

ISSN 1680-9165

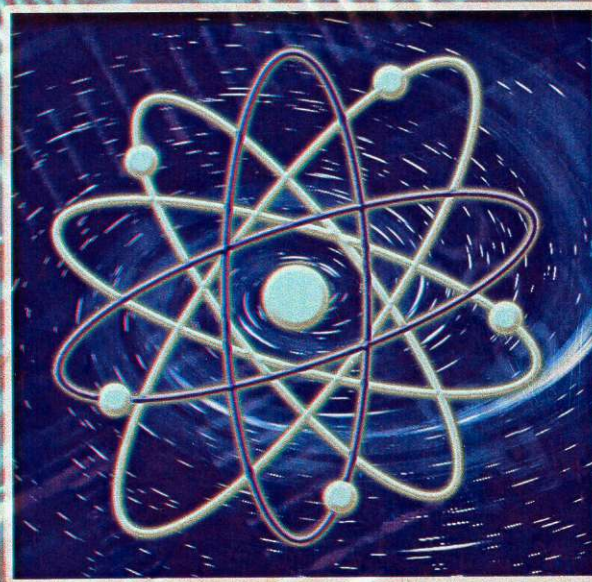
# НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.С.ТОРАЙГЫРОВА



# 4'2004

## НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА



Қ А З А Қ С Т А Н  
ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ



**МАЗМҰНЫ**

Ш X	<i>М.Т. Алимбаева, Т.С. Байжуманова, Г.М. Конспаева</i>	Дак, шаңжөне кірдің химикалық сараитгамасы.....5
с. а *	<i>Ф.К. Бойко, С. Ф. Крутоус, З.К. Хабдуллина</i>	Білімдік қызмет жүйесіндегі сапа мензджменті жүйесінің тиімділігін арттыру.....10
Ы I	<i>Ф.К. Бойко, Е.В. Птицына, С.Ф. Крутоус, Г.Ф. Бойко</i>	Газоразрядты қондырғылар мен күрделі гүрдегі токпея коректенетін инфрақызыл қыздырғыш қондырғылардың торабына шгізу.....16
а-е	<i>В.А. Бороденко</i>	Релелік сүдбаларды күрастыру кезінде уақыттық бульдік функцияларды лайдалынудың кейбір сүрақтары..... 21
Ұ P	<i>В.А. Бороденко</i>	Энергетикалық жүйемш апатты эжктр етаіцияны синхрондау процесіш жабдықтың сипагтамаларының ықпальш кеміту.....30
о	<i>У.К. Дроздова</i>	Омір қызметіндегі экологиялық аспектің қауісіздігі ..36
< f	<i>А. К. Каракаев, В. В. Пронин</i>	Всережимкый автоматический регулятор прямого действия.....45
д H s	<i>А. К. Каракаев, В. В. Пронин</i>	Система автоматического регулирования двигателей внутреннего сгорания.....56
у?		
X III		
Ю S		
< X ^		
ш		
Q		
ц.		
С		
g		
о		

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

Кадысова Р.Ж., к.и.н., доц. (*главный редактор*)  
 Утеулов 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., проо.  
 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., **КТН**, доц.  
 Клецель М.Я., д.т.н., проф.  
 Кудерин М.К., к.т.н., доц.  
 Мансуров З.А., д.х.н., проф.  
 Мурзагулова К.Б., д.х.н., проф.  
 Пивень Т.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  
 45-38-60  
 ФакС (3182) 45-38-60  
 E-mail: publiishtg@psj.kz  
 ЭТ Ы наука^psuΔ/- •ДЩ  
**академик С.Бейсембаев**

атындағы ғылыми  
**КІТАПХАН АСЫ**

|NJ<sup>Q</sup>4 2004

	<i>Р.М.Мустафина, Г.М.Мустафина, А.Х.Коккозов</i>
	Защита от ударных воздействий электромолота .....66
с Я	<b>В. В. Рыдин</b>
Ш X	Уравдәшә җәреҗә термодинамика өҗә слоҗнәх
Ш f	термодинамикаси сиҗтем .....72
5 Я	<b>Ш.К. Торпищев, Б.Н. Кабдышева, Г. Т. 7Леу.теиова</b>
5 *	Высокоҗастотная электротермия в технологии бетонных
< ^	и желҗзобетонных изделий .....78
	<b>А.Д. Тулегулов, Т. А. Кокетайтеги, В.МЮров</b>
С f	Устройство регулирования и стабилизации ёмкости МДП
Ф H	структуры для снятия вольтфарадаых характеристик . . . .84
^ C	Біздің авторлар.....87
3.0 m	
Я	
Ш >	
С	
П	
С	
Р	
О	

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

	<i>М.Л. Алимбаева, Т. С. Байжуманова, Г.М. конспаева</i>	
	Химическая экспертиза пятен, пыли и грязи.	
ш		
Ц g	<b>Ф.К. Бойко, С. Ф. Крутоус, З.К. Хабдуллина</b>	
ш s	Повышшие эффективности менеджмента качества в	
< Л	системе образовательных услуг.....1'	
< 5		
g £	<b>Ф.К. Бойко, Е. В. Птицына, С. Ф. Крутоус, Г. Ф. Бойко</b>	
§ зг	Влияние на сеть газоразрядных установок и	
с Ё	установок инфракрасного нагрева с питанием током	
л Ъ	сложной формы.....1	
§ J	<b>В. А. Бороденко</b>	
pQ m	Некоторые вопросы примежня временных булевых	
^ x	функций при описании релейных схем.....2	
2	<b>В.А. Бороденко</b>	
£	Снижение влияния характеристик оборудования на	
<	процесс синхронизации аварийной эжктростанции с	
£2	энергосистемой.....3	
°	<b>Н.К.Дроздова</b>	
	Экологические аспекты безопасности	
	жизнедеятельности.....3	
	<b>А. К. Каракаев, В. В. Пронин</b>	
	Всережимный автоматический регулятор прямого	
	действия.....4	
	<b>А. К. Каракаев, В. В. Пронин</b>	
	Система автоматического регулирования двигателгй	
	внутреншго сгорания.....f	
	<b>Р.М.Мустафина, Г.М.Мустафина, А.Х.Коккозов</b>	
	Защита от ударных воздействий электромолота.....(	
	<b>В. В. Рындин</b>	
	УравьЕния первого закона термодинамики для сложных	
	термодинамических систем.....!	
	<b>Ш.К. Торпицев, Б.Н. Кабдышева, Г. Т. Тлеуленова</b>	
	Высокочастотная электротермия в технологии бетонны	
	и жежзобетонных изделий.....!	



УДК 343.148.7

## ХИМИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ПЯТЕН, ПЫЛИ И ГРЯЗИ

**М.Т. Алимбаева, Т.С. Байжуманова, Г.М. Конспаева**

*ПГУ им. С. Торайгырова, г. Павлодар*

*Бұл мақалада қылмыс орнында табылған объектілердің химиялық сараптамасы қарастырылған. Дақ, шаң және лайд арды зерттеу әдістері көрсетілген.*

*В статье рассмотрена химическая экспертиза объектов, обнаруженных на месте происшествия. Показаны методы исследования пятен, пыли и грязи.*

*The chemical examination of the objects found on accident place is considered in this article. The methods of research of spots, dust and dirt are shown.*

Вещества и материалы окружают нас повсюду. При совершении преступления субъект намеренно или невольно изменяет внешнее строение, состав или структуру этих объектов, которые могут являться следами-предметами или следами-веществами. Интеграция в эту сферу достижений естественных и технических наук позволяет исследовать вещества и материалы, взятые как в макро-, так и в микроколичествах и получить ценную розыскную и доказательную информацию.

Пятна, пыль и грязь могут являться предметами химического исследования по делам, связанным с убийствами, изнасилованием, кражей и т. д. Пятна могут находиться на одежде, обуви и частях тела как подозреваемых, так и пострадавших, а также на различных орудиях, применяемых для совершения преступления, и на других предметах. Пятна и капли, образованные веществами (например: лакокрасочных или горюче-смазочных материалов), можно рассматривать с традиционных позиций трасологии с точки зрения их формы и механизма образования как следы-вещества, а также как объект криминалистического исследования веществ и материалов, изучая их состав, структуру и свойства [1].

Химическим исследованием могут быть разрешены следующие вопросы: 1) установление природы пятен, пыли и грязи; 2) установление сходства пятен, пыли и грязи, находящихся на вещественных доказательствах, с представленными материалами.

*Исследование пятен.* Пятна различают по происхождению: жировые, смоляные, клеевые, от сахаристых веществ (мед, сахар), красок различного происхождения и от других веществ. Исследование жировых пятен: они не изменяются при обработке их водой и винным спиртом; при действии же бензина (петroleumного эфира), серного эфира, хлороформа, дихлорэтана и ряда других органических растворителей жир из них может извлекаться. При исследовании жировых пятен сначала устанавливают, к какой группе относится образовавшие их жиры: к минеральным, растительным или животным. Для разрешения этого вопроса жировое вещество извлекают из пятна каким-либо органическим растворителем, а затем по удалении его остаток омыляют спиртовым раствором едкой щелочи, при этом минеральное масло в отличие от животных и растительных не омыляется.

При сравнительном исследовании масел, кроме их омыления, определяют коэффициент их рефракции, который является для некоторых жиров характерной величиной. В отдельных случаях при достаточном количестве материала применяют и химические реакции, учитывая при этом возможное загрязнение извлекаемых из пятен жиров и изменение их свойств.

*Исследование пятен от смолы хвойных деревьев.* Пятна обрабатывают винным спиртом, при этом смола в отличие от жиров растворяется.

*Исследование пятен от сахаристых веществ.* Сахаристые вещества извлекают из пятен водой (лучше горячей). С полученным раствором проводят реакцию Молиша, которую дают все углеводы (глюкоза, фруктоза, тростниковый и молочный сахар, крахмал, декстрин и т. д.).

Реакция Молиша. Исследуемый раствор помещают в пробирку, а затем к ней прибавляют 2 капли 20% спиртового раствора а-нафтола, одинаковое с раствором количество серной кислоты удельного веса 1,84, причем последнюю приливают по стенке наклонной пробирки так, чтобы кислота находилась под водой. В присутствии углеводов на границе соприкосновения воды и кислоты появляется красное кольцо, в дальнейшем синеющее. Смесь взбалтывают и через 2 минуты разбавляют двойным объемом воды. В присутствии углеводов выделяется осадок темно-фиолетового цвета.

*Исследование красок в пятнах и в соскобах с различных предметов.* Краски, подвергающиеся химико-криминалистическому исследованию, по своему происхождению могут быть трех видов: растительные (от овощей, ягод и зеленых частей растений); синтетические, органические и минеральные. Краски, находящиеся на вещественных доказательствах в виде пятен, подвергаются главным образом сравнительному исследованию с представленными образцами, и только в некоторых случаях производится установление их происхождения химической экспертизой.

При исследовании пятен от ягод и травы красители из этих пятен извлекают водой или еще лучше винным спиртом. Часть полученного раствора разливают в 7 фарфоровых чашечек, выпаривают досуха. На полученные сухие остатки действуют реактивами, указанными в таблице 1. Другую же часть раствора извлекают органическими растворителями (амиловым спиртом и эфиром).

Таблица 1

**Исследование пятен от ягод и травы**

Наименование	Черника	Клубника	Малина
Первоначальный цвет спиртового раствора	Лилово-красноватый	Желтовато-коричневатый	Лиловый
Серная кислота (конц.)	Окраска становится ярче	Окраска становится ярче	Ярко-лиловая окраска, при стоянии желтеет
Серная кислота 10%	То же	То же	Ярко-лиловая окраска
Соляная кислота (конц.)	-	-	То же
Азотная кислота (конц.)	При отстаивании принимает светло-желтую окраску	Окраска ярче, при отстаивании желтеет	Лиловый цвет, при отстаивании бледнеет
10% гидроксил натрия	Темно-зеленое окрашивание, при отстаивании принимает желтую окраску	Буроватая, переходит в желтую	Темно-зеленое окрашивание, при отстаивании принимает оливково-зеленую окраску
10% аммиак	Грязно-фиолетовая окраска, при стоянии сереет	Буроватая, при отстаивании желтеет	Сероватое окрашивание
Кристаллическое хлористое олово	Фиолетовый осадок и фиолетовый раствор	Розовый осадок и желтый раствор	Интенсивно-фиолетовый осадок и раствор
Амиловый спирт	Лиловое частичное извлечение	Розоватое извлечение и желтоватый раствор	Не извлекается
Амиловый спирт+10% соляной кислоты	Интенсивное красно-фиолетовое извлечение	Розоватое извлечение и желтоватый раствор	Отчетливо розовое извлечение
Эфир	Не извлекается	Не извлекается	Не извлекается
Первоначальный цвет спиртового раствора	Желтоватый	Интенсивно розовый	Зеленый



Продолжение таблицы

Наименование	Черная смородина	Клюква	Трава
Серная кислота (конц.)	Окраска желтеет	Желто-бурое окрашивание	Окраска несколько бледнеет
Серная кислота 10%	Почти без изменения	Не изменяется	Желтое окрашивание
Соляная кислота (конц.)	Окраска желтеет	Оранжевый цвет, переходит в бледно-желтый цвет	Окраска бледнеет
Азотная кислота (конц.)	Изменяется до светло-желтого цвета	Светло-желтый цвет	То же
10% гидроксил натрия	Зеленая окраска, переходящая в оливковый цвет	Желто-оливковое окрашивание	Желтовато-зеленоватое окрашивание
10% аммиак	Буроватая окраска, при стоянии светлеет	Бурое окрашивание	То же
Кристаллическое хлористое олово	Красно-фиолетовый осадок	Фиолетово-розовое окрашивание	Оливково-желтый и слабо окрашенный раствор
Амиловый спирт	Не извлекается	Не извлекается	Зеленое извлечение
Амиловый спирт + 10% соляной кислоты	Интенсивное розовое извлечение и оранжевый раствор	Амиловый слой бесцветен, солянокислый раствор приобретает розовую окраску	Буровато-зеленое извлечение, раствор бесцветный
Эфир	Не извлекается	Не извлекается	Красивое зеленое извлечение, раствор бесцветный

При сравнительном исследовании красок в пятнах, соскобах с различных предметов в первую очередь проверяют растворимость их в воде, а затем в спирте, ацетоне, 25%-м водном растворе пиридина и в ряде других органических жидкостей. Полученные растворы исследуют так же, как и красители цветных чернил.

При красках, не растворяющихся в воде, исследуют их на нитроцеллюлозу, являющуюся связывающим материалом некоторых видов лаков и эмалей. Для обнаружения нитроцеллюлозы применяют реакции с раствором дифениламина в концентрированной серной кислоте.

*Исследование пыли и грязи.* Пыль и грязь бывает двух видов: неорганическая (глина, мел, штукатурка, металлы и т. д.) и органическая (мука, цве-

точная пыльца, остатки древесины, листьев, семян и т. п.). При исследовании пыли и грязи применяют микроскопические и химические методы.

Экспертиза косметических средств производится в целях обнаружения на предметах - носителях следов декоративной косметики, исследование этих следов, установления назначения парфюмерно-косметической продукции, ее состава страны - изготовителя, марки, тона в ряде случаев предприятия - изготовителя, в также общей родовой и групповой принадлежности объектов. В экспертной практике наиболее часто встречаются изделия декоративной косметики, которая подвергается фальсификации, а также их следы. Следы губной помады обычно обнаруживаются на одежде, посуде, окурках сигарет и папирос, носовых платках, салфетках [2].

Микроскопическим исследованием обнаруживают главным образом вещества растительного и животного происхождения, имеющие характерную анатомическую структуру (крахмальные зерна, части растений, насекомых и т. д.); химическим исследованием устанавливают состав веществ, преимущественно неорганического происхождения.

Рассматривать проблему криминалистической экспертизы, тенденции ее развития, на наш взгляд, необходимо с учетом возникновения и становления субъектов, на которых законом возложены обязанности по производству исследования в целях эффективного раскрытия и расследования преступлений. Таким образом, своевременно и в полном объеме представленные на экспертизу материальные объекты и документальные данные определяют качественное проведение данного вида экспертизы, от результатов которой в конечном итоге зависит успешное расследование многих преступлений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Тимубергенов. Подготовка материалов для назначения криминалистической экспертизы материалов, веществ и изделий. // Мир закона, 2003. № 7. С. 19 - 23.
2. С. Абдуллаев. Криминалистическая экспертиза в Казахстане // Фемида, 2003. №6. С. 10-16.

УДК 65.621.31

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ

**Ф.К. Бойко, С.Ф. Крутоус**

*Павлодарский государственный университет  
им. С. Торайгырова*

**З.К. Хабдуллина**

*Рудненский индустриальный институт*

*Мақалада «Электрмен қамтамасыз ету» (салалар бойынша) 210440 мамандығы бойынша мамандарды даярлаумен айналысатын ЖОО бөлімшесі Рудненск индустриалдық институты мен С.Торайгыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің «Электрмен қамтамасыз ету» кафедраларының білім сапасының менеджменті мәселелері қаралады.*

*В статье рассматриваются вопросы менеджмента качества образования подразделения ВУЗа - кафедр «Электроснабжения» Рудненского индустриального института и Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова, занимающихся подготовкой специалистов по специальности 210440 «Электроснабжение» (по отраслям).*

*In the scientific article questions of a quality management by the example of faculty of «Electro supply» Rudny of the industrial institute, Pavlodar of the state university named after S. Toraigyrov, preparing experts on a speciality 210440 «Electrosupply» (on branches).*

В настоящее время предъявляются высокие требования к качеству подготовки инженеров - электриков, в связи с использованием на промышленных предприятиях, в городских и сельских сетях новых видов электрооборудования и коммутационных аппаратов до и выше 1000 В, а также внедрение систем автоматического управления технологическими процессами, учета, контроля электропотребления. В этом плане актуально совершенствование системы менеджмента качества подготовки специалистов энергетического профиля.

Согласно [1-3] система менеджмента качества базируется на совокупности документов, которые зависят:

- от вида и размера организации;
- от технологических особенностей процессов подразделения организаций (предприятий)
- от сложности продукции;
- от требований потребителей;
- от квалификации обслуживающего персонала;

Ниже представлена структурная схема определяющая стратегические цели повышения качества подготовки инженеров - электриков, руководителя подразделения - заведующего кафедрой и вид документов, регламентирующих его деятельность (рисунок 1). В таблице 1 отражены стратегические цели в целом по выпускающей кафедре «Электроснабжения» Рудненского индустриального института (РИИ), как структурного подразделения вуза.

Анализ содержания таблицы 1 свидетельствует о том, что значительную роль в совершенствовании системы менеджмента качества образования играет также и умелая организация работы всех членов подразделения - сотрудников кафедры.

Согласно рисунку 1, основная цель руководителя подразделения направлена на оценку системы менеджмента качества по кафедре за счет систематического проведения аудита (проверки) и анализа эффективности функционирования разработанной системы менеджмента качества данного подразделения, которая отражена в учебной, управленческой, научной, воспитательной и других видах деятельности. Например, на рисунке 2 изображена диаграмма увеличения числа компьютеров, приобретенных кафедрой РИИ за 5 лет, которая косвенно позволяет оценить повышение качества образовательных услуг.

