напряжения в сетях электроснабжения предприятий. Установлено, что отклонение напряжения существенным образом влияет на условия и технико-экономические показатели работы как самих электроприемников, так и всей системы их электроснабжения.

Levels and modes of a pressure (voltage) in networks of electro supply of the enterprises are investigated. It is established, that the deviation (rejection) of a pressure (voltage) significantly influences conditions and technical and economic parameters of work both electro receivers, and all system of their electro supply.

Электроприемники и аппараты, присоединенные к электрическим сетям, предназначены для работы при определенных номинальных параметрах; *номинальном напряжении*, номинальном токе, номинальной частоте и т.п. Поэтому при электроснабжении потребителей должно быть обеспече-

но качество электроэнергии. Электроприемники и аппараты могут присоединяться в различных точках электрической сети, в связи с чем сети могут *по различному влиять на показатели* качества электроэнергии. Значения напряжения на зажимах электроприемников в общем случае не будут оди-

наковыми и будут зависеть от протяженности и характера сети.

Электроприемники и аппараты допускают работу при небольших отклонениях от номинальных параметров при изменении технико-экономических параметров электроприемников в приемлемых пределах.

В соответствии с ГОСТ 13109-97 нормируемыми показателями качества электроэнергии у электроприемников при питании от трехфазно-

го переменного тока являются отклонения напряжения от номинальных значений, несимметрия и несинусоидальность формы кривой, колебания напряжения и частота переменного тока. В данной работе рассматриваются только вопросы, связанные с отклонением напряжения на зажимах электроприемников.

Отклонение напряжения - разность между действительным и номинальным значениями напряжения. В:

$$V = U - U_{\text{НОМ}} \quad (1)$$

или в %:

$$v = \frac{U - U_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}}} \cdot 100 \quad (2)$$

В электрических сетях трехфазного тока действительное напряжение определяется как напряжение прямой последовательности основной частоты.

В настоящее время для большинства электроприемников, согласно ГОСТ 13109-97, допустимые отклонения напряжения должны находиться в пределах от -5 % до +5 % от номинального, в течение времени не менее 95 % суток.

При значениях отклонений напряжения, выходящих за указанные пределы, ухудшается работа электроприемников, и в результате происходят такие явления как: снижение качества и появление брака продукции, повышение поврежденности электрической изоляции, сокращение срока службы электротехнического оборудования и т.п. например, при повышении напряжения возникает опасность перегрева

статоров асинхронных двигателей, увеличивается ток холостого хода трансформаторов. При повышении напряжения на 10 % срок службы ламп накаливания сокращается почти в 5 раз. При снижении напряжения на 10 % световой поток ламп накаливания снижается примерно на 30 %. вращающий момент асинхронных двигателей уменьшается примерно на 19 %. При неизменных значениях моментов сопротивления движению рабочих органов машин уменьшение напряжения на зажимах электродвигателя приводит к росту тока, что в свою очередь ведет к увеличению потерь в линиях электропередачи и в трансформаторах.

Таким образом, отклонения напряжения существенным образом влияют на условия и технико-экономические характеристики работы как самих

электроприемников, так и всей системы их электроснабжения. Увеличение отклонения напряжения свыше пределов, регламентируемых ГОСТ 13109-97, приводит к существенному ухудшению указанных условий. В связи с этим работа электрических сетей должна осуществляться таким образом, чтобы значения установленных ГОСТ 13109-97 показателей качества электроэнергетики не превышали допустимых. В противном случае должны быть приняты соответствующие меры для нормализации этих показателей.

Отклонения напряжения у электроприемников в любом режиме работы не должны выходить за пределы допустимых. При характеристике режима напряжений в распределительных сетях приходится ориентироваться на применение некоторых укрупненных качественных показателей. Это обусловлено массовостью приемников, достаточно резким изменением нагрузки каждого из них (он может быть включен в сеть или отключен от нее принципиально в любой момент времени) и определенной независимостью этих нагрузок. В связи с этим отсутствуют точные данные о значениях всех присоединенных к сети нагрузок в любой момент времени, что приводит к неопределенности каждого рабочего режима сети в отдельности. Наиболее полное и правильное представление о рабочих режимах рассматриваемой распределительной сети может получиться только на основе методов математической статистики и теории веро-

ятностей.

Но для представления об условиях работы данной распределительной сети в отдельных режимах (например, предельных - наибольшей и наименьшей нагрузок) используются некоторые фиксированные качественные показатели.

Задача обеспечения допустимого режима напряжений во всей сети в целом оказывается достаточно сложной. Несмотря на относительную простоту основных математических соотношений между величинами нагрузок, параметрами сети и отклонениями напряжения в разных местах сети (в начале питающей линии и у электроприемников), выполнение расчетов для всей сети довольно громоздко и полученные результаты трудно представить в приемлемом для выводов виде. Это обусловлено большой разветвленностью сети, необходимостью рассмотрения нескольких характерных режимов, необходимостью проверки условий работы электроприемников подключенных в разных точках сети, возможностью использования нескольких регулировочных ответвлений у потребительских трансформаторов, различными условиями регулирования напряжения в центре питания и т.д.

При решении задачи обеспечения допустимых отклонений напряжения у электроприемников следует различать условия проектирования и эксплуатации. При этом постановка задачи и решения получаются различными.

При проектировании сетей электроснабжения критерием является

минимум приведенных затрат, поэтому требуется выбирать такое решение, которое при выполнении всех ограничений приводило бы к наибольшей экономичности в течение одного года. При этом необходимо учитывать рост нагрузок и перспективы развития сети.

Таким образом, при проектировании требуется выбрать оптимальные решения по выбору сечений проводников, месторасположения регулирующих и компенсирующих устройств при условии обеспечения допустимых уровней напряжения у электроприемников во всех режимах работы. Помимо этого должны быть предусмотрены необходимые способы контроля за показателями качества электроэнергии.

В процессе эксплуатации оборудования оказывается уже в наличии и должно работать таким образом, что-

бы был обеспечен минимум ежегодных издержек на эксплуатацию сети при допустимых уровнях напряжения у потребителей.

В правильно спроектированной электрической сети условия обеспечения допустимых уровней напряжения у электроприемников оказываются весьма благоприятными.

Таким образом, задача определения оптимальных допустимых потерь напряжения в электрической сети является, прежде всего, задачей проектирования, но ее правильное решение позволяет уменьшить годовые издержки на эксплуатацию сети при обеспечении допустимых отклонений напряжения у потребителей.

Принципиальная схема распределительной сети для основной массы потребителей представлена на рис. 1. и рис. 2.

Принципиальная схема распределительной сети

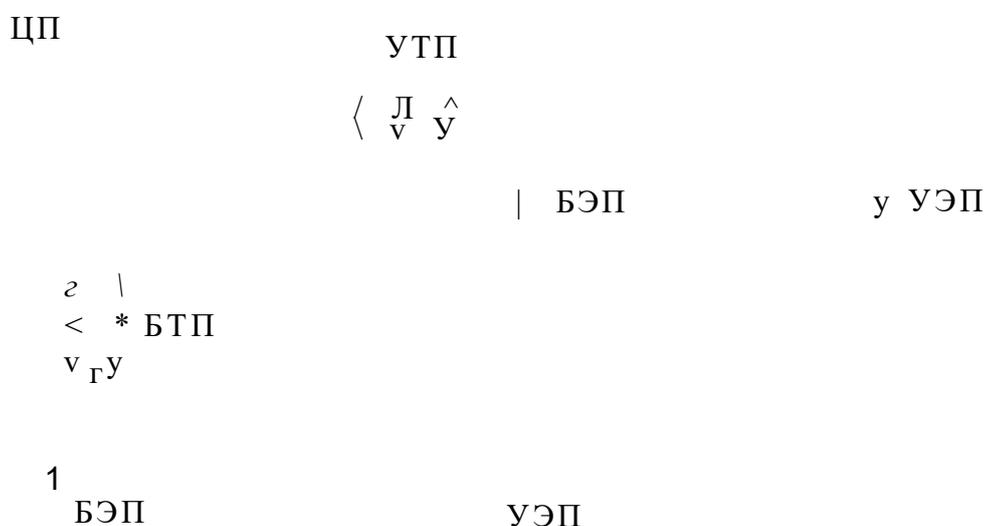


Рисунок 1

Где 1 - распределительная сеть среднего напряжения (с.н.);
 2 - распределительная сеть низкого напряжения (н.н.);
 ЦП - центр питания (шины 6 - 10 кВ питающей подстанции);
 УТП - наиболее удаленная трансформаторная подстанция в данной сети;
 БТП - наиболее близкая к ЦП трансформаторная подстанция;
 УЭП - наиболее удаленный потребитель в сети н.н.;
 БЭП - ближайший электроприемник в сети н.н.

Схема линии с одной трехфазной нагрузкой

$$I_n \quad \cos(\rho)$$

$$/, \quad G_0, \quad X_0$$

РИСУНОК 2

Где P — активная передаваемая мощность, кВт;
 U_n - номинальное напряжение линии, кВ;
 l - длина линии, км;
 $\cos(\rho)$ - коэффициент мощности нагрузки;
 G_0, X_0 — активное и реактивное удельные сопротивления линии, Ом/км.

При анализе уровней напряжения у электроприемников в распределительной сети рассматриваются потребители, находящиеся в наиболее благоприятных условиях - самый удаленный в сети низкого напряжения (н.н.) и ближайший в той же сети. Анализ ведут для потребительских трансформаторных подстанций находящихся в двух крайних точках сети: подключенной к шинам ЦП - БТП и подключенной в самой удаленной точке сети среднего напряжения (с.н.)-УТП.

При анализе исходят из соображения, что отклонение напряжения для наиболее удаленного электроприемника (УЭП) в режиме максимальной на-

грузки не должно выходить за пределы минимально допустимого (- 5 %), а для ближайшего потребителя (БЭП) в режиме минимальной нагрузки - за пределы максимально допустимого (+5 %).

Отклонения напряжения (V) во всех элементах сети в режиме наибольших нагрузок обозначают одним штрихом, в режиме минимальных нагрузок - двумя штрихами. Нижний индекс у V показывает, к какой части сети относится указанное значение отклонения напряжения. Аналогично обозначают и потери напряжения (ΔU) во всех элементах сети.

При анализе режима напряжений

принимают допущение о том, что все значения потерь напряжения от центра питания (ЦП) до любого электроприемника изменяются прямопропорционально нагрузке, это условие соответствует однородности нагрузки, что, в основном, справедливо для электроприемников одного назначения.

Сведения о влиянии различных элементов сети на отклонения напряжения подробно рассмотрены в литературе [1 ÷ 3], поэтому приведем лишь краткие данные об этом.

Шины питающих подстанций (ЦП). Уровень напряжения на шинах источника питания потребителей может иметь три различных режима:

- встречное регулирование напряжения;
- согласованное регулирование напряжения;
- стабилизация напряжения.

При встречном регулировании, когда нагрузка подстанции возрастает, напряжение на шинах низкого напряжения увеличивают, а в периоды сни-

жения нагрузки уменьшают. При согласованном регулировании напряжение на источнике питания понижается с ростом нагрузок. Когда напряжение на шинах источника поддерживается неизменным, такой режим называется стабилизацией напряжения.

Режим уровня напряжения на источнике питания существенным образом влияет на величину допустимых потерь напряжения в сети. Наибольшую величину допустимых потерь напряжения в сети можно обеспечить в режиме встречного регулирования, наименьшую - в режиме согласованного регулирования.

В соответствии с действующими ПУЭ устройства регулирования напряжения должны обеспечивать поддержание напряжения на шинах 6 - 20 кВ подстанций в пределах не ниже 105 % номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100 % номинального в период наименьших нагрузок распределительных сетей. Таким образом, требуемые значения отклонения на шинах ЦП должны быть:

В действительности отклонения напряжения на шинах подстанций часто выходят из указанных пределов. Это объясняется не только отсутствием надлежащих регулирующих устройств, но и несовпадением максимумов и минимумов нагрузок отдельных групп потребителей и всей подстанции

в целом. В таких случаях режим напряжения на шинах подстанции может быть различным. При проектировании сетей запрашивают электроснабжающую организацию о данных по отклонениям напряжения на шинах подстанции в характерные периоды суток и года. Сети проектируют в зависимое-

ти от этих режимов.

Воздушные и кабельные линии. В линиях электропередачи, в зависимости от передаваемой мощности и рас-

стояния электропередачи имеют место потери напряжения,

Выражение для потерь напряжения имеет вид:

$$\Delta U = I \cdot (R \cos \phi + X \sin \phi) = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{U_n} \quad (3)$$

где R и X ~ активное и реактивное сопротивление цепи;

I - расчетный ток;

p и Q - активная расчетная и реактивная нагрузка сети;

U_n - номинальное напряжение сети;

φ - угол сдвига по фазе вектора тока J относительно вектора напряжения U.

Часто величины R и X выражают через удельные значения этих сопротивлений Ом на 1 км линии и длину линии:

$$R = r_0 \cdot l; \quad X = X_0 \cdot l. \quad (4)$$

С учетом (4) выражение (3) можно записать:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot (r_0 \cdot \cos \phi + X_0 \cdot \sin \phi) = \frac{l}{U_n} \cdot (P \cdot r_0 + Q \cdot X_0) \quad (5)$$

Потеря напряжения в линиях электропередач принимается пропорционально передаваемой мощности. Например, для сельскохозяйственных потребителей минимальная нагрузка, при отсутствии фактических данных, принимается 25 % от максимальной:

Трансформаторы. По мере роста нагрузок трансформатора напряжение на его зажимах снижается вследствие потерь напряжения, обусловленных активным и реактивным сопротивлением обмоток.

Потеря напряжения в трансформаторе в процентах от номинального напряжения сети:

$$\Delta U_{T0/0} = \frac{S_J}{S} \cdot 4 \cdot U_a \% \cdot \cos \phi + U_{p0/0} \cdot \sin \phi \quad (6)$$

где S_{max} - максимальная мощность нагрузки;
 S_H - номинальная мощность трансформатора;
 $U_{a0/0}$ - активная составляющая напряжения короткого замыкания трансформатора;
 $U_{p0/0}$ - индуктивная составляющая напряжения короткого замыкания.

Для потребительских трансформаторов при типичной загрузке и коэффициенте мощности потерю напряжения можно вычислить заранее и принимать предварительно для определения допустимой потери напряжения. Например, для сельскохозяйственных потребителей потери напряжения в потребительских трансформаторах принимают в среднем:

$$\Delta U^{\wedge} = 4,0 \% ; \quad \Delta U^{\prime\prime} = K_0 \% \cdot$$

В трансформаторах происходит не только потеря напряжения, но и повышение - надбавка напряжения. Понижающие трансформаторы по стандарту проектируют так, что если к первичной обмотке подведено напряжение 100 %, то при холостом ходе на вторичной обмотке будет напряжение 105 %. Таким образом, за счет коэффициента трансформации получается постоянная надбавка + 5 %. Кроме того, в обмотке высшего напряжения имеется пять ответвлений через 2,5 % витков. Установка на среднее ответвление соответствует надбавке 0 %. Ус-

тановка на крайние ответвления даст переменные надбавки + 5 % или - 5 %, прибавляющиеся к постоянной надбавке.

В сумме постоянная и переменная надбавки дают общую надбавку трансформатора, не зависящую от режима нагрузки, значение общей надбавки трансформатора в зависимости от установленного ответвления составляет + 10,0; + 7,5; + 5,0; + 2,5; 0%.

Важной задачей проектирования сети является выбор наиболее выгодного ответвления обмотки трансформатора.

1. Карпов Ф.Ф., Солдаткина Л.А. Регулирование напряжения в электросетях промышленных предприятий. - М.: Энергия. 1970. - 220 с.

2. Маркушевич Н.С., Солдаткина

Л.А. Качество напряжения в городских электрических сетях. - М.: Энергия. 1975.-256 с.

3. Будзко И.А., Зуль В.М. Электроснабжение сельского хозяйства. - М.: Агропромиздат. 1990. - 456 с.

УДК 622:621.316.1

К РАЗРАБОТКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И АППАРАТА ШУНТИРУЮЩЕЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ СЕТЕЙ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

В.Н. Борисов, Г.Х. Хожин, В.С. Сидельковский

Алматинский институт энергетики и связи

Ю.А. Пеньков

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Оқайлауланған бейтарапты тораптардағы шунттайтын корғау аппараттарына усынылатын негізгі талаптар нищыланған және олардың әрекепі ету тиімділігін арттыруға арналған нұсқаулар берілген.

Рассмотрены основные требования, предъявляемые к аппаратам шунтирующей защиты в сетях с изолированной нейтралью и даны рекомендации по повышению их эффективности действия

The main requirements presented to apparatus of the by-passing protection in net-works with insulate neutral are examined and the recommendations for increase of their effective action are given here.

Известны способы защиты шунтированием, а также разработки устройств, реализующих этот метод, например, предложенные Стронгиным П. Я., коллективом авторов ИГД России (Микрюков В. И., Ягудаев Б. М. и др.). *ВОСТНИИ России* (Щур Н. А. Жидков В. О.) и рядом других авторов.

