

ISSN 1680-9165

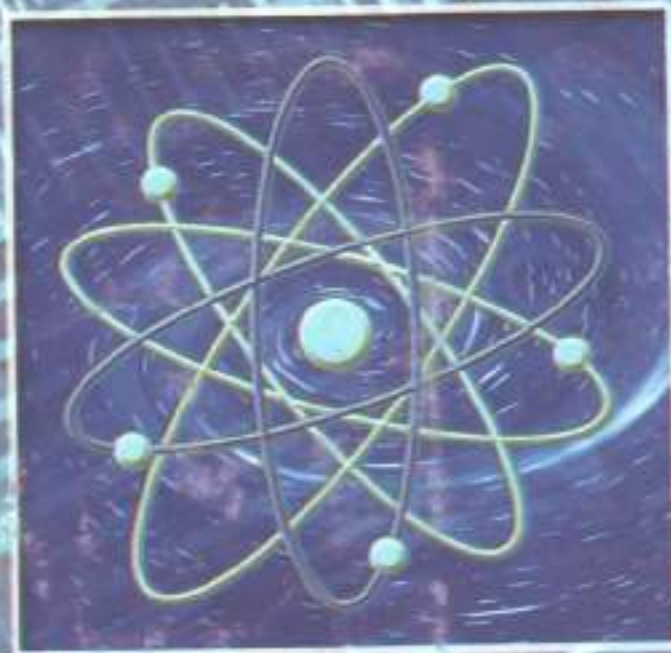
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

КОЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. С. ТОРАЙТЫРОВА



3'2003

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА



КАЗАХСТАН
ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

№ 3, 2003

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

Адрес редакции:
637034, г. Павлодар,
ул. Ломова, 64.
Тел.: (3182) 45-11-43
(3182) 45-38-60
Факс: (3182) 45-11-23
E-mail: publish@psu.kz
psuka@psu.kz

МАЗМҰНЫ

ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ

- В.В. Рындин, Д.В. Рындина*
Термодинамикада қолданылатын физикалық өлшемдер туралы 7
- Б.Т. Әбдрахманов, В.И. Фандюшин*
Гуманитарлықтар үшін математика және информатика жөнінде 19
- Е.С. Мұстафин, Б.К. Қасенов, Ж.Н. Сағынтаева, Ж.С. Бектурганов, Е.К. Жумаділов, А. Нухұлы, М.А. Исабаева*
 $NdMe^+CaMn_2O_4$ ($Me^+ = Li, Na, K, Cs$) магниттерінің рентгенографиялық зерттелуі 23
- В.В. Рындин*
Философиялық және физикалық заңдардың сақталуы ... 26
- Б. У. Садық, В.М. Юров*
Эпоксиполимерлердің органикалық бояулармен оптикалық спектрлері 38
- Б.Н. Самбаев*
Ыстыққа төзімді қорытпалар мен композициялық құралдарды өндірудің ерекшеліктері 45
- Г. Хабдолда, Д. Жантөрина, А. Кәрібаева, К. Ахбергенов*
Шабуылдаушы хлор ионының (оң) ең ықтимал бағыты 50

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

С. Торайғыров
атындағы ПМУ-дің
ғылыми
журналы

НАСЫ

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

№ 3, 2003

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

- А.Ф. Проскуряков, Ю.А. Варфоломеева*
Саңық бағдарлама басқармасымен құрастыру станоктарындағы жондеуде күйге келтіріктің өлшем байланыс азғыттығының графикалық үлгісі 56
- Т.Т. Мұсабаев, Қ.М. Жансейітова*
Пластиналар мен қабыршақтар есептеу сызықсыз теория бойынша зерттеулердің қазіргі кездегі жағдайы 66
- В.С. Портнов*
Жасанды магниттеңдіру әдісіне теоретикалық тұрғыдан қарау 74
- Б.Б. Өтегұлов, А.Б. Өтегұлов,
Д.Б. Өтегұлова, В.В. Ткаченко*
Кәсіпорындардың электрмен ішкі жабдықтауының жүйесіндегі кернудің жалпы шығынын тарату тәсілі .. 80
- М.М. Қабдуәлиева, Б.С. Әліп*
Биомасса және энергия 83
- К.Ф. Зағұмаров, А.К. Кеңесбекова*
Қазақстан – Ресей: энергетикалық ынтымақтас-тығының жағдайы мен болашағы 94
- Қ.Т. Баубеков*
Табиғи газды сатылы жағу жосымен қазан оттығынан шығарып тасталған түтінде азот оксидтерінің қысқарту әкспресс-әдісі 99
- М.М. Қабдуәлиева, Б.С. Әліп*
Қаланың қатты өнеркәсіптік қоқыс қалдықтары 108
- В.А. Козмонов*
Қатты ленталы іргетастар мен суланған негіздіктің өзара әсерлесуінің есептік модельдеу әдісі 115
- М.Қ. Кудерин, М.Ә. Шерниязов,
К.Қ. Әбішев, П.О. Быков*
Машина жасау саласындағы мамандар дайындауының ұйымдастыру-техникалық мәселелері 125
- Т.Т. Мұсабаев, Қ.М. Жансейітова*
Сызаттар есебінің негізінде пластиналар мен қарастырылатын қабыршақтағы есеп теу әдісі 141
- В.С. Портнов, В.М. Юров*
Темір рудасының қорын екептудің магнитбарлау термодинамикалық минерал құрамын пайдалану 153

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

№ 3 2003

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

3

- А.Ф. Проскуряков, Ю.А. Варфоломеева*
Сандақ бағдарлама басқармасымен құрастыру станоктардағы жөндеуде күйге келтірілетін өлшем байланыс статикалық жағдайдың математикалық үлгісі 159
- Б.Б. Өтегулов, И.В.Захаров, А.С. Дуэльбаева, А.Д.Ижикова*
Өзін-өзі жабдықтайтын реактивті қуатты индуктордың өрістеу тәртібінің есең-кисабы 169
- К.В. Хацевский, В.С. Чердиченко*
Сұйықтарды тазалау және жылыту үшін коаксиалдық индукциялық жүйелерді пайдалану 174
- И.Б. Черных*
Қоршаған ортаға электроэнергетиканың өсері 178
- Б.Б. Өтегулов, А.Б. Өтегулов, Д.Б. Өтегулова, В.В. Ткаченко*
Электрмен жабдықтаудың тораптарына керудің рұқсат берілген шығынын анықтау программмасы 182

№ 3 '2003

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПАВЛОДАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМ. С. ТОРАЙГЫРОВА

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

ВЕРСТКА
С.В. Пилипенко

© ШУ им. С. Торайгырова

СОДЕРЖАНИЕ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

- В.В. Рындин, Д.В. Рындина*
О физических величинах, не используемых
в термодинамике 7
- Б.Т. Абдрахманов, В.И. Фандюшин*
О математике и информатике для гуманитариев 19
- Е.С. Мустафин, Б.К. Касенов, Ж.И. Сагитбаева,
Ж.С. Бектурганов, Е.К. Жумадилов,
А. Нухулы, М.А. Исабаева*
Рафтографическое исследование манганитов
 $NdMnCaMn_2O_6$ (Mn-Li, Na, K, Cs) 23
- В.В. Рындин*
Философский и физические законы сохранения 26
- Б.У. Сидык, В.М. Юров*
Оптические спектры эпоксициммеров
с органическими красителями 38
- Б.Н. Самбаев*
Особенности получения жаростойких сплавов
и композиционных материалов 45
- Г. Хабдолла, Д. Жантурина,
А. Карибаева, К. Алимбергенов*
Оптимальное направление атаки хлор-иона 50

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- А.Ф. Проскураков, Ю.А. Варфоломеева*
Графическая модель температурных настроек
размерных связей в станках с устройством ЧПУ 56
- Т.Т. Мусабая, К.М. Жансуйтова*
Современное состояние исследований по нелинейной
теории расчета оболочек и пластин 66
- В.С. Портнов*
К теоретическому рассмотрению метода
искусственного подмагничивания 74
- Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов,
Д.Б. Утегулова, В.В. Ткаченко*
Способ распределения общей потери напряжения в
системе внутреннего электроснабжения предприятия... 80

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.

Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.

Рукописи не возвращаются.

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

| | |
|--|-----|
| <i>М.М. Кабдуалиева, Б.С. Алин</i> Биомасса и энергия | 83 |
| <i>К.Ф. Загупаров, А.К. Кинжибекова</i> Казахстан – Россия: состояние и перспективы энергетического партнерства (к Году Казахстана в России) | 94 |
| <i>К.Т. Баубеков</i> Экспресс-способ сокращения выбросов оксидов азота путем ступенчатого сжигания природного газа в топках котлов | 99 |
| <i>М.М. Кабдуалиева, Б.С. Алин</i> Твердые бытовые отходы города | 108 |
| <i>В.А. Кошонов</i> Методика численного моделирования взаимодействия жестких лапчатых фундаментов с подтапливаемым основанием | 115 |
| <i>М.К. Кудерин, М.А. Шерниязов, К.К. Абдиев, П.О. Биков</i> Организационно-технические проблемы подготовки специалистов в области машиностроения | 125 |
| <i>Т.Т. Мусабаяев, К.М. Жансеитова</i> Методы расчета пологих оболочек и пластин с учетом трещин | 141 |
| <i>В.С. Портнов, В.М. Юров</i> Использование термодинамических свойств минералов в магниторазведке при подсчете запасов железных руд | 153 |
| <i>А.Ф. Проскуряков, Ю.А. Варфоломеева</i> Математические модели статического состояния пространственных размерных связей в станках с устройством ЧПУ | 159 |
| <i>Б.Б. Утегулов, И.В. Захаров, А.С. Дузельбаева, А.Д. Ижикова</i> Расчет резонансного режима индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности | 169 |
| <i>К.В. Хацевский, В.С. Чередниченко</i> Использование коаксиальных индукционных систем для очистки и нагрева жидкостей | 174 |
| <i>И.Б. Черных</i> Влияние электроэнергетики на окружающую среду ... | 178 |

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

№ 3, 2003

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПАВЛОДАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМ. С. ТОРАЙПЫРОВА

Б.Б. Утегулов, А.Б. Утегулов,

Д.Б. Утегулова, В.В. Ткаченко

Номограмма определения допустимой потери
напряжения в сетях электроснабжения..... 182

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 536.53

О ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИНАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕРМОДИНАМИКЕ

В.В. Рындин, Д.В. Рындина

Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова

Физикалық өлшемдер мен объективті реалдылық ұғымдарының айырмашылықтары (қасиеті, үрдісі, құбылысы) түсіндіріледі.

Проводится разграничение понятий физической величины и объективной реальности (свойства, процесса, явления), для количественной характеристики которой она и вводится.

The differentiation of concepts of physical value and objective reality (property, process, phenomenon) will be carried out, for quantitative characteristic which it and is entered.

В настоящее время в физике вообще и в термодинамике в частности многие используемые термины являются многозначными. Наиболее вредной для учебников является категориальная многозначность, когда под данным термином вначале рассматривается физическая величина (ФВ), а затем само свойство материи (процесс), для количественной характеристики которого и введена данная величина. В результате возникают определённые затруднения в понимании отдельных контекстов. Приведём такие контексты.

«Энергия не исчезает и не возникает вновь, она лишь превращается из одного вида в другой в различных физических и химических процессах. Иными словами, для любой изолированной системы количество энергии, заключенной в этой системе, сохраняется неизменным» [1]. «Место материи должна была занять единственная универсальная всеобъемлющая величина – энергия» [2]. «Теплота – форма теплового движения. Передача энергии (формы обмена энергией) происходит двумя способами – работой L и теплотой Q » [3].

Во всех этих контекстах теплота, работа, энергия обозначают некую объективную реальность (нечто, напоминающее вещество или поле), ко-

торая имеет количество и может передаваться, превращаться или переноситься (быть способом передачи энергии, т. е. процессом). В то же время под этими же терминами понимают физические величины: Q – теплоту; W – работу; E – энергию.

Тогда возникает вопрос, что же такое физическая величина – само свойство изучаемого объекта или описание, характеристика этого свойства. Поскольку изложение физических величин составляет содержание любого курса, то в зависимости от того, что понимается под физической величиной, будет зависеть и само изложение любой технической дисциплины. В связи с этим *разделение* таких понятий, как *физическая величина и свойство реального объекта*, для количественной характеристики которого и вводится данная ФВ, является актуальной задачей физики. Рассмотрим подробно содержание этого непростого вопроса.

Понятие «физическая величина». Для раскрытия содержания понятия «физическая величина» обратимся к соответствующим контекстам:

1. «Физические величины – *измеримые свойства* (далее везде форматирование наше. – В.Р. и Д.Р.) или *характеристики физических тел, состояний или процессов*, поддающихся количественной оценке и используемые для описания явлений природы с помощью математических уравнений» [4].

2. «Физическая величина – *свойство*, общее в качественном отношении многим *физическим объектам*, но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта» [5].

3. «Физические величины *характеризуют свойства*, параметры, состояния физических объектов (систем), происходящие в них процессы и, будучи измеренными, позволяют получить полную информацию, которую можно обработать и получить с помощью математических методов» [6].

4. «Для *описания свойств* вводятся физические величины, каждая из которых является качественно общей для многих объектов, но в количественном отношении различной для разных объектов» [7].

5. «Физическая величина (в отличие от математической) – *характеристика* одного из *свойств* физического объекта, общая в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальная» [8].

6. «Физической величиной называют *свойство*, общее в качественном отношении для многих *веществ*, фаз, систем, но индивидуальное в количественном отношении для конкретного вещества, конкретной фазы или системы» [9].

Из приведенных контекстов следует, что под термином «физическая величина» авторами понимаются различные понятия. При систематизации понятий необходимо в первую очередь определить, к какой группе, множеству, совокупности понятий, иными словами, *категории* относится данное понятие. В естественных и технических науках необходимо различать следующие категории: *предметы из мира вещей* – вещи (тела и материальные поля), явления (процессы), *свойства* и *предметы из мира идей* – мысленные модели (*характеристики свойств*, теории, математические уравнения и т. п.).

Проанализируем приведённые контексты и определим, к какой категории авторы относят понятие «физическая величина» – к предметам из мира вещей или из мира идей, или к той и другой одновременно.

В первом контексте под физической величиной понимается и само *свойство* (предмет из мира вещей) и его *характеристика* (предмет из мира идей). В остальных случаях авторы под физической величиной понимают либо само *свойство* физического объекта – предмет из мира вещей (2-й и 6-й контексты), либо *характеристику* этого свойства – предмет из мира идей (3–5-й контексты). Следовательно, у авторов нет единого мнения, к какой категории следует отнести ФВ.

Если считать, что физическая величина – само объективное *свойство материи*, то она существует реально, независимо от человека и измерительных приборов; она может действовать (например, сила), передаваться, распространяться (например, теплота), превращаться (например, энергия в работу или теплоту) и может измеряться (например, масса гирей, давление манометром и т. п.).

Если же под физической величиной понимается *характеристика свойства* (мысленная модель свойства), а не само свойство физического объекта, то она не может подвергаться действиям, совершаемым над реальными телами, например, она не может висеть (масса на верёвке), переноситься (объём по трубе), превращаться (энергия в массу, теплоту, вещество) и не может измеряться и храниться в качестве единицы физической величины в измерительном приборе.

Исходя из существующей терминологии («измерение физических величин», «единицы измерения физических величин», «энергия превратилась в работу», «мощность двигателя 5 кВт» и т. п.), следует, что *термин «физическая величина»* обладает *категориальной многозначностью*: в отдельных случаях он означает само *свойство*, а в других – *числовую характеристику этого свойства*.

Очевидно, что само свойство (вещь) и его количественная характеристика – физическая величина – не одно и то же, как не одно и то же девушка и её образ на портрете: нельзя жениться на портрете любимой девушки. На недопустимость смещения вещей и физических величин давно обращал внимание Р. В. Поль: «Во всех физических сущностях надо чётко отличать гирию, т. е. кусок металла от веса, т. е. силы. Приходится указать на неискоренимое, по-видимому, употребление слова «масса» вместо «тело». Снова и снова, например, мы находим в учебниках подвешенную на бечёвке массу вместо подвешенного тела» [10].

Чтобы понять устойчивость словосочетаний «измерение физических величин» (например, мощности), «энергия – мера движения», «масса – мера инертности», в которых физические величины выступают в качестве объективной реальности, необходимо обратиться к истории возникновения мер.

Первоначально в качестве мер использовались части человеческого тела (реальные вещи), которые назывались единицами измерения, например, ступня ноги – фут, толщина большого пальца руки – дюйм, длина предплечья – локоть, расстояние от кончика носа до конца указательного пальца вытянутой руки одного из английских королей – ярд и т. п. Сам процесс измерения, например толщины доски, заключался в прикладывании большого пальца руки к доске; количество материи (ткани) определялось путём наматывания её на предплечье; количество овса определялось порцией овса (которая называлась «мера») путем *определения* (измерения) *числа* таких порций – мер в данной куче овса.

Следовательно, измерялись *сами вещи* (доски, материя, овёс и т. п.) или, точнее, их свойства (протяжённость, инертность, упругость, твёрдость и т. п.) *с помощью самих же вещей* (пальца, локтя, меры овса, гири ...), содержащих порцию (меру) измеряемых свойств. Такое *опытное сравнение свойств предметов и явлений с мерами (порциями) этих свойств для получения количественных оценок и будет называться измерением*. Все измерительные приборы хранят единицу, порцию свойства, меру этого свойства в своей памяти.

Однако в метрологии мера – средство измерений, предназначенное для хранения и воспроизведения порции свойства, принятой за единицу измерения данного свойства. Т. е. здесь мера не свойство, хранимое в теле-этalone, а *само тело*, хранящее единичную порцию свойства (единицу измерения свойства), например, *лiria, концевая мера, калибр*.

В результате измерений свойств физических тел (физических свойств) получают числа, над которыми стали производить определенные мате-

математические действия. Для того, чтобы подчеркнуть, результатом каких измерений являются *полученные числа*, им стали присваивать *те же наименования*, что и *измеряемому свойству*. Поскольку выбор порции (единицы) свойства в качестве меры сравнения произволен, то необходимо было подчеркнуть, что было взято в качестве единичной меры при получении каждого числа. Для этого каждой единичной порции свойства стали присваивать соответствующее наименование, которое зачастую совпадало с наименованием самого тела, хранящего единичную порцию измеряемого свойства, например, фут, дюйм, локоть ... В результате таких измерений стали *получать именованные числа* (5 локтей, 7 дюймов, 2 м/с, 10 Вт ...) – величины, или *физические величины*.

Поскольку в состав физической величины входит «чистое число» – продукт человеческого ума, предмет из мира идей, – то и саму физическую величину следует отнести к предмету из мира идей. Следовательно, *физическая величина – количественная характеристика одного из свойств физического объекта (системы, явления или процесса)*. Можно дать и такое определение: *физическая величина – наиболее общее понятие (категория), служащее для количественного выражения свойств тел, явлений или процессов и для описания явлений природы с помощью математических уравнений*.

В связи с данными определениями физическую величину (именованное число) нельзя измерять, как нельзя измерить вес невесты по её фотографии. Поэтому следует заменять словосочетания типа «измерения физических величин» на «измерения физических свойств».

В свете изложенного *физическая величина не может быть мерой* свойства (мерой является порция свойства или, менее точно, тело, содержащее эту порцию свойства). Поэтому в словосочетаниях типа «энергия – мера движения» слово «мера» следует заменить словом «характеристика», т. е. следует использовать словосочетание типа «энергия – количественная характеристика движения».

Атрибуты физической величины. Понятие «физическая величина» включает в себя *три неотъемлемые части (атрибута)*.

1. *Название физической величины*, которое конкретизирует измеряемое свойство, выделяя его из бесчисленного множества других свойств. Например, термин «масса» указывает, что данная ФВ используется для количественной оценки инерционных свойств тел.

2. *Числовое значение физической величины*, показывающее во сколько раз размер измеряемого свойства в данном объекте отличается от размера этого свойства, принятого за единицу сравнения.

3. *Наименование единицы физической величины, указывающее на размер (порцию) свойства, принятый в качестве основы для количественной оценки рассматриваемого свойства.* Например, наименование единицы массы «килограмм» (сокращенно кг) указывает на то, что в качестве основы для количественной оценки инерционного свойства тел взят размер (количество) этого свойства, содержащегося в специально изготовленной гире: данный размер (количество) свойства является мерой, единицей сравнения и ему присвоено числовое значение равное единице, т.е. единицей массы является 1 кг.