Таблица 1

**Стратегические цели кафедры «Электроснабжения и Электротехники» РИИ в области повышения качества образования по специальности 210440 «Электроснабжение» (по отраслям)**

№ п/п	Наименование цели	Содержание цели	Решаемые задачи и критерии оценки
1	<b>Управленческая</b>	Улучшение качества управления кафедрой на основе рационального распределения функций между сотрудниками подразделения, при неукоснительном соблюдении трудовой дисциплины.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Отсутствие опозданий на работу;</li> <li>- искоренение дисциплинарных нарушений всеми сотрудниками кафедры;</li> <li>- изыскание возможности поощрения сотрудников за успехи кафедры (по семестрам).</li> </ul>

Продолжение таблицы 1

п/п	Наименование цели	Содержание цели	Решаемые задачи и критерии оценки
2	<b>Учебная</b>	Обеспечение роста качества образовательных услуг на основе внедрения современных образовательных технологий при постоянном обновлении материальной базы кафедры, программ и сочетание регулярного обмена опытом преподавания дисциплин сотрудников кафедры с большим педагогическим стажем.	Проведение систематического контроля (по семестрам) повышения качества образовательных услуг и сравнение показателей с ростом качества образования другими кафедрами факультета, вуза. Итоги целесообразно представить в % отношении
3	<b>Методическая</b>	Постоянное обновление методического обеспечения учебного процесса (УМК специальности) в соответствии с изменениями материальной базы кафедры и новых внедряемых образовательных технологий.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Повышение качества МУ разработок за счет создания УМК отдельных дисциплин;</li> <li>- Улучшить качества методических разработок за счет привлечения высококвалифицированных специалистов из ведущих вузов России и Казахстана в качестве рецензентов и оппонентов на учебные и учебно - методические пособия (2-3 в год)</li> </ul>
4	<b>Научная</b>	Повышение качества научно-исследовательских работ за счет привлечения высококвалифицированных специалистов, применения современных микропроцессорных средств измерения и контроля; повышение и квалификации сотрудников кафедры (стажировки и УПК в ведущих вузах Казахстана и России и с привлечение к научным исследованиям одаренных студентов)	Изыскание различных путей по определению молодых кадров в магистратуру, аспирантуру, на стажировку (2 чел. в год). Критериями оценки качества подготовки специалистов высшей квалификации является рост остротенности сотрудников кафедры

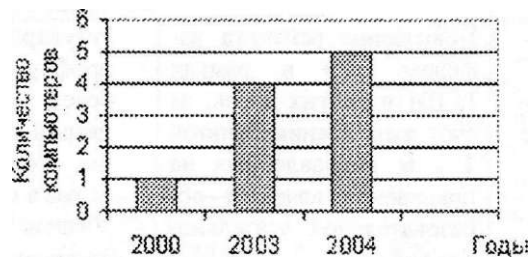


Продолжение таблицы 1

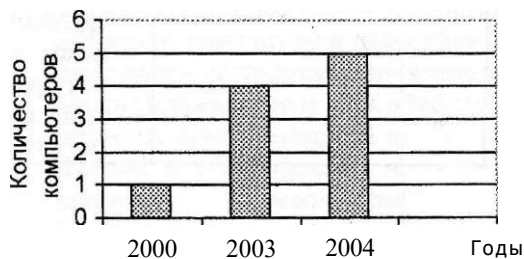
№ п/п	Наименование цели	Содержание цели	Решаемые задачи и критерии оценки
5	<b>Хозяйственная</b>	Повышение уровня материально-технической базы лаборатории за счет оснащения аудиторий кафедры компьютерной, множительной техникой, современными лабораторными комплексами	Критерии оценки: рост оснащения учебных помещений лабораторными комплексами (по количеству вновь приобретенных за семестр или за год единиц оборудования и сравнения их в % отношении с предыдущим и годами) (2 образ, в год)
6	<b>Воспитательная</b>	Повышение качества воспитательной деятельности за счет формирования у студентов принципов здорового образа жизни, эстетического восприятия действительности, более глубокого изучения основ прав; патриотическое воспитание студентов	Регулярное проведение кураторских часов и привлечение студентов к участию в подготовке к торжественным мероприятиям в рамках кафедры, факультета, вуза (1 раз в год). Критерий оценки - количество привлеченных к подготовке мероприятий студентов (80 чел). Отсутствие правонарушений
7	<b>Маркетинговые и профориентационные цели</b>	Повышение рейтинга кафедры ЭиЭ в рамках РГИИ и других вузов, за счет выполнения пунктов 1 - 6, направленных на повышение качества образовательной деятельности кафедры	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Регулярное проведение профориентационных бесед, дня открытых дверей в рамках кафедры, факультета, вуза (1 раз в месяц);</li> <li>- Участие в пробных тестированиях в институте, проводимых в школах города и области (2 раза в год);</li> <li>- Критерии оценки роста трудоустройства выпускников (100%), увеличение среднего балла аттестата выпускников школ (на 10%).'</li> </ul>



**Рис. 1. Стратегические цели руководителя кафедры «Электроснабжения и Электротехники» РИИ в области повышения качества образования по специальности 210440 «Электроснабжение» (по отраслям)**



**Рис. 2. Рост числа компьютеров, приобретенных кафедрой РИИ по годам (за 5 лет)**



**Рисунок 3 - Количество новых лабораторных, стенов внедренных в учебный процесс**

На рисунке 3 в качестве примера отражен рост внедрения лабораторных стендов в учебный процесс по кафедре «Электроснабжения» РИИ, характеризующий эффективность работы руководителя подразделения и кафедры в плане повышения качества образования.

Таким образом, качество подготовки специалистов энергетического профиля зависит от уровня материально-технической базы лабораторий и используемых в учебном процессе средств измерения и контроля. Своевременная модернизация и обновление лабораторных комплектов, применение современных микропроцессорных средств измерения и контроля является одной из важнейших стратегических целей руководителя кафедры и всех сотрудников подразделения. Не последнюю роль в этом играет своевременное и правильное оформление документов на приобретение нового или обновление существующего оборудования в учебных лабораториях. Совокупность документов четко и поэтапно разграничивает стратегические цели руководителя и сотрудников кафедры во всех видах деятельности.

Из приведенного анализа, можно сделать вывод, что для эффективного функционирования системы менеджмента качества по такому структурному подразделению как выпускающая кафедра, необходимы: определенные виды документов, обеспечивающие четкую и слаженную её работу от первого этапа, т.е. профориентационной работы с выпускниками школ, до последнего - работы с молодыми специалистами; координация работы кафедр со стороны руководства ВУЗа, обеспечивающего реализацию стратегических целей отдельных структурных подразделений и учебного заведения в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Система менеджмента качества «Основные положения и словарь». - Астана, 2004 г.
2. Система менеджмента качества «Требования». - Астана, 2004.
3. Методические материалы для повышения квалификации высшего руководства организаций высшего профессионального образования. - Караганда: КарГТУ, ЦСМКК, 2005 г.

И УДК621.36:621.317.353

## ? ВЛИЯНИЕ НА СЕТЬ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ I УСТАНОВОК И УСТАНОВОК ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА С ПИТАНИЕМ ТОКОМ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

**Ф.К. Бойко, Е.В. Птицына, С.Ф. Крутоус, Г.Ф. Бойко**

*Павлодарский государственный университет*

*им. С. Торайгырова*

*Мақалада газоразрядты қондырғылар мен күрделі түрдегі токпен  
f l f f қрректенетін инфрақызыл қыздырғыш крндырғыарды күрделі турдегі тоюіен  
' қоректаіетт режимге көшіруарысындағы э. вктр энергиясының сапасы қаралады.*

*В статье рассматриваются вопросы качества электрической энергии  
в питающей сети при переводе газоразрядных установок и установок  
инфракрасного нагрева в режим с питанием током сложной формы.*

*The article regards the issues of the electric energy quality in the power  
supply circuit under the transfer of gas-discharge units and units of infra-red  
heating to the conditions of compound form currents power supply.*

Анализ влияния токов сложной формы (ТСФ) с постоянной составляющей на электрические и теплофизические параметры газоразрядных установок (дуговых сталеплавильных печей малой и средней емкости) представлен в [1]. Влияние на сеть электротехнологических установок (ЭТУ) с питанием ТСФ с постоянной составляющей (выпрямленным током с регулируемой по форме переменной составляющей) рассмотрено в [2]. Однако для питания установок инфракрасного нагрева и газоразрядных установок высокого и низкого давлений (ВД и НД) используется так же ток сложной формы без постоянной составляющей [3,4].

В [5,6] доказана эффективность получения ТСФ путем искажения формы питающего тока. Эта идея реализуется путем включения в источник питания либо управляемого тиристорного блока, либо дроссельного элемента, позволяющих получать ТСФ требуемого спектрального состава с эффективно воздействующими частотами в диапазоне 100ч1000Гц за счет искажения формы питающего тока изменением угла открытия тиристорных, либо тока в обмотке управления (рис. 1 а-в). Однако использование ТСФ в электрогнологии связано с проблемой качества электроэнергии в питающей сети.

В работе рассмотрено влияние режимов работы ЭТУ с питанием ТСФ без постоянной составляющей на качество электроэнергии в питающей сети.

В лабораторных экспериментах в качестве источника питания выбран трансформаторный агрегат, состоящий из трансформатора типа **ОСМ-25 УХЛЗ S<sub>н</sub>=25КВА, / $f$ =50(60)Гц (ИА Ж671111.1051У)** с напряжением на высокой и низкой стороне **220/110В**, а также однофазного дросселя, используемого для искажения формы тока изменением тока управления. Трансформатор имеет на первичной стороне контактные зажимы АХ,, АХ,, АХ,, которые позволяют посредством переключения без возбуждения изменять напряжение от **231** до **220В** подобно устройствам ПЕВ (или РПН) Изготовитель трансформатора - ОАО холдинговая компания «Электрозавод» г. Москва.

В качестве установок инфракрасного нагрева были выбраны температурные излучатели мощностью 75ч300Вт, позволяющие наглядно оценить эффективность работы электроприемника по уровню создаваемой освещенности.

Параметры сети исследованы в сравнении двух режимов:

- обычном (при питании электротехнологической установки от источника синусоидального напряжения частотой 50Гц);

- новом (с питанием током сложной формы без постоянной составляющей).

Для измерения электрических параметров сети и нагрузки использовали анализатор качества электрической энергии «ANALYST 2060» (фирма «LEM NORMA GMBH», Австрия, сертификат АТ С.34.001.А №17257, действителен до 01.04.2009г.), соответствующий стандартам по электробезопасности и электромагнитной совместимости (IEC 1010-1 1992-09, BSE №61326: 1998). Измерение освещенности выполнено в соответствии с нормативной документацией по ГОСТ-24940-96 «Методы измерения освещенности» люксметром типа «Аргус-12».

В экспериментах напряжение, подаваемое на первичную обмотку трансформатора, поддерживали на уровне 231 В (включены зажимы АХ). Для обычного и нового режимов выполняли осциллографирование напряжения в питающей сети и анализ спектрального состава его формы. На рис. 2 а-в представлены осциллограммы питающего напряжения за время 2, 4, 10 и 50мс в сравнении для обычного и нового режимов с различным подмагничиванием дросселя при мощности температурного излучателя 75Вт. На рис.3 а-в показаны спектры гармоник, соответствующие этим режимам. Соответственно в табл. 1 даны амплитуды высших гармоник для сравниваемых режимов.

Как показал анализ осциллограмм питающего напряжения, снятых за время 50 мс, форма синусоиды питающего напряжения искажена даже в обычном режиме работы трансформатора. В спектре питающего напряжения (рис.3а) содержатся высшие гармоники. Уровень нелинейных искажений при этом составил 1,2%.



Таблица 1

Номер гармоники	Амплитуды гармоник, %		
	Обычный режим	Новый режим	
		(минимальное подмагничивание)	(максимальное подмагничивание)
2	0,045	0,030	0,069
3	0,632	0,727	0,773
4	0	0,034	0,031
5	0,653	0,581	0,707
6	0,011	0,019	0,027
7	0,367	0,335	0,330
8	0,017	0	0
9	0,577	0,636	0,610
10	0	0	0,022
11	0,229	0,271	0,226
12	0	0	0,012
13	0,156	0,074	0,124
14	0,034	0	0
15	0,146	0,117	0,165
16	0,005	0,003	0
17	0,023	0,049	0,119
18	0	0,021	0
19	0,024	0,044	0,060
20	0,024	0	0,023
21	0,108	0,116	0,071
22	0	0	0
23	0,080	0,050	0,109
24	0	0	0
25	j 0,022	0,031	0,062

В новом режиме, при искажении формы напряжения на нагрузке дросселем насыщения, форма синусоиды питающего напряжения не ухудшилась (рис.2б, в). Спектральный состав напряжения в питающей сети практически не изменился. Амплитуды высших гармоник тоже не изменились. Значения коэффициента нелинейных искажений при этом составили 1,2 и 1,3 %.

Анализ осциллограмм показал, что форма питающего напряжения в новом режиме, состав и амплитуды гармоник такие же, как для обычного режима работы. При этом освещенность, создаваемая температурным излучателем мощностью 75 Вт, составила в обычном режиме 7,5 лк, а в новом с питанием ТСФ без постоянной составляющей - 15,5 лк. При мощности излучателя 100 Вт значение освещенности для сравниваемых режимов было равно 10,5 и 21,5 лк соответственно.

Аналогичные результаты получены при исследовании осциллограмм и спектров гармоник для газоразрядных установок ВД и НД.

Таким образом, работа установок инфракрасного нагрева и газоразрядных установок ВД и НД в новом режиме с питанием ТСФ без постоянной составляющей не оказывает негативного влияния на питающую сеть - не вызывает дополнительного искажения формы синусоиды питающего напряжения. При этом освещенность, создаваемая температурными и разрядными излучателями, возрастает практически в полтора - два раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Миронов Ю.М., Миронова А.Н. Сравнительный анализ применения различных родов тока на ДСП // Сталь, 1996, № 11 С. 27-30.
2. Птицына Е.В. Влияние на электрическую сеть электротехнологических установок с питанием током сложной формы. // Электротехника, 2001, № 8. С. 11-15.
3. Кувалдин А.Б., Птицына Е.В. Использование токов сложной формы с целью повышения эффективности установок для освещения и инфракрасного нагрева Сборник докладов Srodkowoeuropejska IV Konferencja Naukowo-Techniczna (IV MSKAE 2001) "Metody i Systemy Komputerowe w Automacie i Elektrotechnice" Czestochowskiej, 2001.180-182 с.
4. Кувалдин А.Б., Птицына Е.В. Электрические и акустические эффекты в оптических излучателях с питанием током сложной формы Сборник докладов Srodkowoeuropejska V Konferencja Naukowo-Techniczna (V MSKAE 2003) «Metody i Systemy Komputerowe w Automacie i Elektrotechnice». Czestochowskiej, 2003.
5. Untersuchung und Anwendung von dem nichtsinusformigen Strom in den Elektrolysenanlagen А. Kuvaldin, F. Bojko, E. Ptitzyna. 40. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium. 18 - 21.09.1995. Band 3.- Technische Universitat Ilmenau, 1995, 183 - 188 с.

6. Boiko F.K., Kuvaldin A.B., Ptitsyna E.V. Zum Betrieb kleiner Stahlschmelz-Lichtbogenofen mit nichtsinusförmigem Strom - Einfluss auf die Lichtbogenstabilität / Workshop Elektroprozesstechnik - Егодішеп und Schmelzen mit elektrothermischen und alternativen Verfahren. Tagungsband. Technische Universität Dmenau. 21.-24. Sept. 2004.

II УДК621.316.925

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ ОПИСАНИИ РЕЛЕЙНЫХ СХЕМ

III В. А. Бороденко

*Павлодарский государственный университет*

III им. С. Торайгырова

1111 *Реліелік құрылығдарды талдау және жасау кезінде уақыттық бульдік функцияларды лайдаланудың ерекшеліктері қарастырылады.*II *Рассматриваются особенности применения временных булевых функций при анализе и синтезе релейных устройств.*III *Features of Timing Boolean Functions application in relay circuit design are considered.*

Все переключательные схемы делятся на два класса: комбинационные устройства, результат на выходе которых в установившемся состоянии зависит только от комбинации (набора) переменных на входе, и последовательностные (автоматы с памятью, конечные автоматы), у которых на результат влияет также последовательность формирования сигналов во времени [1].

Основными математическими моделями для комбинационных устройств являются логические формулы (зависимости), структурные схемы и таблицы истинности. При синтезе и минимизации логических устройств производят равносильные преобразования формул и схем до получения заданного результата. К основным логическим функциям относят конъюнкцию (И, логическое умножение), дизъюнкцию (ИЛИ, логическое сложение) и НЕ (логическое отрицание).

Последовательностные устройства в свою очередь можно разделить на собственно последовательностные (автоматы с памятью) и временные, включающие в себя элементы задержки. Математический аппарат для описания последовательностных устройств значительно сложнее аппарата комбинационного, используются циклограммы, тактограммы, таблицы включений, переходов, состояний. Временные логические функции, используемые для описания подобных устройств, в основном учитывают наличие собственных задержек прохождения сигнала через логический элемент [2,3].

Необходимо отметить, что из-за наличия собственных задержек или неодновременности изменения сигналов на входах и комбинационные устройства ведут себя в соответствии с теорией лишь в статическом состоянии. Во время переходного процесса из-за разной длительности прохождения сигнала по участкам схемы возможно появление недопустимого состояния, которое будет зависеть от порядка прихода заданных значений переменных в данную точку. Например, выражение вида  $y = \overline{X}X$ , теоретически всегда равно константе 0, допускает импульсный переход в 1, если прямое значение переменной  $x$  уже изменилось до уровня 1, а инверсное значение  $\overline{x}$  из-за инерционности переключения еще сохраняет значение 1 - это явление называется риском (соствязанием) в едюгаце. Противоположное по результату явление для высказывания  $y = X + \overline{X}$  называется риском (соствязанием) в нуле.

Иными словами, в переходном процессе комбинационные устройства могут вести себя, как последовательностные, даже при отсутствии специальных элементов задержки или памяти, что обязательно следует учитывать при построении схем во избежание недопустимых последствий. Законы и аксиомы алгебры логики, справедливые для комбинационных устройств в статическом состоянии, могут нарушаться или не выполняться в переходных состояниях.

Устройства релейной защиты и противоаварийной автоматики энергосистем характеризуются тем, что, с одной стороны, имеют логическую структуру средней или даже малой сложности, с другой стороны, содержат специальные элементы задержки. Временные интервалы, формируемые последними, существенно превышают собственные физические задержки элементов и имеют разнообразное назначение (задержка появления, исчезновения сигнала, ограничение длительности и т.п.).

Поэтому для упрощения анализа и синтеза подобных схем используются специальные временные булевы функции (ВБФ), дополняющие теорию релейных устройств (ТРУ) и наиболее полно рассмотренные в [4]. Это  $\mathcal{L}$  или  $t$  - задержка сигнала на появление,  $\mathcal{L}^*$  или  $f$  - задержка сигнала на исчезновение,  $\mathcal{J}t$  - ограничение длительности сигнала (длительность сигнала на выходе равна длительности воздействия, если оно снимается раньше истечения  $t$ , и меньше ее, если время существования воздействия больше  $t$ ),  $\mathcal{P}$  - память (сигнал запоминается на неограниченное время),  $\mathcal{P}'$  - ограниченная память (сигнал сбрасывается через время  $t$ ).

Рассмотрение аппарата ВБФ, методов анализа и синтеза устройств с их помощью приводит к выводу, что некоторые положения ТРУ [4] в части применения временных функций нуждаются в уточнении и развитии.



а) Прежде всего, укажем на отсутствие четко сформулированного краеугольного положения: *особенностью временных переменных является их неспособность существовать самостоятельно - они зависимы и обязательно привязываются к некоторой независимой (опорной) переменной, отражая ее поведение во времени.* С любой временной функцией (переменной) неразрывно связаны два момента, осуществляющие отметку во времени (выделение временного отрезка) - момент начала отсчета временного интервала и момент окончания отсчета (порог времени). Порог времени может быть равен нулю, стремиться к бесконечности или находиться в диапазоне  $0 < T < \bullet$ .

Второй момент неразрывно связан с самой временной функцией. Если это функция задержки сигнала на появление, исчезновение, ограничения длительности или ограниченная память, то в прилагающемся к ней описании должны указываться длительность интервала и номер (индекс) этого интервала при количестве таких интервалов больше одного. Упомянутый номер (индекс) обязательно вводится в обозначение временной переменной (функции), например,  $t_p$  отображая эту связь.

Для временной булевой функции ПАМЯТЬ, у которой порог времени всегда одинаков и находится в бесконечности, должна также отображаться связь с некоторой переменной, осуществляющей сброс запоминания (установку на нуль). Она может представлять собой как отдельную независимую переменную, так и результирующую функцию, поскольку зависимость функции от самой себя как раз свидетельствует о наличии обратной связи и способности схемы к запоминанию состояния. Отсутствие такой переменной в формуле говорит об ошибке.

Что же касается момента начала отсчета временной переменной, то он фиксируется по изменению состояния (от 0 к 1, от 1 к 0) не временной, а некоторой другой логической переменной, которую мы назовем *опорной*. Только с этого момента возникает сама временная переменная и начинает реализовываться временная функция.

Отсюда следует **постулат 1** *временная переменная всегда зависима от определенной логической переменной или логического выражения и может существовать лишь в совокупности с ними, образуя конъюнктивную форму.*

Конъюнкция (конъюнктивная форма или КФ) имеет место лишь при количестве переменных более одной.

Отсюда следует **постулат 2:** *не могут иметь места любые унарные операции с отдельно взятой временной переменной* В частности, не могут использоваться операции ПОВТОРЕНИЕ  $Y - t$  или ОТРИЦАНИЕ  $y = \bar{t}$

Поскольку в дизъюнкции (дизъюнктивной форме или ДФ) остальные переменные, помимо временной, могут и отсутствовать (равняться нулю), а, значит,

ш х г гг-тствовать главная (опорная) переменная, это ведет к неопределен-  
нее?; момента начала отсчета и неоднозначности результата высказывания,  
;сл-лствие чего высказывание лишается смысла.

Отсюда следует **постулат 3**: не могут иметь места любые логические  
выражения и соответствующие преобразования, объединяющие в дизъюн-  
ктивной форме отдельно взятую временную переменную и иные перемен-  
ные. Например, недопустимы преобразования, приводимые в [4], наподобие

$$Y = Xt = X + t = X + D^t >$$

поскольку в последнем (предпоследнем) высказывании отсутствует указа-  
ние, относительно какой переменной и какого ее значения (0 или 1) производит-  
ся отсчет интервала времени.

Если опорной для временной переменной объявлена константа 1, момент  
начала отсчета становится неопределенным (отодвигается к бесконечности  
влево по оси времени), выражение теряет смысл.

Отсюда следует **постулат 4**: любые логические выражения и соответ-  
ствующие преобразования, связывающие конъюнктивно временную пере-  
менную с константой 1, исключают временную переменную.

$$(x \vee 1) \wedge t - 1 \wedge t = 1,$$

В итоге, из 16 типовых логических функций двух и более переменных к вре-  
менным переменным приложимы лишь шесть (таблица 1).

Таблица 1

Название функции	Формула	Название функции	Формула
Конъюнкция	$Xt$	Равнозначность	$xt + xt$
Запрет по x	$xt$	Неравнозначность	$xt + xt$
Запрет по t	$xt$		
Стрелка Пирса	$xt$		

В отличие от остальных ВБФ, временная булева функция ПАМЯТЬ требует  
включения в конъюнкцию второй обязательной (опорной) переменной, осуще-  
ствляющей сброс запоминания (установку на ноль).