Наиболее ответственными и сложными задачами при создании защитных шунтирующих устройств

(ЗШУ) являются: 1) разработка определителя поврежденной фазы (ОПФ); 2) разработка принципа и схемы дешунтирования (снятие защитного шунта по завершении акта защиты). Необходимость дешунтирования обуславливается как преобладанием самоустраняющихся кратковременных утечек над длительными утечками, так и реальными фактами самоосвобождения человека.

коснувшегося фазы при своевременной постановке закоротки "фаза - земля", шунтирующей его тело. Дешунтирование необходимо и для сокращения или предотвращения перерывов электроснабжения при совершении актов защитных отключений

I

сетей при утечках тока не землю. Рассмотренные публикации [1,2,3] и патентная литература [4, 5,6] показывают, что проблема эта (до сих пор) до конца не решена.

Рассмотрим ряд предложений, посвященных разработке проблемы дешунтирования. Первым этой проблемы коснулся Стронгин П. Я., при разработке шунтирующего устройства для сетей с изолированной нейтралью напряжением 35 кВ [1].

Особенностью защиты П. Я. Стронгина является то, что корпуса электрооборудования заземлены постоянно, а токоведущая часть, которая находится под напряжением, автоматически заземляется при прикосновении к ней человека. В качестве заземляющего аппарата используется выключатель с по - фазным управлением. Чувствительная часть устройства (реле) осуществляет выбор поврежденной фазы и включает аппарат в действие. Возврат шунта в отключенное состояние происходит автоматически через определенное время, оговоренное местной инструкцией. Основным недостатком способа является возможность повторного попадания человека под действие опасного для его жизни

напряжения в случаях, когда он за время срабатывания защиты не сумел освободиться от действия тока. т.к. шунтирующая цепочка отключается через некоторый, субъективно выбранный промежуток времени.

Аппаратура АЭБК - 1, разработанная ВОСТНИИ России [4], авторы Щур Н. А., Жидков В. О., и др., наряду с защитным шунтированием человека. коснувшегося фазы, защищает от поломок электропривод экскаватора при внезапном снятии движения в связи с защитным отключением. При самоустраняющихся утечках шунтирование выполняется с временем до 5 с без перерыва электроснабжения до гашения инерции движущихся масс привода и экскаватора и затем шунт снимается. Однако за указанный период не исключено возникновение утечки (касание человека) к другой фазе, т.е. возникновение двухфазного замыкания на землю или эквивалентного, но тяжелого по последствиям соприкосновения человека с двумя линейными проводниками. Совмещение защиты человека и механизмов машины недопустимо и в этом существенный недостаток рассматриваемого аппарата.

Более эффективное решение проблемы снятия шунта предложено в А.С.(СССР)№ 657514, [5], в котором осуществлено автоматическое снятие защитного шунта. Это достигается тем, что для включения - отключения аппарата заземления фазы, последний выполнен из двух встречно -парал-

лельных тиристоров, последовательно соединенных с ними резистора и первичной обмотки трансформатора тока, вторичная обмотка которого подключена к реле времени. Управляющий электрод каждого тиристора через диод, разделительный трансформатор и тиристор соединен с формирователем положительных импульсов и одновременно с вторичной обмоткой импульсного трансформатора с прямоугольной петлей гистерезиса. К первичной обмотке последнего через тиристор и формирователь отрицательных импульсов подключен входной трансформатор - датчик ОПФ напряжения "фаза-земля". Формирователь отрицательных прямоугольных импульсов выполнен из соединенных последовательно стабилитрона и диода, включенных в обмотку входного трансформатора напряжения "фаза - земля" через переход тиристора эмиттер - база. Для запуска реле времени используется сигнал, поступающий от вторичных обмоток трансформатора тока, возникающий при касании человека к любой из фаз сети.

Основными достоинствами ЗШУ по А.С.№ 657514 являются:

- устройство позволяет устранить отключение сети с изолированной нейтралью при кратковременных самоустраняющихся утечках с одновременным выполнением требований электробезопасности для обслуживающего персонала (устраняются случаи поражения человека неотпускающим и

фибрилляционными токами);

- применение бесконтактной аппаратуры повышает надежность защиты, сводит к минимуму возможность случайного или умышленного загробления уставки защитного устройства;

- устройство имеет возможность значительного снижения тока и времени воздействия на человека при предложенном виде шунта, позволяет смягчить требования к сопротивлению изоляции по факту электробезопасности, что позволяет применять сети электроснабжения с большей разветвленностью, количеством потребителей и коммутационных аппаратов, т.е. избежать дробления сетей и подстанций;

- способно к автоматическому самовозврату) сети, оснащенной предложенным ЗШУ, к нормальному эксплуатационному режиму по завершению акта защиты без перерыва электроснабжения объекта, что дает преимущество и с экономической точки зрения.

Однако это устройство имеет и ряд недостатков:

- не удовлетворяет одному из основных пунктов требований к ЗШУ. согласно которому при касании человеком одновременно двух фаз в них не должны ставиться шунты, так как ЗШУ в этом случае выходит из строя из - за двухфазного КЗ;

- большое количество моточных деталей (66 обмоток в большинстве выполненных тонким проводом диаметром 0,05 мм), и нестабильность

кольцевых ленточных сердечников импульсных трансформаторов, выполненных из пермаллоя с большим разбросом параметров. Это создает большие сложности в наладке и настройке устройства и приводит к непредсказуемым отказам при эксплуатации.

Разновидностью рассмотренного ЗШУ, но оснащенного контактным шунтом, является схема по А.С. СССР № 843086 [6].

Основные достоинства этой схемы:

- применение пятистержневого трансформатора напряжения повышает устойчивость защиты от ложных срабатываний при переходных процессах в сети, позволяет получать фазные, линейные напряжения и утроенные напряжения нулевой последовательности, используемые в цепях защиты, сократить расход стали и меди, в сравнении с тремя однофазными трансформаторами;

- использование контактного шунта полностью устраняет утечки на землю через шунтирующую часть схемы устройства при нормальном эксплуатационном режиме сети, а при акте защиты устраняет протекание тока через человека;

- также как и схема по А.С. № 657514 контактный шунт выполняет автоматическое дешунтирование цепи "фаза-земля", осуществляя самовозврат сети к нормальному эксплуатационному режиму по завершении акта

защиты без перерыва электроснабжения;

- применение блокировочной контактной системы устраняет двухфазные и трехфазные замыкания в цепях схемы защиты при переходных процессах, связанных с включением и отключением потребителей.

Недостатками схемы являются:

- большое количество реле и контактов (21 контактная пара). Выход из строя любого реле или контакта ведет к отказу защиты или к аварии с аппаратом;

- требуется почти ювелирная точность регулирования контактов, особенно в цепях предотвращающих двухфазные или трехфазные КЗ при переходных процессах или при выдаче ОПФ сигнала при двухфазных утечках на землю;

- не удовлетворяется требование к ЗШУ при касании человека одновременно к двум фазам.

Рассмотрение достоинств и недостатков, разработанных выше устройств А.С. № 657514 и А.С. № 843086, позволяет отметить главное: обе схемы прогрессивны, удовлетворяют большинству требований к ЗШУ, но не лишены существенных недостатков. подтвержденных проверкой в лабораторных условиях на физической модели шахтной сети с изолированной нейтралью напряжением 380 В.

С учетом указанных выше недостатков схем рассмотренных ЗШУ были уточнены и сформулированы

обязательные требования к ним [3].

1. Ограничение тока через человека, коснувшегося токоведущего элемента, находящего под рабочим напряжением, отпускающей величиной, например 6 - 10 мА [7, 8].

2. Сокращение защитных отключений сети при кратковременных самоустраняющихся утечках и кратковременном касании человеком токоведущей части электроустановки.

3. Отключение сети с недопустимыми длительными утечками на землю.

4. Обеспечение нормального эксплуатационного режима сети после завершения акта защиты.

5. Иметь быстрое действие, достаточное для создания щадящего режима защиты и для предупреждения возникновения двухфазных замыканий на землю.

6. Осуществлять непрерывный контроль сопротивления изоляции сети, а также сигнализацию с указанием фазы с поврежденной изоляцией.

7. Обеспечивать работоспособность аппаратуры в подземных условиях рудников.

По пункту 5 требования к ЗШУ нами предлагается дополнение: при касании человека одновременно к двум фазам ЗШУ должно отключать сеть без выдержки времени. Понятно, что для распознавания и для реализации действий, соответствующих этим требованиям, ЗШУ должно оснащаться логическим блоком или микропроцессором, а силовые элементы выпол-

няться бесконтактными.

Принцип шунтирующей защиты и ее логические действия базируются на общеизвестных требованиях к ЗШУ. приведенных выше применительно к возможным основным нарушениям нормального функционирования сети и ее электроустановок с точки зрения электробезопасности, и состоят в следующем:

1. Если защищаемая сеть не имеет утечек и удовлетворяет требованиям ПБ (сопротивление изоляции относительно земли, например для нелинейного напряжения 380 В более 10,5 кОм на фазу), то все определители повреждения фаз (ОПФ) выдают на вход блока логики, на запускающие генераторы шунтирующих симисторов и блок отключения сети от подстанции, логические нули - сеть нормально функционирует, все блоки защиты бездействуют, точнее находятся в режиме слежения.

2. Появление в защищаемой сети однофазной утечки на землю (замыкание фазы на землю) или однофазное касание человека, например к фазе 1. Напряжение в сетях с изолированной нейтралью этой фазы относительно земли заметно снижается, а на двух неповрежденных фазах увеличивается. На выходах ОПФ "здоровых" фаз (фазы 2, 3) появятся логические единицы, а на выходе ОПФ поврежденной фазы 1 останется логический нуль. Через систему логики логические единицы с ОПФ фаз 2, 3 дадут сигнал на

наложение резисторно - емкостного шунта симистору - коротителю поврежденной фазы 1 с одновременным запретом на постановку шунтов в здоровых фазах 2, 3, а также запрет блоку отключения сети от подстанции т.е. защита начнет осуществляться без отключения сети. Однако, с точки зрения электробезопасности, логика одновременно запустит элемент счета времени с уставкой 1.28 с на возможное отключение сети от подстанции блоком отключения. Если при поставленном шунте человек за указанный промежуток времени не освободится от фазы, то через 1.28 с блок отключения отключит сеть.

3. Если утечка при наложенном шунте самоустранилась за время 1,28 с, то оперативный ток в системе контроля кратковременных самоустраняющихся утечек (СККСУ) и системе контроля симметричного уровня сопротивления изоляции фаз (СКСУИФ) создает перепад напряжения в цепи: "поврежденная фаза - шунт - земля", который через элементы логики даст запрет работе генератора управляющего шунтирующим симистором поврежденной фазы, симистор этой фазы закроется. шунт будет снят и электроснабжение во время акта защиты не будет прервано.

4. При касании человеком двух фаз напряжения этих фаз относительно земли несколько снизятся, а напряжение "здоровой" фазы заметно воз-

растет и станет выше фазного. На выходе ОПФ "здоровой" фазы появится логическая единица, а на выходах поврежденных фаз останутся нули, поэтому эти фазы не будут шунтированы, зато логической единицей, выданной ОПФ "здоровой" фазы, будет запущен блок отключения сети без выдержки времени, т.е. произойдет защитное отключение (30).

5. Если однофазное касание человека при наложенном шунте длилось более 1,28 с по причине, например, механической травмы. ОПФ будет выдавать сигналы, аналогичные описанным в пункте 2, но счетчик времени через 2,56 с выдаст логическую единицу блоку отключения и сеть будет обесточена, причем отключение сети осуществится при наложенном шунте, благодаря чему произойдет гашение ЭДС выбега двигателей и разряда емкости сети, в чем также проявляется щадящее действие шунтирующей защиты.

6. Если при эксплуатации сети произошло постепенное симметричное снижение сопротивления изоляции фаз относительно земли, то это явление при достижении изоляцией критического значения ($r = 10,5 \text{ кОм}$ на фазу, согласно ПБ для $U = 380 \text{ В}$) воздействует на систему СКСУИФ в составе ЗШУ и она выдаст сигнал в виде логической единицы на блок отключения сети (БО).

Все 6 рассмотренных выше действий ЗШУ соответствуют основным требованиям электробезопасности к

шунтирующим устройствам и в комплексе составляют принцип дей-

ствия и логику работы защитного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стронгин П.Я. Защита от поражения электрическим током в сетях с изолированной нейтралью. Труды Северо - Кавказского горно-металлургического института выпуск 20. "Энергетика", г. Орджоникидзе (Владикавказ), 1966, С.65-70

2. Микрюков В.И., Ягудаев Б.М. Быстродействующее защитное закорачивание на землю фазы сети 3 - 10 кВ. //Безопасность труда в промышленности, 1973, №5, С. 35-37.

3. Шуцкий В.И., Жидков В.О., Ильин Ю.Н. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1986, 152 с.

4. А.С. 838866 (СССР) Устройство для выбора поврежденной фазы в 3-фазной сети с изолированной нейтра-

лью/Жидков В.О., Ильин Ю.Н., Щур Н.А. и др. Оpubл. в БИЛ 982, №22.

5. А.С. 657514 (СССР) Устройство для защиты человека от поражения электрическим током. Ефремов И.М., Кругликов А.П. с приоритетом от 01.08.1976.

6. А.С. 843086 (СССР) Устройство для защиты от поражения электрическим током в сети с изолированной нейтралью. Ефремов И.М., Шишкин А.Г. с приоритетом от 17.08.1979

7. Решение комиссии ЦЕНТОЭП по установлению критериев безопасности электрического тока. //Электричество, 1967, №10, С. 85-86.

8. Киселев А.П. Власов С.П. О критериях электробезопасности. // Промышленная энергетика, 1971, №4. С. 39-41.

УДК 622:621.316.1

АППАРАТ ШУНТИРУЮЩЕЙ ЗАЩИТЫ ДЛЯ СЕТЕЙ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

В.Н. Борисов, В.С. Сидельковский

Алматинский институт энергетики и связи

Ю.А. Ленков

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Оцашилланган бейтарапты тораптарга арналган КЩҚаппаратының қурылымдық сұлбісі талқылангін.

Рассмотрена структурная схема аппарата ЗЦУ для сетей с изолированной нейтралью.

The structure scheme of the protection by-passing apparatus for net-works with insulate neutral.

В соответствии с основными требованиями электробезопасности к шунтирующим устройствам изложенными в аппарат должен содержать следующие блоки, узлы и элементы:

1. ОПФ - определитель поврежденной фазы.

2. УЗДК - 3 - узел защиты от двойных утечек на землю (касания двух фаз).

3. СКСУИФ - система контроля симметричного уровня изоляции фаз.

4. СККСУ - система контроля кратковременных самоустраняющихся утечек.

5. БЛ - блок логических элементов и триггерных счетчиков.

6. СЭЭШ - силовые элементы и генераторы пофазного управления энергетическим шунтированием.

7. БО - блок управления отключением сети.

8. ВСУЭ - вспомогательные схемные узлы и элементы ЗШУ.

На рисунке I приведена предлагаемая структурная схема ЗИГУ, включающая названные выше блоки, узлы и элементы и обеспечивающая перечисленные в требования электробезопасности.

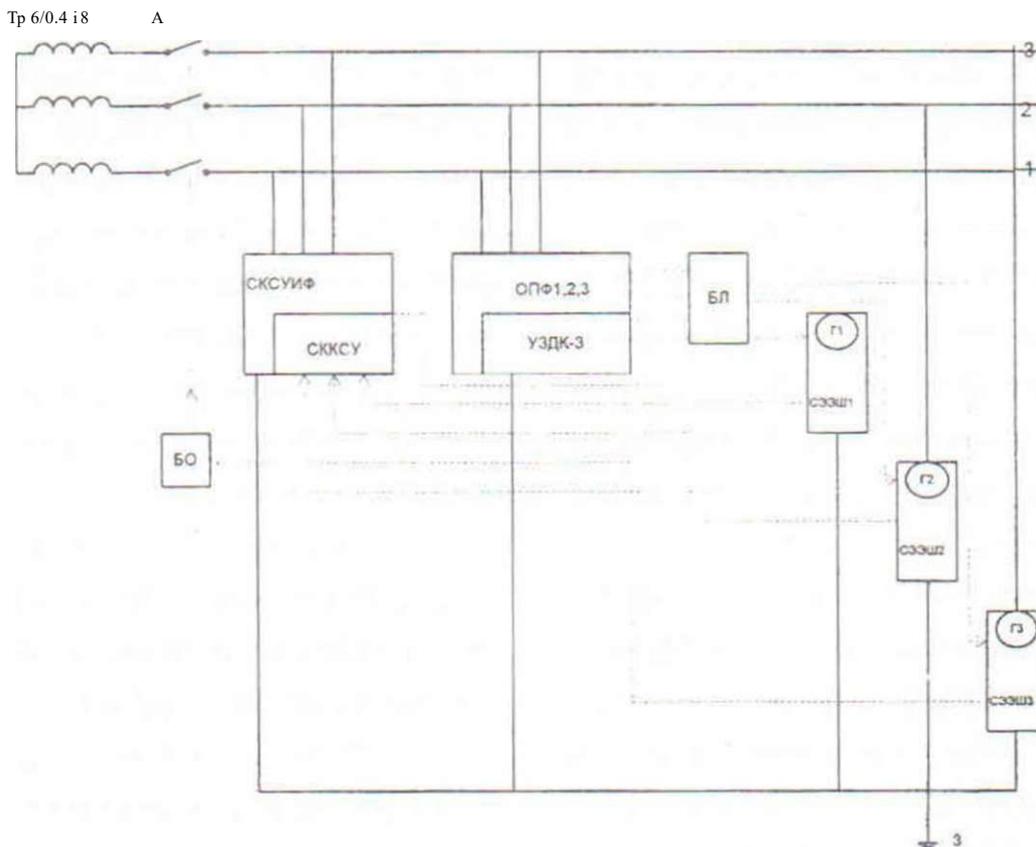
В исходном (дежурном состоя-

нии) силовые элементы энергетического шунтирования СЭЭШ1; СЭЭШ2; СЭЭШ3 (симисторы) закрыты, т.к. на входах их запускающих генераторов Г1; Г2; Г3 стоят запреты (нули с выхода логической системы блока логики БЛ, что в свою очередь обуславливается логическими нулями с выхода определителей поврежденной фазы ОПФ 1,2,3).