Итак, *единица физической величины – название порции (размера) свойства, принятой за единицу сравнения. Но единица измерения физического свойства – порция (размер) свойства, принятая за единицу (в качестве меры) сравнения.* Не следует говорить и писать «единица измерения физической величины», т.к. измерить физическую величину (именованное число – мысленный образ) и определить её размер нельзя. Можно определить размер свойства и размер единицы этого свойства. Поэтому следует писать «единица физической величины давление 1 Па» или «единица давления 1 Па».

Таким образом, *физическая величина выполняет следующие функции при измерении размера какого-либо физического свойства:*

- 1) своим названием конкретизирует само измеряемое свойство;
- 2) названием своей единицы конкретизирует размер этого свойства, принятый за единицу сравнения (эталон);
- 3) своим числовым значением показывает, во сколько раз размер данного свойства отличается от размера этого свойства, принятого за единицу сравнения.

Все перечисленные атрибуты физической величины можно наглядно представить в виде формулы $X = \{X\}[X]$,

где X – значение конкретной физической величины;

$\{X\}$ – числовое значение физической величины (отвлечённое число) в принятой единице (число единичных порций свойства в данном размере свойства);

$[X]$ – принятая единица физической величины.

Например, в выражении для давления $p = 101$ кПа, 101 – отвлечённое число, представляющее числовое значение давления: $\{p\} = 101$; кПа – принятая в данном случае единица давления (вернее, обозначение единицы давления – килопаскаля): $[p] = 1$ кПа; 101 кПа – значение давления.

Как размер (количество) свойства не зависит от выбранной меры (от размера этого свойства, выбранного в качестве единицы сравнения), так и

значение физической величины, оценивающей размер свойства, не зависит от значения выбранной единицы физической величины. Ещё раз подчеркнём, что нет *размера* (количества) *физической величины*, но есть *значение физической величины*. *Размер* имеют само измеряемое свойство и порция этого свойства, принятая за единицу сравнения, – мера свойства.

Размерность физических величин. В большинстве случаев при рассмотрении физических величин знание их размерности не требуется, т.к. достаточно знать единицу этой величины и её связь с единицами основных величин¹. В то же время в литературе широко укоренились утверждения (*ошибочные*) типа: «размерность скорости – метр в секунду», «моль – размерность количества вещества» и т. п. Ошибочность утверждений такого типа обусловлена отождествлением единицы физической величины и её обозначения с размерностью, а также тем, что раньше квадратные скобки $[X]$, содержащие обозначение величины X , означали размерность величины, а теперь означают единицу физической величины. Неправильно заключать в квадратные скобки единицу величины, например, [Па].

Символическое выражение производной (вторичной) величины через основные (первичные) называется *размерностью физической величины*. Она отражает связь данной величины с величинами, принятыми за основные в рассматриваемой системе величин.

Так, система величин, которая определяется Международной системой единиц, содержит семь основных системных величин l, m, t, I, T, n и J , где l – длина, m – масса, t – время, I – сила электрического тока, T – термодинамическая температура, n – количество вещества, J – сила света. Для этих величин условно приняты следующие *размерности*: для длины – L, массы – M, времени – T, силы электрического тока – I, термодинамической температуры – Θ , количества вещества – N и силы света – J. Размерности записываются прописными буквами и печатаются прямым шрифтом.

Над размерными величинами, как и над самими величинами, можно производить действия умножения, деления, возведения в степень и извлечения корня. *Показатель степени*, в которую возведена размерность основной величины, входящей в степенной одночлен, называют *показателем размерности*.

Размерность величины X обозначается так: $\dim X$ (англ. dimension – размерность). Например, размерность силы: $\dim F = LMT^{-2}$.

¹ Метод размерностей находит применение, например, в теории подобия при определении чисел подобия, когда уравнения исследуемых процессов неизвестны.

Различают размерные и безразмерные величины. *Размерной физической величиной* называют такую величину, в размерности которой хотя бы один из показателей размерности не равен нулю. *Безразмерной физической величиной* называют физическую величину, в размерности которой *все показатели размерности равны нулю, а размерность равна единице* (а не нулю, как принято считать).

Следует строго различать следующие понятия: «*обозначение физической величины*», «*размерность физической величины*», «*единица физической величины*», «*обозначение единицы физической величины*». Разграничение этих понятий наглядно представлено в виде таблицы.

Таблица

| Физическая величина (наименование величины) | Обозначение физической величины | Размерность физической величины | Единица физической величины (наименование единицы) | Обозначение единицы физической величины |
|---|---------------------------------|---------------------------------|--|---|
| Скорость | v | $\dim v = LT^{-1}$ | метр в секунду | $[v] = \text{м/с}$ |

Определения физических величин в соответствии с уравнениями связи. Определения физических величин должны находиться в строгом соответствии с уравнениями связи между величинами, из которых их выводят. *Уравнениями связи между физическими величинами* являются уравнения, в которых под буквенными символами понимаются физические величины. Определения физических величин в соответствии с уравнениями связи формулируются так:

Плотность однородного вещества – физическая величина, равная отношению его массы к объёму: $\rho = m/V$.

В связи с тем, что физическая величина – первичное понятие, а единица физической величины – вторичное понятие и физическая величина не зависит от единиц, в которых её выражают, неприемлемы такие определения физических величин, которые содержат единицы или обозначения физических величин, например:

Плотность однородного тела – это масса единицы объёма (1 м³), или масса тела, отнесённая к единице объёма.

Оба эти утверждения неправильны. *Плотность* это вовсе не масса, а физическая величина другой природы с размерностью массы, делённой на объём. Плотность не является также массой, отнесенной к единице объёма.

ма, т. е. $\rho \neq m/V^1$, где $V^1 = 1 \text{ м}^3$ — единичный объём (СИ). Кроме того, термины «единица объёма», «единичный объём» неоднозначны, поскольку любой объём (1 л, 1 см^3 , 1 м^3 и т. д.), может быть принят в качестве единичного объёма, а физическая величина, как уже отмечалось, не зависит от единиц, в которых её выражают.

Однако, кроме определения величины, следующего из формулы связи между физическими величинами, полезно давать дополнительные пояснения, которые способствуют усвоению физического смысла величины. Например, «единицей плотности СИ является килограмм на кубический метр, равный плотности однородного вещества, масса которого при объёме 1 м^3 равна 1 кг » или «числовое значение плотности равно числовому значению массы тела единичного объёма», т. е. *плотность может равняться массе тела единичного объёма лишь численно*.

Расчётные формулы рекомендуется записывать в виде уравнений между физическими величинами, когда отсутствуют коэффициенты, зависящие от единиц, в которых выражены физические величины. При подстановке в такие формулы значений ФВ (вместо буквенных обозначений величин), выраженных в единицах СИ, результат будет получаться также в единицах СИ. При этом не потребуется затрачивать время на проверку правильности выбора единиц и на выяснение, в каких единицах выражены числовые коэффициенты и сам результат вычисления. Поэтому запись уравнений состояния и теплоёмкости через числовые множители:

$$pV_{\mu} = 8314T; \quad c' = C_{\mu} / 22,4,$$

как это иногда практикуется в курсах термодинамики, нельзя считать рациональной по трём причинам: во-первых, числовое значение величины не является полной характеристикой физической величины и, в отличие от значения физической величины, зависит от выбранной единицы; во-вторых, нарушается размерность левой и правой частей уравнения и, в-третьих, числовые значения опытных величин, к которым следует отнести молярную газовую постоянную и молярный объём, в процессе повышения точности измерений всё время уточняются, а значит, постоянно нужно уточнять и запись соответствующий уравнений.

О наименовании физических величин. Первоначально наименование физических величин осуществлялось по схеме: «количество свойства» или «величина свойства». Например, «количество вещества», «количество движения», «количество тепла», «величина массы», «величина энергии» и др. Данные словосочетания имеют смысл, если под словом «величина» пони-

мать количество, размер свойства, наименование которого следует за словом «величина». Например, «величина массы» дословно должно означать *количество свойства*, именуемого словом «масса», «количество тепла» – *количество свойства*, именуемого словом «тепло» (например, «количество теплорода»).

Постепенно стали применяться сокращенные наименования физических величин, названия которых зачастую совпадали с названиями свойств. Например, под массой стали понимать в первую очередь не свойство тела (инертность), а физическую величину, характеризующую это свойство с количественной стороны. Поэтому стали критиковаться выражения типа «на нити висит масса 5 кг», «элементарный объем вошёл через клапан», «энергия превращается», «заряд перемещается» и т. п. Рекомендуется разделять названия физических величин и физических свойств, например, записывая приведённые выше выражения так: «на нити висит тело массой 5 кг», «элемент среды входит через клапан», «движение изменяет свою форму, или вид», «заряженные частицы перемещаются» и т. п. С этой же целью для вновь вводимых величин стали использовать названия, не совпадающие с названиями физических свойств, например, «энтальпия», «энтропия», «эксергия» (уже никому в голову не придёт мысль сказать, что «энтропия превратилась в энтальпию», т. к. всем ясно, что это *физические величины*, а они *превращаться ни во что не могут*).

В настоящее время не рекомендуется применять термины «величина» (в смысле количества) и «количество» в сочетании с наименованием физической величины. Например, писать «величина массы», «количество энергии», «количество тепла» и т. п., так как эти словосочетания *двусмысленны* из-за многозначности терминов «величина», «масса», «энергия», «тепло», означающих и *физическую величину* (числовую характеристику свойства), и *само свойство*. В приведённых примерах слово «величина» следует опускать как излишнее; в отдельных случаях его можно заменить термином «значение», например, «значение массы».

Более того, некоторые свойства оказались столь общими, многогранными (например, «вещество» и «движение»), что для количественной характеристики отдельных сторон этих свойств стали использовать различные величины. В результате *использование общих терминов «количество движения» и «количество вещества» для наименования только одной из физических величин*, характеризующих эти свойства, оказалось *нецелесообразным*.

В настоящее время *общая количественная характеристика движения «количество движения»* стала включать в себя несколько количественных

характеристик (физических величин): *импульс, энергию, момент импульса и др.* Следовательно, под *количеством движения КД* следует понимать *обобщающую величину: КД* $\{E, m\vec{c}, \vec{r} \times m\vec{c} \text{ и др.}\}$.

Аналогичным образом, оказалось, что для *характеристики запаса* (размера, *количества*) *вещества* (материи) в системе могут использоваться различные количественных характеристики (физические величины): *масса, число частиц, объём, вес*. Поэтому использование *общего термина «количество вещества»* для *наименования одной из величин* (ν), характеризующей запас (количество) вещества *через порцию частиц* (моль) *нецелесообразно*. По аналогии с *количеством движения количество вещества (материи) КВ* (*КМ*) следует рассматривать в качестве *обобщающей величины: КВ* $\{m, V, N, \nu \text{ и др.}\}$.

Для каждой физической величины, как правило, допускается применение только одного наименования. Для производных величин, получаемых *от деления* какой-либо величины *на массу* тела, следует дополнительно применять прилагательное *«удельный»*; при отношении к *объёму* – *«пространственный»*, или *«объёмный»*; при отношении к *количеству вещества* – *«молярный»* (но не *мольный* и не *молекулярный*); при отношении к *числу частиц* – *«молекулярный»*; при отношении к *длине* – *«линейный»*; при отношении к *площади поверхности* – *«поверхностный»*.

Не следует использовать устаревшие наименования физических величин, даже если они встречаются в литературе. Например, следует использовать термины *ёмкость сосуда*, а не *ёмкость сосуда*; *динамическая вязкость*, а не *коэффициент динамической вязкости*; *теплопроводность материала*, а не *коэффициент теплопроводности*; *количество вещества*, а не *число молей*; *молярная масса*, а не *мольная или молекулярная масса*; *массовый или объёмный расход*, а не *весовой, часовой или секундный расход*; *энтальпия*, а не *теплосодержание* и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Гельфер Я. М. Законы сохранения. – М.: Наука, 1967. – 263 с.
3. Теплотехника: Учеб. для вузов. / Под ред. В. И. Крутова. – М.: Машиностроение, 1986. – 432 с.: ил.
4. Казашиков Н. Б. и др. Единицы измерений и обозначения физико-технических величин. – М.: Недра, 1966.
5. ГОСТ 16263–70. Метрология. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1970.

6. *Фёрстер*. Единицы, величины, уравнения и их практическое использование. Пер. с нем. Л.С. Пригожего / Под ред. П. Н. Селпанова, Н. А. Ерюхиной. – Киев: Вища шк., 1984. – 199 с.

7. *Сена Л. А.* Единицы физических величин и их размерности: Учебно-справочное руководство. – 3-изд. – М.: Наука, 1988. – 432 с.: ил.

8. *Чертов А. Г.* Физические величины (терминология, определения, обозначения, размерности, единицы). // Справ. пособие. – М.: Высш. шк., 1990. – 335 с.: ил.

9. *Стерн Б. Д.* Применение Международной системы единиц физических величин в химии: Практич. пособие. – М.: Высш. шк., 1990. – 96 с.: ил.

10. *Поль Р. В.* Механика, Акустика и учение о теплоте. – М.: Гостехтеоретлитиздат, 1957. – 484 с.: ил.

УДК 51+681.3.01

О МАТЕМАТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ ДЛЯ ГУМАНИТАРИЕВ

Б.Т. Абдрахманов, В.И. Фандюшин*Павлодарский государственный университет**им. С. Торайгырова*

Берілген мақаланың басты мақсаты математика және информатика жаңа пәндерінің оқу қажеттілігін көрсету болып табылады.

Целью данной статьи является показать необходимость изучения новой дисциплины математики и информатики.

The aim of this article is to show necessity of learning of the new subject mathematics and informatics (computer).

В настоящее время всё шире стали проникать элементы математики и компьютерных технологий в гуманитарные сферы. Математические методы находят применение в таких областях, как психология, социология, лингвистика, педагогика, история. Невозможно обработать большие массивы данных без использования компьютеров. Всемирная компьютерная сеть Интернет предоставляет почти неограниченный доступ к информационным ресурсам. Перед высшим образованием стали новые задачи, которые необходимо решить. Студенты не должны попасть в трудное положение, когда им придётся применять математические и компьютерные методы в научной работе. Они должны получить хорошее базовое образование по математике и информатике. Поэтому для студентов первого и второго курса гуманитарных отделений вузов стало целесообразным введение нового, единого курса «Математика и информатика». Сегодня курс «Математика и информатика» для гуманитариев официально введён в образовательные стандарты казахстанских и российских университетов.

Эксперимент по введению новой дисциплины Уральский государственный университет начал в 1992 г. на отделении психологии. С самого начала преподавание математики и информатики для студентов-психологов взял

на себя В.Я. Турецкий. Доцент В.Я. Турецкий – специалист в области математической теории управления и дифференциальных игр, автор многих статей и докладов, в том числе на международных научных конференциях. Им разработан курс лекций, который и лёг в основу учебника «Математика и информатика». Здесь доступно излагается то, что недосказано на лекциях. Философия предмета столь же увлекательна, как и сам предмет, а лекции просто не оставляют на это времени. Личные мотивы автора в написании учебника заключаются в нехватке учебной литературы в университетах, отсутствие адекватного математического курса для студентов гуманитарных специальностей.

Учебник В.Я. Турецкого представляет собой базовый курс математики и информатики для студентов гуманитарных направлений и специальностей на уровне бакалавриата. Содержание математической части учебника, выбор тем и разделов обусловлены двойственным взглядом на математику в системе гуманитарного образования. Во-первых, это фундаментальные математические понятия как часть общего культурного наследия. Во-вторых, это разделы, необходимые для овладения прикладными математическими методами. В связи с этим курс математики в учебнике разбит на пять частей:

1. Основания математики.
2. Основы алгебры и аналитической геометрии.
3. Основы математического анализа.
4. Основы теории вероятностей.
5. Элементы математической статистики

Курс математики построен по принципу пирамиды: прикладные математические методы невозможно освоить без знания математической статистики. Статистика, в свою очередь, опирается на теорию вероятностей. В теории вероятностей используются результаты математического анализа, основу которого составляют фундаментальные понятия множества и функции. Алгебраические и геометрические представления составляют неотъемлемую часть общематематической культуры, поэтому без них трудно представить себе сколь бы то ни было связный математический курс. Автор существенно опирается на школьные знания. Ведь программа средней школы даёт весьма полное представление о структуре и основных подходах математики. Одна из задач учебника – систематизировать известные по школе результаты, ввести их в общематематический контекст, проследить связи и зависимости между ними. Но изучение математики не должно заканчиваться на этом базовом курсе. Оно может быть естественным об-

разом продолжено на старших курсах изучением специфических математических методов в конкретных областях гуманитарных знаний: «Математические методы в психологии», «Математические методы в лингвистике» и т.д. Этим завершается формирование целостного представления у студента-гуманитария о роли и значении математики в современном мире. Изложение информатики в учебнике подчинено тем же общим принципам, что и изложение математики. С одной стороны, вводятся основные компьютерные понятия и термины, без которых невозможно даже самое непрофессиональное пользование компьютером. С другой стороны, обзор программного обеспечения даёт возможность сориентироваться, выбрать подходящий для себя программный продукт, зная и понимая характерные черты различных программ.

Цель учебника – ввести студента в мир компьютера, подсказать пути использования компьютера в повседневной жизни и профессиональной деятельности. Задачи в учебнике могут быть использованы на практических и семинарских занятиях, сопровождающих курсы математики и информатики.

Обучение работе на компьютере сейчас мало кем оспаривается. О необходимости изучения математики уже было сказано. Тут есть ещё один фактор. Университетское, а тем более гуманитарное, образование подразумевает освоение базовых фундаментальных достижений человеческой культуры. То, над чем столетиями бились лучшие умы, достойно как минимум уважения, и интеллигентный человек, безусловно, должен иметь представление об этих достижениях. Математике по праву отводится важное место в общечеловеческой культуре. Как способ описания действительности математика занимает промежуточное положение между точными науками (физика, химия, механика и т.д.) и искусством. Математическое мышление сочетает в себе рационализм и эстетические качества, красоту. С одной стороны, математика отталкивается от реальности, её результаты могут быть применены и применяются на практике. С другой стороны, она развивается по своим внутренним законам, очень близким к законам красоты и соразмерности. Математические методы ценны сами по себе, безотносительно к возможности их практического использования. Они могут доставлять наслаждение так же, как архитектурный ансамбль, картина, музыкальное или литературное произведение. Недаром существуют выражения «красивое доказательство», «красивый результат». По существу, математика представляет собой ту связь между естественными и гуманитарными науками, без которой картина мира распадается на отдельные части. С этой

точки зрения качественное гуманитарное образование должно включать в себя основательное изучение математики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Турецкий В.Я. Математика и информатика.– М: Москва инфра, 2002.– 557 с.
 2. Симонович С.В. Информатика для юристов и экономистов.– Питер, 2000.– 687 с.
 3. Фигурнов В.Е. IBM PC для пользователя.– М.: Финансы и статистика, 1994.– 487 с.
-

УДК 539.26+ 546.657+546.31

РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАНГАНИТОВ $NdMe^I CaMn_2O_6$ ($Me^I - Li, Na, K, Cs$)

Е.С. Мустафин, Б.К. Касенов, Ж.И. Сагинтаева,
Ж.С. Бектурганов, Е.К. Жумадилов

Институт фитохимии МОН РК, Караганды

А. Нухулы, М.А. Исабаева

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

Сәйкес піттықтар мен карбонаттардан қантты фазалық одіс арқылы құрамы $NdMe^I CaMn_2O_6$ ($Me^I - Li, Na, K, Cs$) манганиттер синтезделінді. Осы қосылыстардың рентгенографиялық зерттеу нәтижелері келтірілген.

Твердофазным способом из соответствующих оксидов и карбонатов синтезированы манганиты состава $NdMe^I CaMn_2O_6$ ($Me^I - Li, Na, K, Cs$). Приведены результаты рентгенографических исследований.

Manganites of composition $NdMe^I CaMn_2O_6$ ($Me^I - Li, Na, K, Cs$) are synthesized by solid phase mode from conformable oxides and carbonates. The results of radiographical research are given.