б) В [4] провозглашено правило, что временная переменная (функция) все-  
гда записывается за обозначением сигнала (или комбинации сигналов), указы-

вая на производимую с ним временную операцию. Представляется, что для комбинации сигналов это правило нуждается в уточнении. Так, временной оператор не относится к переменной  $x_p$  хотя она и находится слева от него

$$X_x + X_2 D \setminus$$

Не равносильны приводимые высказывания, в каждом из которых слева от временной функции находятся три переменные  $x_1$ ,  $x_2$  и  $x_3$

$$Y = x_1 x_2 x_3 D' \quad \# \quad x_1 (x_2 x_3 D') \quad * \quad x_2 x_3 (x_1 D')$$

поскольку в первом из них задержка выполняется для сигнала  $x_1$  в  $x_2$  во втором задержка выполняется только для сигнала  $x_2$ , а в третьем только для сигнала  $x_3$

Не обеспечивают одинаковое выполнение временной функции и следующие высказывания

$$Y = X_1 x_2 x_3 D' \quad \wedge \quad X_1 x_2 x_3 D' \quad * \quad X_1 x_2 x_3 D'$$

Отсюда следует **постулат 5**: *временная переменная (функция) всегда зависима от логического выражения, конъюнктивно связанного с ней и находящегося слева от нее, если иное не определено использованием операции, имеющей более высокий приоритет, нежели конъюнкция.*

К указанным операциям относятся, например, как показано выше, использование скобочной формы или логического отрицания, связывающего независимые переменные наравне со скобками.

Руководствуясь постулатом 5, можно считать, что всегда временной оператор, стоящий в выражении правее, выполняется позже указанного слева от него.

Отсюда следует **постулат 6**: *запись логических высказываний для временных устройств производится слева направо в порядке выполнения временных операций.*

Вторая опорная переменная, требующаяся в записи ВБФ ПАМЯТЬ, в отличие от первой записывается обязательно после временной функции ПАМЯТЬ - в [4] предложено разделять их вертикальной чертой, не являющейся само по себе каким-либо оператором, например, в высказывании

$$Y = x_1 \setminus x_2$$

первой опорной переменной, по состоянию которой начинается отсчет длительности запоминания сигнала, является  $x_1$ , второй опорной переменной, сбрасывающей запоминание, является  $x_2$

в) К утверждению, что основные законы и аксиомы алгебры логики, а также правила минимизации остаются справедливыми и для многотактных релейных

устройств, содержащих элементы, реализующие временные операции, следует подходить осторожно. Из сформулированных выше положений вытекает, что к записям с ВБФ должны применяться некоторые ограничения, которых нет у независимых переменных.

Переместительный (коммутативный) закон.

Нельзя в логическом высказывании менять местами простые сомножители, одним из которых является ВБФ, ибо новое выражение в силу положений 5,6 не будет равносильным предыдущему. Очевидно, что второе выражение не равносильно первому и не имеет смысла, так как слева от временного оператора нет переменной

Сочетательный (ассоциативный) закон.

Нельзя к высказыванию с ВБФ при прочих операциях одного ранга произвольно применять скобочные формы, так как новое выражение может не быть равносильным предыдущему. В частности, не равносильны приводимые высказывания, поскольку во второй конъюнкции задержка относится только к переменной  $y$ , а в первой - к переменной  $x$

$$(x \wedge y) \wedge A D' \text{ и } x \wedge (y \wedge A D').$$

Распределительный (дистрибутивный) закон.

Справедлив для ВБФ лишь в том случае, если она образует со скобочной формой конъюнкцию. Например, равносильны высказывания

$$(x \vee y) D' = x D' \vee y D'$$

и не равносильны (более того, не имеют смысла по пункту а)

$$x y \vee D' \text{ и } (x y D') \vee (y D').$$

Закон инверсии (де Моргана).

Поскольку в каждом из равносильных преобразований закон содержит ДФ, применяться для ВБФ он не может.

Закон повторения (идемпотентности).

Закон не выполняется для ВБФ в логическом выражении

поскольку в данной КФ отсутствует опорная переменная, выражение не имеет смысла.

Закон не выполняется для ВБФ в логическом выражении

поскольку последовательно включенные задержки не эквивалентны одной, а образуют сумму задержек  $t + t + t + \dots$ , что равносильно записи

однако выполняется для логического выражения

$$(xD') \wedge (xD \wedge (xD')) = xD'$$

в котором все задержки связаны с одной и той же логической переменной и осуществляются одновременно.

г) Из пункта б) вытекает, что недопустимыми (нереализуемыми) являются такие преобразования логических выражений, содержащих ВБФ, которые отрывают временную переменную от связанной с ней логической опорной переменной, по состоянию которой определяется порог начала отсчета временного интервала. Те же положения определяют возможность применения к ВБФ законов алгебры логики.

Сделаем обратный вывод о том, что *возможны любые стандартные преобразования переключаемых схем с временными элементами, если не нарушается конъюнктивная связь временной и опорных переменных.*

При преобразованиях за переменную следует принимать не саму ВБФ, а совокупность (конъюнктивную форму) временной и опорной переменных. Для функции ПАМЯТЬ неразрывную совокупность образуют первая, вторая опорная переменная и ВБФ между ними. Отсюда следует, что реле времени с мгновенными замыкающим и размыкающим, а также временными импульсным и упорным контактами отображается наборами

$$xDJ \quad ,xDI, xDI \setminus, xDI$$

где задержки  $t$  и  $f$  равны нулю,  $t_4$  - времени замкнутого состояния импульсного контакта, а  $x$  имеет индекс переменной, возбуждающей реле времени, и поглощается последней по закону повторения при записи в виде КФ, т. е.

$$x \wedge xD' = xD'$$

д) Следует, на наш взгляд, уточнить и положения о возможности преобразований над временными операторами одинаковой природы, но разной длительности, связанными с разными опорными переменными. Утверждается, например, что при конъюнкции сигналов с операторами задержки  $t$  за скобки могут выноситься операторы с наибольшим параметром

$$xDI \wedge yDI = (x \wedge y)DI \quad (\text{при } t_2 > t).$$

Очевидно, что это утверждение справедливо лишь в частном случае (рисунок 1, а), когда начало отсчета интервала по обоим опорным переменным со-

впадает - тогда большая временная переменная  $t$ , поглощает меньшую  $I$ . Однако, если изменение уровней переменных  $x$  и  $y$  от 0 к 1 происходит одновременно (рисунок 1, б), то, начиная с момента времени  $t_2 - l$ , (точка  $b$ ), задержка после последнего перехода от 0 к 1 не превышает длительности  $t_p$ . Если изменение уровня переменной  $x$  происходит в интервале времени  $0 < t < t_2 - t_p$  производимая задержка будет лежать в пределах  $t < t < t$

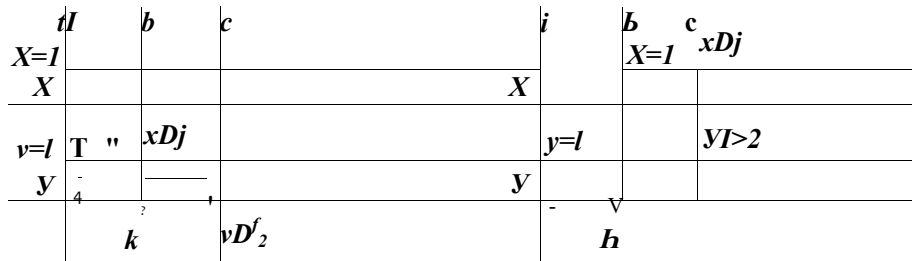


Рис.1

Отсюда следует уточнение: при конъюнкции сигналов с операторами задержки  $(\text{£})T$  за скобки могут выноситься операторы с наибольшим параметром только при условии одновременного изменения одноименного состояния опорных переменных (совпадения во времени момента начала отсчета по всем опорным переменным).

Аналогичный анализ утверждения, что при конъюнкции сигналов с операторами задержки  $(\text{£})y$  за скобки могут выноситься операторы с наименьшим параметром

$$xDj \wedge yD_2 = (x \wedge y)Dj \text{ (при } t_2 > t_j),$$

говорит о том, что оно относится к частному случаю, когда момент начала отсчета временного интервала по всем опорным переменным совпадает (рисунок 2, а). Если же уровень переменной  $x$  изменится от 1 к 0 через время  $t_2 - l$ , и более после аналогичного изменения уровня переменной  $y$  (рисунок 2, б), то общая задержка от момента исчезновения хотя бы одного сигнала увеличится до  $t_2$  и утюмянутое утверждение становится ложным. При условии, что изменение уровня переменной  $x$  происходит в интервале времени  $0 < t < t_2 - t_p$  производимая задержка исчезновения сигнала будет лежать в пределах  $t_1 < t < t_2$ .

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>		<i>a</i>	<i>Ъ</i>	<i>c</i>
$x=0$						$x=0$	
<i>X</i>			<i>L</i>		<i>X</i>		$x2>/$
		$xDj$			$y-o$	<b>Т Г</b>	
" <i>У</i>					<i>У</i>		<i>м</i>
		<i>б</i>	<i>vrt</i>			<i>I2</i>	

Рис.2

Отсюда следует уточнение: при конъюнкции сигналов с операторами задержки  $(j^r)J$  за скобки могут выноситься операторы с наименьшим параметром только при условии одновременного изменения одноименного состояния опорных переменных (совпадения во времени момента начала отсчета по всем опорным переменным).

Таким образом, аппарат временных булевых функций является мощным средством упрощения и повышения эффективности процедур анализа и синтеза релейных схем, однако его применение требует четкого соблюдения определенных правил и дополнительного анализа.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Логическое проектирование дискретных автоматов (языки, методы, алгоритмы). Гаврилов М. А., Девятков В. В., Пупырев В. И. - М.: Наука, 1977 - 352 с.
- 2 Фридман А., Менон П. Теория и проектирование переключаемых схем. - Пер. с англ. - М. Мир, 1978. - 580 с.
- 3 Рогинский В. Н. Основы дискретной автоматики (Статика и динамика дискретных автоматов). - М. Связь, 1975 - 432 с.
- 4 Теоретические основы построения логической части релейной защиты и автоматики энергосистем / Поляков В. Е., Жуков С. Ф., Проскурин Г. М. и др. - М. Энергия, 1979 - 240 с.

II УДК 621,316.925

## И СНИЖЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК И ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРОЦЕСС И СИНХРОНИЗАЦИИ АВАРИЙНОЙ | | ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ЭНЕРГОСИСТЕМОЙ

**В.А. Бороденко**

*Павлодарский государственный университет  
им. С. Торайгырова*

III *Автоматтық синхрондауыш пен генераторлық ажыратқыштар*  
1111 *сипаттамаларына қойылатын талаптарды кемітуге жағдай*  
§!§§ *жасайтын, дизельгенераторды және энергетикалық жүйені синхрондау*  
fiii *тәсілі ұсынылған.*

1111 *Предложен способ синхронизации дизель-генератора и*  
*энергосистемы, позволяющий снизить требования к характеристикам*  
*автоматического синхронизатора и генераторного выключателя.*

*The way of synchronization of the diesel engine-generator and the power  
supply system is offered, allowing to lower requirements to characteristics of  
the auto synchronizer and the generating switch.*

Система электроснабжения компрессорных станций (КС) магистральных газопроводов состоит не менее чем из двух подсистем с двумя вводами от энергосистемы, переключаемыми автоматикой включения резервного питания (АВР) на стороне высокого и низкого напряжения. При перерыве питания по одному вводу в соответствии с заложенной в них логикой работают системы АВР высокого напряжения или 0,4 кВ, восстанавливая электроснабжение потребителей от другого ввода энергосистемы. На случай полного прекращения электроснабжения от энергосистемы имеется аварийная станция (дизель-генератор) типа АС 804, АС 814 и т. п., которая автоматически запускается, выходит на рабочий режим через время не более 30 с и обеспечивает питание особо ответственных потребителей 0,4 кВ (цепи КИП и А, маслонасосы уплотнений, циркуляционные насосы). Вывод дизель-генератора на заданные параметры режима (включая частоту напряжения) производится собственной системой регулирования.



Электростанция с генератором 0,4/0,23 кВ подключается развилкой на обе секции шин РУ-0,4 кВ КТП Хмельницкого трансформаторного завода. Схемы электрической и технологической автоматики должны в комплексе обеспечивать.

- опробование агрегата и аппаратуры без нагрузки;
- ручное включение агрегата на обесточенные шины одной или двух секций КТП;
- автоматическое отключение агрегата при исчезновении напряжения на шинах 0,4 кВ с предварительным отключением вводных и секционного автоматов КТП;
- длительную работу агрегата с номинальной нагрузкой;
- ручное отключение агрегата от сети при появлении напряжения на вводах КТП с перерывом питания;
- ручное отключение агрегата с предварительной точной синхронизацией генератора под нагрузкой с напряжением сети.

По проекту обратный перевод нагрузки 0,4 кВ с дизель-генератора на энергосистему при восстановлении напряжения на питающих вводах КТП предполагается производить с помощью блока точной синхронизации БТС, поставляемого комплектно с системой управления аварийной станцией СУАС. Практика эксплуатации [1] и проведенные нами исследования показали непригодность используемого БТС для этих целей, прежде всего из-за плохих временных характеристик вводных автоматов 0,4 кВ типа АВМ.

Для автоматов типа АВМ с электродвигательным приводом старой конструкции требуется длительность импульса на включение не более 30 с и не менее 1 с, в противном случае надежное включение не гарантируется. У усовершенствованных автоматических выключателей серии АВМ длительность импульса на включение уменьшена с 1 до 0,5 с [2]. Согласно [3], время включения выключателя с электромеханическим приводом от момента подачи питания на привод до полного включения составляет на постоянном токе 0,55 с, на переменном токе 0,35 с.

Таким образом, даже без учета разброса временных характеристик автоматов серии АВМ время включения аппарата не менее 0,35 с. Между тем, схема управления БТС предусматривает автоматическое отключение синхронизатора (блокировку действия) при задержке генераторного автомата на включение более 0,2 с [4]. Отсюда видно, что проектным решением не предусмотрено согласование БТС по уставкам с характеристиками вводных и генераторных автоматов серии АВМ, что приводит к неработоспособности схемы.

Кроме того, следует указать на сравнительно низкие возможности и качественные параметры установленного на СУАС блока точной синхронизации. Устройство БТС относится к классу синхронизаторов с постоянным углом опережения (СПУО), имеющих динамическую ошибку по углу включения [5], поскольку в нем не учитывается величина скольжения и ускорение генератора при синх-

ронизации. Более того, устройство имеет всего две рабочие уставки - в этом синхронизаторе запрещается действие, если частота скольжения превышает 2,8 Гц, выбирается первая уставка по углу опережения в диапазоне скольжения 1,3-2,8 Гц или вторая уставка по углу опережения в диапазоне скольжения 0-1,3 Гц.

Срабатывание синхронизатора должно происходить на спадающей части огибающей напряжения биений при уставках 75 В или 45 В, т. е. значительно менее угла опережения  $180^\circ$  в диапазоне скольжения 1,3-2,8 Гц и менее  $60^\circ$  в диапазоне 0-1,3 Гц. Учитывая, что для времени срабатывания автомата 0,2 с синхронизация разрешается, отметим, что даже предварительный расчет показывает невыполнимость этих условий для существующей конструкции синхронизатора.

Наложение недостатков блока синхронизации и коммутационных аппаратов приводит к тому; что в эксплуатации обратный переход от аварийного электропитания на напряжение энергосистемы производится, как правило, с перерывом питания потребителей, синхронизатор выводится из работы.

Заметим, что на агрегатах типа АС 814С для управления частотой вращения при ручной точной синхронизации дизель-генератора с сетью устанавливается механизм управления с реверсивным электродвигателем постоянного тока типа МН-250. Ручная точная синхронизация должна использоваться, согласно документации, как раз при наличии небыстродействующего автомата ввода. Управление электродвигателем может осуществляться дистанционно, следовательно, механизм управления может быть применен для подгонки частоты вращения дизель-генератора при автоматической синхронизации.

В рассматриваемом случае целесообразно использовать способ синхронизации [6], разработанный специально для включения генераторов через коммутационный аппарат с большим нестабильным временем включения. Способ основан на измерении фазовых характеристик напряжений синхронизируемой электрической машины и сети, он обеспечивает меньшую зависимость процесса включения генератора на сеть от параметров устройства синхронизации и коммутационного оборудования.

На рисунке представлены графики изменения разности фаз напряжений в процессе синхронизации генератора, где 1 - изменение угла  $d$ , 2 - измеряемая длительность  $t_n$ , 3 - воздействия на уравнивание частот, 4 - импульс на включение генераторного выключателя.

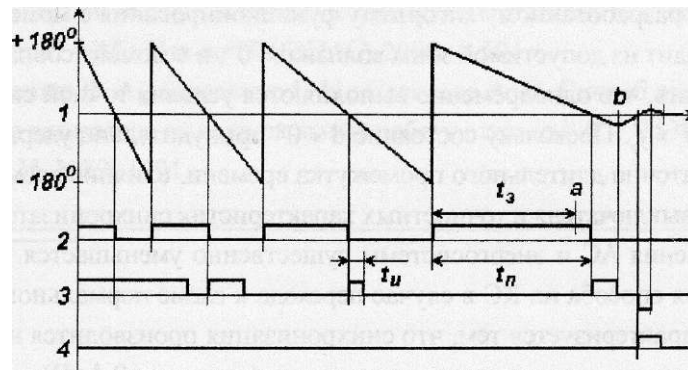


Рис.1

С момента начала синхронизации (пуска дизель-генератора) измеряют длительность  $t_n$  изменения угла  $d$  от противофазы ( $+180^\circ$ ) до нуля и сравнивают ее с заданным значением  $t_3$ , осуществляя тем самым контроль допустимой частоты скольжения. До тех пор, пока  $t_n < t_3$ , т. е. не достигнута заданная зона разности частот, длительность  $t$  воздействий на уравнивание частот определяют в обратной зависимости от  $t_n$ , например, по формуле  $t_u = \kappa / t_n$ . Указанная функциональная зависимость позволяет, с одной стороны, ускорить разгон генератора в начальный период синхронизации, с другой стороны, снизить скорость и ускорение движения ротора генератора при приближении к допустимой частоте скольжения. Воздействие на уравнивание частот подают после каждого момента  $d = 0^\circ$  совпадения фаз напряжений генератора и сети.

После того, как длительность  $t_n$  превысит заданное время (момент  $a$ ), и, следовательно, достигнута желаемая частота скольжения, начинают дозировать управляющее воздействие на уравнивание частот следующим образом: формируют регулирующее воздействие от момента совпадения фаз до момента изменения знака скорости  $dS/dt$ , т. е. производной угла  $d$  (момент  $b$ ). Продолжающееся, хотя и сниженными темпами, увеличение скорости вращения генератора приводит к достижению состояния, когда частоты генератора и энергосистемы уравниваются (это и соответствует моменту  $b$ ), после чего частота генератора начинает превышать частоту сети. Значение угла  $d$  начинает уменьшаться и воздействие на увеличение частоты снимается. В момент достижения  $d = 0^\circ$  начинает формироваться воздействие на торможение генератора, поэтому, хотя значение угла  $d$  по инерции немного возрастает, но затем оно снова устремится к нулю. Одновременно, в этот же момент совпадения фаз напряжений подается импульс на включение генераторного выключателя, что может производиться как с помощью автоматического синхронизатора, так и вручную.

Благодаря разработанному алгоритму функционирования с момента  $\beta$  угол  $d$  уже не выходит из допустимой зоны вблизи  $d = 0^\circ$ , и в момент совпадения фаз можно полагать, что одновременно выполняются условия точной синхронизации  $d \gg 0^\circ$  и  $\omega_c \gg \omega_r$ . Поскольку состояние  $d \gg 0^\circ$  принудительно удерживается в течение достаточно длительного промежутка времени, влияние временных характеристик выключателя и точностных характеристик синхронизатора на процесс объединения АС и энергосистемы существенно уменьшается.

Реализация способа на КС в случае перехода к схеме нормального электроснабжения характеризуется тем, что синхронизация производится не через генераторный выключатель, а через выключатели (автоматы 0,4 кВ) вводов энергосистемы, т. к. автономная электростанция уже подключена к шинам потребителя и находится в рабочем режиме под нагрузкой. Следовательно, необходимость в операциях разгона генератора до подсинхронной скорости отсутствует, реализуется лишь процесс ввода генератора в допустимую зону изменения угла  $d$ . При плановых отключениях вводов энергосистемы с предварительным переводом потребителей особой группы на аварийную электростанцию без перерыва питания способ синхронизации применяется в полном объеме.

Описанный способ может использоваться и в других системах электроснабжения, например, судовых. Он позволяет существенно снизить требования к точности работы автоматического синхронизатора и разбросу временных характеристик генераторного выключателя. Способ не требует измерения фактических значений частот генератора, сети, или частоты скольжения. Возможен также отказ от тех элементов синхронизатора, которые предназначены для выбора угла опережения.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Беляев А. В., Жарков Б. А. Схемы подключения и автоматика аварийных дизель-генераторов для питания особых групп потребителей. - Промышленная энергетика, №6, 1981, с.21-25.
- 2 Алексеев В. И. Совершенствование автоматических выключателей серии АВМ. - Электротехн. пром-ть. Сер. Аппараты низкого напряжения. - М.: Информэлектро, 1980, вып. 2(87), с. 18-20.
- 3 Справочник по наладке электроустановок / Под ред. А. С. Дорофеюка, А. П. Хечумяна. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1976. - 560 с.
- 4 Электростанции дизельные автоматизированные АС 806/1, АС 814/1, АС 804/1. Руководство по устройству и эксплуатации. Часть 1. Техническое описание АС 806, 814, 804 РЭ, выпуск 3.