При однофазном касании человека, например к фазе 1 на выходе ОПФ 2, 3 появятся логические единицы, которые через блок логики БЛ подадут сигнал на вход генератора Г1. СЭЭШ1 и симистор этой фазы откроется, соединив фазу 1 с землей. Одновремен-

но БЛ выдаст запрет на запуск генераторов Г2, Г3 коротящих элементов СЭЭШ2; СЭЭШ3 в фазах 2, 3. Если человек освободился за время 1,28 с, то с узла СЭЭШ1 и систем контроля СКСУИФ и СККСУ через блок логики будет подан сигнал на прекращение работы генератора Г1, симистор этой фазы закроется, напряжение поврежденной фазы восстановится до нормы и, таким образом, акт защиты будет проведен без отключения сети от подстанции. Если утечка не самоустранилась за 1,28 с, то блок логики БЛ через свой счетчик выдаст по истечении указанного времени сигнал на отключение сети блоком БЛ.

Структурная схема ЗШУ



траектория прохождения командных сигналов

При двухфазном касании ОПФ "здоровой" фазы посредством узла УЗДК - 3 и блока БЛ выдаст сигнал блоку отключения БО и сеть будет отключена автоматом А без выдержки времени.

При равномерном симметричном снижении уровня изоляции до критического значения, например до 10,5 кОм на фазу (для напряжения сети $U = 380$ В) блок СКСУИФ через 2,56 с даст блоку БО сигнал на отключение сети. Устранить указанные в [статья 6.1] недостатки известных схем ЗШУ. повысить их функциональные возможности, чувствительность, надежность, расширить защитную зону можно только применением современной электронной базы и вводом в схему ЗШУ блока ОПФ на оптронах и компараторах, блока логики, триггерных счетчиков и другой микроэлектронной базы. При этом является обязательным укомплектование ЗШУ блоками и узлами СКСУИФ, СККСУ, УЗДК - 3, симисторными короткозамыкателями с надежными генераторами управления, стабилизированным блоком питания и другими бесконтактными схемными элементами.

В результате конструкторских проработок была создана схема аппарата, изготовленного и испытанного в лабораторных и производственных условиях рудников Казахстана ЗШУ - 380. Основные блоки и узлы схемы ЗШУ:

1. Блок ОПФ на оптронах "светодиод - фотодиод" типа АОД 101 Б и компараторах (операционных носителях) К 140 УД с входными и выходными значениями напряжения и тока достаточными для формирования логических единиц и нулей, посылаемых на блок логики.

2. Узел защиты от двойных утечек на землю (касание двух фаз) УЗДК-3, действие этой защиты основано на взаимодействии с блоком логики и статическим компенсатором емкостных токов утечки.

3. Узел системы контроля симметричного уровня активного сопротивления изоляции фаз СКСУИФ с улучшенными в сравнении с известными характеристиками за счет применения оптрона и компаратора, а также входные - выходные величины напряжений и токов для формирования логической единицы и нуля, расчет числа ступеней деления частоты триггерных счетчиков для создания выдержки времени срабатывания узла СКСУИФ на отключение сети; взаимодействие сигналов с логикой ЗШУ для основных случаев нарушения нормального состояния изоляции фаз сети.

4. Узел системы контроля кратковременных самоустраняющихся утечек СККСУ с выходом на логику и расчетом параметров элементов, напряжений и токов, входящих в цепи узла СККСУ с подбором стандартных оптрона и компаратора.

5. Блок логики БЛ из девяти логических элементов серии К 155 (три

логических элементов серии К 155 (три

элемента 2И - НЕ, два элемента 3И - НЕ, четыре счетчика К 155ИЕ - 5) и операционных усилителей К140 УД1Б.

6. Блокинг генераторы управления Г1, Г2, Г3 силовыми элементами энергетического шунтирования СЭЭШ, (шунтирующими симисторами).

Оценку предлагаемой схемы аппарата и известных схем [2-7] произведем с использованием комплексного показателя эффективности «Э» [8]:

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^m p_i X_i$$

где Э - комплексный показатель эффективности схемы ЗШУ;

p_i - весовой показатель эффективности;

X_j - коэффициент соответствия метода, схемы и технических показателей показателям p_i .

Ниже приводится расшифровка и значения весовых показателей эффективности p_i , полученных при испытаниях ЗШУ в производственных и лабораторных условиях:

1. Ограничение тока $I_{\text{чел}} = 10 \text{ мА}$
 $p_1 = 0,05$;

2. Сокращение перерывов электроснабжения $p_2 = 0,1$;

3. Отключение сети с длительными утечками недопустимой величины $p_3 = 0,05$;

4. Значительное снижение количества электричества через тело человека при защите Q-1_{чел}-t^uА-с $p_4 = 0,05$;

5. Защита при касании двух фаз одновременно $p_5 = 0,05$;

6. Работоспособность аппарата в подземных условиях $p_6 = 0,05$;

7. Исключение 2-х и 3-х фазных КЗ в шунтах аппарата $p_7 = 0,15$;

8. Обеспечение защиты двигателей и других трехфазных потребителей от неполнофазного режима работы $p_8 = 0,05$;

9. Бесконтактное исполнение и минимум точечных деталей $p_9 = 0,05$;

10. Обеспечение зоны защиты в пределах, определенных правилами безопасности (ПБ): $R_{\text{ичол}} = 10 \text{ кОм}$ на фазу; $R_T = 7,5 \text{ кОм}$ $p_{10} = 0,15$.

Коэффициенты соответствия X_i определены расчетами по перечисленным выше достоинствам, недостаткам и техническим характеристикам рассмотренных в [2-7] и предложенной ЗШУ во время их испытаний.

Результаты расчета показателя "Э" для 5 конструкций ЗШУ, приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что по весовым показателям M_i (исключение 2-х фазных КЗ) и (сокращение перерывов электроснабжения) лидирует ЗШУ ВОСТНИИ России. По показателям p_2, p_4, p_7 и ш, - схема по А.С. №843086. Предлагаемое ЗШУ на оптронах имеет преимущества по показателям $p_1, p_3, p_5, p_6, p_8, p_9$ и в целом с разрывом 1,44 раза по комплексному показателю эффективности опережает остальные схемы. Данные преимуще-

щества обусловлены в основном благодаря применению ОПФ на оптронах и компараторах, ТТЛ - логики, более

широкой зоне защиты и узла защиты при одновременном касании человека к двум фазам.

Таблица 1

Показатели эффективности схем ЗШУ для электроустановок и сетей напряжением 380 В

Метод и схемы ЗЩУ	Весовые коэффициенты показателей										Показатель Э
		Иг		А,		К	Иі	Иг	А	Мо	
	Коэффициенты X, соответствия схем защиты показателям //,										
Метод П.Я. Стронгина	1,0	1,0	0,0	0,3	0,0	0,5	0,5	0,5	0,0	1,0	0,455
АЭБК-1 ВОСТНИИ	1,0	1,0	1,0	0,5	0,8	1,0	1,0	0,8	0,0	0,8	0,650
ЗЩУ по А.С №657514	1,0	1,0	1,0	0,8	0,0	0,8	0,5	0,7	0,0	0,7	0,535
ЗЩУ по А.С №843086	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,5	0,3	0,3	0,7	0,650
ЗЩУ-Суиф на оптронах	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,9	1,0	0,9	0,940

ЛИТЕРАТУРА

1. К разработке электрической схемы и аппарата шунтирующей защиты для сетей с изолированной нейтралью/В.П. Борисов , Г.Х. Хожин , В.С. Сидельковский , Ю.А. Ленков.- Наука и техника Казахстана, 2002, № 3.

2. Стронгин П.Я. Защита от поражения электрическим током в сетях с изолированной нейтралью. Труды Северо - Кавказского горнометаллургического института выпуск 20, "Энергетика", - г. Орджоникидзе (Владикав-

каз), 1966, С.65-70.

3. Микрюков В.И., Ягудаев Б.М. Быстродействующее защитное закорачивание на землю фазы сети 3 - 10 кВ. Безопасность труда в промышленности, 1973, №5. С. 35 - 37.

4. Шуцкий В.И., Жидков В.О., Ильин Ю.Н. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1986, 152 с.

5. А.С. 838866 (СССР) Устройство для выбора поврежденной фазы в 3^x

фазной сети с изолированной нейтралью/ Жидков В.О., Ильин Ю.Н., Щур Н.А. и др. Оpubл. в БИ,1982, № 22.

6. А.С. 657514 (СССР) Устройство для защиты человека от поражения электрическим током. Ефремов И.М. Кругликов А.П. с приоритетом от 01.08.1976.

7. А.С. 843086 (СССР) Устройство для защиты от поражения электрическим током в сети с изолированной нейтралью Ефремов И.М., Шишкин А.Г. с приоритетом от 17.08.1979.

8. Благин В.А. Исследование безопасности судовых электросистем в режиме замыкания на корпус. Авторе-

УДК 622:621.316.1

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ЩАДЯЩИХ ЗАЩИТНЫХ ШУНТИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

В.Н. Борисов, В.С. Сидельковский

Алматинский институт энергетики и связи

Жұмыста 1000 В кернеу астында тұрған үш фазалы тораптың өткізгішіне адамның кездейсоқ жанасуы кезінде электрлік тоқпен талқандалудан иіунттайтын сақтаушы тетіктерді жасау негіздері тапқыланған.

В работе рассмотрены основы создания щадящих шунтирующих устройств от поражения электрическим током при случайном касании человека к проводнику трехфазной сети, находящейся под напряжением до 1000 В

The main creation of the sparing by-passing apparatus from defeat of the current at accidental touching by man to conductor of three-phase net-work being under the voltage till 1000 V are examined in this work.

Предельные значения токовременных параметров по обеспечению безопасности людей, попавших под действие электрического тока, трактуются рядом исследователей неоднозначно.

По данным Дальзиеля [1] отрыв от проводника при токе промышленной частоты величиной 16 мА возможен только у 50% подвергшихся действию этого тока людей, откуда следует вывод, что для обеспечения безопасности требуется отключение электросети, хотя этот ток еще не приводит к необратимым изменениям в организме в течении нескольких секунд.

При увеличении тока $I_{\text{чел.}}$ до 100 мА у 0,5 % попавших под действие тока в течение 3 - 4 с людей, возможна фибрилляция сердца, вследствие чего делается вывод о необходимости не только отключения сети, но и строгом соблюдении времени отключения для того, чтобы выдержалась зависимость

$$\bullet / = 0,27 \text{ (при вероятности 0,5\%)},$$

т.е. при токе $I_{w7} = 0,1 \text{ A}$ время воздействия тока на человека в период отключения сети, а также ЭДС отключенных, но вращающихся по инер-

ции двигателей и разрядного тока емкости отключенной сети относительно земли не превысило 2,7 секунды.

В СНГ по временным нормам электробезопасности и временным техническим требованиям к аппаратам защиты от утечек допустимое количество электричества через тело человека составляет примерно 50 - 60 мАс [1, 21 (милликулон), по американским нормам 100 - 270 мАс, (см. рисунок 1).

Дальнейшее снижение вероятности поражения обслуживающего персонала электрическим током, обеспечение щадящего режима защиты (в сравнении с указанным выше нормативом 50 - 60 мАс) возможно на основе разработки схем аппарата защиты с использованием метода создания при защите искусственной несимметрии (шунтирования), позволяющего также сократить число и длительность перерывов электроснабжения участков электросетей при защитных отключениях.

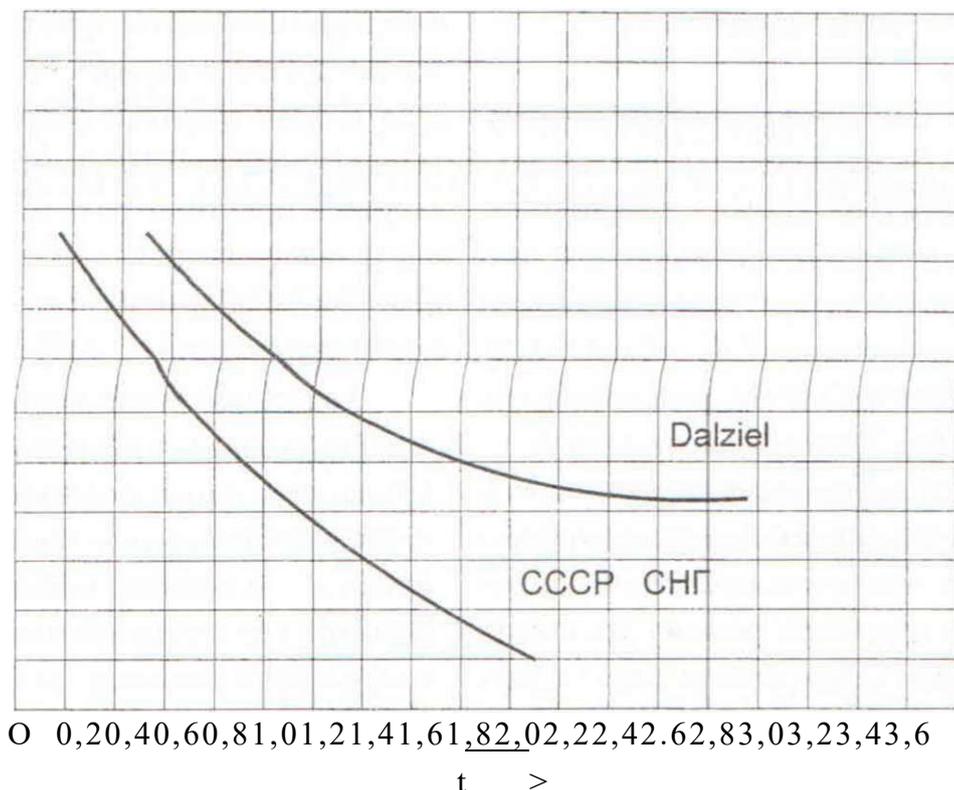
В работах [3,4] показано, что установка шунта величиной, например, 100 Ом между фазой с коснувшимся человеком ($R_{4a} = 1 \text{ кОм}$) и землей при сопротивлении изоляции 10 кОм на фазу в сети напряжением 380 В снижает ток через тело человека в 10 раз при увеличении общего тока замыкания на землю на 25%. В этих же работах даны теоретические обоснования по расчету величины шунтирующего сопротивления, перепада напряже-

ния "фаза - земля" при самоустраивающихся утечках или самоосвобождении человека от действия тока и ряду других вопросов, связанных с созданием защитных шунтирующих устройств (ЗШУ). Вопросам теории и практики защитных шунтирующих устройств (ЗШУ) посвящен ряд предыдущих и последующих исследований [3, 4, 5].

Защитные шунтирующие устройства безусловно создают щадящий режим защиты, а в ряде случаев и сокращают число перерывов электроснабжения из-за защитных отключений. Однако на практике они почти не используются, в основном, за счет недостатков в принципе действия и недоработок в схемных решениях. Реакция ЗШУ на однофазные утечки однозначна - аппарат замыкает поврежденную фазу, обеспечивая щадящий режим защиты. Однако большинство предложенных схем либо не реагируют на двухфазные утечки, либо закорачивают эти фазы на землю, создавая двухфазное КЗ с выходом аппарата из строя. В первом случае в роли двухфазной утечки может оказаться человек, случайно коснувшийся двух фаз. В предлагаемой нами схеме этот недостаток исключен применением логических элементов, благодаря чему появление двухфазного короткого замыкания в аппарате защиты исключается, кроме того ЗШУ в этом случае отключает сеть без выдержки времени.