Исследование соединений на основе оксидов редкоземельных, переходных (d – элементов) и щелочных металлов имеет теоретическое и прикладное значение в связи с их ценными электрофизическими свойствами [1]. Целью данной работы является поиск аналогичных соединений. В соответствии с поставленной целью в работе приводятся результаты синтеза и рентгенографического исследования манганитов состава $NdMe^I CaMn_2O_6$ ($Me^I - Li, Na, K, Cs$)

Синтез указанных соединений осуществляли твердофазовым способом из стехиометрических количеств исходных соединений Nd_2O_3 марки «ос.ч.», карбонатов щелочных металлов – «х.ч.» и Mn_2O_3 – «х.ч.». Условия синтеза данных соединений аналогичны описанным в [2]. Реагенты тщательно перетирались в агатовой ступке и отжигались в селитровой печи при температурах 1500°C в течение 10 часов. Низкотемпературный отжиг проведен при 400°C также в течение 20 часов. Образование равновесного состава $NdMe^I CaMn_2O_6$ ($Me^I - Li, Na, K, Cs$) было подтверждено методом порош-

Таблица 1

Индексирование рентгенограмм фаз $\text{NdMe}^1\text{CaMn}_2\text{O}_6$ ($\text{Me}^1\text{-Li, Na, K, Cs}$)

| I/I° | $d, \text{Å}$ | $10^4/d^2_{\text{эксп}}$ | hkl | $10^4/d^2_{\text{теор}}$ |
|-------------------------------|---------------|--------------------------|-----|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| $\text{NdLiCaMn}_2\text{O}_6$ | | | | |
| 7 | 3,4139 | 858,0 | 310 | 861,6 |
| 100 | 2,7055 | 1366 | 220 | 1379 |
| 13 | 2,2007 | 2065 | 422 | 2068 |
| 31 | 1,9066 | 2751 | 440 | 2757 |
| 31 | 1,5528 | 4147 | 444 | 4136 |
| 12 | 1,3455 | 5524 | 800 | 5514 |
| 10 | 1,2045 | 6893 | 840 | 6893 |
| $\text{NdNaCaMn}_2\text{O}_6$ | | | | |
| 6 | 4,7336 | 446,3 | 210 | 432,2 |
| 100 | 2,6948 | 1377 | 400 | 1385 |
| 13 | 2,1967 | 2073 | 422 | 2075 |
| 27 | 1,9035 | 2760 | 440 | 2766 |
| 31 | 1,5528 | 4147 | 444 | 4149 |
| 12 | 1,3455 | 5524 | 800 | 5532 |
| 10 | 1,2026 | 6915 | 840 | 6915 |
| $\text{NdKCaMn}_2\text{O}_6$ | | | | |
| 8 | 3,8343 | 680,2 | 220 | 687,1 |
| 5 | 3,2713 | 934,5 | 311 | 944,8 |
| 100 | 2,7015 | 1370 | 400 | 1374 |
| 12 | 2,2007 | 2065 | 422 | 2061 |
| 29 | 1,9066 | 2751 | 440 | 2748 |
| 26 | 1,5567 | 4127 | 444 | 4123 |
| 10 | 1,3482 | 5502 | 800 | 5497 |
| 9 | 1,2064 | 6871 | 840 | 6871 |
| $\text{NdCsCaMn}_2\text{O}_6$ | | | | |
| 9 | 3,8204 | 685,2 | 220 | 688,2 |
| 9 | 3,6115 | 766,9 | 300 | 774,2 |
| 100 | 2,6048 | 1377 | 400 | 1376 |
| 14 | 2,2007 | 2065 | 422 | 2065 |
| 29 | 1,9066 | 2751 | 440 | 2753 |
| 4 | 1,8463 | 2934 | 530 | 2923 |
| 4 | 1,6659 | 3603 | 541 | 3613 |
| 29 | 1,5548 | 4137 | 444 | 4129 |
| 16 | 1,3482 | 5502 | 800 | 5506 |
| 10 | 1,2054 | 6882 | 840 | 6882 |

ковой рентгенографии, проведенного на установке ДРОН-2,0 при $\text{CoK}\alpha$ -излучении. Анализ показал отсутствие линии дифракционных максимумов исходных фаз на рентгенограммах новых манганитов. Индицирование рентгенограмм полученных фаз проводили методом гомологии [3]. Гомологом служил искаженный структурный тип перовскита. Корректность индицирования проверялась удовлетворительным совпадением экспериментальных и расчетных значений $10^4/d^2$, а также согласованностью значений рентгеновской и пикнометрической плотностей. В табл.1 приведены результаты индицирования дифрактограмм порошков исследуемых соединений.

Как видно из данных табл.1, величины опытных и расчетных значений $10^4/d^2$ и значений рентгеновской и пикнометрической плотностей хорошо согласуются между собой, что доказывает достоверность и корректность результатов индицирования.

Далее по данным, приведенным в табл.1, были определены типы сингонии и параметры решеток новых оксидов. Установлено, что все синтезированные манганиты кристаллизуются в кубической сингонии и имеют следующие параметры элементарных ячеек (табл. 2).

Таблица 2

Типы сингонии и параметры элементарных ячеек

| Манганиты | Синг. | a, Å | Z | V ⁰ , Å ³ | Плотность (ρ), г/см ³ | |
|--------------------------------------|-------|-------|----|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| | | | | | ρ _{рентг.} | ρ _{пикном.} |
| NdLiCaMn ₂ O ₆ | Куб. | 10,77 | 10 | 1249,2 | 5,28 | 5,05±0,23 |
| NdNaCaMn ₂ O ₆ | Куб. | 10,76 | 10 | 1244,0 | 5,51 | 5,37±0,14 |
| NdKCaMn ₂ O ₆ | Куб. | 10,79 | 10 | 1256,2 | 5,67 | 5,42±0,15 |
| NdCsCaMn ₂ O ₆ | Куб. | 10,78 | 10 | 1252,7 | 6,93 | 6,69±0,24 |

Таким образом, впервые синтезированы четверные манганиты неодима с общей формулой NdMe¹CaMn₂O₆ (Me¹-Li, Na, K, Cs), определен тип их сингонии и параметры решетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мустафин Е.С., Матаев М.М., Нургалиев Б.З., Касенов Б.К. Рентгенографическое исследование GdBaMn₂O₆ // Неорган. материалы.- 1994.- Т.30.- № 1.- С. 140.
2. Мустафин Е.С., Оралова А.Т., Касенов Б.К. Рентгенографическое исследование DyScMn₂O₆ // Неорган. материалы.- 1995.- № 7.- С. 991-992.
3. Ковба Л.М., Трунов В.К. Рентгенофазовый анализ. 2-е изд. - М.: Изд-во МГУ, 1976.- 256 с.

УДК 536.53

ФИЛОСОФСКИЙ И ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

В.В. Рындин

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Мақалада материя мен қозғалыс сақталымының философиялық ұстанымы негізінде сақталудың физикалық заңдылығының жинақталуы қаралады.

Проводится обобщение физических (количественных) законов сохранения на основе философского принципа сохранения материи и движения.

The generalization of the physical (quantitative) laws of preservation will be carried out on the basis of a philosophical principle of preservation of a substance and movement.

Законы сохранения и симметрии пространства и времени. Из всех законов физики наиболее существенное значение для её развития имеют законы сохранения и их связь с симметрией и асимметрией [1].

Р. Фейнман считает, что в основе всех законов физики лежат принципы симметрии, тесно связанные с наличием в изменении сохраняющихся моментов. Существует определённая связь между законами сохранения энергии (ЗСЭ), импульса (ЗСИ), момента импульса (ЗСМИ) и симметриями пространства-времени: однородностью, изотропностью. В механике эту связь наиболее полно может быть выяснена с помощью уравнений Лагранжа [2].

Симметрия (от греч. *symmetria* – соразмерность) законов природы. Понятие симметрии прошло длительный путь становления в науке. В обыденной жизни слово симметрия употребляется в двух значениях: а) симметричное – это нечто пропорциональное, сбалансированное, схожее, способ согласования многих частей, с помощью которого они объединяются в целое; б) симметрия – равновесие. Некоторый объект считается симметричным, если после определенных операций над ним (например, поворота, сдвига и т. п.) он будет выглядеть точно таким же, как и до операции.

Анализ существующих определений симметрии показывает, что основой их является понятие равенства, которое также претерпело изменения в направлении расширения своего объёма. Наиболее общее математическое понятие равенства связано с взаимнооднозначным соответствием множеств, т. е. теоретико-множественной эквивалентностью.

Анализ данных естествознания, математики, архитектуры, искусства и других областей человеческого познания и практической деятельности показывает, что абсолютной, «чистой» симметрии в объективной действительности нет. Абстрактная симметрия – это идеализированное отражение действительности. В природе, особенно органической, мы сплошь и рядом сталкиваемся с так называемой асимметрией, т. е. неравноправностью, казалось бы, совершенно симметричных частей объекта. Например, правая рука сильнее левой. Асимметричными являются вещества, составляющие основу жизни – аминокислоты, белки, углеводы, а также сами клетки организмов.

В науке, наряду с симметрией, пользуются понятиями асимметрии, дисимметрии и антисимметрии. В.С. Готт и А.Ф. Перетурин в статье «Категории симметрии и асимметрии и физика микромира» [3] сделали попытку обобщить указанные понятия частных наук и предложили философские, т. е. предельно общие, определения симметрии и её антипода – асимметрии.

Симметрия – это категория, обозначающая существование и становление тождественных моментов в определённых условиях и в определённых отношениях между различными и противоположными состояниями явлений мира. Асимметрия – это категория, обозначающая существование и становление в определённых условиях и отношениях различий и противоположностей внутри единства, тождества, целостности явлений действительности.

Во всех реальных явлениях симметрия и асимметрия сочетаются друг с другом. Это находит отражение и в понятиях науки. Так, в группах преобразований Галилея и Лоренца симметричны все состояния покоя и равномерного прямолинейного движения, но асимметричны состояния покоя и ускоренного движения. И всё же в естествознании ещё существует односторонний подход к симметрии и асимметрии, когда они рассматриваются вне диалектической связи друг с другом.

Каждый закон науки выражает какую-то однородность, тождественность, присущую различным явлениям и их взаимодействиям, а тождественное, идентичное в различном и противоположном и есть симметрия. Но не менее важно применение к категории закона и категории асимметрии. За-

коны действительности в своём содержании, а также в своих связях друг с другом и условиями своего действия имеют не только те или иные формы симметрии, но и асимметрии.

Так, законы механики Ньютона асимметричны по отношению к группе преобразований Лоренца. Закон возрастания энтропии (уменьшения неравновесности) явно асимметричен по отношению к переходам различных видов энергии друг в друга и устанавливает, как известно, преимущественную тенденцию превращения всех видов энергии в тепловую. Асимметрия – столь же существенный момент законов, как и симметрия. Не будет большим преувеличением сказать, что наиболее интересные результаты достигались в физике именно тогда, когда выяснялись законы нарушения симметрии.

Наличие асимметрии в содержании законов не уничтожает в их содержании и существования симметрии: она, как и симметрия, является основой связи между законами. Известно, что законы сохранения энергии и импульса содержат в себе взаимную асимметрию: энергия – скаляр, импульс – вектор, но между ними существует глубокая связь, раскрытая релятивистской теорией. Связь между законами основывается как на существовании в их содержании симметрии, так и асимметрии, которая, очевидно, выражает более глубокие стороны этой связи.

В физике общепринято выделять две следующие формы симметрии и асимметрии: геометрическую и динамическую. Здесь оговоримся, что в физике классифицируют только виды симметрии, а виды асимметрии оставляют в стороне. Как будет показано ниже, классификация видов симметрии является классификацией и видов асимметрии.

Симметрии, выражающие свойства пространства и времени, относят к геометрической форме симметрии. Примерами геометрических симметрий являются: однородность пространства и времени, изотропность пространства, пространственная чётность, эквивалентность инерциальных систем отчёта.

Симметрии, непосредственно не связанные со свойствами пространства и времени и выражающие свойства физических взаимодействий, относят к динамической форме симметрии. Примерами динамических симметрий являются симметрии электрического заряда, спина, изотопического спина, странности и т.д.

Вообще говоря, к динамическим симметриям относят симметрии внутренних свойств объектов и процессов. Так что геометрические и динамические симметрии можно рассматривать как внешние и внутренние симметрии.

Как было уже сказано, формы симметрии одновременно являются и формами асимметрии. Такие асимметрии, например, как неоднородность пространства и времени и анизотропность пространства, – геометрические асимметрии, а различие между протонами и нейтронами в электромагнитных взаимодействиях, различия между частицами и античастицами по электрическому, барионному, лептонному зарядам и т. д. – динамические асимметрии.

Как неразделимы друг от друга симметрия и асимметрия, так неразделимы и указанные их формы. В общем плане взаимосвязь этих форм вытекает из единства таких атрибутов материи, как пространство, время и движение. Жёсткое противопоставление этих форм принципиально недопустимо.

В самом деле, рассматривая, например, такую «типичную» геометрическую симметрию, как однородность пространства, можно заметить, что в её определении в скрытом виде содержатся динамические характеристики. Ведь суть этой симметрии в том, что в пространственных перемещениях при определённых физических условиях, при слабых, например, полях тяготения поведение тел не зависит от занимаемого ими места в пространстве, что и выражается в независимости присущего им импульса от их преобразования в тех или других точках пространства. Без учёта наличия в пространстве материи и движения говорить о каких-либо свойствах симметрии или асимметрии пространства просто бессмысленно. В абсолютно пустом пространстве нет ни однородности, ни разнородности. В нём вообще ничего нет, и о нём ничего сказать нельзя. Ни одну геометрическую симметрию нельзя определить без привлечения, прямого или опосредованного, динамических параметров. Без движения и вне движения не существует ни одной геометрической симметрии.

Признавая единство симметрии и асимметрии и их геометрических и динамических форм, необходимо вопрос о взаимоотношении законов сохранения и симметрии ставить значительно шире, чем он обычно ставится.

Нельзя устанавливать однозначную связь между определёнными видами симметрии и определёнными законами сохранения. Так, нельзя ЗСЭ однозначно связывать с такой симметрией, как однородность времени, а ЗСИ – с однородностью пространства. Симметрии отражают лишь факт сохранения чего-либо в природе и поэтому их нельзя считать причинами сохранения. В содержание каждого закона сохранения входит та или иная симметрия, но, помимо симметрии, в его содержание входит и определённая асимметрия. В ЗСЭ, по крайней мере, в условиях известной нам облас-

ти мира, входит асимметрия прямых и опосредованных способов превращения энергии, которая заключается в том, что опосредованные способы превращения через теплоту преобладают над прямыми способами превращения любой формы энергии в любую другую её форму.

Закон сохранения импульса в форме классической механики асимметричен по отношению к преобразованиям Лоренца. Асимметричность, присущая этому закону, выражается в том, что при учёте конечной скорости передачи взаимодействия равенство действия и противодействия нарушается. Глубокое изучение законов сохранения требует раскрытия в их содержании как элементов симметрии, так и асимметрии.

Уже из сказанного следует, что попытки вывести законы сохранения только из определённых форм симметрии (ЗСЭ – из однородности времени, ЗСИ – из однородности пространства) возможны только при условии односторонней трактовки этих законов, поэтому они не могут быть вполне корректными.

Известная теорема Э. Нетер, собственно говоря, не выводит, например, ЗСЭ из однородности времени, а раскрывает связь некоторых его форм с данной формой симметрии времени, что, конечно, имеет большое значение.

В принципе же выведение всех сторон законов сохранения из форм симметрии, в особенности только из геометрических, невозможно. Законы сохранения связаны не только с геометрическими симметриями, но и с динамическими.

Надо думать, что любой закон сохранения имеет глубокую связь с определёнными геометрическими и динамическими симметриями и асимметриями. Однако эту связь, как отмечается в [3], нельзя раздувать и сводить всё содержание законов сохранения к определённым видам симметрии и асимметрии. Законам сохранения можно сопоставить не только определённые виды симметрии асимметрии, но определённые поля и их связи.

Необходимость изучения законов сохранения в свете каких-то общих принципов ни у кого сомнений не вызывает. Иначе говоря, существует задача наряду с опытным дать и теоретическое обоснование законов сохранения. Эта задача отнюдь не сводится к нахождению такого общего принципа, из которого можно было бы математически вывести законы сохранения. Математическое выведение из какого-то общего принципа законов сохранения ограничено по своим возможностям, оно может сделать явным только то, что в скрытом виде существует в данном принципе. Но все многообразные принципы всех законов сохранения жёстко связать с каким-то одним физическим принципом вряд ли возможно.

В качестве примера рассмотрим математический вывод ЭСИ, описанный в работе [4], исходя из так называемого наиболее общего принципа наименьшего действия (или принципа Гамильтона) с привлечением дополнительно принципа симметрии пространства.

Согласно этому принципу (Гамильтона) каждая механическая система характеризуется определённой функцией

$$L(q_1, q_2, \dots, q_s, \dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_s, t),$$

или, в краткой записи, $L(q, \dot{q}, t)$, причём движение системы удовлетворяет условию, чтобы интеграл

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L(q, \dot{q}, t) dt$$

имел наименьшее возможное значение. Функция L называется функцией Лагранжа данной системы, а этот интеграл – действием; величины q_i – обобщёнными координатами; а производные \dot{q}_i – обобщёнными скоростями.

Из условия минимальности S получают s уравнений вида

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0 \quad (i = 1, 2, \dots, s). \quad (1)$$

Это искомые дифференциальные уравнения; они называются в механике уравнениями Лагранжа.

Для системы материальных точек мы можем составить уравнения движения

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial v_\alpha} = \frac{\partial L}{\partial r_\alpha}. \quad (2)$$

Закон сохранения импульса возникает в связи с однородностью пространства. В силу однородности механические свойства замкнутой системы не меняются при любом параллельном переносе системы как целого в пространстве. В соответствии с этим, рассмотрим бесконечно малый перенос и потребуем, чтобы функция Лагранжа не изменялась при изменении координат $\sum_\alpha \frac{\partial L}{\partial r_\alpha} = 0$.

В силу уравнений Лагранжа (2) получаем отсюда:

$$\sum_\alpha \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial v_\alpha} = \frac{d}{dt} \sum_\alpha \frac{\partial L}{\partial v_\alpha} = 0.$$

Таким образом, мы приходим к выводу, что в замкнутой механической системе векторная величина $\vec{p} = \sum_\alpha \frac{\partial L}{\partial v_\alpha}$ остаётся неизменной при движении. Вектор \vec{p} называется импульсом системы.

Как видим, действительно, постоянство импульса системы вытекает из уравнения движения Лагранжа (2) при условии независимости функции Лагранжа от координат, т. е. при однородности пространства. Отсюда делается вывод, что ЗСИ обусловлен однородностью пространства. Однако можно показать, что постоянство импульса возможно и в неоднородном пространстве ($\sum_a \frac{\partial L}{\partial v_a} \neq 0$), если воспользоваться более общим уравнением движения, чем (1).

В общем случае, кроме потенциальных и обобщённо-потенциальных сил, в системе действуют непотенциальные диссипативные силы, рассеивающие механическую энергию. Располагая лагранжианом для обобщённо-потенциальных сил (1), имеем уравнение Лагранжа для общего случая [2]:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = Q_i, \quad (3)$$

где через Q_i обозначены все обобщённые непотенциальные силы.

В соответствии с уравнением (3) импульс $\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} = \frac{dp}{dt} = 0$ будет неизменным при движении системы, если сумма потенциальных и непотенциальных сил равна нулю $\frac{\partial L}{\partial q_i} + Q_i = 0$. Следовательно, более общим условием сохранения импульса является не однородность пространства, а равенство нулю результирующей всех сил, действующих на движущееся тело. В случае симметрии пространства все силы равны нулю, так как их вообще нет – пространство пустое. Таким образом, ЗСИ и другие законы сохранения являются более общими понятиями, чем однородность пространства и времени и нужно более общее обобщение для обоснования законов сохранения значений физических величин.

Попытки вывести все законы сохранения из соответствующих геометрических симметрий ныне оставлены, так как оказалось, что большая группа законов сохранения (барионного числа, лептонного числа, странности и др.) прямой связи с геометрическими симметриями не имеет. Но и для тех законов сохранения, которые прямо связаны с геометрическими симметриями (законы сохранения энергии, импульса и т. д.), вывод всех их сторон из данных симметрий также оказывается невозможным. Сам принцип симметрии нуждается в теоретическом обосновании.

Задача теоретического обоснования законов сохранения не только в том, чтобы раскрыть их связи с формами симметрии и асимметрии, но и в том, чтобы раскрыть их связи друг с другом, со структурой полей, с такими всеобщими законами, как закон сохранения материи и движения.