5 Овчаренко Н. И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем. - М. Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. - 504 с.

6 Бороденко В. А., Бороденко Г. Н., Соловьев А. В. Способ включения возбужденного генератора на параллельную работу с сетью // А. с. 1536478 (СССР), опубл. в Б. И. №39, 1991

УДК 331.45

## U ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**HI Н.К. Дроздова**

§||| Павлодарский государственный университет  
им. С. Торайгырова

*Решение проблемы экологического кризиса и его негативное влияние на человека.*

Ц§|§ *Desision of an ecological crisis and ist negative influence on a man.*

||li *Экологиялық дағдарыс мәселесінің шешімі және оның адамға теріе ықпалы.*

Человек все сильнее меняет облик планеты- создаются рукотворные моря, распахиваются целинные земли, извлекаются на поверхность полезные ископаемые, промышленность, транспорт, бытовая техника, загрязняют атмосферу, реки, моря отходами, истощают плодородный слой почвы. Экологический кризис ведет к катастрофическим последствиям, которые, прежде всего, негативно отражаются на здоровье человека. Решить эту проблему невозможно простым устранением ее причин, так как пока существует человек, будут и побочные продукты его жизнедеятельности. Ответ кроется в разумном управлении производством и контроле за неблагоприятными изменениями нашего окружения.

Каждый организм в естественной экосистеме производит потенциально загрязняющие среду отходы. Устойчивость экосистемы обусловлена тем, что отходы одних организмов становятся пищей или сырьем для других. В сбалансированных экосистемах отходы не накапливаются до уровня, вызывающего неблагоприятные изменения и разлагаются.

На протяжении большей части своей истории люди избавлялись от отходов за счет таких же природных процессов. Но ситуация стала крайне нестабильной. Демографический взрыв в сочетании с возрастающим расходом сырья и энергии привел к поступлению в окружающую среду огромных количеств отходов. Проблему усугубляет производство все больших количеств и типов материалов, которые с трудом разрушаются в результате естественных процессов.

По данным ООН, в 1998 г на одного жителя Земли в год вырабатывалось и выращивалось около 20т сырья, которое перерабатывалось в конечные продукты массой 2т, идущие на прямое потребление. Из 2 т конечного продукта в течение того же года выброшено не менее 1т.

Нарастание экологической напряженности проявляется в социальных последствиях- таких, как все большая нехватка продовольствия в мире, рост заболеваемости населения в городах, возникновение новых болезней, экологическая миграция населения, возникновение локальных экологических конфликтов из-за создания экологически опасных в глазах населения предприятий.

Широкое распространение в мире получила и экологическая агрессия- вывоз токсичных технологических процессов и отходов в другие страны.

Любая особь, популяция, сообщество испытывают на себе действие многих факторов, но лишь некоторые из них являются жизненно важными. Отсутствие этих факторов или их концентрация выше или ниже критических уровней делает невозможным освоение среды обитания особями определенного вида. Поэтому для каждого биологического вида существует оптимум фактора (величина, наиболее благоприятная для развития и существования) и пределы выносливости.

Однако в современных условиях на 1 место выдвигаются не количественные показатели потребления экономических благ на душу населения, а качественные, среди которых важнейшее значение имеет показатель качества среды обитания. Согласно уставу ВОЗ, с 1968 г основным критерием качества среды обитания является состояние здоровья населения.

К сожалению, по данным Госкомстата, в конце 90-х гг. XX века более половины людей в урбанизированных районах России и стран СНГ находилось в состоянии «предболезни». Главным фактором в развитии этого состояния является антропоэкологическое напряжение, связанное с антропогенным загрязнением атмосферы, воды и почвы.

На растения, животных и людей отрицательно влияет загрязнение воздуха. То, что устойчивость биосферы зависит от его чистоты, не требует доказательств. Организмы способны без вреда для себя переносить присутствие определенных количеств загрязняющих веществ в атмосфере. Содержание их, ниже которого болезненные реакции не наблюдаются, называют пороговыми уровнем. При превышении этого уровня проявляются последствия для здоровья. Они зависят как от концентрации вещества, так и от длительности его воздействия (экспозиции). При короткой экспозиции переносимы более высокие уровни загрязнителей (т.е. пороговые значения могут быть выше при коротком воздействии и понижаться при длительном).

Уровень загрязнения атмосферы определяется тремя факторами:

- поступлением загрязнителей в воздух;
- объемом пространства, в котором они рассеиваются;
- механизмами удаления загрязнителей из воздуха.

Среди веществ, загрязняющих атмосферу, 90% приходится на газы и 10% на твердые частицы. Основные источники антропогенного загрязнения атмосферы - автотранспорт (50%), выбросы промышленных предприятий и некоторые другие..

Наибольшую опасность для окружающей среды представляет накопление в атмосфере следующих компонентов:

1. Углекислый газ.

Накопление в атмосфере имеет глобальные последствия:

- серьезные изменения климата;
- резкое перемещение климатических поясов.

2. Пыль.

Пыль создает в атмосфере экран для солнечной радиации, поэтому из-за загрязнения пылью крупные города получают на 15% меньше солнечного света.

3. Соединения серы и азота.

Выбросы сернистого ангидрида в глобальных масштабах составляют 160-180 млн. тонн в год.

Ежегодно в атмосферу Земли поступает около 150 млн. тонн окислов азота, половина из которых выбрасывается тепловыми эл. станциями и автомобилями, а другая половина образуется в результате процессов окисления, происходящих в биосфере.

4. Окись углерода.

Один из наиболее вредных компонентов выхлопных газов автомобиля, образуется при неполном сгорании углеродосодержащихся веществ. Максимальные выбросы окиси углерода происходят при работе двигателя на холостом ходу.

5. Тяжелые металлы.

Источниками тяжелых металлов являются выбросы металлургических предприятий, выбросы от сжигания угля, нефти, древесины, городских отходов, производства хлора, минеральных удобрений, цемента. Попадая в организм человека, тяжелые металлы вызывают в нем опасные для здоровья изменения.

6. Свинец.

Хроническое отравление свинцом нарушает системы воспроизводства у мужчин и женщин, вызывает заболевания почек, может наблюдаться паралич нервов в сгибающихся и разгибающихся мышцах конечностей, нередко невроты, бессонница, повышенная утомляемость, депрессии, ухудшение умственных способностей (особенно у детей).



7 Мышьяк.

Чем больше мышьяка в атмосфере в районе медеплавильных заводов, тем больше случаев заболевания раком легких.

**8. Ванадий.**

В организме человека способствует развитию астмы, вызывает сужение кровеносных сосудов, активно окисляет жиры, тем самым может способствовать окислению клеточных мембран.

9. Ртуть.

В основном нарушает деятельность почек и нервной системы (пугливость, бессонница, эмоциональная неустойчивость, нарушение походки, затруднение глотания, головные боли, паралич, слепота и даже смерть).

10. Кадмий.

Влияет на сердце, почки, легкие, печень.

11. Никель.

Влияет на легкие, сердце, почки, ЦНС. Вызывает пневмонию, рак легких, аллергию.

12. Хром.

Увеличивает риск заболевания раком легких.

13. Висмут.

Соли висмута нарушают деятельность мозга и почек.

14. Теллур.

При острых и хронических поражениях вызывает поражения ЦНС, ЖКТ, органов дыхания, нарушает обмен веществ.

В связи с развитием ядерной энергетики нередко наблюдается загрязнение атмосферы радиоактивными отходами.

В промышленных породах при резких температурных инверсиях загрязнение воздуха достигает такого уровня, что заметно повышается смертность.

Истощение озонового слоя- еще одно последствие загрязнения атмосферы и признак глобального экологического кризиса.

Доля озона в атмосфере очень мало- несколько десятимиллионных долей от объема. Сокращение озонового слоя происходит вследствие сжигания кислорода (особенно реактивными двигателями), выброса фреонов ( веществ, применяющихся в холодильных установках, кондиционерах, аэрозольных упаковках).

В результате усиливается проникновение в нижние слои атмосферы и на поверхность земли ультрафиолетовых лучей, что влечет за собой ожоги кожи, повышает частоту заболеваемости раком кожи, катарактой, приводит к гибели микроорганизмов, страдают растения и животные (мутации), в том числе человек (наследственные заболевания).

Вода играет огромную роль в биосфере- это важнейшая составляющая живого вещества, без которой жизнь невозможна. Без воды человек может прожить всего 5-6 дней, так как его тело состоит на 65% из воды. Эмбрион человека 97% состоит из воды, у новорожденных ее количество составляет 77% массы тела. К 50 годам вода составляет 60% массы тела. Доброкачественная питьевая вода в достаточном количестве нужна для обеспечения организма необходимой влагой в целях поддержания его нормальной жизнедеятельности.

Физиологическая потребность человека в воде при отсутствии физических нагрузок в регионах с умеренным климатом составляет 2,5-3,0 л/сутки или 1 000 л/год и 60000-70000 за 60-70 лет жизни. Вода хорошего качества требуется для производства и обработки пищевых продуктов и напитков, изготовления лекарственных средств, личной гигиены, поддержания санитарного состояния жилищ, общественных и производственных зданий, содержания домашних животных, для поливки земных насаждений и т.д.

Проблемы обеспечения населения доброкачественной водой в достаточных количествах рассматриваются в различных аспектах:

1. Источники водоснабжения. Важное значение придается характеристике источников водоснабжения (поверхностные, подземные) и запасам воды.

2. Качество воды, обусловленное природными условиями, является важной проблемой жизнедеятельности населения.

Известно, что жесткие воды вызывают у людей нарушения работы желудка и почек, а также желчно-каменную болезнь, а в районах с ультрапресными водами чаще регистрируются сердечно-сосудистые заболевания. Недостаток фтора в питьевой воде может вызывать кариес зубов. Повышенное содержание хлоридов способствует развитию гипертонической болезни. Кроме того, через воду передаются кишечные инфекции (холера, брюшной тиф, дизентерия и др.) и яйца некоторых глистов.

3. Качество воды, обусловленное антропологическими факторами. Загрязнение человеком природной воды (промышленное, сельскохозяйственное, коммунально-бытовое) приводит к существенному ухудшению ее качества и может оказывать весьма интенсивное вредное воздействие на жизнедеятельность населения, вызывать заболевания, связанные с поступлением в организм химических веществ, обладающих токсическим, сенсibiliзирующим, мутагенным действиями. Особенно много грязной воды образуется при производстве химических продуктов, пластмасс, бумаги, цветных и черных металлов. Спускаемые в реки и выносимые ими в моря промышленные отходы содержат соли ртути, меди, свинца, цинка, фтористые соединения, цианиды и другие ядовитые вещества. К ним присоединяются бытовые отбросы, несущие полурасложив-

шиеся и гниющие органические остатки с обильной микрофлорой, в том числе патогенной.

При одновременном попадании в водоемы хлоридов и фенола образуется универсальный клеточный яд- диоксин или его производные. Их токсическое действие обусловлено образованием опухолей, воздействием на репродуктивные функции, заболеваниями кожи. Диоксины плохо выводятся из организма, а в окружающей среде сохраняют свое действие в течение десятков лет.

Серьезную угрозу морям и океанам создают выбросы нефти при разведке и добыче на дне, при очистке трюмов танкеров нефтевозов и их авариях. Серьезную опасность для жизнедеятельности живых организмов представляет загрязнение воды радиоактивными веществами.

Определенную опасность для водоемов представляют кислотные дожди и попадание в них с полей минеральных и органических удобрений. Определенные проблемы возникают при очистке воды на водопроводных станциях. Хлорорганические соединения, образующиеся при хлорировании воды, богатой органическими веществами, являются мощными канцерогенами (вызывают развитие злокачественных опухолей у человека).

Несколько способов сделать воду пригодной для питья:

- отстаивайте питьевую воду в течение суток для удаления хлора, фтора, аммиака;

- кипятите воду в течение часа, прежде чем ее употреблять,

- используйте простейшие угольные фильтры.

В результате деятельности человека появились факторы прямого или косвенного разрушительного воздействия на почву

- ежегодное потребление минерального сырья составляет около 100 млрд. тонн, в результате землю изрезали рудники, шахты, впадины на месте открытых разработок;

- транспортные магистрали, строительство сооружений и жилья уничтожают почвенный покров;

- вырубка лесов ведет к эрозии почвы, размыванию оврагов, выдуванию плодородного слоя;

- искусственные водохранилища поглотили большие площади пахотной земли, в ряде мест вызвали заболачивание;

- загрязнение земель свалками, промышленных и бытовых отходов, выбросами газа и нефти, кислотными дождями ведет к деградации почв, снижению плодородия. Важной задачей при этом становится переработка, обезвреживание, утилизация отходов или захоронение их в специально отведенных местах:

-ухудшают качество почвы чистящие средства, попадающие с отходами, а также соль, посыпаемая на дорогах в гололед (она проникает к корням растений и ведет к гибели деревьев);

-биологические активные вещества, попадая в почву, воздействуют на микрофлору, растения и животных, ее населяющих;

-ряд загрязняющих веществ из почвы проникает в атмосферный воздух, поверхностные и грунтовые воды;

-несовершенство технологии земледелия также негативно воздействует на почву.

Большое значение для восстановления нарушенных земель имеет рекультивация. Рекультивация земель- это работы, направленные на воспроизводство и улучшение всего нарушенного природоу- территориального комплекса в целом (планировка отвалов, покрытие их плодородными грунтами, восстановление плодородия нарушенных земель и ландшафтов).

Бытовой средой называют совокупность факторов и элементов, воздействующих на человека в быту и связанных с:

1) устройством жилища- тип жилища, строительные материалы, конструкция частей здания, внутренняя планировка, состав помещений и их размер, освещение, микроклимат и отопление, чистота воздуха и вентиляция, санитарное состояние жилища, его расположение относительно транспортных магистралей и промышленной зоны;

2) использованием полимерных строительных материалов, мебели, ковров, покрытий, одежды из синтетических волокон, являющихся источниками вредных химических веществ;

3) использованием бытовой техники- телевизоры, газовые плиты, электрические и СВЧ- печи, стиральные машины, фены и др.;

4) обучением и воспитанием, социальным статусом семьи, материальным обеспечением, психологической обстановкой в быту.

У проблемы загрязнения воздуха в помещениях имеются 3 аспекта:

1) все больше веществ и оборудования, используемых в домах и офисах, выделяют потенциально- опасные испарения;

2) помещения становятся все более герметичными, следовательно, попав туда, загрязняющие вещества накапливаются до опасных уровней;

3) экспозиция загрязнения внутри помещения более длительна, чем на открытом воздухе.

Источниками загрязнения воздуха в помещениях являются:

1. Формальдегид и другие синтетические органические соединения, приме-

няемые при склеивании фанеры, древесно-стружечной плиты, а также в качестве смягчителей для пористой резины и пластиковых обивочных материалов.

2. Разнообразные продукты, образующиеся при использовании печами и каминами.

3. Продукты неполного сгорания топлива из нагревательных систем типа газовых плит.

4. Лаки и краски.

5. Испарения жидкостей для мытья посуды и сантехники и других моющих средств.

6. Испарение клеев и других материалов, используемых для домашних поделок.

7. Освежители воздуха, дезинфицирующие средства и хвойные ароматизаторы для ванн.

8. Аэрозоли всех видов.

9. Асбест, который еще недавно использовался в качестве теплоизоляционного материала.

10. Растворители относятся к пожаро- и взрывоопасным веществам, а в состав жидкостей для снятия лака с ногтей входит этилацетат, действующий как наркотическое средство.

И. При частом употреблении пудры появляется затруднения дыхания, развивается фиброз легких.

12. Курение.

При сравнении курящих и некурящих выявили ряд неблагоприятных воздействий курения на здоровье:

-в несколько раз повышена частота сердечно-сосудистых заболеваний;

-у курящих женщин дети рождаются менее крупными, наблюдается больше случаев выкидышей и мертворождения, а также больше смертей новорожденных;

-повышена частота респираторных заболеваний, эмфиземы и рака легких.

Необходимо отметить, что в городах наиболее выражены негативные изменения природной среды:

1. Благодаря загрязнению воздуха средняя годовая, месячная, суточная температура в городах на несколько градусов (до 6-7) выше, чем на окружающей территории.

2. Задымленность воздуха в городах снижает интенсивность ультрафиолетового излучения солнца, что может приводить к развитию "светового голода", который вызывает авитаминоз, сопровождающийся утомляемостью, ухудшением самочувствия, снижением работоспособности, сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям.

3. Шум и вибрация негативно воздействуют на центральную нервную систему, вызывают нарушения сна, ухудшают работоспособность.

4. Высокая плотность и контактность населения способствуют быстрому распространению инфекционных заболеваний.

5. У жителей крупных городов нарушена структура питания.

6. Заметно уменьшается рождаемость.

7. Неблагоприятная экологическая обстановка приводит к тому, что 4-5 % детей рождаются с наследственными нарушениями, 10-20% детской смертности связано с наследственной патологией.

Считается, что любой фактор среды может вызвать изменения в генетическом аппарате, все зависит от интенсивности его действия на человека.

Загрязнение атмосферного воздуха за последние 5 лет обусловлен:

-повышенным содержанием формальдегида, диоксида, азота и пыли;

-в атмосферных осадках концентрация свинца, кобальта и хрома превышает фоновые значения в 100-400 раз, цинка, меди, олова и ванадия в 10-80 раз.

Основными причинами смерти являются:

-сердечно-сосудистые заболевания-56%;

-онкологические-14%;

-несчастные случаи-9,6%;

-прочие-20,4%.

К основным заболеваниям взрослого и детского населения относятся болезни органов дыхания, пищеварения, эндокринной системы, кожи и подкожной клетчатки. Если экологическая обстановка не изменится в лучшую сторону, то из нынешнего поколения родившихся мальчиков 40-50% не доживут до пенсионного возраста.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Воронов Ю.В., Стрелков Е.В. и др. Охрана окружающей среды. - Москва, 1995.

2 Небел Б. Наука об окружающей среде. - М.: Мир, 1993.-Т. 1,2.

3 Стюарт А. Ты устал. Как победить хроническую усталость. -М.: Вече-АСТ, 1996.

4 Экология и проблемы больших городов. - М., 1992.

5 Экономика, экология, здоровье. Тезисы доклада на учебно- методической конференции. - Ижевск, 1991.

6 Ягодинский В.Н. О проблемах эпидемиологии. М., 1982.

JJJ УДК 621.436.681 5

## ВСЕРЕЖИМНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ Я РЕГУЛЯТОР ПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

**А. К. Каракаев, В. В. Пронин**

Iff! Павлодарский государственный университет

|§|| им. С. Торайгырова

*Автоматты реттеу жүйесінің қосалқы элементі автоматты реттейіштің статикалық және динамикалық талдау берілген.*

цМ Дан анализ статических и динамических свойств автоматического регулятора, являющегося составным элементом системы автоматического регулирования.

III; *The analysis of static and dynamic properties of the automatic regulator being a component of system of automatic control is given.*

Условия эксплуатации двигателей внутреннего сгорания, анализ статических и динамических характеристик, как двигателей, так и потребителей показывает, что во многих случаях эксплуатация двигателя оказывается невозможной без оборудования его различными автоматическими регуляторами и устройствами.

Все автоматические устройства, устанавливаемые на двигателях внутреннего сгорания, можно разделить на автоматические регуляторы и автоматы управления. К автоматическим регуляторам относятся те автоматические устройства, установка которых создаёт замкнутую цепь воздействий, причём выходная координата двигателя (регулируемый параметр - угловая скорость коленчатого вала) является входной координатой регулятора и наоборот. Примером такого включения в работу служат автоматические регуляторы частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Элемент автоматического регулятора, измеряющий отклонение какого-либо регулируемого параметра двигателя от его значения в заданном режиме работы, называется чувствительным элементом. Если чувствительный элемент системой соединительных элементов непосредственно связан с органом управления двигателем, то регулятор называется регулятором прямого действия. Достоинством таких регуляторов является простота их конструкции и обслуживания. К числу недостатков следует отнести необходимость создания чувстви-

тельным элементом значительных перестановочных усилий, которые гарантировали бы перемещение органа управления двигателем, что увеличивает габаритные размеры самого автоматического регулятора.

Отмеченный недостаток несущественен для двигателей малой, а иногда и средней мощности (например, двигателей автотракторного типа), поэтому на таких двигателях устанавливают, как правило, автоматические регуляторы прямого действия.

Двигатели, установленные на транспортных агрегатах, работают при переменных скоростных и нагрузочных режимах. Автоматические регуляторы прямого действия в зависимости от числа регулируемых режимов могут быть однорежимными (прецизионными или предельными), двухрежимными или всережимными. Желание обеспечить большую стабильность скорости движения при переменной нагрузке в пределах между регулируемыми номинальными и минимальными скоростными режимами приводит к необходимости применения в транспортных условиях всережимных автоматических регуляторов частоты вращения.

Широкое распространение получили всережимные автоматические регуляторы прямого действия с механическим чувствительным элементом.

Автоматические регуляторы прямого действия весьма разнообразны по конструкции. Основную часть регулятора составляет чувствительный элемент, призванный определять значения регулируемого параметра и вырабатывать воздействие на орган управления двигателем.

Механические автоматические регуляторы прямого действия имеют механические (центробежные) чувствительные элементы.