Графическая интерполяция функции $I_{\text{чел}} = f(t)$

I, А



Рисунок

Еще более редкий случай может быть, когда при утечке на землю в одной из фаз шунтирующий блок замкнул ее на землю, осуществляя защитное шунтирование, но в этой же сети произошло случайное касание человеком другой фазы. Человек в этом случае также попадает под линейное напряжение, поэтому и здесь необходимо отключение сети либо без выдержки, либо с небольшой выдержкой, гарантирующей не превышение указанного выше норматива 50 - 60 мАс. Отсюда вытекает требование к ограничению времени защитного замыкания фазы на землю: время действия защитного шунтирования должно быть ог-

раничено в пределах 0,5 - 1,25 с, после чего сеть должна быть отключена.

Для уяснения щадящего эффекта шунтирования рассмотрим основные слагаемые суммарного времени воздействия тока на человека при работе ЗШУ.

Задержка в постановке шунта за счет инертности входных схемных элементов. например, до входа компараторов - определителей поврежденной фазы $C R = 0,05 \cdot 10^{-6} \cdot 10^6 = 0,05$ с, что составляет два с половиной периода синусоиды при значениях $C = C_{кх} = 0,05 \text{ мкФ}$, $R_{га} = 1000 \text{ кОм}$ плюс задержка в срабатывании шун-

тирующего органа (0,0075 с), всего $t_1 = 0,0575$ с (2,87 периода синусоиды).

Задержка времени в срабатывании отключающего элемента и автомата подстанции при необходимости защитного отключения сети равна

$t_2 = 0,0075 + 0,01 = 0,0175$ с или (0.875 периода синусоиды).

Время нахождения шунта в снятом состоянии при определении вида утечки (кратковременная самоустраняющаяся или длительная) составляет

$t_3 = 0,04$ с (два периода синусоиды).

Время запаздывания постановки шунтов для защиты от ЭДС отключенных, но вращающихся по инерции двигателей и разряда емкости сети, равное времени срабатывания шунтирующих элементов $t_4 = 0,0075$ с (0,375 периода синусоиды).

Время действия на человека остаточной (половинной) ЭДС при са-

$$= \frac{3 \cdot U \cdot \phi}{z \cdot K} \cdot 0,0575 =$$

что в 18 раз ниже токовременного норматива 50 - 60 мАс.

Таким образом, щадящий режим защиты человека, коснувшегося фазы, обеспечивает постановка шунта между этой фазой и землей.

Суммарное время нахождения

$$I /'' = I_1 + t_2 + t_3 + I_4 + t_5 = 0,0575 + 0,0175 + 0,04 + 0,0075 + 0,35 = 0,4725$$

Количество электричества, проходящее через человека за время

$$X > = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0,1225$$
 с равно

$$I \cdot z t = \frac{3 \cdot 220 \cdot 0,1225}{3 \cdot 1 + 10,5} = 6 \text{ мА} \cdot \text{с}$$

моотключения ЗШУ от отключенной сети из - за потери питания, когда защитные шунты автоматически снимаются $t_5 = 0,35$ с.

Суммарное время нахождения человека под действием электрического тока от момента касания до момента самоосвобождения от фазы при постоянном шунте $E_{г} = I_1 = 0,0575$ с (2,87 периода синусоиды).

Количество электричества, проходящее через тело человека в момент постановки шунта (т.е. за время t_1) при сопротивлении тела человека $R_{дчл} = 1 \text{ кОм}$ и критическом сопротивлении изоляции $z_{из} = 10,5 \text{ кОм}$ на фазу (нескомпенсированной емкостью изоляции 0.1 мкФ на фазу для этого случая пренебрегаем, поскольку проводимость ее на порядок ниже проводимости тела человека и в 3 раза ниже активной проводимости изоляции) равно:

$$\frac{220 \cdot 0,0575}{3 \cdot 1 + 10,5} = 2,8 \text{ мА} \cdot \text{с}$$

под действием тока человека, не сумевшего, по какимлибо причинам (захват проводника, потеря сознания и т.п.) освободиться от фазы при поставленном шунте, от момента касания до момента прекращения действия ЭДС равно:

а количество электричества, проходящее за время t , определяется в функции от остаточной (половиной) величины ЭДС (около 110 В)

$$K_{\text{чез}}' \cdot \frac{1}{5} = \frac{3 \cdot 110 - 0,35}{3 \cdot 1 + 10,5} = 8,6 \text{ мА} \cdot \text{с}$$

Суммарное значение количества электричества

$$I \cdot t = 6 + 8,6 = 14,6 \text{ мА} \cdot \text{с} * 50 + 60 \text{ мА} \cdot \text{с},$$

т.е. удовлетворяет временным нормативам электробезопасности.

Для сравнения эффективности ЗШУ с аппаратами типа УАКИ, АЗАК, АЗШ рассчитаем параметр $I_{\text{сж}} t$ при защите человека этими аппаратами при $R_{\text{сш}} = 1 \text{ кОм}$ и $\gamma = 10,5 \text{ кОм}$ на фазу.

ем тока 1,27 с.

$$\text{Тогда, } K \quad t = \frac{3 \cdot 220}{3 \cdot 1 + 10,5} \cdot 1,27 = 62,1 \text{ мА} \cdot \text{с}$$

Эффективность ЗШУ по обеспечению щадящего режима защиты человека, коснувшегося фазы в сравнении с применяемыми на производстве (рудниках) выше в $\frac{62,1}{2,8} = 22,1$ раза при кратковременных самоустраняющихся утечках.

Время срабатывания первичного реле в схеме УАКИ (АЗАК) составляет 0,008 - 0,009 с, сетевого автомата - 0,01 с, время воздействия ЭДС и разряда емкости после отключения сети 1,0 - 1,5 с, суммарное время нахождения человека под действи-

ем тока 1,27 с.
 Тогда, $K \quad t = \frac{3 \cdot 220}{3 \cdot 1 + 10,5} \cdot 1,27 = 62,1 \text{ мА} \cdot \text{с}$
 ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗШУ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЩАДЯЩЕГО РЕЖИМА ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА, КОСНУВШЕГОСЯ ФАЗЫ В СРАВНЕНИИ С ПРИМЕНЯЕМЫМИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ (РУДНИКАХ) ВЫШЕ В $\frac{62,1}{2,8} = 22,1$ РАЗА ПРИ КРАТКОВРЕМЕННЫХ САМОУСТРАНЯЮЩИХСЯ УТЕЧКАХ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dalzil Ch. F. Effects of electric shock on man. Trans of medical Electronics, July 1956.
2. Киселев А. П. Власов В. П. О критериях электробезопасности. // Промышленная энергетика, 1977, №4, с. 39-41.
3. Щуцкий В. И., Жидков В. О., Ильин Ю. Н. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок. М.г.Энергоатомиздат, 1986.- 152 с.
4. Разработка комплексного аппарата защиты от утечек тока внутриэкскаваторных систем напряжением до 1000 В. Тема 0116, ВОСТНИИ (Россия); Кемерово, 1980.
5. А. С. 1695442 (СССР) Устройство для защиты человека от поражения электрическим током. Ефремов И. М., Иноземцев В. М., Шалапуптов А. Н., Ефремов А. И. Опубл. в Б. И. 1991, №44.

УДК 622.684.001.25

УПРАВЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАРЬЕРНОГО АВТОТРАНСПОРТА

М.К. Ибатов

*Карагандинский государственный технический
университет*

Карьер автокөлігінің алдында тұрған маңызды проблемалардың бірі оның пайдаланылу қауіпсіздігін арттыру болып табылады. Бул мәселенің ішешілуі карьер автокөлігінің пайдаланылу қауіпсіздігі сапасының көрсеткіштерін басқарудың ұсынылған теориялық алғы ішарттары негізінде мүмкін болады. Автокөлік құралдарының қауіпсіздігіне әсер ететін факторлардың құрылымдық сұлбасы келтірілген.

Одной из важнейших проблем, стоящих перед карьерным автотранспортом, является повышение его эксплуатационной безопасности. Решение этой задачи возможно на основе предложенных теоретических предпосылок управления показателями качества эксплуатационной безопасности карьерного автотранспорта. Приводится структурная схема факторов, влияющих на безопасность автотранспортных средств.

Results of study of physical and chemical properties and structure of the surface of the catalyzer on the Al O carrier, containing fine disperse platinum as promoter, are presented. The analysis of the catalyzers tests on the effectiveness of CO oxide decrease when temperature in the reactors of neutralizers of worked gases of diesel engines of the carrier automeans was 250-600 C, was conducted.

Большинство задач по обеспечению безопасности связано в большей или меньшей степени с качеством изделия или материала, в данном случае автотранспортного средства, агрегата, узла, системы при их функционировании или использовании в определенных условиях эксплуатации. Качество

эксплуатационной безопасности автотранспортных средств (АТС) - это совокупность свойств, определяющих степень пригодности автотранспортного средства к выполнению заданных функций при соблюдении требований безопасности. Качество складывается из свойств. Каждое свойство характе-

ризуется одним или несколькими параметрами, которые могут принимать различные количественные значения, называемые показателями.

На основе выполненного анализа методов и способов повышения безопасности АТС к основным свойствам, определяющим качество эксплуатационной безопасности карьерных автотранспортных средств, можно отнести активную и экологическую безопасность.

Показатели качества эксплуатационной безопасности ухудшаются с увеличением пробега АТС. При этом важными являются не только начальные значения показателей качества эксплуатационной безопасности, которые закладываются при производстве авто-

мобилей, но и характер изменения их в течение всего периода эксплуатации. Известные положения теории надежности автотранспортных средств, разработанные профессором Кузнецовым Е.С. [1,2,3], применимы при рассмотрении вопросов их эксплуатационной безопасности. По аналогии с показателями надежности для ряда показателей эксплуатационной безопасности (таких, как наработка на отказ агрегатов и узлов, обеспечивающих безопасность движения, величина тормозного пути, эффективность очистки токсичных компонентов отработавших газов и др.) характерным является изменение от времени эксплуатации или пробега автотранспортных средств по экспоненциальной зависимости:

$$n_K(t) = n_{K1} \exp[-k(f-1)] \quad (1)$$

где n_{K1} - показатели качества на i -ом и первом году эксплуатации;

k - коэффициент, определяющий интенсивность изменения показателя качества по времени или пробегу;

t - продолжительность эксплуатации, годы или км.

Чем интенсивнее изменение показателей качества эксплуатационной безопасности автотранспортных

средств в процессе эксплуатации, тем ниже их эксплуатационные свойства.

Реализуемый показатель качества эксплуатационной безопасности - это среднее значение показателя качества за заданный или фактически сложившийся срок службы автотранспортных средств. В случаях, когда показатели качества эксплуатационной безопасности изменяются по экспоненциальной зависимости, реализуемый показатель определяется по формуле:

$$Я_{ДО} = n_{K1} \exp^{-k} \exp[-k \cdot \text{пробег}] \quad (2)$$

В принципе реализуемый показатель качества эксплуатационной безопасности является управляемым и зависит от начального значения показателя качества $P_{к1}$, интенсивности его изменения в процессе эксплуатации $P_{к}(t)$ и срока службы автотранспортных средств t (рисунок 1).

Начальное значение показателя качества определяется сферой производства, но с учетом требований сферы эксплуатации. Срок службы автотранспортного средства зависит не только от его конструктивной долговечности и условий эксплуатации, но и от баланса между потребностью и объемом производства данных моделей АТС, а также от правильной политики обновления основных фондов, реализуемой сферой эксплуатации. Интенсивность же изменения первоначальных показателей качества зависит как от сферы производства, так и от сферы эксплуатации. Автомобильная промышленность влияет на интенсивность изменения показателей качества эксплуатационной безопасности повышением износостойкости и прочности деталей, качества применяемых материалов и т.п. Сфера эксплуатации, применяя рациональную систему технического обслуживания и ремонта АТС, передовые производственные процессы, современную материально-техническую базу предприятий и другие методы, может активно влиять на реализуемые показатели качества эксплуатационной безопасности. Приня-

то считать, что вклад сферы производства и сферы эксплуатации на реализуемые значения показателя качества соотносится как 3:2 [1].

Следовательно, сфера эксплуатации влияет на реализуемый показатель качества эксплуатационной безопасности, что обуславливает необходимость совершенствования методов поддержания работоспособности и надежности систем, обеспечивающих безопасность автотранспортных средств.

С позиций системного подхода при решении задачи повышения эксплуатационной безопасности карьерных автотранспортных средств целесообразным представляется использование программно-целевого метода, суть которого заключается в четком определении конечной цели системы и в объединении в форме программы всех видов деятельности для достижения этой цели.

В качестве системы в данном случае предлагается рассматривать сферу эксплуатации карьерного автотранспорта, а в качестве цели - обеспечение эксплуатационной безопасности карьерных автотранспортных средств, показателями которой могут являться надежность агрегатов и узлов, обеспечивающих безопасность движения, эффективность очистки токсичных компонентов отработавших газов и др.

Управление показателями качества эксплуатационной безопасности автотранспортных средств является одной из важнейших функций инже-

нерно-технической службы (ИТС) автомобильного транспорта. Хотя содержание, аппарат и методы, применяемые при программно-целевом управлении, меняются в зависимости от его уровня и специфики отрасли, существование управления, его технология имеют ряд общих черт [1,4, 5].

В общем виде управление определяется как функция системы, ориентированная на сохранение ее основных качественных показателей в условиях изменения среды или выявление и реализацию некоторой программы, обеспечивающей устойчивость функционирования, достижение системой поставленной цели.

К основным этапам программно-целевого управления относятся:

1. Определение цели, стоящей перед управляемой системой или подсистемой. Целью системы является ее возможное будущее состояние, достижимое при помощи определенных действий, являющихся следствием принятых решений.

2. Получение объективной информации о состоянии системы и действующих на нее внешних факторов.

3. Обработка и анализ информации.

4. Принятие решений в соответствии с целями системы, полученной и обработанной информации. Под решением понимается выбор на основании установленных критериев из многих, одной или нескольких альтернатив развития, существенно изменяющих состояние системы.

5. Придание решению нормативной формы и его доведение до исполнителей.

6. Реализация принятого решения.

7. Получение реакции или отклика системы в виде новой информации, которая снова обрабатывается, анализируется и на ее основе принимается новое решение или корректируется прежнее.

Таким образом, программно-целевое управление носит многоэтапный характер, когда система достигает цели, как правило, не за один, а за несколько этапов, последовательно корректируя действия с учетом достигнутых результатов.

Программно-целевой метод предполагает, что поставленные перед системой цели могут достигаться разными способами. Поэтому важным является выявление всех факторов или по крайней мере главных, способствующих достижению поставленной цели, а затем установить среди них определенную очередность или провести их ранжирование по степени важности каждого фактора для достижения системой поставленной конечной цели.

Исходной базой при разработке классификации и выборе факторов, влияющих на эксплуатационную безопасность карьерного автотранспорта, являлись дерево систем технической эксплуатации автомобильного транспорта [1], результаты научно-исследовательских работ и опыт практической деятельности предприятий горнодобывающей промышленности, занима-

ющихся эксплуатацией карьерного автотранспорта. Анализ ранее выполненных исследований позволил разработать структурную схему факторов, влияющих на эксплуатационную безопасность автотранспортных средств (рисунки 2).

Обобщение отечественного и зарубежного опыта показывает, что к основным факторам, определяющим эксплуатационную безопасность, можно отнести:

- систему обеспечения работоспособности и надежности АТС;
- методы и средства снижения токсичности отработавших газов АТС;
- персонал;
- организацию транспортного процесса;
- подвижной состав;
- условия эксплуатации.

В свою очередь, каждый из представленных факторов состоит из группы подфакторов. Чем детальнее будет декомпозиция факторов и подфакторов, тем обоснованнее будет принятие управляющих решений и оценка эффективности работы данной системы.

В рамках рассматриваемой систе-

мы по управляемости факторы подразделяются на управляемые, частично управляемые и учитываемые. К управляемым факторам относятся такие факторы, изменяя которые можно оказывать влияние на эксплуатационную безопасность. К учитываемым факторам относятся те, которые не поддаются изменению, но объективно влияют на эксплуатационную безопасность.

Учесть такой широкий спектр факторов при управлении показателями качества эксплуатационной безопасности карьерного автотранспорта в реальных условиях функционирования предприятий представляется сложным. Поэтому важным является выявление наиболее важных факторов на основе их анализа, рассмотрения причинно-следственных связей, а также использования методов ранговой корреляции. Следующим этапом должно быть установление характера и вида зависимости поставленной цели от наиболее важных факториальных признаков на основе сбора исходного статистического и экспериментального материала и последующей его математической обработки.

ЛИТЕРАТУРА

Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей. -М.: Транспорт. -1990. -272 с.

2. Кузнецов Е.С. Вопросы управления надежностью и технической эксплуатацией автомобилей. -М.: Высшая школа. -1977. -107 с.

3. Кузнецов Е.С. Исследование эк-

сплуатационной надежности автомобилей. -М.: Транспорт. -1969. -153 с.