Наиболее общими категориями познания являются материя и движение. Поэтому все физические законы сохранения должны выражать количественное сохранение отдельных сторон материи и движения. Какие бы ни были общими математические описания типа функции Лагранжа, они никогда в полной мере не охватят все стороны законов сохранения, так как математические выражения являются менее общим понятием, чем философские категории материи и движения.

Физические законы сохранения как количественные выражения философского закона сохранения материи и движения. Изучение взаимосвязей законов сохранения наталкивает на более общий вопрос: не имеют ли законы сохранения какую-то общую основу. Не существует ли такой принцип, из которого можно было бы обобщить все ныне известные законы сохранения?

Одним из фундаментальных обобщений в науке является обобщение физических законов сохранения на основе философского принципа сохранения материи и движения. В качестве примера изложения такого обобщения в историческом аспекте можно привести работу [5].

Однако до настоящего времени в науке не проводится чёткого разграничения между физическими и философскими законами сохранения. Это видно, например, из названия и формулировки известного закона – «закона сохранения и превращения энергии» (ЗС и ПЭ): «энергия не исчезает и не возникает вновь, она лишь превращается из одного вида в другой в эквивалентных количествах». Основоположники ЗС и ПЭ называли этот закон законом сохранения силы. Формулировка Майера: «В действительности существует только одна-единственная сила. Эта сила в вечной смене циркулирует как в мёртвой, так и в живой природе. Нигде нельзя найти ни одного процесса, где не было бы изменения силы со стороны её формы» [5].

Мало кто задаёт себе вопрос, что здесь понимается под терминами «сила» и «энергия» и, что это за закон – философский или физический, или тот и другой одновременно? Если под этими терминами понимается физическая величина (ФВ) – количественная характеристика одного из свойств физического объекта (именованное число) [6], – то она (ФВ) не может циркулировать, превращаться, исчезать, переходить, действовать и т. п.

Так что же понимается под энергией в законе сохранения и превращения энергии и что циркулирует в законе сохранения Майера? Для ответа на этот вопрос обратимся к истории становления философских и физических законов сохранения.

Философия, как известно, является наукой о наиболее общих законах развития природы и общества. Она оперирует наиболее общими категориями, например, такими как материя и движение, формы движения, пространство и время, количество и качество и др. В связи с этим философия даёт определение законов природы в самом общем виде, без конкретизации отдельных её свойств (сторон). К таким наиболее общим законам природы относится философский закон сохранения материи и движения.

Физика изучает отдельные свойства (стороны) материи и движения (природу) путём введения многочисленных физических величин – количественных характеристик этих свойств. Сохранение значений какой-либо физической величины означает и количественное сохранение той стороны материи и движения, для характеристики которой и была введена данная физическая величина.

Физические закономерности, согласно которым численные значения некоторых физических величин не изменяются со временем в любых процессах или в определенном классе процессов, получили название физических законов сохранения. Количественно подтверждая сохранение отдельных свойств материи и движения, физические законы сохранения тем самым подтверждают в целом философский принцип сохранения материи и движения. Поэтому философский и физические законы сохранения противопоставлять не следует, но различать их надо. Физические законы сохранения, в отличие от философского, это, во-первых, частные законы сохранения отдельных сторон материи и движения, а во-вторых, – это количественные законы сохранения, записываемые в виде балансовых соотношений для соответствующих физических величин, т. е. это математические (аналитические) выражения закона сохранения материи и движения.

Идея сохранения появилась сначала как чисто философская догадка о наличии неизменного (стабильного) в вечно меняющемся мире. Ещё античные философы-материалисты пришли к понятию материи – неуничтожимой и несотворимой основы всего существующего. С другой стороны, наблюдение постоянных изменений в природе привело к представлению о вечном движении материи как важнейшего её свойства.

Для того, чтобы философское положение о сохранении материи и движения превратилось в физический (количественный) закон, необходимо было установить меры (характеристики) количества (запаса) материи и движения, т. е. ввести соответствующие физические величины, что и сделала физика.

В качестве количественной характеристики содержания материи (вещества) была введена ФВ – масса и сформулирован ЗСМ Лавуазье-Ломоносова. Первая физическая величина, использованная в качестве количественной характеристики запаса упорядоченного движения в теле, была введена Декартом в виде произведения массы (у Декарта – “величины тела”, т. е. понятие массы было введено позже Ньютоном) на абсолютное значение скорости тела. Эта величина получила название “количество движения”, т. е. полагалось, что нет никаких других количественных характеристик движения (в настоящее время эта величина называется импульсом). Декарт пришёл к выводу, что при ударе тел значение этой величины для совокупности тел должно оставаться постоянным (это утверждение составляет содержание закона сохранения импульса).

В работах Гюйгенса выявляется существование двух мер механического движения: количества движения (импульса) (причём в современном векторном виде) и произведения массы (“величины тела”) на квадрат скорости mc^2 , получившей позже название “живой силы” (этот термин ввёл Лейбниц в 1692 г.). Согласно Гюйгенсу (1669) при соударении двух тел сумма произведений их “величин” на квадраты их скоростей остаётся неизменной до и после удара – теорема “живых сил”, которая с современной точки зрения является частным случаем закона сохранения энергии – для механического движения.

Как видим, физическая величина энергия была введена интуитивно в виде произведения массы на квадрат скорости (“живая сила” Гюйгенса). В начале XIX в. в механике наряду с “живой силой” появляется термин “энергия” как эквивалент живой силы. Впервые этот термин был введён Т. Юнгом (1807), который писал, что словом “энергия” следует обозначать произведение массы тела на квадрат числа, выражающего скорость. Для обеспечения эквивалентности между кинетической энергией и произведением силы на перемещение (работой) Кориолис (1829) предложил ввести вместо величины mc^2 величину $mc^2/2$. В середине XIX в. Майер, Джоуль и Гельмгольц экспериментально открыли ЗСЭ при изменении формы движения. Этот закон стали называть законом сохранения и превращения энергии.

Механики XVIII в. спорили о том, что является “истинной” мерой движения – энергия или импульс (количество движения). В действительности оказалось, что обе эти величины – импульс и энергия – являются количественными характеристиками отдельных сторон движения. При этом энергия оказалась более универсальной характеристикой движения, т. е. она оценивает количество (запас) как упорядоченного, так и хаотического дви-

жения в системе; импульс же используется для количественной характеристики только упорядоченного движения отдельных тел или частиц: для большой совокупности микрочастиц, участвующих в хаотическом движении, понятие импульса оказывается непригодным, так как в этом случае он всегда равен нулю.

Постепенно энергетическое описание процессов вытеснило силовое. В 70-х годах XIX в. стал распространяться взгляд на энергию как нечто материальное, и её стали наделять свойствами объективной реальности. Распространение получили такие выражения, как “количество содержащейся энергии в теле”, “запас энергии тела”, “превращение энергии” и т. п. То есть термин “энергия” становится синонимом термина “движение”, что привело к категориальной многозначности термина “энергия” – наиболее вредной для учебников многозначности, когда в одном и том же контексте вначале говорится о физической величине, а затем об объективной реальности под тем же наименованием.

Поскольку “циркулировать” и “превращаться” физические величины не могут, то в приведенных выше законах сохранения под терминами “сила” и “энергия” следует понимать само движение и, следовательно, приведенные формулировки выражают лишь философский (качественный) закон сохранения движения, сформулированный Декартом.

В то же время при различных изменениях формы движения “сохраняющейся” величиной является не сила, а энергия. Поэтому в качестве частной (наряду с ЗСИ и ЗС момента импульса и др.) количественной формулировки общего философского закона сохранения движения будет закон сохранения значения физической величины энергии при изменении формы движения (ЗСЭ): движение не исчезает и не возникает вновь, оно лишь изменяет свою форму (вид) таким образом, что суммарное значение физической величины энергии во всех этих превращениях остаётся неизменным.

Таким образом, в середине XIX в. сформировались законы сохранения массы и энергии, которые трактовались как сохранение материи и движения. В начале XX в. оба эти закона сохранения подверглись коренному пересмотру в связи с появлением специальной теории относительности: при описании движений с большими (сравнимыми со скоростью света) скоростями классическая (ньютоновская) механика была заменена релятивистской механикой. Оказалось, что масса, определяемая по инерционным свойствам тела, зависит от его скорости и, следовательно, характеризует не только количество материи, но и количество движения. В результате оба закона сохранения были слиты воедино в ЗСЭ.

Подводя итоги сказанному, отметим следующее.

1. Вначале появились понятия материи и движения и сформулирована идея их сохранения (сформулирован философский закон сохранения материи и движения).

2. Затем были установлены количественные характеристики (физические величины) отдельных свойств (сторон) материи и движения и сформулированы физические (количественные) законы сохранения: ЗСМ, ЗСИ, ЗСЭ, ЗСМИ, ЗС заряда и др. Тем самым опытным путём была количественно подтверждена философская идея сохранения материи и движения.

3. Обобщение физических законов сохранения на основе принципа симметрии не охватывает всего содержания этих законов, а сам принцип симметрии нуждается в его теоретическом обосновании.

4. Поскольку различные физические величины характеризуют лишь отдельные стороны движения (а не всё движение в целом), то и балансовые соотношения для соответствующих величин (импульса, момента импульса, энергии) будут лишь частными количественными (физическими) выражениями общего философского закона сохранения движения.

5. Наиболее универсальной количественной характеристикой движения при различных изменениях его формы является физическая величина энергия. Однако и энергия учитывает не все особенности движения (например, она не учитывает направление движения в пространстве – его учитывает импульс, момент импульса).

6. Не следует отождествлять частный физический закон сохранения энергии с наиболее общим философским законом сохранения движения при изменении его формы и рассматривать термин "энергия" в качестве синонима "движение" там, где этого можно избежать.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Овчинников Н.Ф.* Принципы сохранения. – М.: Наука, 1966.
2. *Мухомановский В.В.* Курс теоретической физики: Учеб. пособие для студ. физ.-мат. фак. пед. ин-тов. – М.: Просвещение, 1988. – 304 с.: ил.
3. Философские вопросы квантовой физики: Сб. работ / Ответственный ред. М.Э. Омеляновский. – М.: Наука, 1970. – 254 с.
4. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика: Учеб. пособие. – Т. 1. Механика. – М.: Наука, 1988. – 216 с.: ил.
5. *Гельфер Я.М.* Законы сохранения. – М.: Наука, 1967. – 263 с.
6. *Чертов А.Г.* Физические величины (терминология, определения, обозначения, размерности, единицы): Справ. пособие. – М.: Высш. шк., 1990. – 335 с.: ил.

УДК 535.37:621.378.385

ОПТИЧЕСКИЕ СПЕКТРЫ ЭПОКСИПОЛИМЕРОВ С ОРГАНИЧЕСКИМИ КРАСИТЕЛЯМИ

Б.У.Садық, В.М.Юров

ТОО «Агентство новейших технологий», г.Караганда

Этанол және эпоксиполимердегі лазерлік бояғыштардың спектральдық сипаттамасының зерттеулер нәтижесі ұсынылған. Спектрлердегі айырмашылық бояғыштар молекулаларының қатты ортада қозғалынығын жоғалтуымен және жүрінің термодинамикалық күйінің өзгеруімен айқындалған.

Представлены результаты исследования спектральных характеристик лазерных красителей в этаноле и эпоксиполимере. Различие в спектрах обусловлено потерей подвижности молекул красителя в твердой среде и изменением термодинамического состояния системы.

Presented results of studies of spectral features of laser dye staffs in ethanol and epoxyolimers. Difference in spectrums is stipulated by the loss of mobility of molecules of dye staff in the hard ambience and changing a thermodynamic system condition.

Эпоксидные олигомеры получают обычно по реакции эпихлоргидрина с фенолом. Структура и свойства эпоксидных сетчатых полимеров, а также кинетика и термодинамика их образования хорошо изучены [1, 2]. Основные реакции, протекающие в процессе отверждения эпоксиполимеров под действием аминов – наиболее употребляемых в практике отверждающих агентов, можно представить следующей схемой (рис.1).

Компоненты реагирующей системы – исходные вещества и продукты реакции – связаны в гетеро- и аутокомплексы, которые могут образовываться как меж-, так и внутримолекулярно. При высоких температурах имеет место также конденсация образовавшихся гидроксильных групп с непрореагировавшими эпоксидными группами и между собой, что приводит к образованию дополнительных узлов сетки.

Ввиду сложности химического состава, механизма отверждения эпоксидных олигомеров, первые попытки внедрить в полимер органический

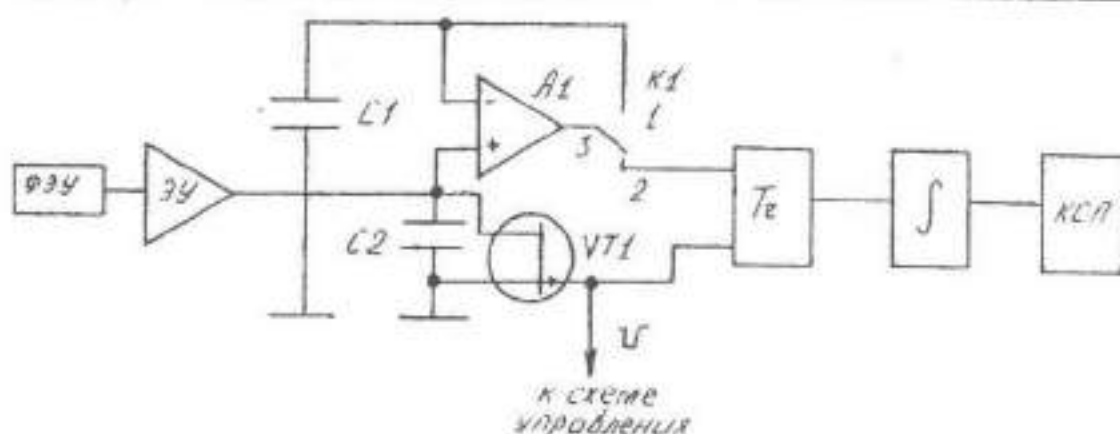


Рис. 2. Блок-схема автоматической установки измерения спектров поглощения и отражения

Важным преимуществом эпоксидных полимеров является их способность варьировать свои свойства в широких пределах путем подбора эпоксидных олигомеров и отвердителя.

Для измерения спектров поглощения нами была создана автоматическая установка, представленная на рис.2. Был выбран двухлучевой принцип с временным разделением каналов. Схема деления работает следующим образом. на вход операционного усилителя А1 попеременно поступает основной и опорный сигналы. Когда на вход схемы поступает основной сигнал (делимое), контакты 1 и 3 реле К1 замкнуты. Коротким импульсом, поступающим со схемы управления, транзистор VT1 открывается и разряжает конденсатор С1. После этого транзистор VT1 запирается потенциалом +2,5 В и начинается практически линейный заряд емкости С1 током основного источника сигнала. Благодаря наличию 100% отрицательной обратной связи напряжение на конденсаторах С1 и С2 будет одинаковым и к концу цикла станет равным

$$U_1 = \frac{I_1 t_1}{C_1}, \quad (1)$$

где I_1 – ток заряда (основной сигнал);

t_1 – время заряда;

C_1 – емкость конденсатора.

В следующий промежуток времени, когда на вход микросхемы А1 поступает опорный сигнал, замкнуты контакты 3 и 2 реле К1. Конденсатор С1 вновь быстро разряжается через транзистор VT1 и затем начинается заряд конденсатора С1 током I_2 – опорного сигнала. Обратная связь в

усилителе А1 разорвана, и он работает в режиме компаратора. Благодаря наличию на инвертирующем входе А1 напряжения U_1 , которое сохраняется на конденсаторе С2, микросхема А1 находится в отрицательном насыщении. Напряжение на конденсаторе С1 практически линейно зависит от времени:

$$U_2 = \frac{I_2 t}{C_1} \quad (2)$$

Когда напряжение на обоих входах микросхемы А1 станет одинаковым $U_1 = U_2$, она переходит в положительное насыщение и опрокидывает триггер в момент времени

$$t_x = \frac{I_1}{I_2} t_1 \quad (3)$$

Импульс с триггера T_2 поступает на интегратор, напряжение на выходе которого пропорционально длительности импульса на выходе триггера. Таким образом, выходное напряжение

$$U \sim \frac{I_1}{I_2} t_1, \quad (4)$$

где t_1 определяется периодом колебаний управляющего генератора и есть величина постоянная для данной установки, поэтому выходное напряжение U пропорционально отношению сигналов на входе установки.

Квантовый выход люминесценции окрашенных эпоксиполимеров определялся методом фотометрического шара. Возбуждение производилось «напросвет». В фотометрический шар, стенки которого были покрыты окисью магния, напротив выходного отверстия помещался экран, покрытый также окисью магния, чтобы предотвратить попадание на ФЭУ прямых лучей. В отличие от классической схемы определения квантового выхода без учета перепоглощения, нами вводилась поправка на реабсорбцию. Произведенный нами расчет дал следующее выражение для поправки на реабсорбцию:

$$\frac{I_{\text{изл}}}{I_{\text{вст}}} = \frac{2(1 - e^{-\alpha d})}{\alpha} \left[\frac{1 - e^{-(\alpha + \alpha')d}}{\alpha + \alpha'} + \frac{e^{-\alpha'd} - e^{-\alpha d}}{\alpha - \alpha'} \right]^{-1}, \quad (5)$$

где α' , α – показатель поглощения на длине волны излучения и возбуждения, соответственно;

d – толщина образца;

$I_{\text{ист}}, I_{\text{изм}}$ – истинная и измеренная интенсивность люминесценции, соответственно.

На рис.3 показаны спектры поглощения и люминесценции указанных красителей в этаноле и эпоксиполимере. Как видно из рис.3, оптические спектры красителей в этаноле и эпоксиполимере различаются. Спектры родаминов и кумарина 30 испытывают bathochromный сдвиг, причем пик излучения смещается на большую величину, чем пик поглощения, Stokes-вы потери увеличиваются. Для кумарина 7 наблюдается сдвиг полосы поглощения в коротковолновую область – гипсохромный сдвиг и уширение полосы.

В табл.1 приведены измеренные нами значения квантового выхода люминесценции красителей в эпоксиполимере и в этаноле. Здесь различия незначительны.

Таблица 1

Квантовый выход люминесценции красителей

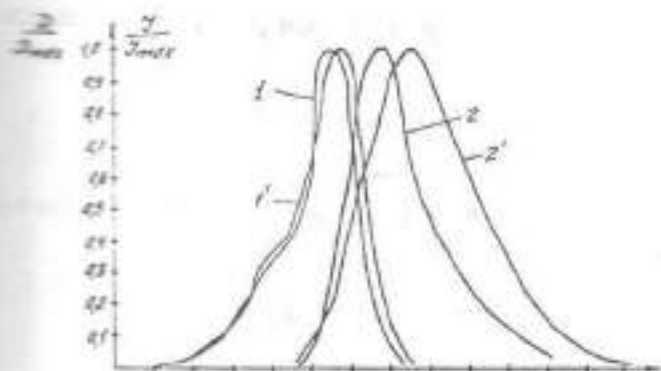
| Краситель | η , % в эпоксиполимере | η , % в этаноле |
|------------|--------------------------------|-------------------------|
| Родамин 4С | 69 | 61 |
| Родамин 6Ж | 98 | 82 |
| Кумарин 7 | 65 | 62 |
| Кумарин 30 | 70 | 70 |

Экспериментальные данные указывают, что молекулы красителя не вступают в химическую связь с молекулами эпоксиполимера и встраиваются в межсеточное пространство.

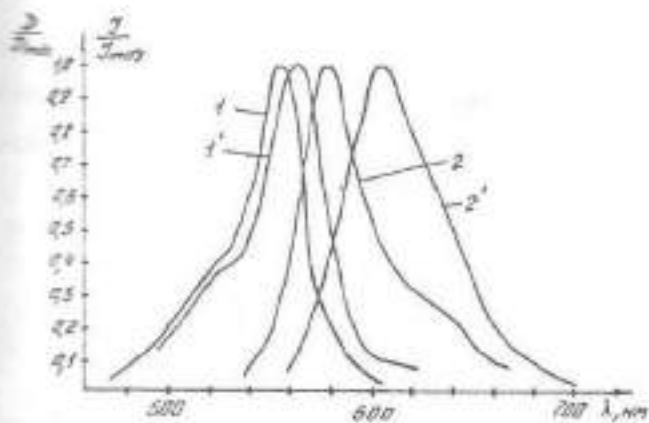
Изменения, наблюдаемые в спектрах красителей при переходе от раствора к твердой матрице, мы связываем не только с потерей подвижности молекулы и уменьшением межмолекулярного взаимодействия, а и с изменением термодинамического состояния системы в целом.