Такие чувствительные элементы состоят из вращающихся грузов (рис. 1), укрепленных шарнирно на вращающейся траверсе, приводимой в движение коленчатым валом двигателя через зубчатое колесо. Грузы, снабженные рычагами, опираются на муфту через шарикоподшипник, вследствие чего центробежные силы грузов, передаваемые рычагами на муфту, воспринимаются пружиной.

Механические чувствительные элементы реагируют на изменение непосредственно регулируемого параметра - угловой скорости коленчатого вала двигателя.

**Статические свойства автоматического регулятора.** Как уже отмечалось, автоматический регулятор прямого действия является практически лишь чувствительным элементом, который связан с органом управления двигателем.

В чувствительном элементе регулятора в процессе его работы действуют различные силы. Такими силами являются силы тяжести муфты и грузов (при вертикальном расположении оси вращения грузов), сила упругости пружины и центробежные силы грузов.

При не вращающихся грузах ( $\omega_p = 0$ ) центробежные силы грузов отсутствуют, оставшиеся силы стремятся восстановить положение муфты, которое она имела до включения чувствительного элемента в работу.



Действие перечисленных сил можно заменить действием одной равнодействующей силы  $E$ , приведенной к оси движения муфты регулятора (иногда для простоты рассуждений силу  $E$  приводят к центру тяжести груза). Эта равнодействующая сила  $E$ , называемая восстанавливающей, определяется из условия равенства работ этой силы и сил ее составляющих.

Восстанавливающая сила  $E$ , приведенная к оси движения муфты регулятора на номинальном режиме [1]

$$F_u \sim m n p^2 n^u p n^2 v_2 \quad (1)$$

где  $m$  - масса грузов, кг;

$r_n$  - расстояние от центра тяжести груза до оси вращения, м;

$r_1$  - расстояние от шарнира до центра тяжести груза, м;

$r_2$  - длина плеча груза, м;

$\omega_u$  -  $pn.il30$  - угловая частота вращения груза регулятора, рад/с

здесь  $i$  - передаточное отношение повышающей передачи.

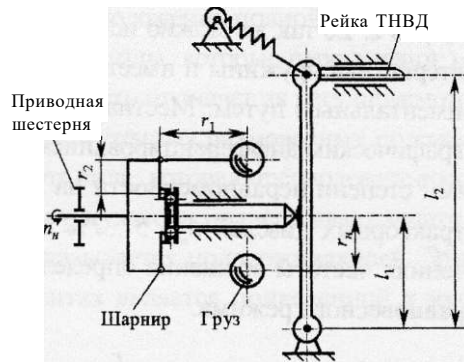


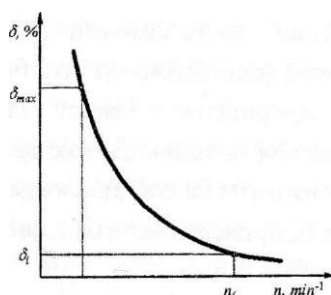
Рисунок 1 Кинематическая схема автоматического регулятора

Частота вращения холостого хода после равновесного режима когда  $E_0 = A\omega_{p0}^2$  и после номинального режима

$$n_{pхх} \sim n^p \quad (2)$$

где  $n$  - частота вращения равновесного режима, мин<sup>4</sup>

$d$  - степень неравномерности.



**Рис. 2. Зависимость степени неравномерности механического всережимного регулятора от скоростного режима.**

$$S_z = F_p z / 2E \quad (3)$$

Эта формула показывает, что местная степень неравномерности зависит от фактора устойчивости регулятора  $F_p$  (см. ниже) и восстанавливающей силы  $E$  при заданном положении муфты  $z$ . Ее так же можно использовать для определения  $F$ , если известна характеристика пружины и имеется равновесная кривая, снятая, например, экспериментальным путем. Местная степень неравномерности может быть найдена и графическим дифференцированием равновесной кривой.

Задаваясь значениями степени неравномерности на промежуточных режимах (рис. 2, для автотракторных дизелей сЗ<sub>д</sub>» 5...7% и  $d_{max}$ » 40...45% ) при соответствующих значениях частоты вращения определяем частоту вращения холостого хода после равновесного режима.

$$\frac{c}{E_{нхх}} \sim \frac{m}{r^2} \frac{2}{r_{нхх}} \frac{\Gamma}{z^{\wedge}} \quad (4)$$

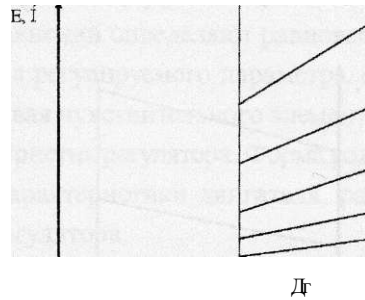
$$E_{min} \sim m n r^2 \min(\omega_{рmin})^2 \wedge > \quad (5)$$

$$F_{minхх} \sim m n r^2 \min(\omega_{рminхх})^2 \wedge \quad (6)$$

где  $r_{max}$  - максимальное изменение радиуса вращения грузов в пределах регуляторной характеристики, мм;

$\Gamma_{ты} = \Gamma_{и}$  - минимальное изменение радиуса вращения грузов в пределах регуляторной характеристики, мм.

Полученные значения восстанавливающей силы сводятся в таблицу и строятся зависимости восстанавливающей силы от радиуса вращения гру-



**Рис. 3. Характеристика восстанавливающей силы.**

При неподвижном чувствительном элементе восстанавливающая сила  $E$  удерживает муфту в крайнем положении, соответствующем наименьшей деформации пружины (или в положении полной подачи топлива). В процессе работы регулятора появляются силы, которые перемещают муфту из этого крайнего положения и в зависимости от значения регулируемого параметра удерживают ее в некоторых промежуточных равновесных положениях.

Приведенная к хмуфте сила, которая преодолевает восстанавливающую силу  $E$  и в процессе работы регулятора поддерживает муфту в промежуточном положении равновесия, называется поддерживающей. Эта сила в механических чувствительных элементах является приведенной к муфте центробежной силой грузов.

$$P_v = m_{zp} \omega^2 p \quad (7)$$

Инерционный коэффициент механического чувствительного элемента (регулятора) при различных значениях перемещения муфты  $z$ :

при  $z = 0$

$$L_{0z} = \frac{m_{zp} r}{r^2} \quad (8)$$

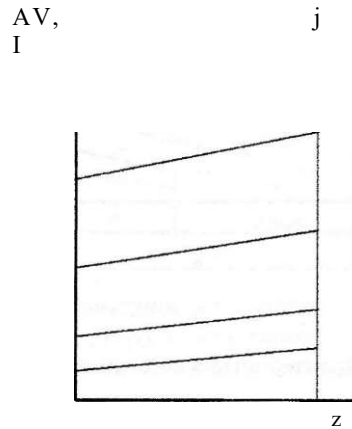
при  $z \neq 0$

$$A_z = m_{zp} \left( \frac{r}{r^2} \epsilon_n + \frac{r}{r^2} \epsilon \right) \quad (9)$$

где  $z = D_{z2} l_{z2}$  - перемещение муфты регулятора в пределах регуляторной характеристики ( $D_{z2} = r_{max} - r_{min} - r_{max} - r_{min}$ ).

Если известен коэффициент  $A$  поддерживающей силы при всех возможных положениях муфты, то поддерживающую силу можно определить умножением

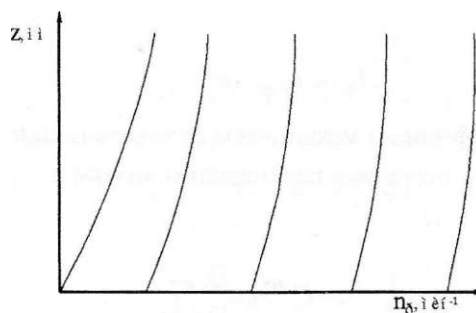
коэффициентам! на квадрат заданной угловой скорости  $\omega^2$  грузов чувствительного элемента:  $A_{ц} \omega^2$ .



**Рис. 4. Характеристика поддерживающей силы.**

Результаты расчета сводятся в таблицу и строятся характеристики поддерживающей силы  $A(\text{Op} = f(z))$  (рис. 4).

Равновесные кривые строятся наложением характеристик поддерживающей силы  $A = f(z)$  на характеристики восстанавливающей силы  $E = f(z)$  [2], а также наложением характеристик восстанавливающей силы  $E = f(z)$  на характеристики  $A_{ц} \omega^2 = f(z)$  (рис. 5).



**Рис. 5. Равновесные характеристики.**

Равновесное положение муфты чувствительного элемента может быть только в том случае, когда силы восстанавливающая  $E$  и поддерживающая  $A_{ц} \omega^2$  взаимно уравновешиваются:

$$E - A_{ц} \omega^2 = 0. \quad (Ю)$$

Это уравнение называется уравнением статического равновесия муфты. С помощью таких уравнений определяют равновесное положение муфты в зависимости от значения регулируемого параметра.

Равновесная кривая чувствительного элемента является одной из основных статических характеристик регулятора. Форма равновесной кривой существенно влияет на форму характеристики двигателя, работающего под воздействием автоматического регулятора.

В соответствии с уравнением (10) точка пересечения кривых  $E = f(z)$  и  $A\omega^2 = f(z)$  определяет равновесное положение  $z_g$  муфты чувствительного элемента.

Фактор устойчивости регулятора на номинальном режиме определяется путем графического дифференцирования соответствующих характеристик по следующей формуле

$$F_p = \frac{\Delta E - \Delta(A\omega_p^2)}{\Delta z} \quad (\Pi)$$

Формула показывает, что значение фактора  $F$  устойчивости может быть положительным, отрицательным и равным нулю. Положительное значение соответствует устойчивому положению равновесия муфты, и чем больше  $F$ , тем выше устойчивость. Отрицательное значение  $F_p$  может быть только в случае, когда характеристика  $A\omega^2 = f(z)$  проходит в точке режима  $z_g$  круче характеристики  $E = f(z)$ , поэтому при отклонении муфты от положения равновесия появляются силы, стремящиеся увести муфту от заданного положения равновесия, которое в данном случае является не устойчивым. Случай  $F = 0$  свидетельствует о том, что в зоне рассматриваемого равновесного положения ( $z = z_0$ ) характеристики  $A\omega^2 = f(z)$  и  $E = f(z)$  совпадают. Если они совпадают на всем диапазоне перемещений муфты, все возможные положения равновесия муфты безразличны, и такой регулятор называется астатическим.

**Динамические свойства автоматического регулятора прямого действия.** Время регулятора (чувствительного элемента) на номинальном режиме характеризующее его инерционность [6]

$$T_{pH} = \sqrt{\frac{\mu z_H}{2E_H}}, \quad (12)$$

где  $\mu = m_{cp} + m_{np} + m_{муф} + m_{ин} + m_{рыч}$  - приведенная масса регулятора и топливного насоса, кг,

здесь  $m_{ip} = m \cdot r_j \cdot r_j^2$  - приведенная масса грузов, кг;

$m_{\text{пр}} + m_{\text{муф}} = m_{\text{муф}} = \text{№} 4, \dots 0, 5) m_z$  - приведенная масса муфты, равная действительной массе муфты ( $m_{\text{пр}} > 0$ , т.к. не соосна с муфтой), кг;

$m$  - масса рейки и плунжеров, приведенная к оси движения рейки, кг;

$m_{\text{рыч}} \sim$  приведенная масса рычагов, кг;

$z_H = EJ B_n$  - предварительная деформация пружины регулятора на номинальном режиме, мм,

здесь  $B_n = DE / D\Gamma = (E^* - E_n) l_1 / (l_x + l_2) z$  - жесткость пружины (рис. 1), Н/мм.

Время катаракта на номинальном режиме

$$m_{\text{кн}} = \frac{v H^2 n}{2 E_n} \quad (13)$$

где  $n_n$  - фактор торможения на номинальном режиме, Нс/м.

Местная степень неравномерности на номинальном режиме

$$s_{zh} = \frac{F_p H^2 H}{2 E_n} \quad (14)$$

Дифференциальное уравнение регулятора  $z = f(t)$  при ступенчатом изменении частоты вращения валика регулятора с учетом нулевых начальных условий ( $z = z(0) = 0$ ,  $\dot{z} = D z / z_0$  - безразмерное перемещение муфты автоматического регулятора прямого действия, здесь  $D z$  - отклонение муфты от ее положения на равновесном режиме, определяемом его координатой  $z_0$ ) [3] имеет вид

$$v(t) = \frac{c_p}{P^2 - P_1} \left( 1 - e^{-\frac{P_1 t}{T_1}} \right) + \frac{P_1}{P_1 - P_2} e^{-\frac{P_2 t}{T_2}} \quad (15)$$

где  $c_p \sim$  величина возмущения,

$p_1, p_2$  - корни характеристического уравнения  $T^2 p^2 + T p + 1 = 0$

$$p_{1,2} = \frac{-T \pm \sqrt{T^2 - 4}}{2T} \quad (16)$$

или

$$p_{1,2} = (-T \pm \sqrt{S}) / (2T) \quad (17)$$

здесь  $S = T^2 - 4T_p^2 \partial_z$ .

Характер переходного процесса для выбранных конструктивных параметров  $T^2$  и  $d_z$  определяется временем катаракта  $\Gamma$ . Действительно, если силы гидравлического трения в механизме регулятора велики и выполняется условие

$S > 0$  или  $\Gamma^2 > 4T_p^2 d_z$ , то оба корня  $p_1$  и  $p_2$  характеристического уравнения оказываются вещественными отрицательными числами, причем  $|p_1| > |p_2|$ .

Если параметры регулятора подобраны так, что выполняется условие  $S < 0$ , то корни характеристического уравнения становятся комплексными сопряженными:

$$p_{1,2} = -\frac{a}{2T_p} \pm j\sqrt{\frac{a}{T_p} - \frac{a^2}{4T_p^2}} \quad (18)$$

где

$$a = \frac{K_p}{T_p} - \sqrt{\frac{K_p^2}{T_p^2} - d_z}$$

Тогда общее дифференциальное уравнение при  $S < 0$  примет вид

$$\phi) \quad Y + Ae^{at} \sin\{pt + y\} \quad (19)$$

где

$$p = \sqrt{\frac{K_p}{T_p} - \frac{a^2}{4T_p^2}} \cdot \arctg \frac{a}{p}$$

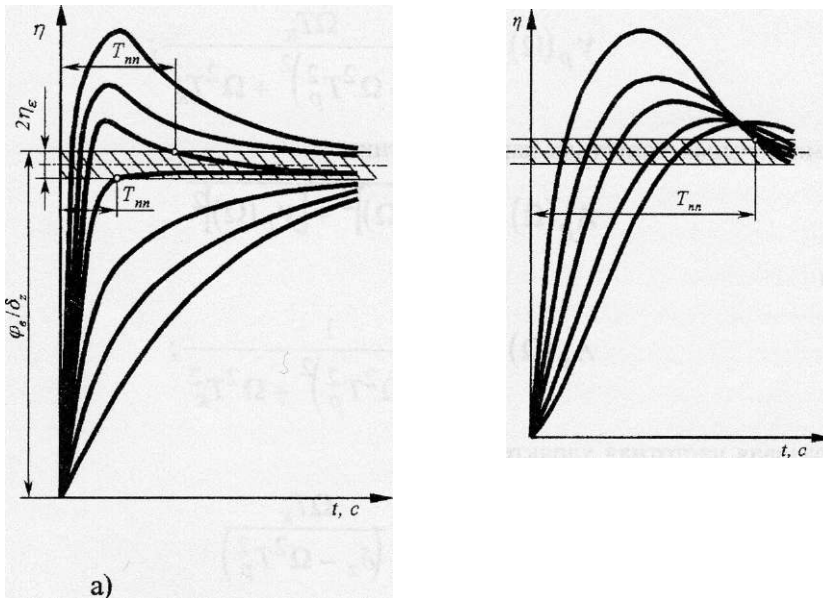


Рис. 6. Переходные процессы автоматического регулятора прямого действия:  
а - аperiodические; б - колебательные.

Таким образом, при выполнении условия  $S > 0$  переходные процессы, описываемые общим уравнением (15), являются апериодическими (рис.6). Если же при больших значениях  $T_p^2$  (при большей инерционности регулятора) или при меньших значениях  $\Gamma$ , выполняется условие  $S < 0$ , то переходные процессы становятся колебательными (рис.6) с увеличением времени переходного процесса  $t_m$ . Увеличение  $T^2$  или  $T$  приводит также к увеличению периода колебаний, определяемого отношением:

$$T = 4\pi T_p^2 / \sqrt{4T_p^2 \delta_z - T_k^2}. \quad (20)$$

Частотные характеристики регулятора прямого действия [1,5]:

- вещественная частотная характеристика

$$x_p(\Omega) = \frac{6z - 0.2T_p}{(\delta_z - \Omega^2 T_p^2)^2 + \Omega^2 T_k^2}, \quad (21)$$

где  $\Omega$  - частота возмущающих воздействий;

- мнимая частотная характеристика

$$y_p(\Omega) = -\frac{\Omega T_k}{(\delta_z - \Omega^2 T_p^2)^2 + \Omega^2 T_k^2}; \quad (22)$$

- амплитудная частотная характеристика

$$A_p(\Omega) = \sqrt{[x_p(\Omega)]^2 + [y_p(\Omega)]^2} \quad (23)$$

или

$$A_p(\Omega) = \frac{1}{(\delta_z - \Omega^2 T_p^2)^2 + \Omega^2 T_k^2}; \quad (24)$$

- фазовая частотная характеристика

$$\gamma_p(\Omega) = -\arctg \frac{\Omega T_k}{(\delta_z - \Omega^2 T_p^2)} \quad (25)$$

или

$$\gamma_p(Q) = \arctg y_p(Q) / x_p(Q) \quad (26)$$

или

$$\gamma_p(\Omega) = -\arctg \frac{\Omega T_k}{T_p^2 (\Omega_0 - \Omega^2)}, \quad (27)$$



$$y(\omega) = -\arctg \left( \frac{Q T_k}{T_p \omega - Q j} \right) \quad (27)$$

где  $Q$  - коэффициент демпфирования;  
 $\omega_0$  - частота собственных незатухающих колебаний;  
 $\varphi(\omega)$  - амплитудно-фазовая частотная характеристика

**Учет влияния инерции исполнительного механизма**

Расчет и построение частотных характеристик регулятора производится при изменении  $T_k$  от 0 до  $\infty$  (например,  $T_k = 0; 1, 2; 3; 4; 5, 10; 20; 30; 50$  с<sup>н</sup> и  $T_k = 0, 1; 2; 3; 4; 5, 10; 20; 30; 50$  с). При  $T_k = 0$   $T_k = T_{кн} * V_2 = Y_{эн}$  и др. значениях  $T_k$ ,  $T_{кн}$ .

УДК 621.436.681.5

# И СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ | | ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ISIS А. К. Каракаев, В. В. Пронин

*Павлодарский государственный университет*

*Л им. С. Торайгырова*

IIII *Автоматты реттеу жүйесінің іштен жану қозғаушының  
ffgf статикалық және динамикалық талдау берілген.*

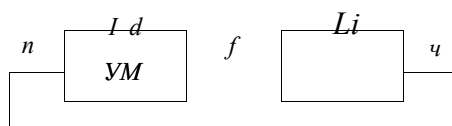
IIII *Дан анализ статических и динамических свойств системы  
автоматического регулирования двигателей внутреннего сгорания.*

||i *The analysis of static and dynamic properties of system of automatic  
control of engines of internal combustion is given.*

Системой автоматического регулирования (САР) скоростных режимов двигателя внутреннего сгорания называется совокупность взаимодействующих в процессе работы элементов, предназначенных для поддержания в заданных пределах угловой скорости коленчатого вала двигателя. Такими элементами в рассматриваемом случае являются сам двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект и автоматический регулятор прямого действия.

В систему автоматического регулирования входят, по крайней мере, два элемента: сам двигатель как регулируемый объект и автоматический регулятор, которые, взаимодействуя между собой, образуют замкнутый контур так, что выходная координата одного элемента является входной координатой другого.

Взаимодействие элементов (передача возмущений от элемента к элементу), входящих в систему, показано на структурной схеме системы автоматического регулирования (рис.1). Основным структурным признаком САР является замкнутость цепи воздействий [2].



**Рисунок 1. Структурная схема САР ДВС (замкнутая САР прямого действия):**  
 $Y_d(p) = IKTjy+k$  и  $Y_p(p) = IJ(T_p^2 p + Tj) + dJ$  - передаточные функции двигателя и регулятора в операторной форме;  $z$ -безразмерные входная и выходная координаты регулятора.

При статическом расчете определяются такие параметры и статические характеристики регулятора, которые обеспечивают получение заданных равновесных режимов и регуляторных характеристик, соответствующих заданным значениям степени неравномерности и степени нечувствительности.

Следует заметить, что изменение нагрузки двигателя или настройки регулятора нарушает эти равновесные режимы, поэтому муфта регулятора перемещается в новое положение равновесия. При рассмотрен<sup>TM</sup> смене равновесных режимов с позиции статики перемещение муфты регулятора должно точно соответствовать изменению угловой скорости коленчатого вала. В действительности переходный процесс протекает иначе, так как перемещающиеся детали имеют определенную массу, а движение сопровождается ускорением. Поэтому при динамическом исследовании, прежде всего, ставится задача оценки устойчивости системы регулирования, которая должна обеспечивать установление нового положения равновесия либо без колебаний (апериодический переходный процесс), либо с затухающими колебаниями (колебательный сходящийся процесс).