4. Моррисей Д. Целевое управление организацией. Пер. с англ. -М.: Советское радио. -1979. -144 с.

5. Управление НИ и ОКР. Под ред. Трапезникова В.А. -М.: Экономика. -1979.-202 с.

Управление реализуемым показателем качества эксплуатационной безопасности АТС

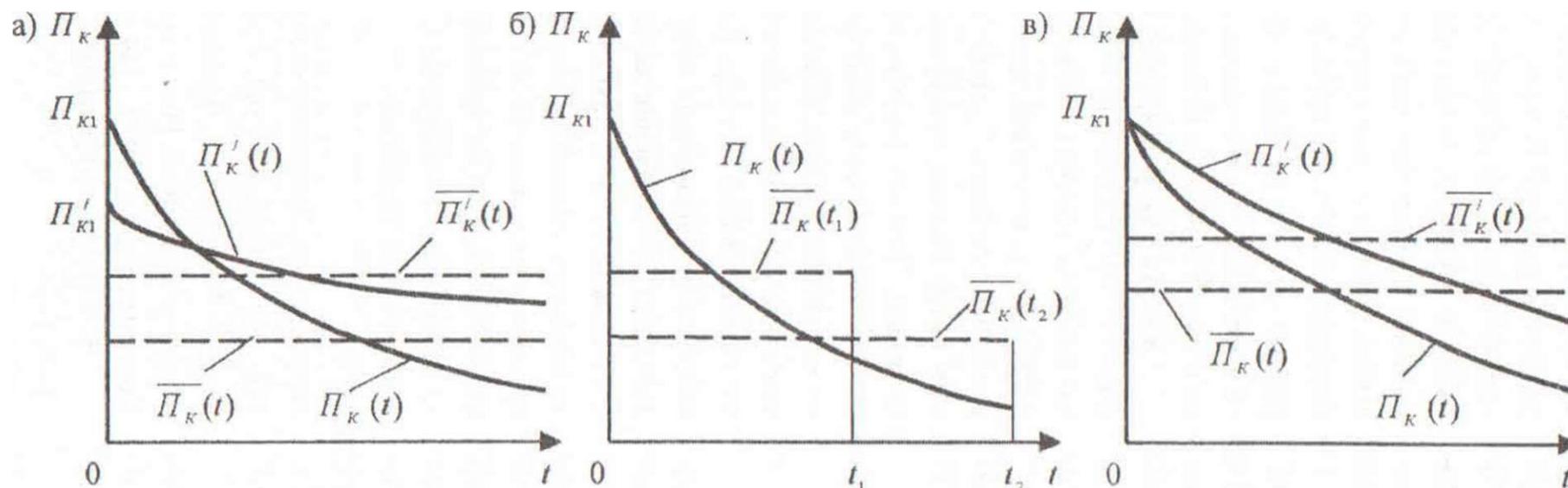


Рисунок 1

а - влияние изменения начальных значений показателя качества Π_{K1} на реализуемые показатели качества $\Pi'_K(t), \Pi_K(t)$ и интенсивность изменения показателя качества $\Pi'_K(t), \Pi_K(t)$ (мероприятия сферы производства);

б - регулирование сроков службы и изменение реализуемых показателей качества $\Pi_K(t), \Pi_K(t_2)$ (мероприятия сфер производства и эксплуатации);

в - влияние мероприятий сферы эксплуатации на интенсивность изменения показателя качества $\Pi'_K(t), \Pi_K(t)$ и изменение реализуемых показателей качества $\Pi'_K(t), \Pi_K(t)$ (0

Структурная схема факторов, влияющих на эксплуатационную безопасность автотранспортных средств



Рисунок 2

УДК 621.746.4

ВЗАИМНОЕ ВЛИЯНИЕ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ В ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ

М.М. Суюндиков, П.О. Быков

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Мақалада қую жүйесіндегі гидравликалық кедергілердің жиі орналасуына байланысты олардың өзара ықпалдасуы баяндалады. Гидромодельдеу әдісін қолданып орындалған тәжірибелік зерттеу арқылы жергілікті кедергілердің арасы жақын орналасса, олардың кедергісі азаятыны көрсетілген.

В статье обсуждается взаимное влияние гидравлических сопротивлений в литниковой системе в результате их относительно близкого расположения. В результате экспериментальных исследований, выполненных методом гидромоделирования, установлено уменьшение суммарного сопротивления с уменьшением расстояний между ними.

The article discuss mutual influence of hydraulic resistance in gating system as result of their concerning short distance. In researches were found out decrease of sum resistance when decrease distance between by them. The researches were made hydromodeling method.

Приближенное определение коэффициентов местных сопротивлений может приводить к существенным ошибкам при расчете общего коэффициента сопротивления литниковой системы.

В настоящее время технологические расчеты базируются на общих представлениях о сопротивлении литниковой системы в целом, без учета взаимного влияния местных сопротив-

лений и характера изменения структуры потока в отдельных элементах, которые изучены недостаточно и требуют постановки соответствующих экспериментальных исследований [1].

Отрывочные данные приводятся у Дубицкого Г.М. [2]. В них говорится, что при расположении местных сопротивлений близко друг к другу их общий коэффициент сопротивления, отнесенный к одному и тому же ско-

ростному напору, должен приниматься меньшим, чем сумма коэффициентов этих сопротивлений, отнесенных к тому же скоростному напору, когда они расположены взаимно далеко и не влияют друг на друга. В гидравлике этот вопрос, к сожалению, недостаточно исследован, хотя некоторые данные имеются [3].

Учитывая большое количество местных сопротивлений, встречающихся в литниковых системах, в данной работе поставили задачу определить изменения коэффициента суммарного сопротивления поворотов на 90° , как наиболее типичных для литниковых систем в зависимости от расстояния между ними.

Исследование взаимного влияния гидравлических сопротивлений в литниковой системе выполнялось методом гидравлического моделирования на установке, которая состояла из чаши, стояка, литникового хода, выполненного в плите толщиной 50 мм и накрытого органическим стеклом, для визуального наблюдения за потоком, пьезометрических трубок, приемного бака и взвешивающего устройства.

В чаше для фиксации необходимого напора был установлен сливной канал. Он обеспечивал постоянство напора в литниковой системе на протяжении всего проведения опытов. Экспериментальная установка давала возможность изменять количество поворотов, длину литникового хода. Литниковая система имела отношения эле-

ментов $F_{лх} : F_{см} = 1 : 7,5$, согласно рекомендациям [4]. Переходы от чаши к стояку и от стояка к литниковому ходу имели закругления радиусом 5 мм. Сменные стояки и изменение уровня жидкости в чаше, за счет перемещения сливного канала позволяли создать напор до 350 мм. Длина литникового хода изменялась в зависимости от варианта литниковой системы.

Вода из литникового хода поступала в приемный бак. По величине массы воды в приемном баке и времени истечения вычислялся расход в литниковой системе.

Моделирующей жидкостью являлась вода при температуре около 20°C .

Были проведены опыты по определению суммарных потерь напора на поворотах 90° от скорости потока для разных расстояний от предыдущего местного сопротивления (поворота на 90°).

В дальнейшем по известным потерям напора в литниковой системе и скорости потока были определены значения суммарного коэффициента гидравлического сопротивления поворотов в зависимости от расстояния между этими поворотами.

Результаты опытов представлены в виде зависимости коэффициента суммарного сопротивления двух поворотов на 90° от расстояния между ними $c\Gamma = f(l/R,)$ на рис. 1, где l - расстояние между поворотами, а R - гидравлический радиус потока.

На основании этих графиков мож-

но сделать вывод, что при определенных расстояниях между поворотами происходит уменьшение потерь напора на повороте и уменьшение коэффициента сопротивления.

Изменение напора в 1,5 и более раза не вызывает особых изменений как характера кривых, так и суммарного значения сопротивлений (кривые 1-4, рис. 1).

Полученные зависимости могут иметь практическое значение при проектировании литейной технологии.

Проектирование литниковых систем с расстоянием между поворотами, имеющими наименьший суммарный коэффициент сопротивления, позволит уменьшить расчетные сечения элементов литниковой системы, что в свою очередь увеличивает выход годного литья.

Как правило, расстояние до первого питателя определяется из расчета всплывания неметаллических частиц к верхней стенке шлакоуловителя с целью удержания их там, на участке перед питателем. На этом же участке находится расстояние, отвечающее минимальному значению суммарного сопротивления поворотов в литниковой системе. Лучший результат должен получиться в случае их совпадения.

При установке в литниковой системе фильтра, который принимает на себя полностью функцию улавливания шлака применение принципа минимального суммарного сопротивления реально. Однако следует учесть, что фильтр сам является местным сопротивлением и вопрос взаимного влияния фильтра и поворота является предметом дальнейших исследований.

Выводы:

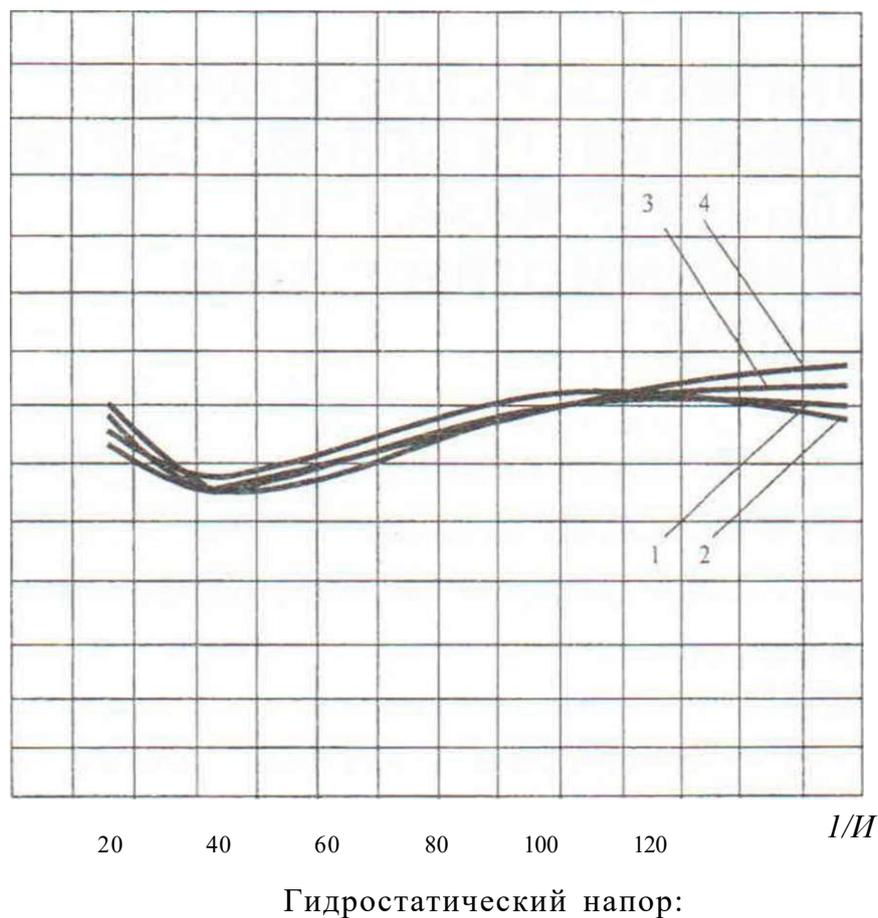
Исследования, проведенные в данной работе, показывают необходимость применения информации о взаимном влиянии гидравлических сопротивлений, приводимой в классической гидравлике применительно к литейной гидравлике, дополняя ее более детальными исследованиями, которые требуют технология литейного производства.

Установлено, что для поворотов

канала на 90° в литниковых системах на определенных расстояниях между ними достигается наименьший суммарный коэффициент сопротивления.

Наличие в литниковых системах большого количества разного рода местных сопротивлений требует дальнейшего исследования взаимного влияния их друг на друга, и на сопротивление литниковой системы в целом.

Зависимость коэффициента суммарного сопротивления двух поворотов на 90° от расстояния между ними $c = f(l/RJ)$.



- 1 - $H=330$ мм;
- 2 - $H=300$ мм;
- 3 - $H=230$ мм;
- 4 - $H=200$ мм.

Рисунок 1

ЛИТЕРАТУРА

1. Суюндиков М.М., Быков П.О. Метод моделирования в исследованиях литниковых систем // Материалы научной конференции молодых ученых, студентов и школьников «2-е Сатпаевские чтения». Том 1. - Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2002 г. - 428 - 432 с.
2. Дубицкий Г.М. Литниковые системы. // Свердловск: Metallurgizdat, 1962 г. - 256 с.
3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. // М.: Госэнергоиздат, 1975 г. - 559 с.
4. Могилев В.К., Леви О.И. Справочник литейщика. // М.: Машиностроение, 1988 г. - 272 с.

УДК 621. 919

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ В СИСТЕМЕ «ДЕТАЛЬ - ПРОТЯЖКА» ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ ОТВЕРСТИЙ В БАЛАНСИРАХ

Н.С. Дудак, В.М. Степаненко

С.А. Ворожцова, М.А. Шерниязов

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Мақалада тесікті тарта жону кезіндегі бойлық тербелісті азайту есебі корістірілген. Тарту күшінің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін, тарта жонғыштың беріктігін және өндеудің сапасын жоғарлату үшін тарта жону құрылымын бұралды тісті болуын ұсынылады.

В статье решена задача уменьшения амплитуды продольных колебаний при протягивании отверстий. Предложена конструкция протяжки с винтовым зубом для обеспечения постоянства силы протягивания, повышения стойкости протяжки и качества обработки.

In the article the problem of lessening longitudinal vibrations amplitude while broaching openings is solved. The broaching with a spiral cog for providing the constancy of openings broaching force and for improving endurance and machining quality is offered.

В качестве метода окончательный обработки отверстий в различных деталях, в том числе - типа балансира трактора ДТ-75М, применяется протягивание. При этом возникает проблема обеспечения качества протягиваемого отверстия и стойкости протяжек. Для решения этих вопросов необходимо провести теоретические исследо-

вания процесса протягивания.

Для математического описания процесса протягивания необходимо сделать следующее допущения.

I. Полагаем, что на качество протягивания в наибольшей степени влияют взаимные перемещения (колебания) в продольном направлении по оси X. Взаимные перемещения дета-

лей станка (ползуна), детали и протяжки в поперечном направлении имеют более высокий порядок малости и не учитываются.

2. Для упрощения математической модели процесса протягивания полагаем, что колебания давления масла в гидроцилиндре привода станка отсутствуют и давление его постоянно.

3. Принимаем жёсткость детали, приспособления и протяжки абсолютной.

При протягивании отверстий сила протягивания не остаётся постоянной,

$$T = APO \quad (1)$$

После выхода зуба № 1 из детали сила протягивания уменьшается на величину, где $P_{\text{ух}} = 10,8 \cdot C - K - D \cdot Z_i \cdot S^* \cdot K_u K_J K_l$ - известная формула расчёта силы протягивания, где:

$$z_i = \frac{L}{p - 0,1} + 1 \quad (\text{с отбрасыванием дробной части}); \quad (2)$$

где: D - диаметр отверстия.

Действующая сила протягивания будет меняться следующим образом: постоянная составляющая силы протягивания

$$L = 10,8 \cdot C - K - D \cdot (z_i - 1) \cdot S^* \cdot K_u K_J K_l \quad (3)$$

величина изменения силы протягивания:

$$B = Z = 10,8 \cdot C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot D \cdot S^* \cdot K_u K_J K_l \quad \text{— за счёт выхода зуба из детали}$$

(прекращение работы) или вступления в работу.

Выход зуба из детали (прекращение работы) описывается по закону косинуса, потому что в момент времени, показанном на рисунке 1 ($t = 0$ - момент выхода зуба № 1 из детали, прекращение работы) $B = B_{\text{тах}}$. Вступление зуба № 5 описывается по закону синуса, так как в момент времени, зафиксированный на рисунке 1 при $\gamma = 0, B = 0$, а в момент вступления в работу зуба, то

так как с заданной частотой, зависящей от скорости движения протяжки v и от шага между зубьями p , работу прекращает зуб (в данном случае - зуб № 1), выходящий из детали, а через определённое время γ после этого в работу вступает приблизившийся к детали очередной зуб (в данном случае - зуб № 5) протяжки (рисунок 1).

На рисунке 1: L - длина протягивания детали, p_0 - шаг между зубьями протяжки; $D/2_0$ - расстояние между деталью и очередным зубом № 5. Тогда

есть при $\frac{z \cdot \Gamma \cdot P_0}{v} > \frac{n}{-0} \cdot \frac{\pi}{\dots}$.

Тогда переменная сила протягивания будет представлена следующим выражением:

$$P = A - B \cos t + B \sin(t + r) \quad (5)$$

При этом $A = \text{const}$, $B = \text{const}$.

Сила протягивания P - сопротивление детали движению протяжки - должна быть преодолена станком.