Рассматривая подсистему молекул красителя, погруженную в термостат (эпоксиполимер), методами неравновесной термодинамики можно показать, что вероятность безызлучательных переходов, обусловленная взаимодействием такой подсистемы с термостатом, определяется выражением [5, 6]:

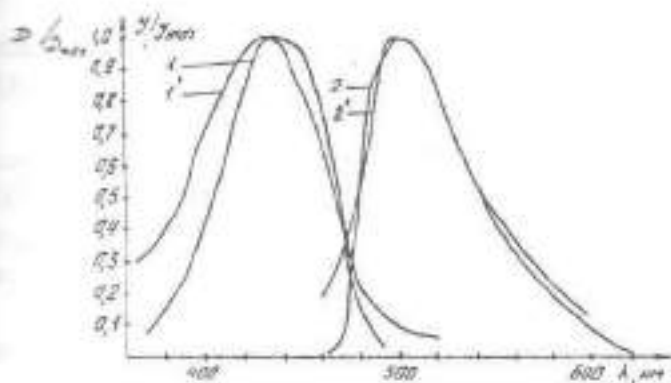
$$d = \frac{2\Delta S}{kT} \exp\left(-\frac{E_m^* - G^0/N}{kT}\right) \quad (6)$$



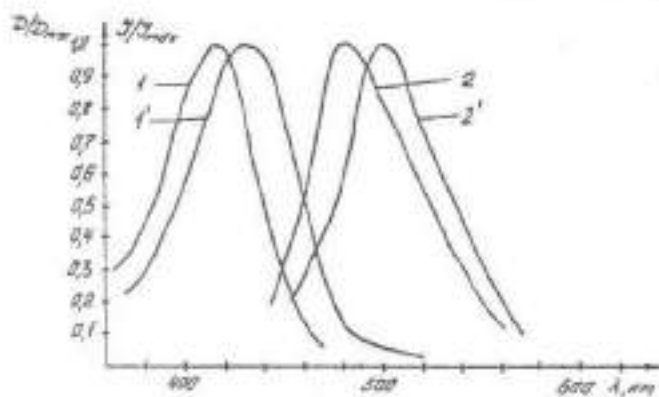
родамин 6Ж



родамин 4С



кумарин 7



кумарин 30

Рис. 3. Спектры поглощения и излучения красителей в этаноле 1, 2 и в эпоксиполимерной матрице 1', 2'

где ΔS – изменение энтропии в процессе электронно-колебательного перехода;
 K – постоянная Больцмана;
 τ – время жизни в возбужденном состоянии;
 E_m^0 – энергия основного состояния молекул (максимум полосы поглощения);
 G^0 – энергия Гиббса термостата (эпоксиполимера);
 N – концентрация молекул;
 T – температура.

Анализ выражения (6) показывает, что изменения в оптических спектрах молекул красителя, а также в значениях квантового выхода обусловлены как концентрацией молекул, так и термодинамическим потенциалом Гиббса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ли Г., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам. – М.: Энергия, 1973. – 415 с.
2. Чернин И.Э., Смехов Ф.М., Жердев Ю.В. Эпоксидные полимеры и композиции. – М.: Химия, 1982. – 232 с.
3. Каталог активных лазерных сред на основе растворов органических красителей и родственных соединений / Под ред. акад. Б.И. Степанова. – Минск: ИФАН БССР, 1978. – 237 с.
4. Дюмаев К.М., Машенков А.А. Прозрачные полимеры – новый класс оптических материалов для лазеров. // Квантовая электроника. – 1983. – № 10. – С. 810–818.
5. Юров В.М., Кукетасва Т.А., Мурзахметов М.К. Концентрационные эффекты в температурном тушении люминесценции примесных центров. // Оптика и спектроскопия. – 1989. – Т.67. – Вып.6. – С.1398–1399.
6. Юров В.М., Курбатов К.Р. Безызлучательные переходы в автолокализованных экситонах. // Труды университета, КарГТУ, 2002. – № 4. – С.71–73.

УДК 669.782.621.315.592

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖАРОСТОЙКИХ СПЛАВОВ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Б.Н. Сатбаев

РГКП «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы

Әдеби шолудеректерінің негізінде қазіргі уақытта көміртек негізінде конструкциялық ыстыққа төзімді құймалар мен композиторларды шығарудың басты жағдайлары мен принциптері зерттелуде. Сонымен бірге титан тобындағы металдардың негізінде қорытпалардың ыстыққа төзімділігін ежулі өсіру керек. Оның ішінде циркониді алуға болады, ол үшін олардың қорытпадағы белсенділік коэффициентін кішірейтіп қосымша элементтің белсенділік коэффициентін өсіріп (мысалға, алюминий немесе кремний), темір негізіндегі оттек еруін кішірейту керек. Осындай ұйғарымдардың тексерілуі, осы бағыттағы авторлардың жұмыстарын әрі қарай жүргізуіне мүмкіндік береді.

На основании обзора литературных данных показано, что к настоящему времени разработаны основные положения и принципы создания конструктивных жаростойких сплавов и композитов на углеродной основе. Вместе с тем существенно увеличить жаростойкость сплавов на основе металлов подгруппы титана, в частности циркония, можно, если уменьшить их коэффициент активности в сплаве, увеличить коэффициент активности легирующего элемента (например, алюминия или кремния), уменьшить растворимость кислорода в металлической основе. Проверка этих предположений обуславливает дальнейшие работы авторов в этом направлении.

It is shown on the grounds of literary survey data that basic principles and positions of creating resistible to heat alloys and carbon based composites have been worked out till present time. At the same time heat resistance of the alloys based on metals of titanium sub-group, zirconium in particular, may be considerably increased. For this aim it is necessary to decrease the activity coefficient of alloyed element, for example aluminum and silicon, should be increased. Subsequent works of the authors in this direction depend on the examination of this supposition.

Основной принцип получения жаростойких сплавов заключается в том, что на их поверхности должна формироваться сплошная пленка с высо-

ким сопротивлением диффузии и миграции реагирующих компонентов через нее. Высокие защитные свойства пленка имеет в том случае, если она формируется из соединений окислителя с металлом, имеющим особо сильное сродство к окислителю и малую растворимость его в металлической основе. К таким металлам в первую очередь относятся алюминий, хром, кремний (полупроводник), а так же бериллий, цинк. Абсолютные значения изменения энергии Гиббса для систем «вышеприведенные металлы – химическое соединение – окислитель» очень велики [1–4]. Высокое защитное свойство пленок, образованных из соединений этих металлов с окислителем, является результатом исключительно низкой концентрации дефектов решетки в кристаллах этого типа. Действительно, величина отклонения от стехиометрии в оксидах Cr_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 незначительна и существующие в настоящее время аналитические методы не позволяют ее измерить. Как правило, чем больше абсолютное значение теплоты образования данного соединения, тем больше энергии требует образование структурного дефекта [5, 6].

Последнее и является первопричиной возможности получения жаростойких сплавов на основе более благородных металлов при относительно небольших концентрациях легирующего компонента. Как правило, оптимальное значение отношения концентрации более благородного металла к концентрации легирующего компонента в относительно жаростойком бинарном сплаве значительно больше, чем 3.5.

С практической точки зрения, большое значение имела бы возможность расчета минимальной концентрации неблагородного металла в сплаве (N_{min}), выше которой при данных внешних условиях процесса его окисления будет формироваться защитный оксидный слой, образованный исключительно из соединений этого металла с окислителем. Вагнер предпринял такую попытку, пользуясь классической теорией диффузии. Предположив, что защитный слой ВХ (где В – легирующий компонент сплава, а Х – окислитель) на поверхности сплава растет по параболическому закону, он связал коэффициент диффузии металла в сплаве (D_2) с параболической константой скорости роста пленки (K_p) и минимальной концентрацией легирующего компонента В, необходимой для образования гомогенной пленки, и получил, что

$$N_{\text{min}} = V/(n_s M_o) / (\pi K_p / D_2), \quad (1)$$

где V – молярный объем сплава,

n_s – валентность легирующего элемента,

M_o – атомная масса кислорода.

Отсюда следует, что для вычисления N_{\min} необходимо знать не только кинетику окисления чистого металла при данных внешних условиях, но и коэффициент диффузии этого металла в сплаве при той же температуре. Из расчета, приведенного Вагнером для системы «Cu+Zn-ZnO-O», следует, что минимальная концентрация цинка в сплаве Cu+Zn, необходимая для образования защитного слоя из ZnO при температуре 800°C, составляет 15% (здесь и далее используются атомарные проценты). Результаты этого расчета совпадают с экспериментальными данными.

Однако аналогичного соответствия при окислении сплавов Cu+Al, Cu+Be на воздухе при температуре 800°C не установлено. Экспериментально было установлено, что только при концентрации алюминия в сплаве 11% образуется сплошной защитный слой из Al_2O_3 , а минимальная концентрация бериллия – 13%. Из расчета, сделанного Вагнером, получается, что минимальная концентрация алюминия в сплаве – 0,4%, а бериллия – 1,8% [5].

Можно предположить, что приведенные выше примеры несоответствия расчета с экспериментальными данными вызваны начальной стадией. Поверхность сплава, подвергнутая воздействию агрессивного газа, содержит не только атомы легирующего компонента (В), но и значительно большее количество атомов основного металла (А). Следовательно, на начальной стадии образуются зародыши кристаллов AX и BX. Более быстрый рост кристаллов AX затрудняет образование сплошного защитного слоя BX. Длительность образования защитного слоя BX может быть существенно больше, чем изотермическая выдержка в экспериментах, описанных выше. Правильность этого положения подтвердили эксперименты, из которых следовало, что скорость окисления сплава Cu-Al в начальный период является относительно большой, а через 20 ч резко уменьшается и стремится к значениям скорости, когда на поверхности образцов сформирована сплошная пленка из Al_2O_3 . Из данных других исследований также следует, что стационарность протекания процесса окисления многокомпонентных сплавов может устанавливаться длительное время [5].

Кофстад отмечает [7], что при выводе формулы (1) Вагнер, к сожалению, не учитывал такие процессы, как: 1) протекание внутреннего окисления легирующего элемента, которое значительно уменьшает его химический потенциал в сплаве; 2) быстрое образование пор на границе сплав – пленка из-за коагуляции вакансий основного металла, диффундирующего в пленку.

Процесс окисления подавляющего большинства сплавов характеризуется избирательным (селективным) или предпочтительным окислением, а

также внутренним окислением [7–13]. Последнее характерно и при окислении композитов при повышенных и высоких температурах.

Из критического анализа научной литературы следует, что к настоящему времени разработаны основные положения и принципы создания конструкционных жаростойких сплавов и композитов на углеродной основе. Вместе с тем существенно увеличить жаростойкость сплавов на основе металлов, характеризующихся большим сродством к кислороду и его растворимостью в металлической основе, при помощи этих принципов не удается. Возможно, что жаростойкость металлов подгруппы титана, в частности циркония, можно было бы существенно увеличить, если уменьшить их коэффициент активности в сплаве, увеличить коэффициент активности легирующего элемента (например, алюминия или кремния), уменьшить растворимость кислорода в металлической основе.

Это, очевидно, возможно, если прочность межатомной связи между основным металлом и одним легирующим элементом являлась бы очень высокой в тройном сплаве, например, в сплаве Zr–Nb–Al. При этом прочности связи между атомами Zr и Nb должна быть очень высокой, а прочность связи Al–Zr и Al–Nb должна стремиться к минимуму.

Проверить это положение и на его основе получить жаростойкий тройной сплав, который в дальнейшем можно использовать для получения жаростойкого композита на углеродной основе не только при высоких температурах, когда процесс окисления протекает при наложении материала в пассивном состоянии, но при относительно низких температурах является одной из основных целей проводимых нами исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жух Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1976. – 472 с.
2. Жух Н.П. Коррозия и защита металлов. Расчеты. – М.: Машинизд, 1957. – 322 с.
3. Томашиов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 592 с.
4. Фромм Е., Гибхардт Е. Газы и углерод в металлах. Пер с нем. – М.: Металлургия, 1980. – 344 с.
5. Кровец С., Вебер Т. Современные жаростойкие материалы: Справочник. – М.: Мир, 1978. – 223 с.
6. Кофстад П. Отклонение от стехиометрии, диффузия и электропроводность в простых окислах металлов. – М.: Мир, 1975. – 396 с.
7. Кофстад П. Высокотемпературное окисление металлов. – М.: Мир, 1969. – 392 с.
8. Давелия Е.Г., Розенберг В.М. Внутреннеокисленные сплавы. – М.: ИЛ, 1963. – Т.2. – 275 с.

9. Хауффе К. Реакции в твердых телах и на их поверхности. Пер. с англ.– М.: ИЛ, 1963.– Т.2.– 275 с.

10. Биркс Н., Майер Дж. Введение в высокотемпературное окисление металлов. Пер. с англ.– М.: Metallurgia, 1987. – 184 с.

11. Кубашевский О., Готкинс Б. Окисление металлов и сплавов. Пер. с англ.– М.: ИЛ, 1955. – 311 с.

12. Архаров В.П. Окисление металлов при высоких температурах.– М.: Metallurgizdat, 1954. – 171 с.

13. Окисление металлов. Пер. с фр. /Под ред. Ж.Бекара.– М.: Metallurgia, 1967.– Т.1. – 499 с., Т.2.– 1969. – 448 с.

УДК 546.13

ШАБУЫЛДАУШЫ ХЛОР ИОНЫНЫҢ (ОҢ) ЕҢ ҮҚТИМАЛ БАҒЫТЫ

Г. Хабдолда, Д. Жантөрина,
А. Кәрібаева, К. Аяпбергенов

Е.А. Бөкетов атындағы Қараванды мемлекеттік университеті

Транс- және цис- диметилэтиленнің галогендермен (Cl₂) реакцияласу қабілетшілігін анықтау мақсатымен, шабуылдау бұрыштарының оптималды мәні теория жүзінде есептелінді. Реакцияға қабілетшіліктің алиелі ретінде реагенттердің әсерлесуінің электрстатикалық энергиясы қабылданды.

С целью определения относительной реакционной способности транс- и цис- диметилэтилена с галогенами (Cl₂) теоретически вычислен оптимальный угол атаки. За критерий оценки реакционной способности принята величина энергии электростатического взаимодействия реагентов.

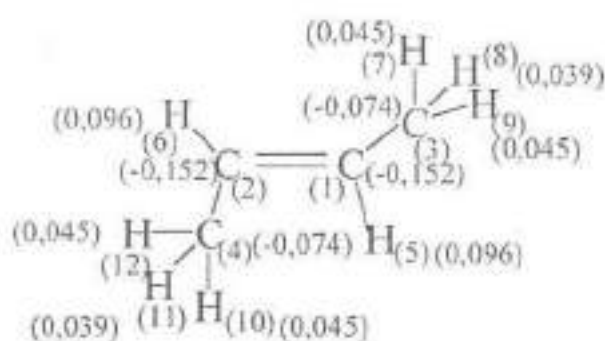
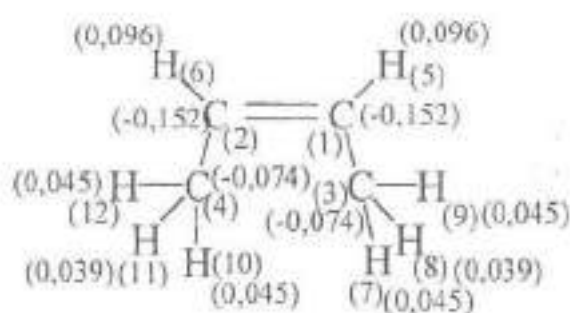
In purpose to define the relative reactionary faculty of trans- and cis-dimethylethylene with halogens (Cl₂) theoretically an optimal angle of attack has been calculated. The energy volume of electrostatical mutual action of reagents has been taken as the criteria of reoctional ability.

Алкендерге галогендердің қосылу реакцияларының механизмі көптеген ғылыми ізденістердің мақсаты болуда. Бұл салада талай шешілмеген түйткілдер бар.

Радикалды механизм арқылы жүретін реакцияларда 1,2-трансдихлорэтиленнің 1,2-цисдихлорэтиленнен 7 еседей қабілеттірек (жылдамдықтары бойынша) екендігі тәжірибе жүзінде анықталған [1]. Теория жүзінде олай бола алатындығы толық дәлелденген [2]. Ал ионды механизммен жүретін реакцияларда этиленнің транс және цис туындыларының жылдамдықтары керісінше, цис-изомерлерінің реакцияға қабілеттірек болатындығы тәжірибе жүзінде анықталған [3].

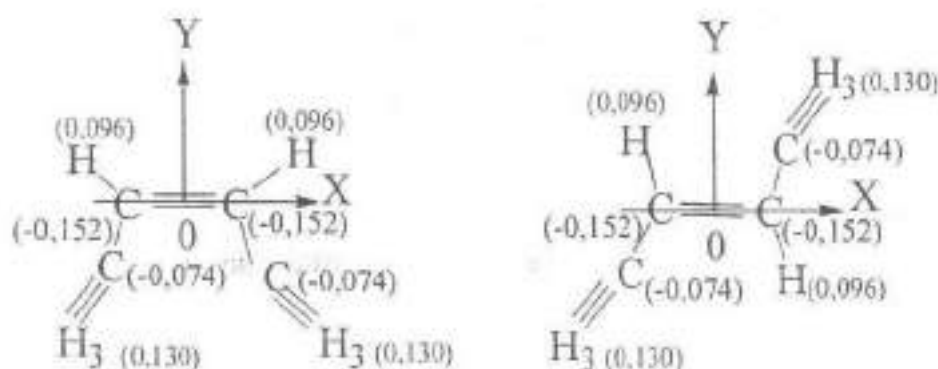
Бұл изомерлер жылдамдықтарының атап өтілген реакцияларда жоғарыда көрсетілген қағынаста бола алатындығы теория жүзінде көрсетуге осы жұмыс бағытталынып отыр. Жұмыс екі сатыдан тұрады. Бірінші бөлігі атауынан көрініп тұрғанындай, хлордың оң ионы этиленнің транс және цис изомерлерін шабуылдаған кездегі ықтимал энергетикалық тұрғыдан ұтымды бағытын анықтауға

арналған. Қай бағыттың ұтымды екенін анықтаудың критеріі ретінде электростатикалық өрістердің әсерлесу энергиясының сан шамасын алдық (қабылдадық). Алған нәтиже төменде келтірілген. Бұл энергияны есептеу осы молекуладағы зарядтардың бір-біріне негізделінген. Төменде электрон тығыздығының мөндері келтірілген.



Есепті шығару жолын недәуір жеңілдету мақсатында түпкі нәтижеге әсер етпейтіндей дәрежеде мынадай жуықтау енгіздік (қабылдадық). Бұл кеністіктік молекулаларды жазықтықтық молекулалар деп қарастыру үшін әр метильдік тобындағы сутегінің үш атомын өздерінің массалық орталығында орналасқан бір гетероатом ретінде қабылдадық. Сонда ол молекулалар мынадай түр (бейне) қабылдады және үш сутегі атомының зарядтарының қосындысы оларды ауыстырған гетероатомға телінді.