Однако не каждый переходный процесс, сопровождающийся установлением нового положения равновесия (система устойчива), может удовлетворять требованиям потребителя. Действительно, если новое положение равновесия устанавливается регулятором лишь через значительный промежуток времени или если в течение переходного процесса проявляются недопустимо большие отклонения от положения равновесия, то работу такого регулятора признать удовлетворительной нельзя.

Эти обстоятельства выдвигают вторую задачу динамического исследования системы регулирования - выявление качества переходного процесса (времени переходного процесса, его характера, отклонения от положения равновесия и т. п.).

В процессе создания системы регулирования и анализа переходного процесса может возникнуть необходимость изменения переходного процесса, улучшения его качества. Поэтому третьей задачей динамики регулирования является

выяснение влияния на переходный процесс параметров системы регулирования и разработка методов синтеза системы с определенными динамическими качествами для облегчения работы конструктора.

Перечисленные задачи динамики регулирования решают двумя путями: экспериментальным и расчетным. Однако в большинстве случаев задачи динамики решают расчетным путем в процессе создания системы регулирования. Путем решения дифференциального уравнения системы получают зависимость регулируемого параметра от времени, т. е. Математическое выражение переходного процесса:

$$\omega - f(t) \text{ или } z - f(t), \quad (1)$$

где  $\omega$  - угловая скорость;

$z$  - положение муфты.

Найденный таким образом переходный процесс дает возможность оценить динамические свойства системы и выяснить ее пригодность для практических целей.

#### **Статические свойства системы автоматического регулирования.**

Статические свойства рассматриваемой системы зависят от статических свойств элементов, входящих в систему. Статические свойства элементов определяются статическими характеристиками этих элементов.

Статические свойства САР определяются регуляторными характеристиками, которые при установке на двигателе автоматического регулятора (АР) частоты вращения представляют собой зависимости эффективной мощности  $N_e$ , крутящего момента  $M$  или среднего эффективного давления  $p_e$  от частоты вращения (угловой скорости) коленчатого вала при условии, что эта зависимость определяется установленным на двигателе автоматическим регулятором при выбранном положении органа управления двигателем в пределах от полной подачи топлива до подачи холостого хода:  $N_e = f(\omega)$ ;  $M = f(\omega)$ ;  $p_e = f(\omega)$ .

Следовательно, регуляторной характеристикой двигателя является совокупность установившихся (равновесных) режимов работы САР двигателя при различных нагрузках и при определенной настройке автоматического регулятора.

Регуляторные характеристики двигателя могут быть построены, если известны скоростные характеристики двигателя  $M = f(\omega)$  при постоянных положениях  $h$  рейки топливного насоса ( $h = const$ ) и равновесные кривые регулятора [1].

Построенные характеристики дают возможность определить степень неравномерности:

$$\delta = \frac{n_{xx} - n_n}{n_{cp}} \quad (16)$$

и степень непрямолинейности

$$Y = \frac{1}{n_{xx}}, \quad (3)$$

где  $n_n$  - частота вращения на номинальном режиме,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$n_k$  - частота вращения соответствующая касательной к регуляторной кривой,  $\text{мин}^{-1}$ .

$n_{cp} = \frac{n_n + n_{yx}}{2} \sim$  средняя частота вращения,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$n_{xx} = \frac{n_n}{Z-0} \sim$  частота вращения холостого хода,  $\text{мин}^{-1}$ ;

здесь  $n$  - частота вращения на равновесном режиме,  $\text{мин}^{-1}$

Характеристики степени нечувствительности рассчитывается и строится по следующей формуле

$$e_p = J \frac{F}{P} > \quad (4)$$

где  $F = ij/(l_x + l_2)/j$  сила сопротивления рейки (рис.2), Н.

Причем сила сопротивления рейки  $F$  на всех режимах постоянна, а значения восстанавливающей силы  $E$  и соответствующие им значения  $e_p$  рассчитываются при  $n_{cp}$ . Составляется таблица и строится характеристика  $e_p - f(n_{cp})$ .

#### **Динамических свойств системы автоматического регулирования.**

Динамические свойства системы автоматического регулирования характеризуются их дифференциальными уравнениями, решения которых дают математические выражения переходных процессов. Дифференциальное уравнение системы получают путем совместного решения уравнений элементов (двигателя и регулятора), входящих в эту систему. Однако при этом необходимо учесть, что включение обоих элементов в замкнутую цепь воздействий необходимо выполнить таким образом, чтобы увеличение регулируемого параметра вызвало в автоматическом регуляторе реакцию, приводящую к обратному воздействию на двигатель - уменьшению числа оборотов. Иначе говоря, для работы системы автоматического регулирования необходимо так кинематически соединить муфту регулятора с рейкой топливного насоса, чтобы при увеличении угловой скорости ( $u > 0$ ) и положительном перемещении муфты ( $z > 0$ ) рейка топливного насоса двигалась в отрицательном направлении, т. е. В сторону уменьшения подачи топлива ( $i < 0$ ).

Следовательно, при объединении двигателя и регулятора в замкнутую цепь системы автоматического регулирования необходимо обеспечить выполнение условия

$$z = -i. \tag{5}$$

Такую связь часто называют главной отрицательной обратной связью системы автоматического регулирования. Она обеспечивает перемещение рейки топливного насоса в сторону уменьшения цикловой подачи топлива при положительном перемещении муфты чувствительного элемента, т. е. При увеличении угловой скорости коленчатого вала.

Таким образом, для системы автоматического регулирования двигателя без наддува и регулятора прямого действия составляется следующая система уравнений в операторной форме записи

$$\begin{aligned} d_d(p)n &= i - 2\delta \gg \delta \\ d_p(p)0 &= n - 2\beta \gg \beta \\ z &= -i \end{aligned} \tag{6}$$

При совместном решении системы уравнений необходимо, прежде всего, выбрать параметр, изменение по времени которого должно быть исследовано. Наиболее часто в качестве такого параметра выбирают регулируемый параметр, в данном случае - изменение угловой скорости  $\omega$  вала двигателя.

Дифференциальное уравнение САР в этом случае, при постоянной настройке потребителя ( $a_a = 0$ ) и при постоянной настройке режима ( $a_p = 0$ ), примет следующий вид

$$A_3 \frac{d^3 Y}{dt^3} + A_2 \frac{d^2 Y}{dt^2} + A_1 \frac{dY}{dt} + A_0 Y = 0, \tag{7}$$

$$\begin{aligned} \text{здесь } A_3 &= T_p^2 T_a; \\ A_2 &= K_p T_p^2 + T_k T_d; \\ A_1 &= K_o T_k + d_z T_d; \\ A_0 &= 1 + K_d. \end{aligned}$$

При вычислении коэффициентов следует учесть, что для замкнутой САР пользуются параметром  $q^{\wedge}$  ( $q^{\wedge}$  - коэффициент, характеризующий интенсивность изменения крутящего момента двигателя  $M$  по мере изменения входной координаты  $h$  положения органа управления двигателем и  $z$  положения муфты регулятора)

$$\left| \begin{array}{c|c} \frac{\partial M}{\partial h} & dh \\ \hline \frac{\partial M}{\partial z} & dz \end{array} \right| \tag{8}$$

тогда по схеме (рис.2)

$$mz = \frac{q^{\wedge} M h}{h} \tag{9}$$

где  $\Theta_{mh} = M_n h_u$  - коэффициент, характеризующий эффективность воздействия органа управления на двигатель.

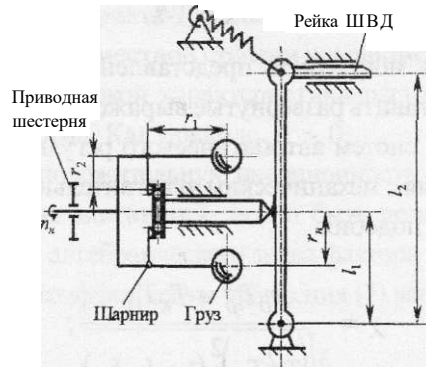


Рисунок 2. Схема автоматического регулятора

С учетом последнего выражения формула для определения времени двигателя для САР имеет вид

$$m_{\partial=\partial_n} \sim \frac{m}{\Gamma T} \quad \text{исо} \quad (10)$$

При исследовании работы САР иногда целесообразно дифференциальным уравнениям придать форму, удобную для использования в процессе анализа или синтеза. Такую форму имеют уравнения с безразмерными координатами и коэффициентами (нормированное уравнение).

Характерной особенностью нормированных дифференциальных уравнений является безразмерность координат, времени, коэффициентов и членов уравнений.

При исследовании устойчивости САР принимается, что внешние или внутренние возмущения лишь выводят систему из равновесного положения или меняют его на новое и в течении переходного процесса не действуют. Это равносильно принятию условия  $a_p = a_{ii} = 0$ , с учетом которого нормированное уравнение примет вид

$$\frac{d^3 p}{dr^3} + \frac{d^2 o}{dr} + \frac{d(p)}{dT} = 0$$

где  $P, \mu$  - безразмерные коэффициенты (критерии подобия переходных процессов)

$$\chi = \frac{A_2}{A_3} \sqrt[3]{\frac{A_3}{A_0}} \quad (12)$$

$$\zeta = \frac{A_1}{A_3} \sqrt[3]{\frac{A_3}{A_0}} \quad (13)$$

Критерии подобия могут быть представлены в развернутом виде, если в формулы (12,13) подставить развернутые выражения коэффициентов дифференциальных уравнений систем автоматического регулирования (7). Так система прямого регулирования с механическим чувствительным элементом будет иметь следующие критерии подобия

$$\sqrt[3]{\frac{k_d^T p + m_k^m \delta}{T_p^2 T_\delta} (1 + k_\delta \delta_z)} \quad (14)$$

$$\sqrt[3]{\frac{T_{d\&z} + T_k^k \delta}{T_p^2 T_\delta} (1 + k_\delta \delta_z)} \quad (15)$$

Для суждения об устойчивости САР необходимо найти корни характеристического уравнения и определить их знаки. Такой путь решения задачи об устойчивости требует значительного количества времени, особенно когда необходимо провести исследование системы на многих рабочих режимах.

В связи с этим возникла идея отыскания таких условий и признаков, по которым можно было бы судить об устойчивости системы регулирования, не прибегая к решению характеристического уравнения.

С этой задачей отлично справился математик Рауз нашедший необходимые и достаточные условия получения отрицательных значений действительной части корней характеристических уравнений в виде неравенств, составленных из коэффициентов уравнения. А Гурвиц нашел условия сходимости переходных процессов и представил их в детерминантной форме. Так как раскрытие детерминантов Гурвица приводит к неравенствам Рауза, указанные критерии позже стали называть критериями сходимости (устойчивости) Рауза - Гурвица [2-6].

Критерии устойчивости Рауза - Гурвица дают возможность выяснить условия, при которых та или иная система автоматического регулирования будет устойчивой. Переходные процессы двигателя без наддува, оборудованного механическим регулятором прямого действия описываются дифференциальным уравнением третьего порядка(7). Эта система автоматического регулирования оказывается устойчивой только в том случае, когда

$$A_3 > 0; \quad A_2 > 0; \quad A_1 > 0; \quad A_0 > 0; \quad \begin{vmatrix} A_2 & A_0 \\ A_3 & A_1 \end{vmatrix} > 0. \quad (16)$$



Развернутые выражения коэффициентов включают в себя параметры двигателя и автоматического регулятора прямого действия. Время чувствительного элемента  $T_p^2$  и время катаракта  $T_k$  являются существенно положительными величинами. Коэффициент местной степени неравномерности  $d_t$  характеризует статизм (наклон) статической характеристики регулятора в точке исследуемого равновесного режима. Как правило,  $d > 0$ .

Двигатель имеет всегда положительную инерционность, поэтому  $T_\delta > 0$ . Коэффициент самовыравнивания двигателя  $\kappa_\delta$  может быть положительным, отрицательным (в зависимости от алгебраического знака фактора устойчивости  $F_\delta$ ) или равным нулю. Если  $\kappa_\delta > 0$ , коэффициенты уравнения (7) всегда положительны.

Детерминант Гурвица

$$\begin{vmatrix} A_3 & A_1 \\ A_2 & A_0 \end{vmatrix} > 0 \quad (17)$$

после подстановки выражений (7) и развертывания в разность имеет вид

$$\Delta = (U_L + \delta a m + T_{IO} - T U(1 + \kappa_\delta)) > 0,$$

откуда

$$T_\delta > \frac{1}{\sqrt{T_D}} \left( \frac{m}{\Gamma \Gamma^2} + \frac{\kappa_\delta}{P} \right) \quad (18)$$

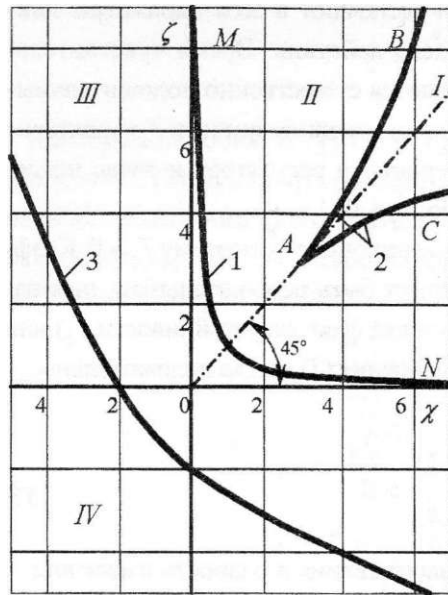
Полученное выражение показывает, что при выполнении условия

$$T_k > \frac{L}{m_\delta} + \kappa_\delta \frac{L}{m_p^2} \quad (19)$$

увеличение положительного значения  $\kappa_\delta$  позволяет выбрать меньший статизм регулятора при сохранении устойчивости системы автоматического регулирования. В случае  $\kappa_\delta < 0$  статизм чувствительного элемента должен быть существенно увеличен.

Характер свободных переходных процессов в системе регулирования целиком определяется критериями подобия, которые являются коэффициентами нормированных дифференциальных уравнений.

В системах прямого регулирования с механическим регулятором таких критериев два ( $\chi$  и  $\zeta$ ), поэтому все виды процессов, описанные нормированным дифференциальным уравнением (11), можно представить на плоскости с координатами  $\chi$  и  $\zeta$ . Диаграмма (рис.3), полученная таким способом, была впервые предложена проф. И. А. Вышнеградским и названа его именем.



1 - граница сходящихся и расходящихся процессов; 2 и 3 - границы колебательных и апериодических процессов; УТ- область апериодически сходящихся процессов;  $YU$  - область колебательных процессов;  $YV$  - область колебательных расходящихся процессов;  $YW$  - область апериодических расходящихся процессов.

Рис. 3. Диаграмма Вышнеграчекого.

Согласно критериям Рауза - Гурвица переходные процессы, описываемые уравнением (11), будут сходящимися, а система устойчива только в том случае, если

$$* > 0; \quad <\Gamma > 0; \quad * \frac{1}{1 - \Gamma} = * C - 1 > 0. \quad (20)$$

Последнее неравенство является развернутым определителем Гурвица и представляет собой необходимое и достаточное условие сходимости переходных процессов и устойчивости САР. Если это неравенство не выполняется, переходные процессы становятся расходящимися, а система регулирования неустойчивой.

Таким образом, уравнение

$$\chi C - 1 > 0 \quad (21)$$

является границей сходящихся и расходящихся переходных процессов. На поле диаграммы (рис.3) уравнение (21) дает равнобокую гиперболу 1, проходящую в первом квадранте через точку с координатами  $\chi = 1$  и  $\zeta = 1$ . Таким образом, переходные процессы будут сходящимися, а система устойчивой, если характеристическая точка ( $\chi$ ;  $\zeta$ ) располагается не только в квадранте / ( $\chi > 0$ ;  $\zeta > 0$  - необходимые условия устойчивости), но и правее и выше гиперболы 1 (необходимые и достаточные условия устойчивости), т. е. в области II.

По положению характеристической точки на диаграмме проводится оценка характера свободного переходного процесса САР

При оценке устойчивости работы САР методом Рауза - Гурвица проверяется необходимое и достаточное условие устойчивости САР

Для определения достаточного условия устойчивости составляется детерминант Гурвица или неравенство Рауза, т.е. определяется критерий устойчивости Рауза-Гурвица.

Для уравнения (7) он будет следующим:

$$A - A_2 A_1 \quad (22)$$

а для уравнения (11)

$$A_3^* = \begin{vmatrix} A_2 & \Lambda \\ A & A \end{vmatrix} \begin{vmatrix} X & 1 \\ I & \underline{\Gamma} \end{vmatrix} = * M . \quad (23)$$

Если  $A_3 > 0$  или  $A_3 > 0$ , то САР - устойчива, а при  $A_3 < 0$  и  $A_3 < 0$  САР неустойчива. Причем, чем больше  $A_3$  и  $A_3$ , тем выше степень устойчивости САР.

Анализ влияния  $T_s$ ,  $K_{ff}$ ,  $T$ ,  $T_k$  и  $d_z$  на динамические свойства САР проводится по уравнениям (7)-(23).

II УДК 621.3(0.84.2)

## • ЗАЩИТА ОТ УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЭЛЕКТРОМОЛОТА

НИ Р.М.Мустафина, ПМ.Мустафина, А.Х.Коккозов

НИ! Павлодарский государственный университет

III! им. С. Торайгырова

fill *Мақалада электромагнитті қондырғылы құрылымдарға  
вибробалгалардың соқпа әсерінен болатын виброқорғаушытық  
қасиеттеріне иага бері.иді.*

*В статье дана оценка виброзащитных свойств устройств с  
электромагнитным подвесом при ударных воздействиях вибромолота.*

flip *The article is focused on the estimation of vibration — resisting  
properties of devices with electromagnetic suspension under shock influences.*

В последнее время ведутся работы по созданию электромолота на электромагнитном подвесе с регулируемой жесткостью для забивки металлического шпунта и труб.

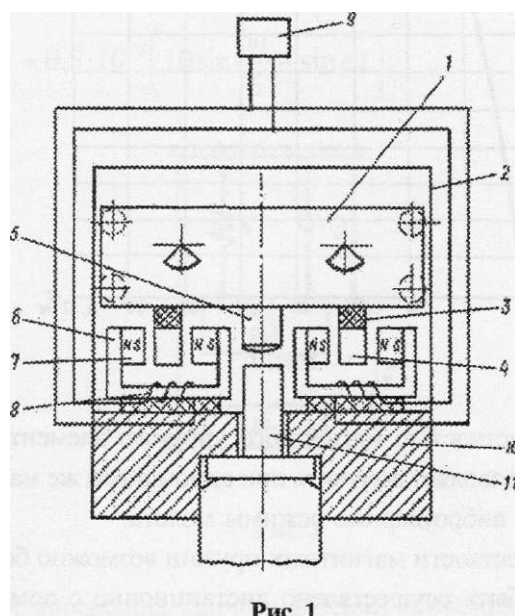
Вибромолот, показанный на рисунке 1, состоит из вибровозбудителя направленных колебаний 1, направляющей рамы 2. Вибровозбудитель установлен на немагнитном основании, на котором закреплены ферромагнитные элементы 4.

Вибровозбудитель снабжен ударником 5. На направляющей раме закреплены магнитопроводы 6 с постоянными магнитами 7 и обмотками управления 8, соединенными с регулируемым источником постоянного тока 9. Направляющая рама устанавливается на наголовник 10, внутри которого располагается наковальня 11.

Вибромолот снабжен также механизмом регулирования воздушного зазора между полюсами постоянных магнитов 7 и ферромагнитными элементами 4 (на чертеже не показан).

Работа вибромолота на магнитных пружинах осуществляется следующим образом. Под действием периодической возмущающей силы, которую создает вибровозбудитель, ударная часть (вибровозбудитель 1, основание 3, ферромагнитные элементы 4 и ударник 5) совершает направленные колебания вдоль вертикальной оси, сопровождаемые периодическими ударами. При движении удар-

ной части вниз или вверх ферромагнитные элементы 4 смещаются относительно полюсов постоянных магнитов (при фиксированном зазоре между ними). При этом тангенциальная составляющая силы магнитного воздействия, играющая роль восстанавливающей силы, линейно изменяется в определенной области перемещений, как это показано на рисунке 2, обеспечивая постоянную жесткость.



При увеличении или уменьшении воздушного зазора между полюсами постоянных магнитов 7 и ферромагнитными элементами 4 изменяется сила их магнитного взаимодействия, при этом изменяется максимум тангенциальной и нормальной составляющих и наклон линейного участка тяговой характеристики к оси абсцисс (оси перемещений), следовательно, изменяется жесткость магнитной пружины.

Жесткость магнитной пружины можно регулировать, если подать на обмотки управления 8 ток от управляемого источника питания 9

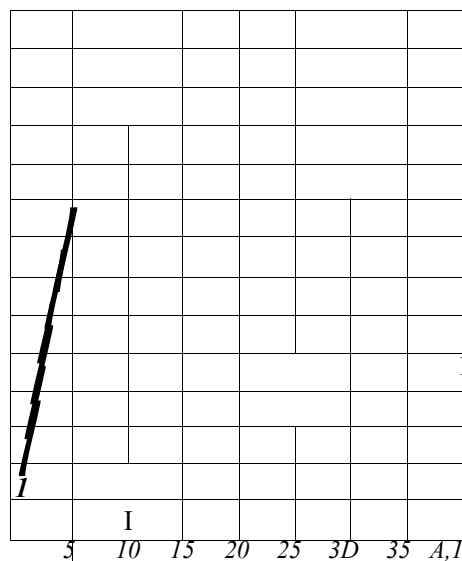


Рис.2

Варьирование жесткостью магнитного упругого элемента вибромолота в широких пределах позволяет получить при одном и том же магнитном упругом элементе различные виброударные режимы молота.