Для возможности протекания процесса протягивания станок должен развить на рабочем цилиндре (протяжном патроне) силу F , равную $0,9Q$, где Q - усилие станка. После описания действующих в системе сил можно составить дифференциальное уравнение колебаний в системе «деталь - протяжка».

В изложенных выше рассуждениях описан установившийся процесс протягивания. Начальный, переходный процесс не рассматривается, так как на результаты протягивания и состояние протяжки он оказывает значительно меньшее влияние.

$$m\ddot{x} + j\dot{x} + F - [A - B \cos t + B \sin(t + z)] = 0, \quad (6)$$

где j - коэффициент демпфирования колебаний; m - масса подвижной части системы.

Обозначим $C = A - F$, $D = B(1 - \sin \gamma)$, $E = -B \cos \gamma$. Уравнение (6) примет вид

$$m\ddot{x} + j\dot{x} = C + D \cos t + E \sin t. \quad (7)$$

Таким образом, получено дифференциальное уравнение, в правой части которого действует возмущающая переменная сила, приводящая к возникновению колебаний вдоль оси инструмента и детали. Общее решение уравнения (7) имеет вид:

$$x(t) = C_1 + C_2 \cdot e^{-\frac{j}{m}t} + \frac{D}{ju + m} \cos t + \frac{E}{ju + m} \sin t \quad (8)$$

Необходимо произвести анализ общего решения уравнения (8) с целью выявления факторов, наиболее значительно влияющих на амплитуду колебаний. Т.к. мы рассматриваем установившийся процесс, т.е. $\gamma > + \infty$, то вторым членом уравнения можно пренебречь.. Тогда формула (8) примет вид:

$$x(t) = Q + C \frac{t}{l} - \frac{mD + uE}{m'' + u'} \cos t + \frac{-uD - mE}{m + f.r} \sin t \quad (9)$$

где: $Q = C_R$

В случае протягивания деталей с неравномерной твёрдостью (наличие твёрдых включений, неравномерная закалка и т. д.) сила протягивания также будет меняться. На рисунке 2 величина $G \sim$ расстояние от торца детали до включения с повышенной твёрдостью, A/ρ_{01} - расстояние от включения до движущегося к нему зуба. Тогда после выхода из детали так же, как и в предыдущем случае, зуб № 5 вступит в работу через время $t = \dots$, а зуб № 3 - через

$$A\rho_{01} = (\pi + 1)P_0 - O,$$

где π - число целых шагов от левого торца детали до твёрдого включения;
 $G = n\rho_{01} + A\rho_{02}$.

Пусть величина возрастания силы протягивания за счет твёрдых включений будет равна K , а закон её изменения - закон синуса. Тогда можно написать дифференциальное уравнение, описывающее продольные колебания в системе «деталь - протяжка»:

$$mx + j\dot{x} + F - [A - B \cos l + B \sin(t + m) + K \sin(r + \Theta)] = 0 \quad (10)$$

Обозначим $C = A - F$:

$$D_1 = (B + A')(1 - \sin r - \sin \Theta); \quad (11)$$

$$E_x = (B + K)(-\cos t - \cos t). \quad (12)$$

Тогда уравнение (10) примет вид

$$mx + j\dot{x} = C + D_1 \cos l + E_x \sin t. \quad (13)$$

Общее решение уравнения (13) имеет вид:

$$x(t) = C_1 + C_2 e^{-\frac{\mu}{m}t} + C \frac{t}{\mu} - \frac{mD_1 + \mu E_1}{m^2 + \mu^2} \cos t + \frac{-\tau E_1}{m^2 + \mu^2} \sin t. \quad (14)$$

С учетом принятых упрощений решение уравнения (формула 8) по аналогии с уравнением (14) примет вид:

$$x(t) = S + C \frac{m - \frac{1}{2} \cos S}{m + \frac{1}{l^2}} + \frac{4}{t^2 + c^2} \sin t \quad (15)$$

где: $C/l = S$.

Анализ условия работы протяжки и решения (8) и (13) дифференциальных уравнений (7) и (12) показывает, что применение традиционных протяжек с круглыми зубьями обеспечивает неравномерную их работу за счёт значительного изменения силы протягивания при движении протяжки относительно детали. Амплитуда продольных колебаний при этом возрастает при увеличении подачи на зуб, диаметра отверстия и других параметров процесса, ведущих к увеличению силы протягивания. Явление колебательного процесса приводит к уменьшению стойкости протяжек и снижению качества обработки. Для исключения указанных причин возникновения продольных колебаний необходимо применить режущий инструмент, работающий по схеме непрерывного резания. Такому условию не удовлетворяют традиционные протяжки с круглыми зубьями. Непрерывное резание обеспечивается протяжками с винтовыми зубьями. Однако, протяжки с винтовыми зубьями применяются при протягивании отверстий малых диаметров. В этом случае обеспечивается более высокая их прочность за счёт менее объёмных стружечных канавок (обычно две стружечные канавки и два

зуба). При достаточных по условию прочности диаметрах отверстий протяжки с винтовыми зубьями обычно не применяются.

Предлагается конструкция протяжки с винтовыми зубьями для обработки отверстий больших диаметров. В отличие от традиционных протяжек с круглыми зубьями (для протягивания круглых отверстий) эта протяжка имеет расчётное число винтовых стружечных канавок (зубьев). Их количество больше двух. Угол наклона винтовых зубьев зависит от длины протягиваемой детали, требуемого подъёма на зуб (шага между зубьями) и других параметров.

При протягивании винтовой протяжкой каждый её зуб от начала до конца процесса постоянно участвует в работе, что обеспечивает наиболее возможную стабильность силы резания. Значит, силу протягивания P можно считать постоянной: $P = \text{const}$. Сила, развиваемая рабочим гидроцилиндром, $F = \text{const}$. Тогда можем записать дифференциальное уравнение

$$m\ddot{x} + \lambda\dot{x} + F - P = 0, \quad (16)$$

где: $F = \text{const}, P = \text{const}$.

Преобразуем уравнение (16) с

учётом $R = P - F$ и получим:

$$m\ddot{x} + f\dot{x} - R = 0 \tag{17}$$

Общее решение уравнения (17) ищем в виде:

$$x(t) = C_1 + C_2 e^{\lambda t} \tag{18}$$

Ввиду малости отношения — формула (18) принимает вид

$$A^*$$

где: $\lambda = -\frac{f}{m} \pm \sqrt{\left(\frac{f}{m}\right)^2 - \frac{R}{m}}$

В случае, если материал детали анизотропен (имеются включения повышенной или пониженной твёрдости см. рисунок 4), то сила протягивания будет меняться.

Пусть сила протягивания $P = P_0 + P_d$, где P_0 - постоянная составляющая силы протягивания; P_d - переменная составляющая силы протягивания.

Для возможности математического описания процесса полагаем изменение P_d по закону косинуса, то есть в момент контакта $P_d = P_{dmax}$, а в процессе работы меняется от 0 до P_a .

Тогда процесс протягивания в установившемся режиме будет описываться дифференциальным уравнением

$$m\ddot{x} + f\dot{x} + F - (P_0 + P_a \cos t) = 0 \tag{20}$$

$$F = \text{const}; P_0 = \text{const}; P_a = \text{const}.$$

Обозначим $P_0 - F = C$; $P_a = T$.

Тогда уравнение (20) запишется в виде:

$$m\ddot{x} + f\dot{x} = C + T \cos t \tag{21}$$

В правой части уравнения (21) действует переменная возмущающая сила, вызывающая возникновение продольных колебаний в системе «деталь - протяжка». Общее решение уравнения (21) имеет вид

$$x(t) = C_1 + C_2 e^{-\frac{f}{m}t} + C_3 \frac{mT}{m^2 + \frac{f^2}{4}} \cos t + C_4 \frac{mT}{m^2 + \frac{f^2}{4}} \sin t \tag{22}$$

В силу малости $\frac{f}{m}$ вместо (22) будем иметь:

$$x(t) = J^m + C \frac{mT}{ju + m + p} \gamma \cos t + \frac{\gamma T}{m^* + u} \sin t,$$

где $J = C_1 + C_2$.

Анализ полученных решений и выводы

1. Решение уравнения (9) описывает колебания в системе «деталь - протяжка» при обработке детали из изотропного материала. Величина $Q^{\text{л}} t$ описывает устоянную величину «натяга», деформации системы, а величина $\frac{\gamma^2}{m} \frac{L}{+J} \sin t$ переменную составляющую продольного колебания. Так как m мало, то слагаемое $\frac{mD + \gamma E}{J} \cos t$ колебания принимает вид:

$$\frac{D}{m} \cos t - \frac{E}{m} \sin t \quad (24)$$

2. С учетом (24) переменная составляющая продольного колебания, описываемая уравнением (15), принимает вид

$$\frac{D}{m} \cos t - \frac{E}{m} \sin t \quad (25)$$

3. В решении уравнения (17), описывающем продольные колебания при протягивании детали из изотропного материала винтовой протяжкой, отсутствует переменная составляющая, вызванная режущей частью инструмента

$$x(t) = H + \frac{t}{M} \quad (19)$$

4. В решении уравнения (21), описывающего процесс протягивания детали из анизотропного материала винтовой протяжкой, переменная составляющая продольных колебаний в системе равна:

$$\frac{mT}{u + l} \gamma \cos t + \frac{\gamma T}{m + fu} \gamma \sin t \quad (26)$$

$$\text{Составляющая} \sim \frac{mT}{m} \cos t \sim \frac{T}{\gamma} \cos t \quad (27)$$

а составляющая $\frac{\Delta T}{m \Gamma + ju} 2^{\sin t}$ значительно меньше по величине, чем описанная в уравнении (27).

5. Протяжка с круглыми зубьями (с дискретной режущей частью) при обработке порождает (генерирует) устойчивые продольные колебания, описываемые приближённо уравнениями (24) и (25). Указанные колебания снижают качество протягиваемой поверхности и стойкость протяжки.

6. Протяжка с винтовыми зубьями обеспечивает постоянство усилия протягивания и отсутствие продольных колебаний.

7. Для повышения качества протягивания следует применять протяжки с винтовыми зубьями.

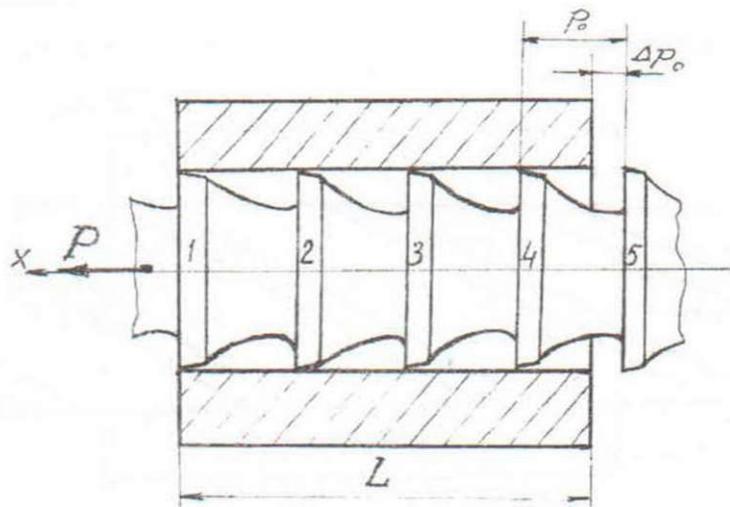


Рисунок 1

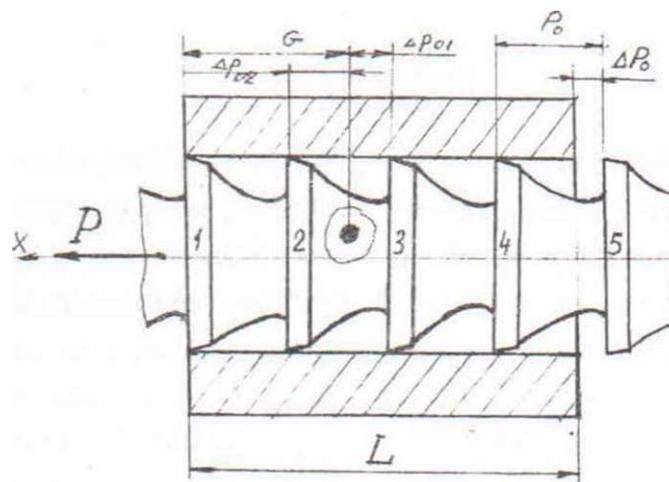


Рисунок 2

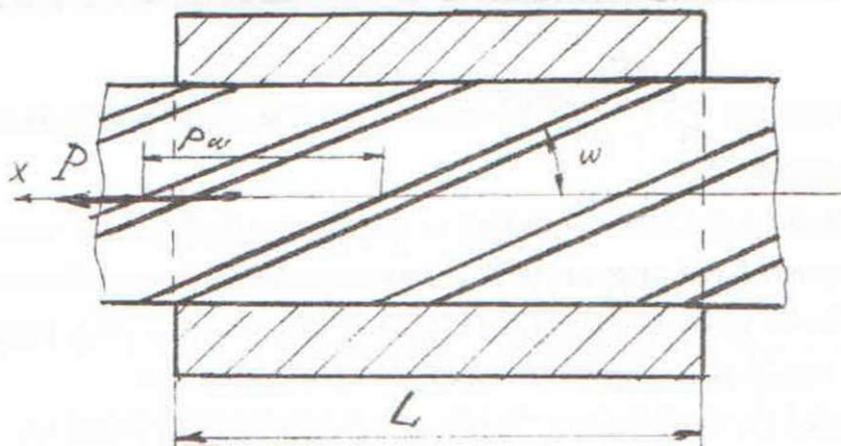


Рисунок 3

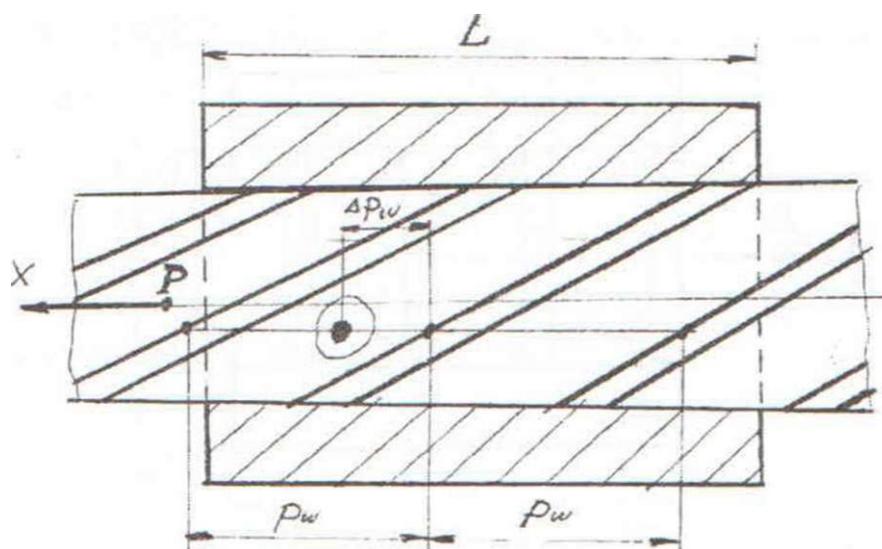


Рисунок 4

ЛИТЕРАТУРА

Дудак Н.С., Шерниязов М.А. Технологическое обеспечение надёжности деталей типа балансира трактора

ДТ - 75М.// Материалы научно - практической конференции молодых ученых, студентов и школьников «II Сатпаевские чтения», 2002 г., Т.1 с.

УДК 697.1

СОЗДАНИЕ КОМФОРТНОСТИ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ «ТЕПЛЫЕ ПОЛЫ»

П.В. Корниенко

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Бәлмеде жанга жайлы болу үшін температура ның оңтайлы таралуы керек - төменгі жақта аяққа жылы. жоғарыда, бас жақта 2-3 градусқа одан томендеу болуға тиіс. Осы мәселені іешу үшін жылу шығынын дәл ескеріп, орнын толтырып отыратын «жылы еден» электрлі кабельді жүйені қолданады.

Комфортное состояние помещений может быть получено при оптимальном перераспределении температур по высоте, когда ноги всегда в тепле, а на уровне головы температура на 2-3 градуса ниже. Эта задача решается использованием электрической кабельной системы «теплые полы», которая точно учитывает и компенсирует все теплопотери.

Rooms' comfort condition might be received under the redistribution of temperatures on height when legs are always in warm condition and head level temperature is 2-3 grade below. This task solves with usage of electric cable system "warm floors" indemnifies for all heat losses.

Теплые полы были известны в глубокой древности. Ими пользовались в греческих и турецких банях. Новое рождение теплых полов относят к 50 годам 20 века, но применяли их в исключительных случаях из-за высокой стоимости и большой трудоемкости монтажа таких систем.

Появление полимерных и металлопластиковых труб с большой надеж-

ностью в эксплуатации позволили обогревать полы с использованием горячей воды. Существенно изменилось представление о теплых полах, когда в европейских странах появились полы с электрическим обогревом, что позволило снизить стоимость и сделать их более доступными.