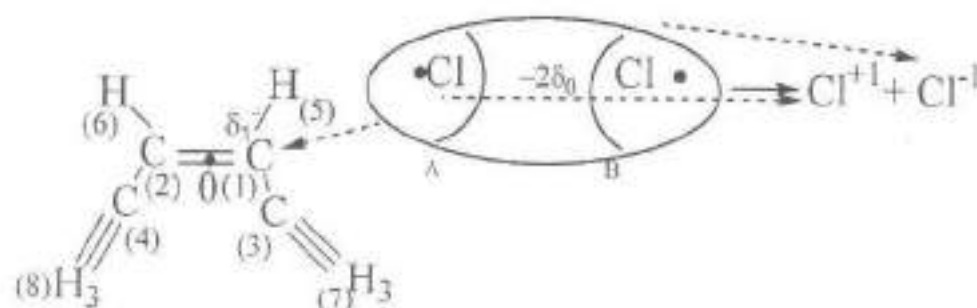
Қабылданған координаттар жүйесі де келтірілген:



Осы жүйеде табылған атомдар координаттары (абсиссалары, ординаталары) мен әр атомның электрон тығыздықтары төменде көрсетілген (координаттар жүйесінің басы, яғни 0 нүктесі қосбайланыстың дәл ортасына орналасқан):

| Цис-изомер үшін | | транс-изомер үшін | | (δ) екі изомерге де ортақ. |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|
| $X_1=0,67 \text{ \AA}$ | $Y_1=0$ | $X_1=0,67 \text{ \AA}$ | $Y_1=0$ | $\delta_1=-0,152$ |
| $X_2=0,67 \text{ \AA}$ | $Y_2=0$ | $X_2=0,67 \text{ \AA}$ | $Y_2=0$ | $\delta_2=-0,152$ |
| $X_3=1,425 \text{ \AA}$ | $Y_3=1,308 \text{ \AA}$ | $X_3=1,425 \text{ \AA}$ | $Y_3=1,308 \text{ \AA}$ | $\delta_3=-0,074$ |
| $X_4=-1,425 \text{ \AA}$ | $Y_4=-1,308 \text{ \AA}$ | $X_4=-1,425 \text{ \AA}$ | $Y_4=-1,308 \text{ \AA}$ | $\delta_4=-0,074$ |
| $X_5=1,211 \text{ \AA}$ | $Y_5=-0,937 \text{ \AA}$ | $X_5=1,211 \text{ \AA}$ | $Y_5=-0,937 \text{ \AA}$ | $\delta_5=0,096$ |
| $X_6=-1,211 \text{ \AA}$ | $Y_6=0,937 \text{ \AA}$ | $X_6=-1,211 \text{ \AA}$ | $Y_6=0,937 \text{ \AA}$ | $\delta_6=0,096$ |
| $X_7=1,607 \text{ \AA}$ | $Y_7=1,623 \text{ \AA}$ | $X_7=1,607 \text{ \AA}$ | $Y_7=1,623 \text{ \AA}$ | $\delta_7=0,130$ |
| $X_8=-1,607 \text{ \AA}$ | $Y_8=-1,623 \text{ \AA}$ | $X_8=-1,607 \text{ \AA}$ | $Y_8=-1,623 \text{ \AA}$ | $\delta_8=0,130$ |

Реакцияға қатыса бастағаннан кейін Cl_2 молекуласындағы электрон бұлты қайта бөліне бастайды реакцияға қатысатын молекулалардың электрон бұлты алдымен тебіле бастайды да, хлор молекуласының электрон бұлты алыс орналасқан хлор атомына жинала бастайды және жақын орналасқан хлор атомы бұрынғысынан оң зарядтала (электрон тығыздығы азаяды) бастайды:



1 сурет

Шабуылдаушы хлор молекуласының атомдарының арасы ұзарып шегінде байланыс үзіледі; нәтижесінде бір оң (Cl^+) және теріс (Cl^-) иондар пайда болады.

Электростатикалық әсерлесу энергиясы үшін мына өрнекті пайдаландық

$$E = \delta_0^+ e^2 \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{R_i} \dots \quad (1)$$

Мұндағы e – электрон заряды ($4,8 \cdot 10^{-16}$ CGSE заряд өлшемі);

$\delta_0^+ = \delta_0 + \Delta\delta_0$ – цисбутен-2-ге шабуылдау кезінде жақындау келген хлор атомындағы зарядтың электрон зарядымен өрнектелген саны (B нүктесіндегі хлор

атомының зарядын ол шабуылданатын молекуладан қашық орналасқандықтан ескерген жоқпыз), δ_i – этилжн туындысы болып табылатын молекуладағы i -атомдағы электрондық заряд саны, R_i – I суреттегі А нүктесінде орналасқан шабуылдаушы хлор атомының цисбутен-2дегі i -атомнан ($i = 1, 2, 3, \dots, 8$) қашықтығы. А нүктесінің координаталары x, y, z деп белгілендіктен $R_i = [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2]^{1/2} \dots$ (2.1) болып немесе

$$R_i = (x^2 + y^2 + z^2 + x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 - 2xx_i - 2yy_i - 2zz_i)^{1/2} \dots (2.2)$$

x_i, y_i, z_i – цис- және транс-бутен-2дегі i -атомның координаттары. Жазық молекулаларды қарастырып отырғандықтан барлық $z_i = 0 \dots$ (3).

Шабуылдаушы хлор атомы тұрған А(x, y, z) нүктесі координаттардың бас нүктесі 0 (0;0;0) дан d қашықтықта деп қарастырдық, яғни $d = [(x-0)^2 + (y-0)^2 + (z-0)^2]^{1/2} = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2} \dots$ (4).

Энергияның және басқа да қажет шамалардың сан мәндерін алу мақсатында һәм, хлор ионын нүктелік заряд деп қарастыру үшін d параметрінің мәнін барынша (молекуланың сызықтық өлшемдерімен салыстырғанда) үлкен етіп алдық. Дәлірек айтқанда, $d = 9E$ деп алдық.

Цисбутен – 2 молекуласының симметрия ерекшелігін ескерсек, хлор ионының шабуылы yOz жазықтығында, яғни $x = 0 \dots$ шарты орындалатындай жағдайда, өтуі керек. Бұл талаптар қанағаттану үшін мына теңдеулер орындалуы керек.

$$\frac{1}{\delta_0^4 e^2} \frac{\partial E}{\partial x} = \sum_{i=1}^8 \delta_i \left[-\frac{x}{r_i^3} + \frac{x_i}{r_i^3} - 3 \frac{(xx_i + yy_i)}{r_i^5} x + 3 \frac{(xx_i + yy_i)}{r_i^5} x_i - \frac{15 (xx_i + yy_i)^2}{2 r_i^7} x + \frac{15 (xx_i + yy_i)^2}{2 r_i^7} x_i - \frac{35 (xx_i + yy_i)^3}{2 r_i^9} x \right] = 0 \dots (5.1)$$

$$\frac{1}{\delta_0^4 e^2} \frac{\partial E}{\partial y} = \sum_{i=1}^8 \delta_i \left[-\frac{y}{r_i^3} + \frac{y_i}{r_i^3} - 3 \frac{(xx_i + yy_i)}{r_i^5} y + 3 \frac{(xx_i + yy_i)}{r_i^5} y_i - \frac{15 (xx_i + yy_i)^2}{2 r_i^7} y + \frac{15 (xx_i + yy_i)^2}{2 r_i^7} y_i - \frac{35 (xx_i + yy_i)^3}{2 r_i^9} y \right] = 0 \dots (5.2)$$

Олай болса іздеп отырған шабуыл бағытын табу үшін (5.2) теңдігін қарастырсақ жеткілікті. Бұл теңдікке өтетін шамаларды есептедік ($d=9E$ болған жағдайы үшін) және олардың сан мәндерін төменде (цис-изомер) үшін келтірдік:

$$\sum_{i=1}^8 \frac{\delta_i}{r_i^3} = -25,602 \cdot 10^{-4} (E^{-3} = 1/E^3); \quad \sum_{i=1}^8 \frac{\delta_i y_i}{r_i^7} = -9,779 \cdot 10^{-4} (E^{-4})$$

$$\sum \frac{\delta_i X_i^{2S+1}}{r_i^m} = 0, S = 0, 1, 2, \text{ ал } m=3, 5, 7, 9; \sum \frac{\delta_i Y_i^3}{r_i^9} = -3,749 \cdot 10^{-10} \text{ (E}^{-9}\text{)}$$

$$\sum \frac{\delta_i X_i^{2S+1} Y_i^2}{r_i^m} = 0; \sum \frac{\delta_i X_i^2 Y_i}{r_i^7} = -6,304 \cdot 10^{-8}$$

$$\sum \frac{\delta_i Y_i}{r_i^5} = -42,516 \cdot 10^{-8} \text{ (E}^{-5}\text{)}; \sum \frac{\delta_i X_i^2 Y_i}{r_i^9} = -6,970 \cdot 10^{-10}$$

$$\sum \frac{\delta_i X_i Y_i}{r_i^m} = 0; \sum \frac{\delta_i X_i^{2S+1} Y_i^4}{r_i^m} = 0$$

$$\sum \frac{\delta_i X_i^2}{r_i^4} = 7,343 \cdot 10^{-8} \text{ (E}^{-4}\text{)}; \sum \frac{\delta_i X_i^2}{r_i^7} = 8,447 \cdot 10^{-8} \text{ (E}^{-7}\text{)}$$

$$\sum \frac{\delta_i Y_i^2}{r_i^5} = 4,375 \cdot 10^{-8}; \sum \frac{\delta_i Y_i^2}{r_i^7} = 10,180 \cdot 10^{-8};$$

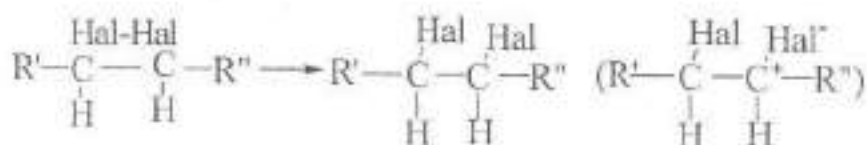
$$\sum \frac{\delta_i Y_i}{r_i^5} = -34,840 \cdot 10^{-8} \text{ (E}^{-5}\text{)}$$

Осы сан мәндерін (5.2) өрнегіне қойсақ, мынадай теңдік аламыз:

$$0,0065625y^4 - 0,7635y^3 + 0,311775y^2 + 38,7279y - 42,516 = 0 \quad (6)$$

Бұл теңдеуді әртүрлі жолмен шығаруға болады. Сол жолдардың бірімен (жуықтап шығару арқылы) $y = 1,115 \text{ \AA}$ (6.1) болатынын таптық. Онда $z = \pm \sqrt{81 - 1,115^2} = \pm 8,931 \text{ \AA}$ (6.2) болатыны белгілі. Хлор ионының шабуылы инсбута-2 жағдайында yOz жазықтығында $0\hat{i} + 1,115\hat{j} \pm 8,931\hat{k}$ векторының бағытымен жасалынса ғана жүйеге ұтыс (энергиялық) береді екен, оу осіне 83° бұрыш жасай шабуылдайды екен. Транс-изомер үшін бұл бұрыш 90° болатын (транс-изомер осы бұрыштық параметр осыған ұқсас жолымен есептелінді).

Классикалық химияда галогендердің ($\text{Cl}_2, \text{Br}_2, \text{I}_2$) алкендермен әсерлесуі төмендегі екі сұлба (схема) бойынша өтеді дейтін жорамал қалыптасқан:



Бірінші жағдайда анти-қосылысу орын алуы мүмкін, бірақ, кепір жасай қосылысу ықтималдығы өте аз. Өйткені этилендік қос байланыста тұрған көміртек атомдарының заряды әртүрлі (біреуіне аз, екіншісіне көп тартылуы өте мүмкін). Тағы қосарымыз: этилендік байланыстағы көміртек атомдарының (егер R¹, R² алкан, арил болса) зарядтары оң болмайды.

Екінші сұлба кезінде син-қосылысу ережесі: стереохимиялық тұрғыдан орындалуы ықтимал. Бірақ бұл жағдайда тобын жазбай келген (Hal-Hal) галоген атомдарының арасындағы химиялық байланыстың үзіліп, этилендік көміртектерге синхронды қосылуы энергетикалық тұрғыдан өте қиындау. Бұл сұлбалар бойынша қарастырылған реакциялардың жүруін мүлде жоққа шығаруға болмайды. Алайда, ықтималдығы тым аз.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. *Гладышев Г.П.* Полимеризация винильных мономеров. – Алма-Ата: Наука, 1964. – 322 с.
 2. *Алиберенов К.А.* Методы оценки реакционной способности органических молекул и расчета кинетических параметров. – Алма-Ата: Ғылым, 1991. – 151 с.
 3. *Кери Ф., Сандберг Р.* Углубленный курс органической химии. – М.: Химия, 1981. – Кн. 1. – 248 с.
-

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 621.9.066-52

ГРАФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОГРЕШНОСТЕЙ НАСТРОИВАЕМЫХ РАЗМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ В СТАНКАХ С УСТРОЙСТВОМ ЧПУ

А.Ф. Проскуряков, Ю.А. Варфоломеева

Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова

Мақалада сандық бағдарлама басқармасы станокта жондеуде күйге келтірілген олием байланыс ағаттығының графикалық үзгісінің болжамы қарастырылды. Бұл кезеңде сандық бағалау ағаттығының математикалық үзгісіне жете пажірибенің жоспарлауына отуге мүмкіндік береді.

В статье рассматривается гипотеза графической модели погрешности настраиваемых размерных связей при наладке станка с устройством ЧПУ, позволяющая в последующем перейти к математической модели, количественной оценке погрешности и планированию эксперимента.

Im Artikel wird die Hypothese des grafischen Modells von gebauten Ausmassverbindungen behandelt. Sie erlaubt später zu einem mathematischen Model, zu Quantitätseinschätzung des Fehlers und Versuchspfanung überzugehen.

В автоматах и полуавтоматах различного технологического назначения, предшественниках станков с устройством числового программного управления (УЧПУ), настраиваемые размерные связи имеют простейшую структуру. Они включают в себя практически только два звена, соответствующих заданным величинам холостого (быстрого) и рабочего ходов суппорта, шпиндельной бабки или какого-либо другого рабочего органа станка. Так в автоматах и полуавтоматах токарной группы с системой управления от распределительного вала величины рабочих и холостых ходов суппортов определяются перепадом профиля кулачка, а в процессе наладки оборудования допускают регулировку в определенных пределах за счет изменения передаточных отношений рычажных механизмов. Положение инструмента в резцедержателе, или инструмента вместе с резцедержателем, устанавливается с помощью шаблона или измерительных ин-

струментов. В токарных копировальных и многолезцовых полуавтоматах величина холостого хода регулируется положением суппорта или его каретки, а величина рабочего хода определяется профилем копира, конечными выключателями и т.п. В станках агрегатного типа величины рабочих и холостых ходов регулируются положением конечных выключателей, а вылеты инструментов – элементами инструментальной оснастки.

Совсем иную архитектуру представляют собой настраиваемые размерные связи в станках с УЧПУ. В большинстве случаев они могут быть представлены в виде замкнутых размерных цепей по каждой управляемой координате с числом звеньев до пяти и более (рисунок 1).

Изменилась и материальная природа этих звеньев. Вместо размеров профиля кулачка, копира, передаточных отношений рычажных механизмов, положения конечных выключателей и т.п., в станках с УЧПУ звенья размерных цепей представлены в виде числовой информации, значение которой устанавливается и вводится в память устройства ЧПУ при наладке станка, а в процессе его работы непрерывно отслеживается автоматической измерительной системой. Изменилась и физическая природа различного рода погрешностей, влияющих на точность настройки размерных связей. Главенствующую роль в данном случае стали играть факторы, оказывающие влияние на точность автоматической измерительной системы станка, на точность позиционирования рабочих органов, погрешности конечных элементов кинематических цепей (передачи винт-гайка, шестерня-рейка) и другие.

Несмотря на полувековой период развития станков с УЧПУ, изучению погрешностей настраиваемых размерных связей до настоящего времени не уделено должного внимания. Но от точности настройки размерных связей зависит не только стабильность обеспечения качества изготавливаемой продукции, но и эффективность использования дорогостоящего оборудования за счет сокращения потерь рабочего времени на его частую подналадку, переналадку. Поэтому изучение механизма формирования погрешности настраиваемых размерных связей, источников этих погрешностей, представление погрешностей в виде соответствующих математических моделей, целенаправленное планирование и выполнение последующих экспериментальных работ и, наконец, количественная оценка этих погрешностей представляет собой определенную научную и практическую значимость.

Рассмотрим графическую интерпретацию модели формирования погрешности размерных связей в порядке их настройки на примере токарного станка модели 16К20Ф3 с устройством ЧПУ 2Р22. Настраиваемые

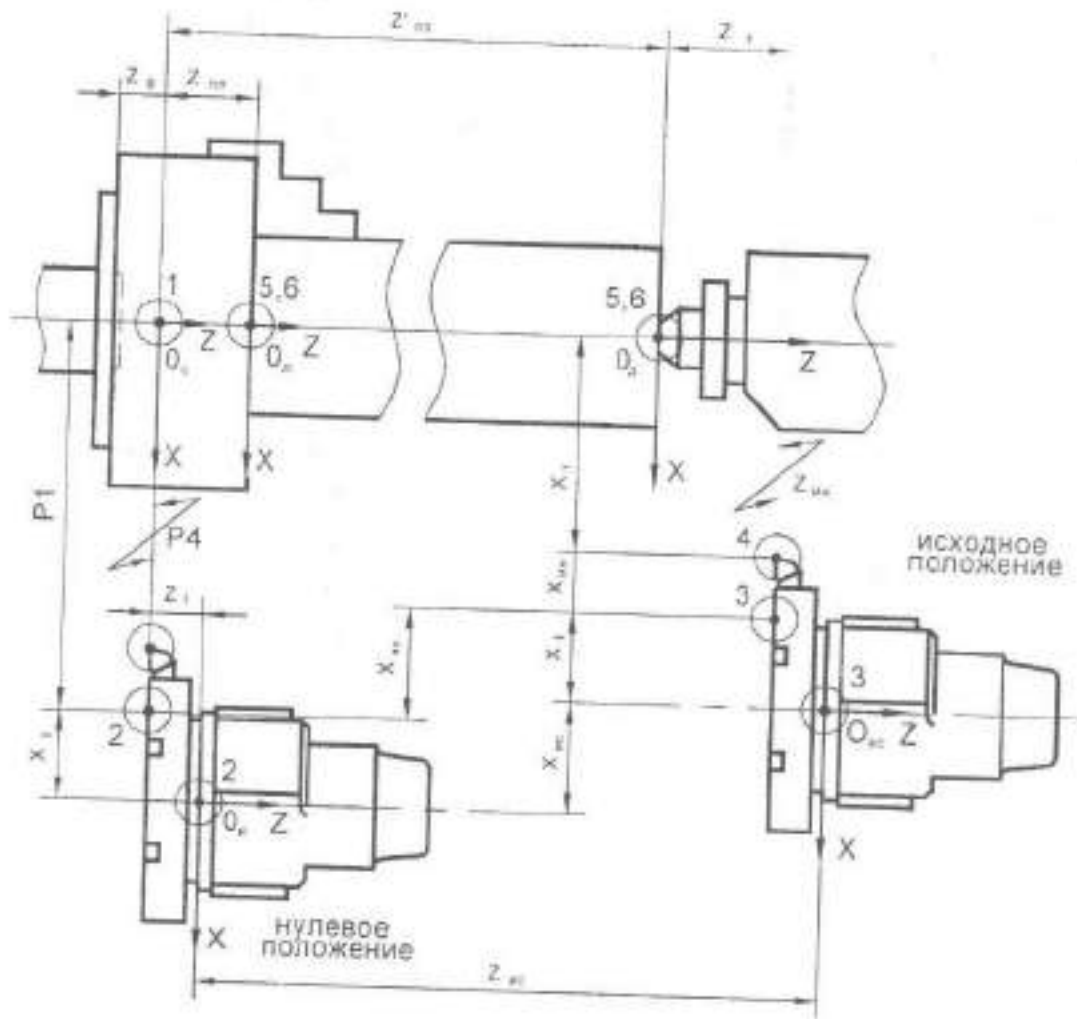


Рис. 1. Настраиваемые размерные связи в станках с УЧПУ

размерные связи для этого станка представлены на рисунке 1. Прогнозируемые графические модели погрешности настройки размерных связей будем увязывать с узловыми (базовыми) точками, отмеченными на рисунке кружками с порядковыми номерами. Настройка размерных связей начинается с ввода станочных параметров в память устройства ЧПУ и последующего вывода рабочего органа станка (в данном случае суппорта и его каретки) в нулевое положение. Из всего многообразия станочных параметров в размерных связях оказываются задействованными только два: $P1 = 400$ мм и $P4 = 0$ (рисунок 1). Параметр $P1$ определяет возможное наибольшее перемещение каретки суппорта в направлении оси X в расчете на диаметр, а параметр $P4$ – предельное перемещение суппорта в оси Z относительно его нулевого положения. Однако физический смысл этих параметров меняется, если подойти к его анализу с точки зрения начала построения размерных связей. Так, например, $P4 = 0$ определит положение нуля системы координат станка (СКС) на линии центров станка, а параметр $P1 = 400$ мм определит положение некоторой точки O_n в области револьверной головки. В идеальном случае точка O_n должна была бы совпасть с вершиной некоторого резца-эталоны, а положение нуля СКС – с точкой пересечения оси шпинделя и его торцевой поверхности. Этого не происходит по причине того, что нулевое положение рабочего органа на заводе-изготовителе не подвергается точной аттестации (настройке) в соответствии со значениями станочных параметров $P1$ и $P4$, а определяется случайно принятым положением упоров конечного выключателя. Таким образом, с помощью параметров $P1$ и $P4$ устанавливается предварительная (первоначальная) размерная связь между рабочим органом и нулем станка (рисунок 2).