Регулирование жесткости магнитных пружин возможно без остановок вибромолота и может быть осуществлено дистанционно с помощью выносного пульта управления.

Поскольку роль подвижного магнита магнитной пружины играют ферромагнитные элементы, то надежность и долговечность магнитной пружины велики.

Ударная часть вибромолота, состоящая из вибровозбудителя направленных колебаний, направляющих, немагнитных подставок и ферромагнитных элементов, в зависимости от режима работы электромолота совершает периодические негармонические колебания различных видов, в результате которых происходят периодические удары. Рассмотрим режим работы вибромолота, соответствующий 500 ударам ударной части в минуту. Перемещения ударной части вибромолота определяются выражением

$$2-10 \quad f \quad \frac{V}{6} \sin \frac{\pi}{6} \frac{L}{y} \quad (1)$$

Рассмотрим возможность использования одномассового электромагнитного подвеса в качестве противоударного устройства. Электромолот с массой  $m$ , подвешен в поле электромагнита с массой  $m_1$  механическая система, удержи-

вающая электромагнит, представлена в виде пружины жесткости  $K$  и демпфера  $K_d$  (рисунок 3). Колебания вибромолота  $x_2(t)$  определяются исходя из того, что известно перемещение ударной части вибромолота и известно отношение массы вибромолота  $m$ , к массе ударной части его  $t$ :

$$\frac{m_2}{m} = 120$$

$$x_2 = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \sin \left( \frac{\omega t}{6} \right) \quad a = 157 \text{ }^1$$

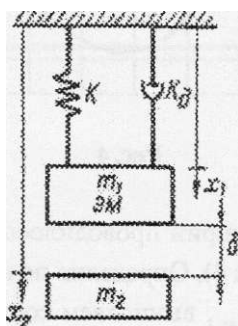


Рис.3

Для анализа возникающих ударных явлений применим метод графического интегрирования дифференциального уравнения относительно регулируемой координаты  $\delta$  (воздушный зазор) / дельта - метод / [1].

Выражение для дельта - функции  $D(\delta, t)$  записывается следующим образом:

$$2 \frac{Kx_2 + K_0 x_2}{m} - \frac{A_0 \omega^2}{m \dot{t}^2} - \frac{2A_0 a p \delta}{m_x \omega R} = m \delta^2 + K \delta + \frac{K, S}{w} + C_0 \quad (2)$$

где  $\frac{IK}{m}$  принимаем  $\omega_0 = 50$

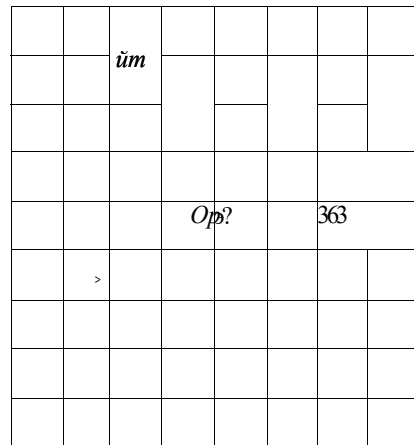


Рис.4

Построение фазовой траектории проводилось в координатах  $\xi$  и  $\dot{\xi}$ , шаг времени  $\Delta t = 0.002$  с (рисунок 4). Определив по графику наибольшее значение деформации амортизатора  $\Delta s_{\max}$ , вычисляем соответствующее значение упругой электромагнитной силы

$$F_{3\max} = K_f \Delta s_{\max} = 2615 \text{ Н.}$$

Максимальное значение ударной силы  $F_{\max \text{ уд}}$  определяется из значения импульса силы

$$I_{F_{\max}} = 34 \cdot 0,91 \cdot 30,94 \text{ Дж/с,}$$

где  $m = 34$  кг - масса ударной части молота,

$v_{\max} = 0,91$  м/с - максимальная ударная скорость,

$$I_{F_{\max \text{ уд}}} = \frac{30,94}{0,00105} = 29394 \text{ Я,}$$

где  $t_{\text{уд}}$  - время удара.

Качество противоударного свойства виброзащитной системы определяется коэффициентом динамичности при ударе, который в рассматриваемом случае равен

$$K_d \sim \frac{F_{\text{этаж}}}{F_{\text{этаж уд}}} \cdot 9\%.$$



Из проведенного анализа следует, что электромагнитный подвес значительно уменьшает величину ударного воздействия вибромолота, следовательно, виброзащитное устройство с электромагнитным подвесом может эффективно использоваться не только при вибрационных воздействиях, но и при ударных возмущениях.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

- 1 Колковский М.З. Нелинейная теория виброзащитных систем. - М.. Наука, 1966.-317 с.

|| УДК 536:53

## УРАВНЕНИЯ ПЕРВОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ К СИСТЕМ

£ В.В. Рындин

*Павлодарский государственный университет*

|||| *им. С. Торайгырова*

lift *Жүйелердің энергия өзгеруіне арналған балансты қатыстар жазуларының ерекшеліктері қысқартылады. Сондай жүйелерде көлем өзгеруінің жұмысынан басқа жұмыстың басқа түрлері жасаланады.*

IIII *Рассматриваются особенности записи балансовых соотношений для изменения энергии систем, в которых помимо работы изменения объёма совершаются другие виды работ.*

*The features of record a balance of relations for change of energy of systems are considered, in which besides of works of change of volume other views of works are made.*

Системы, совершающие помимо работы изменения объёма (объёмной деформации) другие виды работ, приводящие к изменению внутренней энергии (ВЭ) системы, **называются сложными термодинамическими системами**. Рабочим телом (РТ) сложной системы может быть, например, газ с диэлектрическими и парамагнитными свойствами (например, кислород). Его энергию можно изменить сжатием, подводом теплоты, изменением электрического заряда на подвижных стенках, являющихся одновременно обкладками конденсатора, и намагничиванием во внешнем магнитном поле.

Все виды работ, как известно, определяются в виде скалярного произведения векторов соответствующих сил и перемещений

$$bW = Fds = FcLscosp \quad (1)$$

В результате подстановки в это уравнение соответствующих выражений для сил и последующих математических преобразований вместо произведения сил на перемещения получают произведения каких-либо других величин

$$bW = Fds = Xdx \quad (2)$$

которые получили наименования **обобщённой силы X** и **обобщённой координаты x**. В общем случае величина X (обобщённая сила) не является силой в ньютоновском понимании этого слова ( $|X| \text{ № } [F] = 1 \text{ Н}$ ), а величина ск (изменение обобщённой координаты) не является перемещением тела в пространстве ( $[d:] \text{ № } [S] = 1 \text{ м}$ ).

Например, в выражении для внутренней (индикаторной) работы изменения объёма (объёмной деформации)

$$bW - bW^* = bW^i = Fdscos\theta = pA\delta S cos\theta = pdV \quad (3)$$

роль обобщённой силы выполняет давление газа  $p$  ( $X = p$ ), а обобщённой координаты - объём газа ( $x = V = A S$ , где  $A$  - площадь поршня,  $S$  - ход поршня).

Если на систему одновременно воздействуют несколько различных сил, то **внешняя** (эффективная) **работа** системы будет равна сумме работ, производимых системой под действием каждой из этих сил,

$$\& T \Gamma - \quad (4)$$

где  $X$  - обобщённая сила,

$x$  - обобщённая координата, сопряжённая с  $\Gamma$ -й силой;

$\Gamma$  - число обобщённых сил.

Поскольку в технической термодинамике рассматриваются главным образом такие системы, которые совершают только внутреннюю (индикаторную) работу изменения объёма (3), то, выделяя в соответствии с [1] отдельно **внешнюю** (эффективную) **работу изменения объёма**

$$bW^{TM} = pdV - bW_{Tp}, \quad (5)$$

получаем следующее выражение для **полной** (суммарной) **внешней** (эффективной) работы системы над окружающей средой<sup>1</sup> „

$$bW^e = bW^w + bW^* = pdV - bW^{\wedge} + \gamma bW^*, \quad (6)$$

где  $bW^* = X_i dx_i$  - любой вид работы, за исключением работы изменения объёма,

$X$  - любая обобщённая сила, за исключением давления  $p$ ;

$x$  - любая обобщённая координата, за исключением объёма  $V$ ;

$\gamma$  - число обобщённых сил, не включая давление  $p$ .

В соответствии с выражением (6) для внешней (эффективной) работы системы «рабочее тело-оболочка» [1] при протекании необратимого процесса общее выражение первого закона термодинамики (ПЗТ) примет вид

$$bQ^e = dU + bW^e = dU + pdV - SW^{\wedge} + g bW^*, \quad (7)$$

где  $bQ^e$  - внешняя теплота, подведённая от источников тепла;

$dU$  - изменение внутренней энергии системы.

В случае **обратимого** (идеального) процесса трение и диссипация (нет работ вертушки и электрического тока по нагреву спирали) отсутствуют и уравнение ПЗТ (7) принимает такой вид:

$$\delta Q^e = \delta Q^{e0} \ll dU + bW^{e0} = dU + (pdV)^0 + \wedge \delta \wedge \Gamma = dU + J, bW^{*0} \quad (8)$$

**Работа диссипации и возвращаемая работа.** Из всех видов работ можно выделить работы, которые могут совершаться только над системой и не могут совершаться самой системой, т. е. эти работы количественно характеризуют движение, которое может передаваться через границу системы в упорядоченной форме с помощью соответствующего устройства (механизма) только в одном направлении - в сторону системы; в обратную сторону упорядоченное движение (УД) не может быть передано с помощью того же устройства. К таким работам относятся работа трения поршня, работа вала (вертушки), работа электрического тока по нагреву проводника и другие. Во всех этих устройствах происходит однонаправленный перенос УД (работы): от поршня к стенке, от вертушки к перемешиваемой жидкости, от электронов к молекулам проводника. Обратный процесс переноса УД (работы) в таких устройствах не происходит: стенка не может перемещать поршень, жидкость в равновесном состоянии не может вращать вертушку, а молекулы равномерно нагретого проводника не могут создавать электрический ток. Во всех таких устройствах происходит однонаправленное, а значит необратимое, преобразование упорядоченной формы движения в хаотическую (тепловую) форму движения, т. е. происходит **диссипация** (разрушение, рассеивание) упорядоченной формы движения.

В обычных (естественных) условиях (без создания человеком специальных устройств) диссипированное в таких устройствах движение может отводиться из системы только в хаотической форме, т. е. в процессе теплообмена. Всё это даёт основание рассматривать **работу диссипации в качестве теплоты диссипации**<sup>2</sup>

$$\delta e_{дис} = \delta \wedge д и с = \mathbf{b} w_m + \mathbf{b} w_{вqw} + \mathbf{b} w_{отнар} + \dots \quad (9)$$

В соответствии с этим соотношением знак работ диссипации, как и у любой теплоты, положителен при совершении работы над системой, т. е. это внешние по знаку работы (штрих у этих работ опускается, поскольку внутренние по знаку работы диссипации не используются при записи ПЗТ)

$$\delta \wedge_{дис} - \delta \wedge_{лис} = 2 (\wedge) д и с = -J \quad \langle \mathcal{Q} \rangle_{дис} \quad (10)$$

где  $X_i$  и  $i$  - внешняя и внутренняя по знаку обобщённые силы ( $J = -X$ ).

В соответствии с выражениями (4), (9) и (10) уравнение ПЗТ (7) для внешней стороны границы системы («рабочее тело-оболочка» [1]) может быть записано в таком виде:

$$\begin{aligned}
 \delta Q^e &= d_i + \delta W^{\wedge} = d_i + \delta W^{\wedge} + 2(\delta A)_{\text{втавр}} = \\
 &= \delta Q^e + 2(\delta Q^{\text{кр}})_{\text{возвр}} - S(\delta A)_{\text{дис}} = dC/ + 2(\delta A)_{\text{вожр}} - \delta W^{\wedge} = \\
 &\quad - d u + (pdF)_{\text{необр}} + (v \delta \rho)_{\text{необр}} - \delta c_{\text{дас}},
 \end{aligned} \tag{11}$$

где  $\delta W^{\wedge}$  - так называемая **возвращаемая работа** - любая работа, помимо работы изменения объёма, которая может как подводиться к системе, так и отводиться (возвращаться) от системы тем же путём, например, работы поверхностного натяжения, скручивания вала (болта или пружины), переноса электрического заряда в конденсаторе, в гальваническом элементе и т. п.

В случае обратимого процесса работа (теплота) диссипации равна нулю и уравнение ПЗТ (11) принимает вид

$$\begin{aligned}
 \delta Q^e &= \delta Q^e + \delta W^{\wedge} = \delta Q^e + \delta W^{\wedge} - dC/ + 2 \\
 &\quad - d u + pdv + 2 \delta W_{\text{возвр}} = d u + (pdV)_{\text{об}} + (V s C o 3 b p W)_{\text{Я}}
 \end{aligned}$$

Если в уравнении (11) теплоту диссипации перенести в левую часть, то мы получим уравнение ПЗТ для внутренней стороны границы системы рабочее «тело-оболочка» или для системы «рабочее тело» [1]

$$\begin{aligned}
 \delta Q^e &= \delta Q^e + \delta W_{\text{мс}} = d u + \delta W_{\text{л}} = d u + 2 (X M)^{\wedge} = \\
 &= d U + pdv + 16 W / \wedge = d u + (pdV)_{\text{необр}} + (I \delta I^{\wedge}_{\text{ювр}})_{\text{необр}}
 \end{aligned} \tag{12}$$

Сравнивая уравнение (12) с уравнением ПЗТ, представленным в работе [3],

$$\delta Q + \delta Q^{\text{кр}} = d U + dL^{\text{об}} = d U + pdV + J X f a, \tag{13}$$

заключаем, что в уравнении ПЗТ для необратимого процесса (13) под работой «обратимого» процесса  $dL^{\text{об}}$  следует понимать **возвращаемые** («обратимые», но не в термодинамическом смысле) **работы необратимого процесса:**

$$dL^{\text{об}} = 2 (\delta Q^{\text{кр}})_{\text{возвр}} = pdV + 2 \delta W_{\text{Созвр}} = (pdV)_{\text{необр}} + (2 \delta W_{\text{Созвр}})_{\text{необр}}$$

Заметим, что возвращаемые работы в обратимом и необратимом процессах не равны, например, внутренняя (индикаторная) работа изменения объёма в необратимом процессе получается больше, чем в обратимом, из-за роста давления при подводе теплоты трения

$$(\delta dV)_{\text{необр}} > (pdV)^{\wedge}$$

В соответствии с общим выражением для дифференциала энтропии

$$dS = \delta Q / T = dS_{\text{необр}} = (\delta Q^e + \delta W_{\text{мс}}) / T = (- \delta Q_m + \delta Q_{m0}) / T \tag{13}$$

уравнение ГОТ для **необратимого** процесса (12) примет вид

$$TdS = bQ = bQ^e + \sum_{i-1}^{2} Q_{дис} = (TdS)_{необр} = dt/ + (pdV)_{необр} +$$

В случае **обратимого** процесса ( $bQ_{мк} = 0$ ) уравнения для дифференциала энтропии (13) и ПЗТ (12) принимают вид:

$$\begin{aligned} dS &= bQ/T = dS_{обр} = S < 27T = -bQ_m/T; \\ TdS &= bQ = bQ^e = (TdS)^{\wedge} = dU + (pdy)_{обр} + \\ &+ \sum_{i-1}^{2} = dt/ + pdy + \sum_{i-1}^{2} \delta C_{созвр} \bullet \end{aligned} \quad (15)$$

Уравнение первого закона термодинамики (14) и (15), в котором теплота выражается через энтропию, иногда называют **термодинамическими тождествами**, или обобщёнными уравнениями первого закона термодинамики.

Как видим, **уравнения ПЗТ** для необратимого (14) и обратимого (15) процессов без учёта соответствующих индексов имеют одинаковый **вид равенств**.

Это обстоятельство часто приводит к недоразумениям. Например, в учебнике [4] уравнение (14) в случае **необратимого** процесса записывается в виде неравенства

$$TdS > dU + pdV + Jj bW^* \quad (16)$$

Поскольку в уравнении ПЗТ не может быть знака неравенства, то, следовательно, неравенство (16) записано для второго закона термодинамики. Анализ проблемы неравенств в термодинамике даётся в монографии [5], где корректная запись уравнения (16) приводится в виде

$$TdS = (Ш)_{необр} > (TdS)^{\wedge} = du + (pdV)^{\wedge} + \sum_{i-1}^{t} \delta C_{гавр})_{обр}.$$

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Рындин В.В. Уравнение первого закона термодинамики для рабочего тела в цилиндре //Наука и техника Казахстана. - 2005. - № 1. - С. -
- 2 Бэр Г. Д. Техническая термодинамика. Теоретические основы и технические приложения//Пер. с нем. - МЛ: Мир, 1977. - 518 е.: ил.

3 Новиков И. И. Термодинамика. Учеб. пособие для студ. энергомаш. и теплотехн. спец. вузов. - М.. Машиностроение, 1984. - 592 с. ил.

4 Кириллин В. А., Сычев В. В. и Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика. Учеб. для маш. спец. вузов. - Изд. 2-е - М. Энергия, 1974. 448 с.

5 Рындин В. В. Второе начало термодинамики и его развитие (монография). - Павлодар: ПТУ им. С.Торайгырова, 2002. - 448 е.. ил.

II УДК 691.002:620.179.1

И ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИЯ В  
 III ТЕХНОЛОГИИ БЕТОННЫХ И  
 II ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Ш.К. Торпищев, Б.Н. Кабдышева, Г.Т. Тлеуленова**

*Павлодарский государственный университет  
 им. С. Торайгырова*

*ЩЦ* Заут технологиясында бетон және темірбетон бұйымдарды өндірісінде  
*!\$!* жоғарғы тербеіесінде электр термиялық өндейі болашақта көрсетілген  
*figgi* Рассмотрены перспективы применения в заводской технологии  
 1111 производства бетонных и железобетонных конструкций высокочастотной  
*!||\$!* электротермообработки  
*\$g||\$* The review considers perspectives of high-frequency treated concrete  
 and iron-concrete structures manufacturing technique employment.

В производстве бетонных и железобетонных конструкций и деталей наиболее длительной операцией является тепловлажностная обработка.

Известно множество способов интенсификации этого процесса. Один из них - нагрев бетона переменным током при непрерывной подаче постоянного напряжения (обычно низкого, 60 В) или переменного (до 220 - 380 В). Изменение напряжения тока при нагреве вызывается необходимостью повышения температуры бетона, в то время как электросопротивление бетонных смесей по мере прохождения реакции гидратации цемента возрастает. Поэтому для поддержания или ускорения темпа нагрева бетона приходится изменять напряжение подаваемого тока.

Непрерывная подача тока может быть признана необходимой при зимних методах бетонирования, когда энергия используется не столько для нагрева изделия, сколько для компенсации теплотерь бетонной смеси.

При заводском или полигонном изготовлении сборного железобетона во многих случаях оказывается целесообразной прерывистая подача электроэнергии или электропрогрев с переменной величиной напряжения, а также смешанный нагрев: вначале при помощи тока высокой частоты, затем переменным сетевым током [1].

Среди других методов интенсификации термовлажностной обработки используется также инфракрасный нагрев с помощью специальных излучателей или



нагретых металлических поверхностей. Однако, следует отметить что неоправданно мало внимания уделяется технологии прогрева бетонных и железобетонных изделий токами высокой частоты.

Для высокочастотного нагрева бетонных смесей могут быть использованы средневолновой и коротковолновой диапазоны частот. По конструктивным и технологическим соображениям наиболее удобно работать на частоте 0,6 - 1,2 МГц.

Характерными особенностями ВЧ - нагрева являются:

одновременное и равномерное повышение температуры по всему сечению однородного материала, что справедливо в случае нагрева бетона в диапазоне от средневолнового до метрового;

- отсутствие перегрева наружных поверхностей материала,
- отсутствие холостого хода процесса нагрева и связанных с ним потерь тепла, легкость регулирования температуры нагрева по заданному графику, возможность автоматизировать нагрев;
- возможность нагрева без непосредственного контакта электродов с поверхностью изделий.

Наиболее рациональным является комбинированный нагрев бетона токами промышленной и высокой частоты.

Чтобы использовать высокочастотный нагрев, требуется не только выбрать частоту и напряженность поля, но и согласовать их с параметрами нагреваемого материала, т.е., изменяя свойства нагреваемого бетона и габаритные размеры изделий, следует подбирать наивыгоднейшие условия нагрева.

При производстве сборного железобетона можно нагревать изделия последовательно или параллельно током высокой и промышленной частоты. При быстром нагреве тяжелых бетонных смесей током высокой частоты до 50° С, затем промышленным током до 80° - 95° С образцы не обезвоживаются, следовательно в них не возникают усадочные трещины, и в то же время, поверхность образцов не вспучивается (т.е. вода в порах не закипает). Открывается возможность быстрого (20 - 30 мин.) разогрева бетона, что необходимо эффективно использовать.

В 1959 г. в электрофизической лаборатории ВНИИНСМ были проведены опыты по нагреву изделий из тяжелых бетонов токами высокой частоты, последовательным наложением токов высокой и промышленной частот и для сравнения - только сетевым током напряжением 220 и 380 В.