В СНГ и Казахстане теплые полы начали внедряться с организации «ев-

роремонта» девяностых годов и были доступными только для состоятельных заказчиков. В настоящее время многие фирмы занимаются электрическими кабельными системами отопления, находят заказчиков во многих странах.

При традиционном отоплении помещений с использованием радиаторов водяного отопления потоки горячего воздуха поднимаются к потолку, остыв у противоположной стены, они опускаются вниз и у пола перемещаются к радиаторам, создавая сквозняки. Теплые полы греют иначе. Тепло равномерно распределяется по поверхности пола, поднимается вверх равномерным потоком у источника тепла (пола) температура более высокая, чем под потолком. Это создает ощущение комфорта несмотря на то, что общая температура помещения стала несколько меньше, что незамедлительно сказывается на экономии энергии. Рассматривая конструктивные особенности «теплых полов», следует отметить (при различных вариантах) они занимают по высоте 2-8 см, позволяя лучше использовать объем помещения. «Теплые полы» можно использовать в комбинации с традиционными системами отопления, в этом случае повышается комфортность. Такую систему целесообразно применять в детских комнатах, а также в помещениях с плиточными полами (кухня, ванная, туалет). Второе направление - когда «теплые полы» являются основным видом отопления.

«Теплые полы», полученные в результате использования электрических кабельных систем, являются отоплением третьего тысячелетия. Все большую популярность в мире производства «теплых полов» завоевывает фирма DEVI (Дания). Система отопления, представленная фирмой, состоит из нагревательного кабеля и терморегулятора.

Остановимся более подробно на характеристике этих составляющих. Кабели могут быть двухжильные, экранированные DTIP-18 (18 Вт/погон.м.) и DTIP-10.

В поперечном сечении конструкция этих кабелей представлена двумя нагревательными жилами, каждая в специальной оболочке из модифицированного полиэтилена высокого давления (PEX), которые соединяются в конце. Сверху оболочки наложена медная экранирующая оплётка и поверх неё внешняя изоляция из поливинилхлорида (PVC). Одножильный экранированный кабель DSIG-20 (мощность 20 Вт/погон.м.) применяется, как правило, в нежилых помещениях, для системы снегостаивания, антиобледенения и др.

Электрические нагревательные кабели применяют в самых различных ситуациях, возникающих при строительстве и эксплуатации жилых и промышленных зданий и сооружений. Кроме обогрева полов в зданиях любого типа, их можно использовать в крышах зданий при защите от наледи, в обогре-

ве подъездных площадок, в морозильных камерах, для подогрева грунта в теплицах при защите от промерзания ворот и дверей, в отоплении складских помещений, при защите от замерзания жидкостей в резервуарах и др.

Кабель весьма надежен в эксплуатации, но если произошел обрыв, например, при выполнении других строительных работ, то используя прибор devitector, который точно определяет место обрыва, то достаточно вскрыть площадку размером 10x10 см и с помощью специальных ремонтных комплектов полностью восстановить его работоспособность.

Управление процессом нагрева и эксплуатацией пола осуществляют терморегуляторами devireg, которые рассчитаны на широкий диапазон рабочих температур в различных температурных и влажностных условиях.

Электронные терморегуляторы выпускают нескольких видов, от простых и дешёвых до сложных, снабженных программным управлением, и способных обеспечить надёжную и экономичную работу пола.

Аргументами использования кабельных систем отопления являются:

1. Идеальный комфортный обогрев. Это когда температура на уровне ног на три градуса выше, чем на уровне головы. Ходьба по полу с температурой 22 °С, что регулируется точным терморегулятором, дает приятное ощущение оптимального комфорта.

2. Экономия, благодаря оптимальному распределению тепла по высоте помещения в результате медленного подъёма тепла от пола кверху. Снижение температуры на уровне головы на три градуса обеспечивает снижение энергопотребления до 15% в сравнении с конвективными системами отопления.

3. Исключается циркуляция пыли и сквозняков, нет изменения цвета стен, вызываемого радиаторами. Эта система не занимает место под трубы и радиаторы, и помещение абсолютно свободно для разработки желаемого интерьера.

4. Эта система отопления обладает гибкостью, её можно установить на существующий пол (бетонный или деревянный) с любым типом покрытия (плитка, мрамор, деревянный пол, паркет, ковровое покрытие и т.д.), как на больших площадях, так и на малых (ванная, кухня).

5. Все компоненты системы имеют гигиенические и пожарные сертификаты соответствия. Защитное заземление, выполненное согласно «Правила устройства электроустановок», обеспечивает полную безопасность работы. Оболочка кабеля, концевая и соединительная муфты водонепроницаемы. Их систематически проверяют в процессе производства, (погружая кабель под напряжением 10000 В в ванную с водой). Применение реле-тока утечки обеспечивает безопасную работу.

Электробезопасность современного жилого дома - проблема комплексная. Она определяется общим состоянием электропроводки, наличием контура защитного заземления и устройства защитного отключения. Нагревательный кабель с защитным заземленным экраном и замурованный в бетон не более опасен, чем скрытая электропроводка.

В последнее время много говорят о влиянии на здоровье магнитного и электрических полей, которые возникают при работе любого электрического кабеля. Борьба с электрическим полем очень просто - достаточно заземлить тот же защитный экран кабеля, поэтому в жилых помещениях не стоит использовать неэкранированные кабели.

Магнитное поле экранировать гораздо труднее, для этого необходим ферромагнитный экран с толщиной в несколько сантиметров. Однако о степени влияния магнитного поля нагревательных кабелей целесообразно судить по величине тока, протекающего по ним (по мощности кабеля) и по расстоянию между кабелем и точкой измерения. Если даже взять достаточно мощные секции кабеля 2 кВт, рассчитанные на отопление комнаты 15-20 м², то ток в этом случае близок к 10 А, а величина индукции магнитного поля составит на расстоянии 10 см - 20 мкТл; для сравнения магнитное поле Земли - 50 мкТл. (измерения в микротеслах). Эти показатели для одножильного кабеля

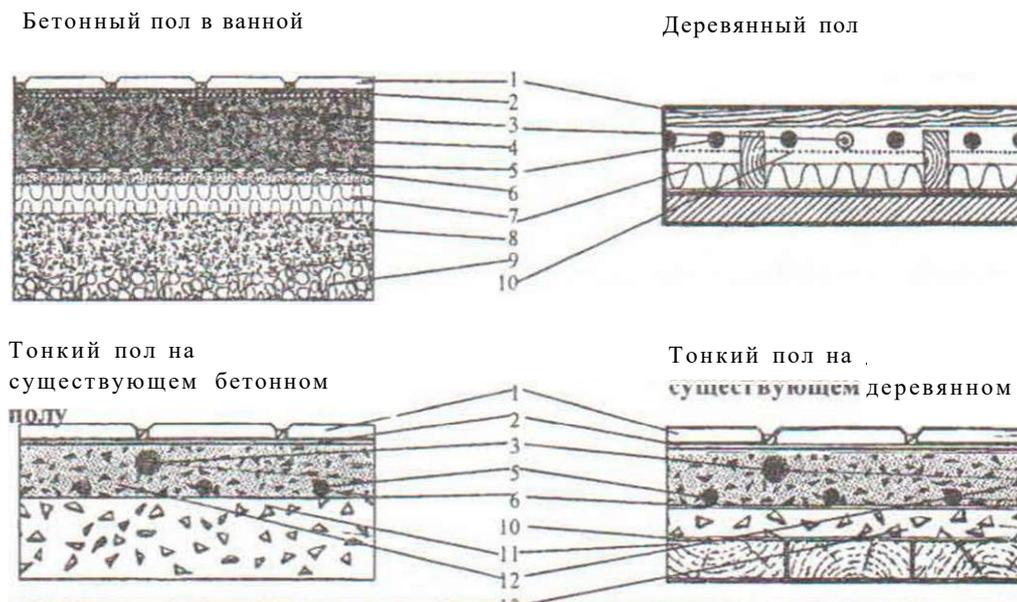
на расстоянии от 5 до 50 см - 1 составляют 15...45; для двухжильного на расстоянии от 5 до 50 см изменяется в интервале 0,03...2,7.

Поэтому кампания DEVI с самого начала своей деятельности на казахстанском рынке рекомендует использовать в помещениях постоянного пребывания людей (спальни, рабочие кабинеты, детские комнаты и др) только двухжильные экранированные кабели. Схема его расположения может быть организована согласно рисунка 1.

При укладке кабеля змейкой с чередующимся направлением токов, возникает эффект ослабления магнитного поля на расстояниях, сравнимых с шагом укладки, но даже в худшем случае магнитное поле кабельной системы существенно ниже фонового значения магнитного поля земли.

Двухжильный экранированный кабель вообще не изменяет существующего естественного поля Земли в помещении, где он установлен в связи с тем, что токи в конструкции двухжильного кабеля проходят по близко расположенным проводам в противоположных направлениях и магнитные поля их взаимно уничтожаются. Фирма выпускает кабель, как законченное (готовое) изделие различной длины, его нельзя укорачивать и удлинять, но ассортимент его таков, что можно подобрать и сделать теплый пол на любой площади.

Основы расчета теплых полов



1. Чистый пол кафель или др. покрытие

2. Гидроизоляционный слой

3. Датчик

4. Стяжка 30-50 мм

5. Нагревательный кабель deviflex

6. Монт. лента devifast

7. Теплоизоляция

8. Бетонное основание (перекрытие, пол)

9. Почва

10. Металлическая сетка

11. Существующий пол

12. Стяжка 20-25 мм

13. Несгораемый слой

Рисунок

целесообразно рассматривать в зависимости от вида отопления (комфортное или основное).

Для комфортного отопления, когда в помещении присутствуют основные источники тепла (радиаторы, конвекторы и др), то согласно рекомендациям [1,2], используют кабель мощностью 80...100Вт на 1м². Терморегулятор в этом случае ставится с датчиком температуры пола, который также, как кабель, закладывается в стяжку (рис. 2,3). Датчик устанавливается в гоф-

рированную трубку, чтобы при ремонте его без труда можно было заменить. Если перед укладкой кабеля сделать теплоизоляцию пола (керамзитобетон, пенопласт, пенополистерол, пробка и др.) для минимизации ухода тепла вниз (через перекрытие), то это позволит экономить 10... 12% потребляемой энергии.

При пользовании кабельной системой в качестве основного отопления выбираемая мощность должна соответствовать теплопотерям помещения и, в конечном итоге, зави-

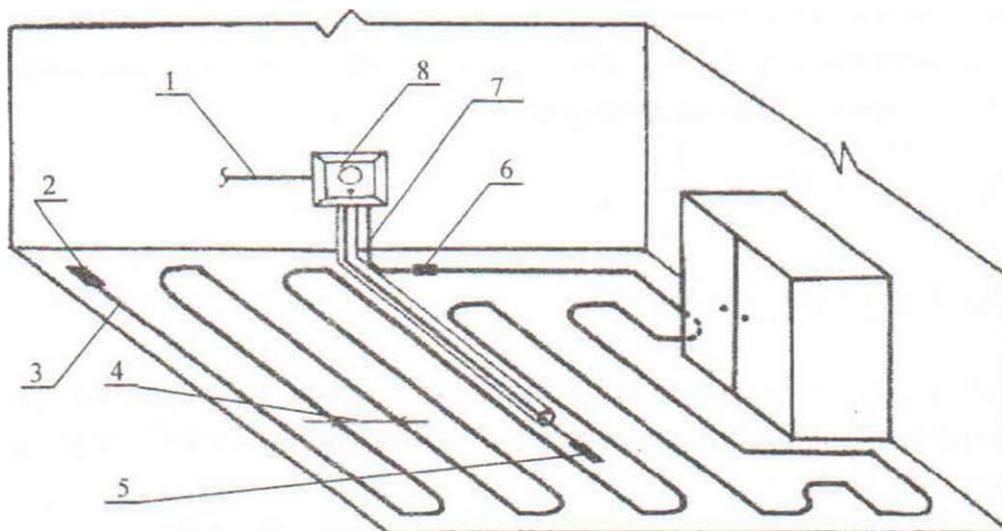
сит от качества строительных материалов, обычно это 130... 170 Вт на 1 м^2 . Кабели для основного отопления назначаются всегда после расчета теплопотерь, а для управления его работой применяют терморегуляторы с датчиком температуры воздуха. Ниже в статье приведен пример расчета теплопотерь. Если же исходить из рекомендаций выбора средней мощности на 1 м^2 [2], то по полученной общей мощности, (как произведения свободной площади на среднюю мощность на 1 м^2) выбирают кабель определенной длины, из числа выпускаемых фирмой (чаще с небольшим запасом мощности). Расстояние (шаг) между линиями кабеля (см), определяется делением общей (требуемой) мощности кабеля на длину кабеля. При подборке кабеля и терморегулятора необходимо использовать данные, приведенные в таблице [2].

Для равномерного распределения тепла по поверхности пола толщина бетонной стяжки над кабелем должна быть не менее 3 см. Оптимальная высота слоя 3...5 см. Но если нет возможности поднять пол, то используя кабель ДТИР - 10 можно организовать теплый пол с толщиной стяжки всего до 1,5 см, которая достаточна, чтобы закрыть кабель и приклеить, например, керамическую плитку. Организация теплых полов показана на рисунках 2, 3.

Остановимся более подробно на вопросах определения теплопотерь. Теплопотери отдельно взятых помещений фактически определяют мощность системы теплых полов, следовательно этому вопросу уделяют особое внимание.

Необходимо учитывать прямые теплопотери через ограждающие конструкции, пол, потолок и стены, если они разделяют комнаты, где внутренняя температура по разности более $3\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также добавочные, связанные с ориентацией помещений по отношению к странам света, с продуваемостью помещений с двумя наружными стенами, с расчетной температурой наружного воздуха, с подогревом врывающегося холодного воздуха через двери, ворота. Отдельно подсчитывают затраты тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха. Целесообразным (снижающим расход теплопотерь) является учет теплопоступлений в помещениях от бытовых источников от солнечной радиации [3]. Однако при организации устройства теплых полов достаточным является выполнение подсчета теплопотерь, согласно СНиП II - 3 - 79 «Строительная теплотехника». Используя показатель термического сопротивления (R), $\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$, который устанавливает взаимосвязь между толщиной одного слоя многослойной ограждающей конструкции или одно-

Пример укладки кабеля в помещении



- | | |
|--|--|
| 1. Питающий кабель | метается в гофротрубу |
| 2. Концевая муфта | 6. Соединительная муфта холодного конца и греющего |
| 3. Греющий кабель | 7. Холодный конец кабеля (стандартная длина 2,5 м) |
| 4. Расстояние между линиями кабеля рассчитывается по формуле | 8. Терморегулятор |
| 5. Датчик температуры пола по- | |

Рисунок 2

Варианты схем укладки кабелей

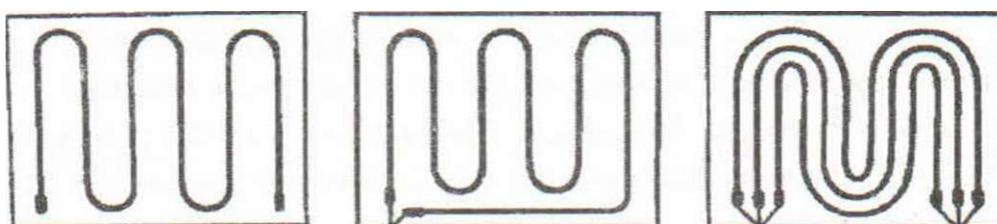


Рисунок 3

слойной конструкции и коэффициентом теплопроводности материала по формуле:

$$\frac{\lambda}{\delta} \quad (1)$$

где δ - толщина слоя, м;

λ - коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м °С) принимаемый по прил.3*. СНиП II - 3 - 79.

- Передача тепла через ограждающую конструкцию представляет собой сложный теплообмен, состоящий как бы из трех этапов: теплоотдача от нагретой среды к левой по-

верхности стенки, теплопроводности через стенку и теплоотдача от правой поверхности стенки к холодной среде. Температура наружного воздуха t .

Сопротивление теплопередаче $R_{\text{ср}}$ ($\text{м}^2 \text{С}/\text{Вт}$), ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$a_{\text{в}} \quad \kappa \quad a_{\text{н}} \quad (2)$$

$$R_{\text{к}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (3)$$

где $a_{\text{в}}$, $a_{\text{н}}$ - коэффициенты теплоотдачи соответственно внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$, принимаем по табл. 6 [4];

$R_{\text{к}}$ - термическое сопротивление ограждающей конструкции, ($\text{м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$), определяемой по формуле (1), как для однослойной конструкции или по формуле (3), как многослойной конструкции.

Знание величины сопротивления теплопередаче ($R_{\text{ср}}$) ограждающей конструкции позволяет определить количество теплоты требуемого для отопления помещения используя основную формулу:

$$Q = VKoS - \{t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}\} \quad (4)$$

где $1/R_{\text{ср}}$ - коэффициент теплопередачи;

S - площадь ограждающей конструкции, м^2 ;

$t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}$ - разность температур согласно норм проектирования.