Нулевое положение рабочего органа будет иметь погрешность, вызванную неточностью позиционирования его не только в этом, но и в любых других заданных положениях. С учетом большого количества факторов, влияющих на погрешность позиционирования и случайного характера их проявления, рассматриваемая погрешность может быть описана некоторыми функциями распределения $f_x(O_n)$ и $f_z(O_n)$. С учетом отсутствия деформаций элементов рабочего органа в статическом положении, указанные функции распределения остаются неизменными для любой точки рабочего органа при условии их параллельного переноса вдоль осей X и Z , например, для точки O_n и вершины резца $O_{ин}$, указанных на рисунке 2. Отсюда следует, что при исследовании точности позиционирования в качестве базовой точки может быть принята любая точка на

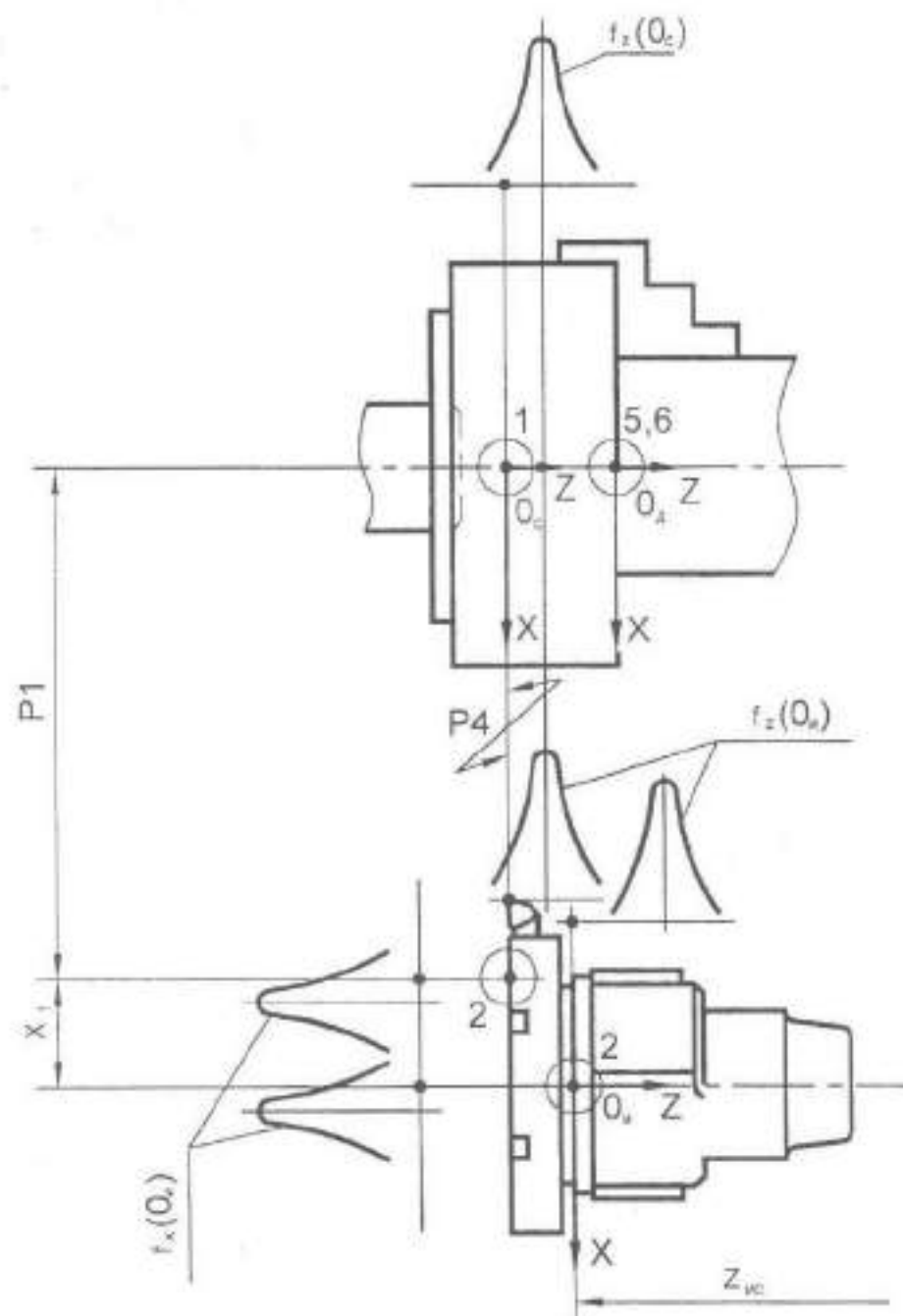


Рис. 2. Формирование погрешности нулевого положения рабочего органа и нуля СКС

рабочем органе станка.

Погрешность позиционирования рабочего органа в нулевом положении вызовет адекватную погрешность положения нуля СКС по оси Z при условии, если величина этой погрешности меньше чувствительности автоматической измерительной системы станка, т.е. $f_z(O_n) = f_z(O_c)$. По другой оси X погрешность положения СКС следует считать равной нулю, т.к. положение оси центров станка не зависит от точности позиционирования каретки суппорта в нулевом положении (рисунок 2).

Математические модели погрешности нулевого положения рабочего органа и нуля СКС в виде функций распределения $f_x(O_n)$, $f_z(O_n)$ и $f_x(O_c)$ характерны для случая многократной настройки этих положений. При обработке партии заготовок имеет место однократная настройка нуля рабочего органа и нуля СКС. В этом случае имеет место и однократная реализация этих функций распределений в области их определения и рассматриваемая погрешность принимает вполне конкретные значения.

На следующем этапе настройки размерных связей производится выбор исходного положения рабочего органа, определение координат исходного положения и ввод их в память устройства ЧПУ. Механизм формирования погрешности исходного положения включает в себя следующие источники.

1. В исходном положении рабочего органа, как и в нулевом, будут иметь место погрешности позиционирования. Если исходить из того, что источники погрешности позиционирования остаются неизменными в качественном и количественном измерении, то справедливыми будут равенства $f_x(O_n) = f_x(O_{nc})$ и $f_z(O_n) = f_z(O_{nc})$. Равенство погрешностей позиционирования рабочего органа в нулевом и исходном положениях позволяет выдвинуть версию о наследовании погрешности от одной узловой точки размерных связей к другой. Но о полной адекватности источников погрешности в рассматриваемых точках утверждать нельзя. В зависимости от расстояния между точками O_n и O_{nc} могут меняться силы трения, погрешность элементов измерительной системы станка, действие погрешности датчика нулевого положения и т.п.

Поэтому более правомерным будет утверждение о наследовании некоторой составляющей доли погрешности нулевого положения рабочего органа и формировании второй составляющей случайной погрешности исходного положения. Отсюда следует, что случайная составляющая погрешности исходного положения рабочего органа может иметь вид композиции распределений $f_x(O_n)$ и $f_x(O_{nc})$; $f_z(O_n)$ и $f_z(O_{nc})$ (рисунок 3).

2. При позиционировании рабочего органа в исходном положении бу-

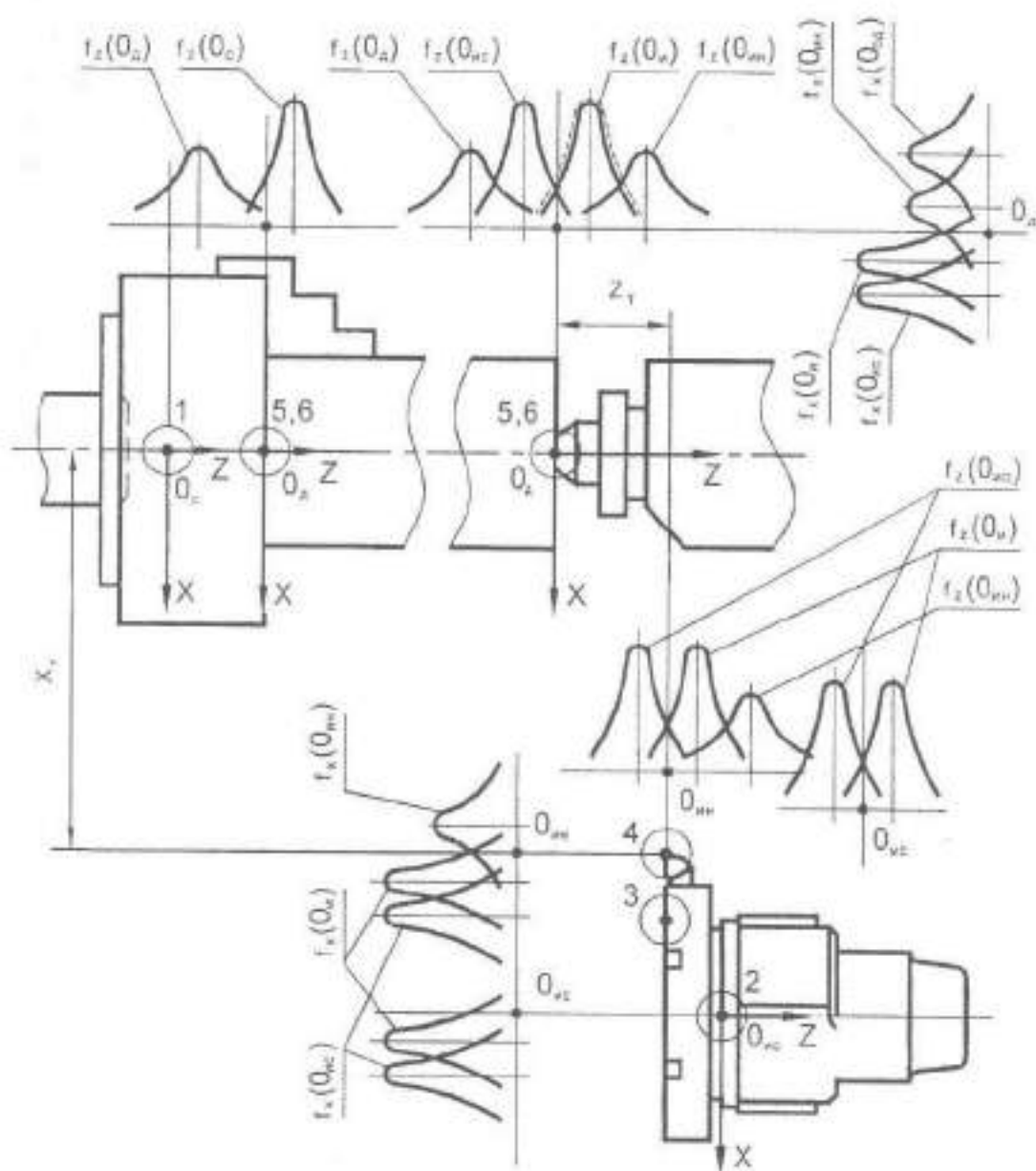


Рис. 3. Формирование погрешности исходного положения рабочего органа и замыкающих звеньев

лет иметь место систематическая составляющая погрешности, которая вызвана, в частности, погрешностью передачи винт-гайка и систематической составляющей погрешности измерительной системы станка.

3. Наконец, третий источник погрешности непосредственно связан со сменой режущих инструментов в процессе обработки одной или партии деталей. Эта погрешность определяется неточностью позиционирования поворотного диска револьверной головки при смене инструментов. Погрешность позиционирования диска револьверной головки обычно анализируют по положению вершины режущего инструмента. С учетом случайной природы этой погрешности ее математическая модель может быть представлена функциями распределения $f_x(O_n)$ и $f_z(O_n)$. Связывая предыдущие составляющие погрешности с вершиной конкретного режущего инструмента, приходим к общей графической интерпретации модели погрешности позиционирования рабочего органа в исходном положении, а точнее погрешности позиционирования вершины режущего инструмента в исходном положении.

Во всех вышеизложенных случаях и далее очень важным элементом анализа является определение на графических моделях расположения в системе координат математического ожидания или, иначе говоря, центров группирования случайных погрешностей.

Однако, с учетом случайной природы местоположения математического ожидания, это явление можно учесть при последующем целостном анализе соответствующих математических моделей рассматриваемых погрешностей. А изображенное на рисунке 2 и 3 расположение составляющих погрешностей следует считать как одно из возможного множества частных реализаций.

На заключительной стадии настройки размерных связей определяются значения вылетов режущих инструментов, значение плавающего нуля, которые также вводятся в память устройства ЧПУ. В результате этой процедуры окончательно (уточненно) устанавливается размерная связь между системами координат станка, инструмента и детали. В размерных связях эту функцию выполняют текущие (замыкающие) звенья x_z и z_x (рисунок 1). На формирование погрешности замыкающих звеньев размерных связей оказывает влияние принятый способ аттестации вылетов инструментов и значения плавающего нуля.

На первоначальном этапе настройки размерных связей при вводе значений параметров P1 и P4 в память устройства ЧПУ было определено положение точки O_n . В соответствии с рисунком 1 вылет режущего инстру-

мента по оси X будет представлять собой размер от точки O_n до вершины инструмента, а по оси Z он определен равным нулю согласно параметра $R4 = 0$. Последнее определяет смещение начала СКС от базового торца шпинделя на некоторую величину, остающуюся неизвестной до заключительного этапа настройки размерных связей.

Существует два способа аттестации вылетов режущих инструментов: вне станка и непосредственно на станке с помощью пробных проходов. Но каким бы способом не производилась аттестация вылетов инструментов всегда имеет место и систематическая, и случайная составляющая погрешности аттестации, т.к. в обоих случаях используется процесс измерения и соответственно измерительные средства.

Поэтому отличаться эти два способа определения вылетов инструмента могут лишь величиной погрешности. То же можно сказать и о звене размерных связей «плавающий нуль».

Графическую модель погрешности замыкающих звеньев можно увязать практически с любой точкой на оси центров станка, в том числе и показанной на рисунке 3. В эту точку, используя все тоже правило параллельного переноса, следует перенести установленную выше графическую модель погрешности исходного положения вершины режущего инструмента с одной стороны и погрешность положения нуля СКС с другой стороны (рисунок 3).

Таким образом, погрешность замыкающего звена x_z будет включать в себя систематические составляющие погрешности позиционирования рабочего органа в исходном положении Dx_{in} и погрешности вылета режущих инструментов Dx_{out} , а также случайные составляющие в виде функций распределения погрешности позиционирования рабочего органа в нулевом положении $f_x(O_z)$, в исходном положении $f_x(O_{in})$, погрешности позиционирования диска револьверной головки $f_x(O_{in})$ и, наконец, погрешности вылета инструмента $f_x(O_z)$. Погрешность замыкающего звена z_z включает в себя аналогичные погрешности в направлении оси Z и дополнительно (повторно) случайную составляющую погрешности положения нуля СКС.

На токарном станке при определении вылетов инструментов и значения плавающего нуля преимущественно используют метод пробных проходов. Не исключено, что использование этого метода на заключительном этапе настройки размерных связей компенсирует в определенной степени накопленную погрешность предыдущих этапов настройки. Однако количественную оценку компенсируемой составляющей погрешности можно установить лишь последующим выполнением экспериментальных работ.

Опыт эксплуатации станков с ЧПУ показывает, что в конечном итоге погрешность настройки размерных связей может достигать значительных величин, существенно влияющих на показатели точности изготавливаемой продукции. В тоже время, как показывают выполненные исследования, отдельные составляющие погрешности, например, точность позиционирования рабочих органов в отдельных точках характеризуется относительно не высокими величинами.

Изучить это противоречие может рассмотренный метод прогнозирования графической модели погрешности настраиваемых размерных связей в станках с УЧПУ. Он позволяет проследить накопление погрешности от начального этапа настройки размерных связей до конечного. Данный метод может быть применен для различных типоразмеров станков с УЧПУ с учетом неизменности алгоритма настройки размерных связей. Однако для различных типов станков неизбежно будет меняться структура графической модели с учетом количества звеньев в размерных связях, действующих источников погрешности, принятым методом аттестации отдельных звеньев размерных связей.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Проскуряков А.Ф.* Анализ размерных связей в станках с устройством ЧПУ // Наука и техника Казахстана. – 2001. – №1.
 2. *Проскуряков А.Ф., Варфоломеева Ю.А.* Прогнозирование точности обработки на станках с ЧПУ по динамическому положению настраиваемых размерных связей. // Материалы научной конференции молодых ученых и школьников «И Сатпаевские чтения». – 2002.
-

УДК 624.012:539.4+539.375

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ РАСЧЕТА ОБОЛОЧЕК И ПЛАСТИН

Т.Т. Мусабаяев, К.М. Жансейтова

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г.Астана

Композиттік ағын компоненттерінің физика-механикалық ерекшеліктердің сипатталысы, бетонның жылуы, физикалық және геометриялық сызықсыз жағдайында және өз бетінше күштер жүйесінің әсер етуде болған, өз бетінше қабықшалы конструкция тақырыпқа арналған зерттеулер нәтижегері қаралады. Сызат пайда болу және жайпақ қабықшаларын нығайту есептері аз зерттелген сызықсыз теория облыстардағы зерттеулер жинақталған Тепе-теңдік конфигурацияның және қабықшалар мен пластиналардың тұрақсыздықтан айырылған критериялардың бауы талданады.

Рассматриваются результаты исследований, посвященных теме произвольной оболочечной конструкции, находящейся под действием произвольной системы сил и в условиях физической и геометрической нелинейности, ползучести бетона, различия физико-механических характеристик компонентов композиционного сечения. Обобщены исследования в малоизученных областях нелинейной теории расчета подкрепленных пологих оболочек, учитывающего неупругие деформации и трещинообразование, которые имеют фундаментальный характер. Анализируются существование равновесной конфигурации и критерий потери устойчивости оболочек и пластин. На основании детального анализа существующей научной литературы в области теории расчета оболочек и пластин сформулированы задачи дальнейшего диссертационного исследования, в которых отмечается, что разработка методики нелинейного расчета подкрепленных оболочек и пластин во взаимодействии с неоднородным грунтовым основанием на всех этапах нагружения и существования, остается актуальной.

To examine's result's of research, light the way subjects Arbitray structure of cover be found underaction Arbitray system to powers, and in physical condition, and Geometrical, don't long measyres. The coawling concrete difference of physical-mechanical characteristics the part, composition section. The to generalize litelstudy domain tueory The colculation strenghen come into consideration, elastic deformation crash formation which have foundation

analyse of lose stability plate. In virtue of petoil analysis scientific literature to formulate tasks further methodics at the head interaction with homo seneous ground the wholes stage load stay actual.

Первые исследования в теории оболочек конечного прогиба проводились по упрощенной модели (модели первого приближения) – модели Кирхгофа-Лявы, одна из гипотез которой утверждает, что нормаль к срединной поверхности оболочки, проведенная до деформирования оболочки, остается нормалью и при деформировании (пренебрегают поперечными сдвигами), нормальными напряжениями в направлении оси Z , в дальнейшем применялись точные модели: модель Тимошенко-Рейснера, учитывающая поперечные сдвиги (модель второго приближения), или обобщенная кинематическая модель, учитывающая нелинейный характер разложения перемещений в ряд нормальной координате. К настоящему времени накоплено большое количество материалов по исследованиям В.З.Власова, Н.А.Алуме, А.С.Вольмира, Л.Донелла, В.Т.Койтера, А.А.Гвоздева, Б.Г.Галеркина, А.И.Лурье, А.Л.Гольденвейзера, Э.Мейсснера, В.В.Новожилова, П.А.Лукаш, А.И.Лурье, И.Е.Милейковского, Х.М.Муштари, В.В.Новожилова, Ю.Н.Работнова, Г.Рейснер, Дж.Сандерс, С.П.Тимошенко, А.Р.Ржаницына, А.Ф.Смирнова, С.П.Тимошенко, Г.К.Хайдукова, В.В.Шугаева, Б.Эллерса и многих других отечественных и зарубежных ученых достигла высокого уровня. На основе моментной теории задачу расчета пологих оболочек Х.М.Муштари, Л.Доннел и В.З.Власов свели к системе двух дифференциальных уравнений четвертого порядка относительно нормального перемещения и обобщенной функции напряжений Φ , через которую выражаются мембранные усилия:

$$\frac{1}{Eh} \nabla^2 \nabla^2 \Phi + D(W) = 0; \quad (1.1.1)$$

$$\frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \nabla^2 \nabla^2 W - D(\Phi) = 0,$$

где D – некоторый дифференциальный оператор.