Контрольные образцы хранились в нормально - влажностных условиях в течении 28 суток.

Приготовленную бетонную смесь через 8 - 10 минут после виброуплотнения в форме, подвергали нагреву. Для этого использовали ламповый генератор ЛГД - 32 с

выходной мощностью 32 кВт на частоте 15-25 МГц. ТВЧ подводился к образцу с помощью металлического электрода, расположенного в 3 - 5 см. от еш плоскости, без непосредственного контакта с бетоном. При нагреве промышленным током с частотой 50 Гц ток подводили к образцам металлическими электродами контактного типа. Образцы нагревали в течение 10-15 минут с открытой верхней поверхностью.

При "укрытии" образцов слоем асбеста ( $d = 5 - 7$  см) время остывания их от  $90^{\circ}$  до  $60^{\circ}$  С составляло 6 ч. Для получения бетона прочностью выше 70 % марочный образец вновь подогрели для компенсации тепловых потерь. Использование такого метода нагрева позволило снизить суммарный расход энергии для тепловой обработки бетонов примерно до  $80 \text{ кВт ч /м}^3$ .

Результаты опытов представлены в таблице 1. Для сравнения приведен один из характерных опытов нагрева бетона сетевым током 380 В. При этом на поверхности образцов возникают трещины, и как следствие, понижается прочность.

Особый интерес представляет термообработка изделий из легких бетонов, производство которых неуклонно развивается. Легкобетонные стеновые изделия обладают рядом бесспорных преимуществ, однако требуют весьма длительной тепловлажностной обработки: при толщине 35-40 см. их выдерживают в пропарочных камерах до 24 часов. Необходимость такой долговременной тепловой обработки объясняется тем, что миграция тепла вглубь изделия затруднена из-за сравнительно низкой теплопроводности бетона. Конструкции и изделия из керамзитобетона, нагретые в пропарочных камерах до  $80^{\circ}$  ч  $90^{\circ}$  С, остывают очень медленно. После окончательного нагрева температура изделия сохраняется неизменной или даже увеличивается на несколько градусов в течении 5 ч 7 часов, а затем наступает длительный период охлаждения, продолжающийся 20 ч 22 часа. Причинами такого замедленного остывания нагретых изделий из керамзитобетона является его низкая теплопроводность и компенсация теплотерь за счет экзогермии цемента.

Таблица 1

№ п.п	Схема нагрева образцов	Прочность при сжатии образцов, МПа
1	ТВЧ - нагрев до $86^{\circ}\text{C}$ + выдержка 14 часов + подогрев "толчками" до $80^{\circ}\text{C}$	19,0
2	ТВЧ - нагрев до $50^{\circ}\text{C}$ + нагрев промышленным током (220 В) до $90^{\circ}\text{C}$ + выдержка 6 часов + подогрев до $90^{\circ}\text{C}$ + выдержка 4 часа	18,0
3	ТВЧ - нагрев до $50^{\circ}\text{C}$ + нагрев промышленным током (380 В) до $85^{\circ}\text{C}$ + выдержка 6 часов + подогрев до $85^{\circ}\text{C}$ + выдержка 4 часа	17,0
4	Нагрев промышленным током (380 В) до $90^{\circ}\text{C}$ + выдержка 6 часов + подогрев до $90^{\circ}\text{C}$ + выдержка 4 часа	12,0

В электрофизической лаборатории ВНИИНСМ В.М. Дроздовым и Д.И. Панфиловой в свое время производились экспериментальные работы по нагреву образцов из легкобетонных смесей токами высокой частоты, последовательным приложением токов высокой и промышленной частоты, и, наконец, только сетевым током напряжением 220 и 380 В. В опытах было установлена возможность равномерного нагрева изделий в течении 10 ч 30 мин. без деформаций, выпучивания или появления трещин. Через 6 ч 12 часов выдерживания в опалубке изделия приобретали отпускную прочность. Расход электроэнергии в среднем составлял около 90 кВт\*ч на 1 м<sup>3</sup> изделия. Прочность изделий, полученная в экспериментах аналогична прочности изделий из легких бетонов тех же составов, подвергнутых длительному (до 20 ч 22 часов) пропариванию в камере.

Следует отметить, что нагрев ТВЧ или совместным действием токов высокой и промышленной частоты не вызывает ускорения процесса твердения бетона, т.е. гидратации цемента. Таким образом, общая продолжительность твердения бетонных изделий при обработке ТВЧ сокращается за счет обеспечения возможности быстрого подъема температуры внутри изделия и раннего начала процессов гидратообразования.

Однако, этот вывод справедлив для области обследованных частот, а именно от 80 кГц до 30 МГц. При использовании электромагнитных колебаний с более короткими длинами волн принципиально возможен иной ход (возможно многократно интенсивней) процесса набора прочности бетона.

При обработке ТВЧ бетонов на синтетических полимерных связующих, кинетика процесса твердения существенно меняется, поскольку высокочастотное электрическое поле способствует быстрой полимеризации или поликонденсации термореактивных смол.

Работы Г.А. Ицковича, А.М. Шепетова показали, что процесс твердения бетонов на вяжущем из синтетических смол (полимербетонов) можно ускорить при высокочастотном нагреве в 25 ч 30 раз, что позволит перевести производство изделий из таких бетонов на поток.

Термопластичные смолы, такие как, например, фенол-формальдегидная (СП-2) или фенолоспиртовая, используемые традиционно для приготовления бетонов, обычно отверждают в тепловой камере при воздействии дымовых газов с температурой 180° ч 200° С в течении 12 ч 14 час. При воздействии тока с частотой 15 ч 20 МГц реакция поликонденсации заканчивается через 8 ч 10 мин. без потери прочности и ухудшения других характеристик бетона. [1,2].

Техническая рациональность применения высокочастотной электротермии в технологии бетонов определяется совокупностью качественных и количественных показателей процесса [3, 4]. Основные качественные показатели:

- качество материалов, получаемых при высокочастотном нагреве по сравнению с другими методами термообработки;
- воспроизводимость процесса нагрева в течение технологического цикла обработки большого количества изделий;
- уровень механизации и автоматизации;
- простота управления и безопасность обслуживающего персонала;
- надежность всей технологической нитки включающей установки высокочастотного нагрева;
- резкое сокращение времени термообработки.

К количественным показателям процесса высокочастотного нагрева можно отнести производительность установки и энергоемкость процесса.

Как показывает опыт, общие рекомендации для уменьшения потерь энергии в процессе нагрева сводятся к сокращению времени нагрева и укрупнению электротермических устройств, поскольку в этих случаях резко падают величины  $W_t$  (тепловые потери с поверхности или в глубь среды в кВт\*ч)

При высокочастотном нагреве следует учитывать также к.п.д. преобразователей частоты или генераторов, составляющие важнейшую часть всей высокочастотной установки. Обычно принимают к.п.д. ламповых генераторов равным 0,65 и считают, что стоимость высокочастотной энергии на 35-40% превосходит стоимость энергии в промсети. Однако, к.п.д. преобразователей частоты, зависит от режима повторного включения, т.е. от степени загрузки преобразователей по отношению к их мощности. Обычно преобразователи частоты используются в технологических установках всего на 10 ч 40 % общего времени, что уменьшает к.п.д. их (преобразователей) из-за потерь холостого хода генератора. При 20 %-ном времени загрузки генератора и использовании его половинной мощности к.п.д. лампового генератора падает примерно до 30 %, т.е. использование такого преобразователя дает трехкратное увеличение стоимости сетевого тока.

Кроме энергетических критериев нагрева для оценки технической рациональности следует учитывать ряд других обстоятельств:

- производственные площади, занимаемые установками старого типа и высокочастотными при одинаковой производительности;
- общую технологическую рациональность механизации, автоматизации или ускорения производственных процессов.

Возможны случаи, когда сам по себе высокочастотный нагрев отличается высокой энергоемкостью, за то он улучшает все остальные стадии процесса, поднимает культуру производства и позволяет получить продукцию высокого качества.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Долгополов Н.Н. Высокочастотный нагрев при изготовлении бетонных конструкций, "Starba", 1962, № 2.
2. Долгополов Н.Н. Высокочастотный нагрев в производстве железобетонных и бетонных изделий // Доклады международной конференции по проблемам ускорения твердения бетона при изготовлении сборных железобетонных конструкций, Стройиздат, 1964.
3. Вологдин В.В. Техническая и экономическая эффективность применения нагрева в электрическом поле высокой частоты // В сб. "Промышленное применение токов высокой частоты в электролинии", Машгиз, 1961
4. Вологдин В.В. Техничко-экономические показатели процессов нагрева непроводниковых материалов в электрическом поле высокой частоты // В сб. "Новые физические методы обработки пищевых продуктов" ГОСИНТИ, 1958.

УДК 537.311.33

# I УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ И • СТАБИЛИЗАЦИИ ЁМКОСТИ МДП || СТРУКТУРЫ ДЛЯ СНЯТИЯ II ВОЛЬТФАРАДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

**А.Д. Тулегулов, Т.А. Кокета йтеги, В.М. Юров**

*Карагандинский государственный университет  
им. Е.Л. Букетова*

*III! Мақалада МДП структуралардың вольтфарадалық мінездемелері  
III! ңарастырылады. Оларды алу үшін арнайы құрылыс қажетті.  
gill Вольтфарадалық мінездемелерін алған жағдайда ең қиын мәселе  
§§|| сышымдылықты турақтандыру.*

*В данной статье рассматриваются вольтфарадные характеристики МДП структур. Для их получения требуется специальная установка. Наиболее сложным в процессе получения вольтфарадных характеристик является вопрос поддержания ёмкости МДП структур неизменной. На практике для решения этой проблемы необходимо иметь устройство регулирования и стабилизации ёмкости.*

*Voltfaradfeatures MDP (the metall-dielectric-semiconductor) of the structures pertain to count most important parameter, defining in general use MDP structures in that or other device. In persisting work is offered device of the removing voltfaradfeatures in mode constant capacity MDP structures.*

Вольтфарадные характеристики МДП (металл-диэлектрик-полупроводник) структур относятся к числу важнейших параметров, определяющих вообще использование МДП структуры в том или ином устройстве [1,2].

В настоящей работе предложено устройство снятия вольтфарадных характеристик в режиме постоянной ёмкости МДП структуры.

Система содержит в себе стандартные приборы:

- генератор синусоидальных сигналов частотой 60 кГц;
- селективный усилитель У2-8 (выходная шкала до 1В);
- двухкоординатный самописец, нестандартные узлы.

С генератора сигнал величиной 20 мВ через разделительный конденсатор подается на делитель, включающий в себя МДП структуру и резистор номина-

ла ИКОМ. С резистора переменный сигнал подается на селективный усилитель. С селективного усилителя выпрямленный сигнал подается на координату «У» самописца и усилитель рассогласования.

Усилитель рассогласования находится в одном корпусе с блоком питания и устройством ручного регулирования напряжения, подаваемого на МДП структуру.

Блок питания выполнен по симметричной схеме (рис.1). Два напряжения  $\sim 71\text{В}$  подаются на выпрямительные диодные мосты и вырабатывается постоянное напряжение  $61\text{--}70\text{В}$ , регулируемое стабилизаторами в узких пределах. Конденсатор  $C_1$  производит предварительную фильтрацию. Цепь элементов  $V_3, V_4, R_2$  подает стандартное рассогласование на инвертирующий вход регулирующего дифференциального каскада  $V_5, V_6, R_4$ . Делитель  $R_6, R_7, R_g$  подает задающее напряжение на конвертирующий вход этого же каскада.

Резистор  $R_4$  осуществляет отрицательную обратную связь по току. Для предотвращения от высокочастотного самовозбуждения цепь коллектор-база транзистора  $V_7$  зашунтирована конденсатором емкостью  $0,1\text{ мкФ}$ . С коллектора инвертирующего транзистора сигнал подается на инвертирующий каскад  $V_7$ . Нагрузкой по постоянному току для  $V_5$  служит резистор  $R_3$ , который питается от эталонного напряжения, снимаемого с делителя  $R_6, R_7, R_g$ . Каскад  $V_7$  нагружен на регулирующий транзистор  $V_8$ , причем  $V_7, V_g$  образуют каскад, повторяющий напряжение на базе  $V_7$ . Таким образом, между отрицательным выводом моста и коллектором транзистора  $V_g$  образуется одно плечо стабилизатора. Для дальнейшего сглаживания применен конденсатор  $C_2$ . Резистор  $R^*$  задает совместно с делителем  $R_6, R_7, R_g$  начальный ток через стабилизатор. Транзистор  $V_9$  предохраняет от пробоя цепь дифференциального каскада,  $R_{10}$  ограничивает ток регулирующего элемента, предохраняя его от пробоя. Коллекторные цепи регулирующих транзисторов являются общим проводом в двухполярном стабилизаторе, второе плечо которого выполнено на транзисторах и диодах противоположной структуры. Пульсации выходного напряжения стабилизатора не более  $2\text{ мВ}$  при нагрузке по каждому плечу  $1\text{кОм}$ .

Устройство ручного регулирования включено в блок питания через резисторы  $10\text{ кОм}$  по каждому плечу и представляет собой переменный резистор  $330\text{ К}$  с включенным параллельно движку конденсатором  $10,0\text{ мкФ}$ . Напряжение снимается через резистор  $36\text{К}$ .

Усилитель рассогласования (рис.2) выполнен на трех каскадах. Первый каскад - инвертирующий (может быть отменен, если селективный усилитель имеет положительную полярность выхода). Входное сопротивление каскада на ОУ А1 типа 544УД1Б равно  $150\text{ кОм}$  дается резисторами  $R_3, R_5$ . Коэффициент усиления по постоянному току  $1 \sim$ . Вход зашунтирован резистором  $R_4=3\text{ кОм}$ . Напряжение смещения подается с делителя  $R_1, R_2$  по неинвертирующему

входу. Резистор нагрузки  $R_7=3\text{КОМ}$ . Напряжение рассогласования подается на сравнивающий делитель  $R_7, R_8, R_9$ , где сравнивается с - Ц<sub>ит</sub> операционного усилителя. Для изображения C-V кривой применены два резистора  $R_{10}$  (10 КОМ) для нахождения C-V кривой и  $R_u$  для прочерчивания наклонного её участка. Основное усиление по напряжению производится двумя каскадами, имеющими одну общую ОС (обратную связь) по напряжению  $R_{14}, R_{15}, R_{16}, C_T$

На вход ОУ А2 подается сигнал с движка резистора  $R_{10}$  через резистор  $R_{12}$ . Он усиливается и подается через ограничительный резистор  $R_{17}$  на базу  $V_3$ , который осуществляет усиление с коэффициентом  $K=1$ , но отсчет теперь ведется от -66В. Напряжение с резистора  $R_{19}$  усиливается усилителем напряжения на транзисторе  $V_4$ . Для предотвращения от самовозбуждения вне замкнутой системы имеется конденсатор  $C_p$  цепь  $C_2, R_{13}$ , конденсатор  $C_4$ . Питание  $\gamma$  66В поступает только на выходной транзисторный каскад. Питание ОУ осуществляется от параметрических стабилизаторов  $R_{23}, V_i; C_5$  и  $R_{24}, V_2, C_6$ .

Чтобы обеспечить точность слежения 1% при стекании C-V кривой на 10В (по оси X) от первичной установки выбран коэффициент усиления интегрирующего звена более 5000 (конкретно до 15тыс.). Это определяется диапазоном  $i_{вых}$  селективного усилителя. Он выбран 100-300 мВ, тогда 1% - это 2 мВ.

$$k > \frac{10B}{2mB} \frac{R_{16} + R_{15}}{RU}$$

Однако пропорциональное усиление по ОУ А2 и  $V_3, V_4$  равно с допустимым размахом перерегулирования по X (чтобы кривая не выглядела как на рис.3.) оказалось возможно лишь 600.

Дальнейшее усиление до 5000 (выбор диапазона) производится с запаздыванием (интегрирующее звено  $R_j, C$ , в цепи ООС системы) с поско-яной времени овгаоЗсекунд. Это позволяет прочерчивать C-V кривую с допустимым перерегулированием по X.

$$AX \text{ и } a-0,01-C$$

$$\text{,где; } a = \frac{-dU}{dC} \quad AX = \frac{0,01 - C-dU}{dC}$$

Полученные результаты подгаерждаюог предварительные теоретические расчёты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Караханян Э.Р., Шилин В.А. Динамические интегральные схемы памяти с МДП-структурой. М.: Радио и связь, 1984, 246с.
2. Носов Ю.Р., Шилин В.А. Основы физики приборов с зарядовой связью. М.: Наука, 1986, 319 с.



## ИНФОРМАЦИЯ

### НАШИ АВТОРЫ

**Алимбаева Мархабат Толеубековна** - старший преподаватель ПТУ им. С. Торайгырова

**Байжуманова Толкын Сапарбековна** - старший преподаватель ПГУ им. С. Торайгырова

**Конспаева Гульмира Махсutowна** - студентка ПГУ им. С. Торайгырова

**Бойко Федор Константинович** - профессор кафедры электроэнергетики, д.т.н., Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

**Крутоус Сергей Федорович** - доцент кафедры «Электроэнергетика» ПГУ им. С. Торайгырова

**Хабдуллина Зауреш Кинаятовна** - профессор кафедры «Электроснабжения» РИИ

**Птицына Елена Витальевна** - доцент кафедры «Электроэнергетика» ПГУ им. С. Торайгырова

**Бойко Галина Федоровна** - доцент кафедры «Экономика и менеджмент» ПГУ им. С. Торайгырова

**Бороденко Виталий Анатольевич** - канд. техн. наук, профессор кафедры «Электрические станции и автоматизация энергосистем»

**Дроздова Наталья Константиновна** - ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова Кафедра "Теплоэнергетика"

**Каракаев Абылхан Кошурзаевич** - за-  
вождей кафедр фсид аишшей и организации

дорожного движения, д.т.н., профессор, директор научно-практического центра двигателей при Павлодарском государственном университете им. С. Торайгырова.

**Рындин Владимир Витальевич** кандидат технических наук, профессор кафедры «Двигатели и организация дорожного движения» ПГУ им. С. Торайгырова

**Торпищев Шамиль Камильевич** - доцент, к.т.н., кафедры Промышленное гражданское строительства

**Тлеуленова Гульшат Толеуовна** - старший преподаватель кафедры Промышленное гражданское строительства

**А.Д. Тулегулов** - Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова

**А. Кокетайтеги** - Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова

**В.М. Юров** - Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова

**Р.М. Мустафина** - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

**Г.М. Мустафина** - Павлодарский государственный университет им. Г. Торайгырова

**А.Х. Коккозов** - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнал принимаются рукописи статей по всем направлениям естественных и технических наук в двух экземплярах, набранных на компьютере, напечатанных на одной стороне листа с полуторным межстрочным интервалом, с полями 3 см со всех сторон листа, и дискета со всеми материалами в текстовом редакторе "Word 7,0 C 97,2000) для Windows" (кегель - 12 пунктов, гарнитура - Times New Roman/KZ Times New Roman).

2. Статья подписывается всеми авторами. Общий объем рукописи, включая аннотацию, литературу, таблицы и рисунки, не должен превышать 8-10 страниц.

3. Статья должна сопровождаться рецензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени.

4. Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

- УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;

- название статьи: кегель - 14 пунктов, гарнитура - Times New Roman СуТ (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), заглавные, жирные, абзац центrovанный;

- инициалы и фамилиями) автора(-ов), полное название учреждения: кегель - 12 пунктов, гарнитура - Arial (для русского, английского и немецкого языков), KZ Arial (для казахского языка), абзац центrovанный;

- аннотация на казахском, русском и английском языках: кегель - 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: кегель - 12 пунктов, гарнитура - Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), по-

луторный 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: дисс. канд. биолог, наук. М.: Название института, год. Число страниц.

4. C.Christopoulos, The transmisson-Line Modelling (TML) Metod, Piscataway, NJ: IEEE Press, 1995.

На отдельной странице (в бумажном и электронном варианте) приводятся сведения об авторе:

- Ф.И.О. полностью, ученая степень и ученое звание, место работы (для публикации в разделе «Наши авторы»);

- полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, E-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

- название статьи и фамилия(-и) автора(-ов) на казахском, русском и английском языках (для «Содержания»),

4. Иллюстрации. Перечень рисунков и подрисуночные надписи к ним предоставляют отдельно и в общий текст статьи не включают. На обратной стороне каждого рисунка следует указать его номер, название рисунка, фамилию автора, название статьи. На дискете рисунки и иллюстрации в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi (файлы с названием «Рис1», «Рис2», «Рис3» и т.д).

5. Математические формулы должны быть набраны как Microsoft Equation (каждая формула - один объект). Нумеровать следует лишь те формулы, на которые имеются ссылки.

6. Автор просматривает и визирует гранки статьи и несет ответственность за содержание статьи.

7 Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи и дискеты не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением тре-

бований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

8. Рукопись и дискету с материалами следует направлять по адресу'

637034, Республика Казахстан, г.Павлодар, ул. Ломова 64,

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,

«Научный издательский центр ПГУ».

Тел" (3182) 45-11-23, 45-11-43,

факс: (3182) 45-11-23.

E-mail: [publish@psu.kz](mailto:publish@psu.kz)

Подписано в печать 04.08.2004 г  
Формат 297x420/2. Бумага книжно-журнальная.  
Объем 6,1 уч.-изд. л. Тираж 300 экз.  
Заказ № 0585.

Научный издательский центр  
Павлодарского государственного университета  
им. С. Торайгырова  
637034, г Павлодар, ул. Ломова 64.

Й