В качестве примера произведем расчет теплопотерь гостиной (комнаты), в частном коттедже. Численные значения взяты из СН и П. 11-3-79". Температура наружная взята равной -37°С , температура внутри ($t_{\text{в}}$) равна $+20\text{°С}$.

Наружная стена выполнена из силикатного кирпича толщиной (S) равной 640 мм, $\alpha = 0,87$; $R = 0,74$; $S = 10,9$; $D = 8,7$.

Требуемое сопротивление теплопередаче, определили по формуле:

$$R_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{нар}}}{a_{\text{н}} - a_{\text{в}}} \quad (5)$$

Подставляя значения ($n = 1$; $t_{\text{в}} = 20\text{°С}$; $D_{\text{н}} = -37\text{°С}$; $t_{\text{н}} = 6$; $a_{\text{н}} = 8,7$), получим $R = 1,09 (\text{м}^2 \text{°С})/\text{Вт}$.

Характеристики материалов в ограждающей конструкции приведены в таблице 1.

Таблица 1

Теплотехнические характеристики

Строительные материалы	Плотность ρ , кг/м ³	Толщина, δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м ² ·°С)	Теплоусвоение Вт/(м ² ·°С)	Сопротивление R , (м ² ·°С)/Вт	Тепловая инерция, "Д"
1. Цементно-песчаный раствор	1800	0,02	0,93	11,09	0,022	0,244
2. Кладка силикатного кирпича	1800	0,64	0,87	10,9	0,74	8,018
3. Сложный раствор (цемент+песок + известь)	1700	0,02	0,87	10,42	0,023	0,24

Фактическое сопротивление теплопередаче наружной стеной:

$$R^* = 0,115 + 0,022 + 0,74 + 0,023 + 0,043 = 0,943 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}; \quad K = 1/R^* = 1,06$$

При значениях $R^* <$ возможно возникновение конденсата на поверхности ограждающей конструкции.

Покрытие состоит:

1. Железобетонная плита ($R = 0,16 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}$).
2. Утеплитель: минеральная вата $S \sim 50 \text{ мм}$; $\rho_0 = 100 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 0,06 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$.
3. Керамзитовый гравий $\delta = 200 \text{ мм}$; $\rho_0 = 550 \text{ кг/м}^3$; $\lambda = 0,16 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$.

Окна. Гостиная имеет 2 окна размером 1,5х1,2м общей площадью $S=3,6 \text{ м}^2$, двойное остекление в деревянных спаренных переплетах $\lambda^{\Phi} = 0,39 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/Вт}$;

$$K = 1/\lambda^{\Phi} = 2,56$$

Пол. Устройство пола:

1. Многослойная плита ($R=0,16 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)/ Вт}$);
2. Толщина изоляции, минеральные полужесткие плиты $\rho_0 = 100 \text{ кг/м}^3$; $S = 50 \text{ мм}$, $\lambda = 0,07 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°С)}$; $R = 0,714$; $S = 0,73$; $D = 0,52$.

3. Цементный раствор (стяжка) $d = 0,04$ м; $\lambda = 0,93$ Вт/(м^{°С}); $R = 0,043$;
 $R_{\Sigma} = 0,115 + 0,16 + 0,714 + 0,068 + 0,043 = 1,1$ (м²·°С)/Вт;

$$K = \frac{1}{R_{\Sigma}} = 0,91$$

Полученные расчетные данные сводим в таблицу 2.

В результате проведенных расчетов количество теплотерь с 1м² площади помещения составляют 112 Вт/м². Теплотраты на нагрев инфильтрующего воздуха в помещения можно определить, согласно рекомендациям, приведенным в СНиП 2.04.05-86, по формуле:

$$Q_n = 0,28 \cdot Z \cdot G_u \cdot C \cdot (t_e - t^*) \cdot K, \quad (6)$$

где G_u - расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч;

C - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДЖ/(кг·°С);

t_i, t_n - расчетные температуры воздуха в помещении и с наружи, с учетом холодного периода (параметр Б);

k - коэффициент, учитывающий встречные потоки воздуха (через стык $k = 0,7$; для окон $k = 0,8$ и т.д.).

Таблица 2

Теплопотери помещений

Помещения $S_{\Sigma} = A \cdot B$				Строны света	Наименован огражд	Ограждение			$T, ^\circ C$	К	Добавки					Σ
№	А	В	$S_n, м^2$			С	Д	$S, м^2$			Строны света	Угловые помещ.	Ветер	Наружные двери	Сумма	
Всего				37												4159
1	6,6	5,6	37	3	НС	6,2	3,2	19,84	57	1,06	0,05	0,05	0,05		0,15	1368
Гостиница				С	НС	5,6	3,2	17,92	57	1,06	0,1	0,05	0,05		0,2	1287
				С	Ом	1,5	1,2	3,6	57	1,5	0,1		0,05		0,15	339
					Пк	6,72	5,72	38,4	57	0,42						920
					Пп	6,72	5,72	38,4 4	7	0,91						245

Как правило, теплотери на инфильтрацию и вентиляцию составляют примерно 30% от расчетных теплотерь, приведенных в таблице 2. В жилых зданиях следует учитывать тепловой поток, поступающий в комнаты и кухни в виде бытовых тепловыделений, согласно СНиП 2.04.05-86 составляют 21 Вт на 1м² площади пола, т.е.

$$Q_{\text{быт}} = 21 \cdot F_{\text{п}}, \quad (7)$$

где $F_{\text{п}}$ - площадь пола, рассматриваемого отапливаемого помещения. м².

В административных и производственных зданиях источниками дополнительных теплоступлений могут быть: люди, искусственное освещение, электрооборудование, технологическое оборудование, нагретые материалы, солнечная радиация и прочее.

Выбор оборудования. Площадь обогрева ($S_{\text{ог}}$) всегда меньше общей площади помещения, т.к. кабель укладывают на расстоянии 10...20 см от стен и его не укладывают под оборудованием, шкафами, стеллажами. Для величины 15 см - площадь необогреваемая составит $(6,6 \times 2 + 5,6 \times 2) = 3,7 \text{ м}^2$ (см. таблицу 2), следовательно, площадь для установки кабеля будет равна 33,3м².

С учетом величин теплотерь на инфильтрацию и вентиляцию, а

также поступлений тепла определенных по формуле 7, необходимо установить 124,6Вт/м², т.е. на площадь гостиной (33,3м²) потребуется 4149Вт. Выбираем двухжильный кабель ДТ1Р-18 длиной 130м, каждый мощностью 2100Вт, что обеспечивает требуемую мощность.

В качестве терморегулятора выбираем devireg 550-универсальный с комбинацией датчиков и встроенным таймером. Шаг между линиями кабеля рассчитывается, как произведение свободной площади на 100 и поделенное на общую длину кабеля, в нашем случае $34 \cdot 100 / 260 = 13,1$ см. Стоимость комплекта включает стоимость кабеля, терморегулятора, крепежной ленты. Стоимость монтажа составляет 20% стоимости комплекта.

Элементы выполнения работ при устройстве теплых полов в данной статье не рассматриваются.

О целесообразности использования теплых полов можно судить по данным приведенных в таблице 3. Кабельные теплые полы являются одним из трех направлений (электроконвекторы, инфрокрасные длинноволновые обогреватели) прямого стационарного электрического отопления [5]. Снижение температуры в помещении с 22 до 20°С, позволяет снизить теплотери на 20%, при этом комфортность оптимальная за счет перераспределения температур по высоте помещения.

Таблица 3

Капитальные затраты на оборудование отопительной системы
дома площадью 300м²

Оборудование	Традиционное отопление (импортное)	Традиционное отопление (Россия)	Прямое электрическое отопление.
Котел (электрический, газовый, твердое или жидкое топливо)	730...3500	110...600	.
Радиаторы, электроконвекторы, другое оборудование.	1400...3200	1200...2200	1900...3000
Антифриз "Норт"	300... 1000	300...1000	.
Монтаж	1000...2500	800... 1200	70...400
Итого	3430... 10200	2410...5000	1970...3400
Стоимость	11,4..34	8...16,6	6,7...11,3

Эксплуатационные затраты отопительных систем дома с площадью 300 м², представлены в таблице 4.

Таблица 4

Эксплуатационные затраты отопительных систем*

Затраты за год	Газ	Солярка	Уголь	Электро-котел	Прямое электро отопление
Профилактика	150...200	50...100	-	20...40	-
Расход топлива	90... 120	370...450	150...300	390...970	300...750
Обслуживание	-	-	200...300	-	-
Возможная экономия	до 30%	до 30%	до 30%	до 30%	до 80%
Итого	240...370	400...550	570...750	410...1010	300...750

* - все цены приведены в услов [Хединицах.

Кабельные теплые полы являются одним из трех направлений (электроконвекторы, инфрокрасные длинноволновые обогреватели) прямого стационарного электрического отопления [5]. Снижение температуры в помещении с 22 до 20°C, позволяет снизить теплототери на 20%, при этом комфортность оптимальная за счет перераспределения температур по высоте помещения.

Установка системы «deviheat» обходится на 40% дешевле, чем установка традиционных отопительных систем. По долговечности нагревательные кабели будут служить так долго, как и само здание, в котором они установлены, без какого-либо технического обслуживания.

Срок эксплуатации электронных приборов (терморегуляторов) отвечает современному уровню

электроники, необходимость их замены можно ожидать с периодичностью, как замена нагревательных элементов в традиционном котле. В тоже время замена терморегуляторов через 10 лет несравненно дешевле,

чем замена всей системы отопления с радиаторами, котлом и др.

Точный контроль потребления электроэнергии за счет теплового эффекта и электронных регуляторов позволяет экономить ее на 20%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы семинара « Электрические кабельные системы отопления DEVI », Алматы, 2001г.

2. Пособие по кабельным системам отопления. Часть 1: deviheat, 2001г

3. Тихомиров К.В.,Сергеенко Э.

С. Теплотехника, тепло-газоснабжение и вентиляция. М.з 1991г.

4. СН и П. 1 1-3-79.** Нормы проектирования. Строительная теплотехника. М., 1986г.

5. Дыбенко."Электроотопление-друг вашего дома. Каминны и отопление." 2001г. №7.

ИНФОРМАЦИЯ

НАШИ АВТОРЫ

1. Амерханова Шамшия Кенжегазиновна - к.х.н., доцент кафедры физической и аналитической химии, Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова.

2. Акимбеков Азимбек Кыздарбекович - д.т.н., профессор, проректор по научной работе и международным связям Карагандинского государственного технического университета.

3. Аккулова Зауре Гумаровна - к.х.н., старший научный сотрудник, заведующая лабораторией химии полимеров ЗАО «Институт органического синтеза и углехимии РК».

4. Борисов Владимир Николаевич - к.т.н., профессор, Алматинский институт энергетики и связи.

5. Быков Петр Олегович - магистр техники и технологии, преподаватель кафедры металлургии. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

6. Ворожцова Светлана Алексеевна - ст. преподаватель кафедры технологии и оборудования машиностроения, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

7. Газалиев Арстан Мауленович - д.х.н., профессор, член-корр.

НАН РК, вице-президент ЗАО «Институт органического синтеза и углехимии».

8. Глазырин Александр Александрович - аспирант кафедры тепловых электрических станций и теплоэнергетики. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

9. Глазырин Василий Александрович - студент кафедры тепловых электрических станций и теплоэнергетики, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

10. Донцов Сергей Семенович - к.т.н., доцент кафедры экономики и менеджмента, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

11. Даулеткулова Нургуль Тасболатовна - ученица 11-го класса школы-лицея при Павлодарском государственном университете им. С. Торайгырова.

12. Дудак Николай Степанович - к.т.н., доцент кафедры технологии и оборудования машиностроения, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

13. Еркасов Рахметулла Шарипиденович - д.х.н., профессор, первый проректор Кокшетауского

государственного университета им. Ш. Уалиханова.

14. Ибатов Марат Кенесович - к.т.н., доцент, декан транспортно-дорожного факультета Карагандинского государственного технического университета

15. Иренов Габит Нажмединович - к.и.н., доцент кафедры философии и социально-политических дисциплин. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

16. Исадилова Алмагуль Нуртасовна - преподаватель физики и информатики, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

17. Кислов Александр Петрович - к.т.н., доцент, директор Института энергетики и автоматизации, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

18. Кислова Валентина Петровна - ассистент, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

19. Корниенко Павел Васильевич - доцент, к.т.н., кафедра городского строительства и архитектуры, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

20. Кургузов Николай Николаевич - к.т.н., доцент, заместитель директора института энергетики и автоматизации, Павлодарский го-

сударственный университет им. С. Торайгырова.

21. Кургузова Людмила Ивановна - старший преподаватель кафедры электрических станций и автоматизации энергосистем, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

22. Кургузова Марина Николаевна - студентка, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

23. Лаврентьев Валентин Леонидович - студент факультета химических технологий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

24. Леньков Юрий Аркадьевич - к.т.н., доцент, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

25. Медведева Наталья Ивановна - преподаватель кафедры механики твердого тела, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

26. Мустафина Галина Афанасьевна - к.х.н., старший научный сотрудник лаборатории химии полимеров ЗАО «Институт органического синтеза и углехимии РК».

27. Налибаев Туйме Налибаевич - к.х.н., доцент Карагандинского государственного технического университета.

28. Рындин Владимир Витальевич - к.т.н., доцент кафедры транспортного машиностроения

(цикл «Двигатели внутреннего сгорания»), Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

29. Рыскалиева Роза Габдрахмановна - к.х.н., ст. преподаватель, КазНУ им. аль-Фараби.

30. Рябова Инна Николаевна - м.н.с. лаборатории химии полимеров ЗАО «Институт органического синтеза и углехимии РК».

31. Сабитов Адай Маратович - соискатель, Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова.

32. Сагайдак Татьяна Владимировна - магистрант, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

33. Серикпаева Дана Сапаргалиевна - магистр химических наук, аспирант кафедры физической и аналитической химии, Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова.

34. Сидельковский Владимир Семенович - инженер, Алматинский институт энергетики и связи.

35. Степаненко Владимир Михайлович - к.ф.-м.н., доцент, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

36. Сыздыков Мурат Толегонович - студент кафедры тепловых электрических станций и теплоэнергетики, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

37. Суюндиков Мерхат Мадениевич - к.т.н., доцент, заведующий кафедрой металлургии. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

38. Ткаченко Владимир Васильевич - аспирант кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

39. Ткаченко Любовь Владимировна - ассистент кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова.

40. Унербаев Бахтияр Алтаевич - соискатель.

41. Утегулов Болатбек Бахитжанович - зав. кафедрой электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

42. Утегулов Арман Болатбекович - аспирант кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

43. Утегулова Дана Болатбековна - аспирант кафедры электроснабжения промышленных предприятий, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

44. Фазылов Серик Драхмето-

вич - д.х.н, профессор, заведующий лабораторией синтеза биологически активных веществ, ЗАО «Институт органического синтеза и углехимии».

45. Хожин Гамиль Хожаевич - к.т.н., профессор. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

46. Хрусталёв Дмитрий Петрович - м.н.с. лаборатории синтеза и

физико-химических исследований, ЗАО «Институт органического синтеза и углехимии».

47. Шарипов Марат Шарипович - д.х.н., профессор. Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова.

48. Шерниязов Мейрам Алиевич - магистрант, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнал принимаются рукописи статей по всем научным направлениям 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 С97, 2000) для Windows".

ВНИМАНИЕ!!! РУКОПИСИ И ДИСКЕТЫ НЕ ВОЗВРАЩАЮТСЯ!!!

2. Статья подписывается всеми авторами. Общий объем рукописи, включая аннотацию, литературу, таблицы и рисунки, не должен превышать 8-10 страниц.

3. Статья должна сопровождаться рецензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени.

4. Статьи должны быть оформле-

ны 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;

ВНИМАНИЕ!!! Шрифты, упомянутые в данных правилах, можно взять в Редакционно-издательском отделе (А 118) или в Центре информационных технологий (А 120) ПТУ им. С. Торайгырова.

- инициалы и фамилия(-и) 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.А. 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: дис. канд. биолог, наук. М.: Название института, год. Чис-

ло страниц.

4. C.Christopoulos, The transmission-Line Modelling (TML) Method, 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 представляют 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 «Рис.1», «Рис. 2», «Рис. 3» 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 ответствен-

ность 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, редакция журнала «Наука и техника Казахстана».

Тел. (8 3182) 45-38-60

45-11-43

факс: (8 3182)45-11-23

E-mail: publish@psu.pvl.kz

Сдано в набор 14.08.2002 г. Подписано в печать 24.09.2002 г.
Формат 297x420/2. Бумага книжно-журнальная.
Объем 12,7 уч.-изд. л. Тираж 300 экз.
Заказ № П-7.

Редакционно-издательский отдел
Павлодарского государственного университета
им. С. Торайгырова
637034, г. Павлодар, ул. Ломова 64.