Практический метод расчета железобетонной цилиндрической оболочки, основанный на теории упругости, был впервые предложен в 1930 г. Б.Эллерсом. При расчете этим принималось шарнирное сопряжение краев и не учитывалось относительное смещение ребер. Метод Б.Эллерса приводил к решению системы дифференциальных уравнений 4-го порядка для определения моментов и перемещений ребер.

В дальнейшем этот метод был уточнен Г. Крамером и И. Грубером. И. Грубер учитывал в основной системе влияние смещения ребер складки.

Характеристики уравнений (1.1.1) при $\Phi = D(W) = D(\Phi) = 0$ для железобетонной пластины с изгибными жесткостями в 2-х направлениях D_{11} , D_{22} и жесткостью на кручение $D_{кр}$ исследовал М.Т. Губер, который показал, что $D_{кр} \approx \sqrt{D_{11}D_{22}}$, а D_{11} и D_{22} выражаются через приведенные моменты инерции погонного железобетонного сечения $I_{гор.$, $I_{гор.у}$.

В 1933 г. G.Olson вывел общее уравнение изгиба плит с переменной толщиной, жесткость которых изменяется:

$$D = D_0 + D_1 y; \quad D = D e^{my}; \quad D = C y. \quad (1.1.2)$$

Рассматривая цилиндрическую оболочку средней длины в виде складки, имеющей в поперечном сечении n плоских граней, П.А. Пастернак в 1932–1933 гг. получил для их расчета систему 12-членных уравнений, которые являются каноническими уравнениями неразрывности деформации метода сил для статически неопределимой системы. В качестве неизвестных в методе сил П.А. Пастернака приняты сдвигающие усилия и поперечные моменты.

Важным этапом в развитии технической теории оболочек как дискретно-континуальных систем с конечными числами степеней свободы в поперечном направлении (складки, имеющие n плоских граней) и бесконечно большими в продольном и создания инженерных методов их расчета явились работы В.З. Власова, опубликованные в 1933–1935 гг. В работах изложен смешанный метод расчета оболочек и складок средней длины. Метод основан на идее приведения двумерной задачи расчета оболочки, описываемой системой дифференциальных уравнений в частных производных от двух переменных к одномерной задаче, сводящейся к интегрированию обыкновенных дифференциальных уравнений. Это достигалось введением для оболочки из физических соображений ряда упрощающих гипотез полубезмоментной теории В.З. Власова.

За неизвестные функции в методе В.З. Власова приняты продольные напряжения и поперечные моменты, за основную статически неопределимую систему с шарнирным сопряжением граней. Состояние внутренних сил и деформаций в направлении образующих цилиндрической оболочки представлено в балочных функциях, удовлетворяющих условиям закрепления на торцах оболочки. Принятие такой механической модели сводит задачу к решению симметрично построенных восьмичленных алгебраических уравнений с обобщенными сило-

выми факторами – продольными напряжениями и поперечными изгибающими моментами.

В практическом методе В.З.Власова не учитывались деформации сдвига, вызывающие перераспределение усилий по высоте бортовых элементов. В последующих работах, написанных в развитии этого метода, и в частности, в работах учеников и последователей В.З.Власова, И.Е.Милейковского и Б.С.Василькова на основе вариационного метода разработан способ расчета оболочек и складок методом перемещений, учитывающий деформации сдвига, что дало лучшее совпадение с экспериментальными данными.

Интегрирование системы уравнений (1.1.1) производил в своих работах В.З.Власов, подставляя φ и ω в виде

$$\varphi = C_1 U(x) V(Y) \text{ и } \omega = C_2 X(x) Y(y), \quad (1.1.3)$$

удовлетворяющие граничным условиям с последующим применением метода Бубнова-Галеркина и им получено решение рассматриваемой системы уравнений при вертикальной нагрузке в двойных тригонометрических рядах для случая, когда оболочка несмещающимися углами шарнирно оперта на жесткие плоскости и податливые из плоскости диафрагмы.

Уравнения, записанные для оболочек с регулярной пологой срединной поверхностью, могут быть использованы для расчета оболочек с изломами срединной поверхности, для чего по линии изломов вводятся сосредоточенные кривизны. При этом используются также решение в двойных тригонометрических рядах.

В монографиях В.З.Власов на основе обобщения методов строительной механики и теории упругости ввел ряд гипотез, значительно упрощающих расчет оболочек и, вместе с тем, обеспечивающих точность расчета, достаточную для проектирования строительных конструкций. В дальнейшем на основании принципа возможных перемещений Лагранжа-Эйлера им был предложен вариационный метод, который отличается от методов Ритца-Тимошенко и Бубнова-Галеркина тем, что при решении дифференциальных уравнений теории оболочек и плит в частных производных в качестве неизвестных принимаются не параметры, а функция, зависящие только от одной переменной величины. В связи с этим решение получается более точным, чем в указанных методах. На основании этого метода было запроектировано и возведено большое количество оболочек и плит.

В последующих на основе моментной теории упругих тонкостенных систем получены решения для оболочек и плит с различными условиями

на контуре при действии произвольной В.В.Новожилов вывел систему уравнений пологих оболочек, подобную системе В.З.Власова, в терминах комплексных усилий, которая сводится к одному уравнению, имеющий вид:

$$-D(\psi) + i \frac{h}{2\sqrt{3(1-\gamma^2)}} \nabla^2 \nabla^2 \psi = q. \quad (1.1.4)$$

В уравнении (1.1.4)

$$\psi = \varphi + i \frac{Eh^2}{2\sqrt{3(1-\gamma^2)}} \omega$$

и отделяя в нем вещественные части от мнимых, приходим к системе (1.1.1).

Разработанный в работах В.С.Бартенева способ расчета прямоугольных в плане ортотропных оболочек с упругим контуром включает в себе две части. Первая часть предусматривает собой решение основной системы, за которую принимается рассмотренные оболочки на «идеальных» диафрагмах. Вторая часть представляет собой контактную задачу, которая решается смешанными методами строительной механики.

Расчетные усилия или деформации получаются суммированием результатов основной и дополнительной системы. При рационально выбранной основной системе данным способом можно учесть податливость всех бортовых элементов оболочки.

Расчет по методике, предложенной Л.С.Гарениным, представляет собой сведение задачи о расчете оболочки к задаче по расчету плиты на упругом основании.

Благодаря развитию вычислительной техники, широкое распространение получили расчеты оболочек в конечных разностях, основывающиеся на системе дифференциальных уравнений (1.1.1). Дифференциальные зависимости заменяются алгебраическими линейными уравнениями. Корнями системы линейных алгебраических уравнений являются численные значения функции напряжений или прогибов в узлах выбираемой сетки.

Таким образом, в настоящее время разработаны и применены многочисленные методы расчета железобетонных пологих оболочек и плит с использованием линейной теории упругости однородного изотропного тела. Однако такая расчетная модель является весьма приближенным и, как правило, не отражает действительной работы материала и конст-

рукции из-за того, что в силу наличия микроразрушений бетона и железобетона всегда, даже при малых нагрузках, проявляют нелинейные свойства. Кроме того, появление и распределение микро- и макротрещин сопровождается значительным перераспределением усилий, что еще более искажает картину их распределения по сравнению с той, которую дает анализ методами линейной строительной механики и теории упругости. И, наконец расчет в линейной постановке оставляет полностью открытым вопрос о формах возможного разрушения конструкции и соответствующих значений внешней нагрузки.

Основными свойствами железобетона, обуславливающими сложность его работы как конструктивного материала, являются:

1. Физическая и геометрическая нелинейность – нелинейность деформаций и напряжений, и зависимости между перемещениями и нагрузками;
2. Анизотропия, усиливающаяся в результате трещинообразования;
3. Усадка, ползучесть и др. явления, зависящие от времени и условий окружающей среды.

Указанные факторы служат объяснением тому, что в настоящее время работа бетона и железобетона под нагрузкой, особенно при 2-х и 3-х осном напряженном состоянии изучены еще недостаточно точно.

Практика строительства пространственных тонкостенных конструкций выдвигает новые требования к расчету оболочек и плит с учетом специфики работы их материалов. Особенно проявилось это в последние годы в связи с резким увеличением объемов применения железобетонных оболочек и плит.

Только учет специфических свойств материала при расчете железобетонных конструкций, и особенно железобетонных пологих оболочек и плит, позволяет получить достоверную картину распределения усилий и перемещений при силовых и деформационных воздействиях. Это дает возможность существенно уточнить расчет рассматриваемых пространственных конструкций, что ведет к экономии материалов.

В соответствии с нормами расчет сечений железобетонных элементов тонкостенных пространственных покрытий должен производиться по двум группам предельных состояний на различных стадиях работы конструкций.

Расчет по первой группе предельных состояний (по несущей способности) рекомендуется производить на основе теории предельного равновесия, основные принципы которой были заложены в работах А.А.Гвоздева и А.Р.Ржаницына и др.

Расчет методами предельного равновесия, основанными на модели жестко-пластического тела, дает такие результаты, как величину разрушающей нагрузки (несущую способность), одно из статически допустимых напряженных состояний, позволяющее корректировать принятый ранее проект схему разрушения.

Метод предельного равновесия является также эффективным средством в задачах отыскания оптимальных форм конструкции и их армирования.

Основным затруднением такого подхода является необходимость предварительного получения из эксперимента наиболее вероятной схемы разрушения конструкции. Кроме того, после появления зон трещин во многих пространственных конструкциях возникают значительные перемещения и пластические деформации, усложняющие применение метода предельного равновесия. Наконец, теория предельного равновесия составляет вне поля зрения развития пластических деформаций до появления трещин.

Существенный практический интерес представляет также методы расчета железобетонных оболочек и плит по деформациям с учетом образования трещин и пластической работы бетона во второй, неупругой стадии, охватывающей наибольший диапазон нагрузок, соответствующей работе конструкций в эксплуатационных условиях.

Прочность и устойчивость оболочек повышается, если они подкреплены ребрами жесткости. Ребристые оболочки, выдерживают большие нагрузки, чем гладкие. Ребристые оболочки находят большое применение в различных областях техники, необходимо проводить расчеты НДС и устойчивости таких оболочек, с учетом нелинейных факторов.

Основные идеи расчета ребристых оболочек были высказаны А.И. Лурье, В.З. Власовым, И.Г. Бубновым.

В большинстве работ учет сводится к введению дополнительных членов в нормальных усилиях N_x, N_y и изгибающих моментах M_x, M_y , учитывающих жесткость ребер только одного направления.

На основе уравнений (Карпов) для пологих оболочек ступенчато-переменной толщины исследована потеря устойчивости ребристых оболочек и оболочек, ослабленными вырезами (местная и общая, взаимосвязь). НДС оболочек при различном числе подкрепляющих оболочку ребер, динамическая устойчивость и свободные нелинейные колебания. Результаты исследований подтверждаются экспериментальными данными, полученными для подобных оболочек С.А. Тимашевым.

Для ребристых оболочек важен учет сдвиговой и крутильной жесткости ребер, жесткое закрепление их при пересечении и учет нелинейных факторов. При исследовании частоты колебаний в обшивке (между ребрами) и ребрах вблизи критических нагрузок отличаются друг от друга.

Успехи в развитии вычислительной техники и численных методов расчета строительных конструкций, позволяют разрабатывать и совершенствовать усложненные расчетные схемы и модели, а также основанные на них, методы расчета железобетонных конструкций при различных воздействиях на всех стадиях работы – от начала образования пластических деформаций до стадии разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бубнов И.Г. Строительная механика корабля. – СПб. – Ч. 1–2. – 1912–1914.
 2. Валишвили Н.В. Методы расчета оболочек вращения на ЭЦВМ. – М.: Машиностроение, 1976. – 278 с.
 3. Власов В.З. Избранные труды. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – Т.1. – 528с.
 4. Вольмир А.С. Гибкие пластинки и оболочки. – М.: Гостехиздат, 1956. – 419 с.
 5. Гольцаев А.Б., Полищук В.П., Руденко И.В. Расчет железобетонных стержневых систем с учетом фактора времени. – Киев: Будивельник, 1984. – С.125–126.
 6. Карпов В.В. Геометрически нелинейные задачи для пластин и оболочек и методы их решения: Уч.пособие. – СПб.: Изд-во АСВ; М. ГАСУ, 1999. – 105 с.
 7. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. – Л.: Судпромгиз, 1962. – 427 с.
 8. Рассудов В.М. Деформация пологих оболочек, подкреплённых ребрами жесткости. – Саратов: Уч. зап. СГУ, 1956. – Т.52. – С.51–91.
-

УДК 550.838.08

К ТЕОРЕТИЧЕСКОМУ РАССМОТРЕНИЮ МЕТОДА ИСКУССТВЕННОГО ПОДМАГНИЧИВАНИЯ

В.С.Портнов

Карагандинский государственный технический университет

Жисанды магниттендіру әдісінде магнитті дипольдер жүзесінде пікірі статистикалық тепе-теңсіз термодинамиканың шеңберінде есептеледі. Жүйедегі диссипативті процестер ықтималдығы үшін ырық және рудада магнитті темір құрамының бейнелену коэффициентінің байланысы алынады.

Отклик системы магнитных диполей в методе искусственного подмагничивания рассчитывается в рамках статистической неравновесной термодинамики. Получено выражение для вероятности диссипативных процессов в системе и связь коэффициента отображения содержания магнетитового железа в руде.

System Response magnetic dipoles in the method artificial magnetization pays within the framework of the irreversible thermodynamics. Received expression for probability of dissipation processes in the system and relationship of factor of displaying a contents magnetite ferric in ore.

Метод искусственного подмагничивания (МИП) позволяет определять магнитную восприимчивость горных пород и руд в естественном залегании и в сравнительно большом объеме пород (десятки и сотни м³) [1]. Измеренное значение магнитной восприимчивости используют для оценки природы магнитных аномалий и содержания ферромагнитных компонентов (при наличии корреляционных связей) в рудах отдельных месторождений, в первую очередь, железорудных (магнетитовых).

В методе МИП с помощью незаземленного, расположенного на поверхности земли, контура с постоянным или пульсирующим током малой частоты (около 0,7 Гц) возбуждается магнитное поле. Породы, подмагниченные этим полем, создают вторичный эффект, величина которого зависит от их магнитной восприимчивости, глубины залегания и их формы. На практике определяется вертикальная составляющая вторичного магнитного поля, создаваемого подмагниченными породами и устанавливается

корреляционная зависимость между содержанием железа, связанного с магнетитом, и коэффициентом отображения K , представляющего собой отношение величин вторичного поля к первичному полю контура в точке измерения.

В настоящей работе мы применим наиболее общие принципы статистической неравновесной термодинамики к методу МИП и вычисления коэффициента отображения K .

Рассмотрим магнетит как систему невзаимодействующих магнитных диполей, погруженную в термостат. Это обычный прием, использующийся в термодинамике магнетиков [2]. Под термостатом мы будем понимать вмещающие магнетит породы. Квантовые переходы, обусловленные взаимодействием магнитных диполей с термостатом, будут диссипативными (с вероятностью P) в отличие от переходов, связанных с взаимодействием с внешним магнитным полем (с вероятностью f). Диссипативные процессы приводят к тому, что вторичное поле МИП всегда меньше первичного.

Поскольку подсистема магнитных диполей обменивается с термостатом только энергией, то соответствующий им ансамбль частиц будет каноническим [2]. В этом случае выражение для статистической энтропии имеет вид:

$$S = -k \sum_i f_i \ln f_i, \quad (1)$$

где f_i – функция распределения;
 k – постоянная Больцмана.

Дифференцируя (1) по времени и проводя ряд преобразований, получим

$$\frac{dS}{dt} = \frac{k}{2} \sum_{i,j} (\ln f_i - \ln f_j) (P_{ij} f_i - P_{ji} f_j), \quad (2)$$

где P_{ij} – вероятность перехода из начального i (с энергией E_i) в возбужденное состояние j (с энергией E_j). Для диссипативных процессов принцип детального равновесия имеет вид [3]:

$$\frac{g_i P_{ij}}{g_j P_{ji}} = \exp\left(\frac{E_j - E_i}{kT}\right), \quad (3)$$

где g_i, g_j – статистические веса для уровней E_i и E_j .

Тогда (2) примет вид

$$\frac{dS}{dt} = \frac{k}{2} P_v \ln f_i - \ln f_j \left(f_i - \frac{g_i}{g_j} f_j \right) e^{-\frac{E_i - E_j}{kT}}, \quad (4)$$

Каноническая функция распределения

$$f_i = \frac{1}{Z} e^{-E_i/kT}, \quad (5)$$

где статистическая сумма

$$Z = e^{-G/kT}, \quad (6)$$

где G – потенциал (свободная энергия) Гиббса системы термостат+система магнитных диполей. Положим, что неконфигурационная часть потенциала Гиббса линейно зависит от концентрации N магнитных диполей (для задач, подобных нашей, это приближение можно обосновать строго [2, 3]):

$$e^{-G/kT} = \sum_N h(N), \quad (7)$$

где $h(N) = \omega(N) e^{-G/kT}$, (8)

$\omega(N)$ – статистический вес.

После громоздких, но простых вычислений нетрудно показать, что функция $h(N)$ представляет собой распределение Гаусса около равновесного значения \bar{N} с очень малой дисперсией, т.е.

$$h(N) = h(\bar{N}) e^{-\Delta N^2/\bar{N}}, \quad (9)$$

Подставляя (9) в (7), имеем:

$$e^{-G/kT} = h(\bar{N}) \sum_{\Delta N} e^{-\Delta N^2/\bar{N}}. \quad (10)$$

Для оценки суммы в (10) заменим ее интегралом

$$\sum_{\Delta N} e^{-\Delta N^2/\bar{N}} = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x^2/\bar{N}} dx = \sqrt{\pi \bar{N}},$$

Тогда (10) принимает вид:

$$e^{-G/kT} = h(\bar{N}) (\pi \bar{N})^{1/2}. \quad (11)$$

Воспользовавшись (8) и взяв логарифм от (11), находим

$$G/kT = -\ln \omega(\bar{N}) + \frac{G}{kT} \bar{N} + \frac{1}{2} \ln(\pi \bar{N}). \quad (12)$$

Из оценки первого логарифмического члена следует:

$$\ln \omega(\bar{N}) = N \ln \left(1 + \frac{\bar{N}}{N} \right) + \bar{N} \ln \frac{N + \bar{N}}{N}. \quad (13)$$

Аппроксимируя логарифм в первом слагаемом правой части (13) первым членом его разложения в ряд, а второе слагаемое, выражая через потенциал Гиббса системы магнитных диполей, получим

$$\ln \omega(\bar{N}) = \bar{N} + \bar{N}G^f / kT. \quad (14)$$

Подставляя (14) в (12) и пренебрегая членом $1/2 \ln(\pi \bar{N})$ по сравнению с \bar{N} , получаем

$$G = G(\bar{N}) - \bar{N}G^f - \bar{N}kT. \quad (15)$$

Как и выше, считая, что термодинамический потенциал $G(\bar{N})$ зависит от равновесного числа магнитных диполей линейным образом, т.е.

$$G = G^0 + \bar{N}G^f, \quad (16)$$

где G^0 – термодинамический потенциал термостата, находим

$$G = G^0 - \bar{N}kT. \quad (17)$$

С помощью (17) выражение (6) преобразуется к виду:

$$Z = e^{-G^0/kT} e^{\bar{N}}, \quad (18)$$

Подставляя (18) в (5), находим

$$\frac{dS}{dt} = \frac{k}{2} \sum_{i,j} P_{ij} e^{G^0/kT} e^{-\bar{N}} e^{-E_i/kT} \left(\frac{E_j - E_i}{kT} \right) \left(1 - \frac{g_i}{g_j} e^{-\frac{E_i - E_j}{kT}} \right). \quad (19)$$

Пренебрегая малыми членами и заменяя в (19) сумму интегралом (что справедливо для сплошного спектра значений энергии магнитных диполей), получим

$$P = \frac{2 \Delta S}{k\tau} \exp \left\{ -\frac{E_m - G^0/N}{kT} \right\}, \quad (20)$$

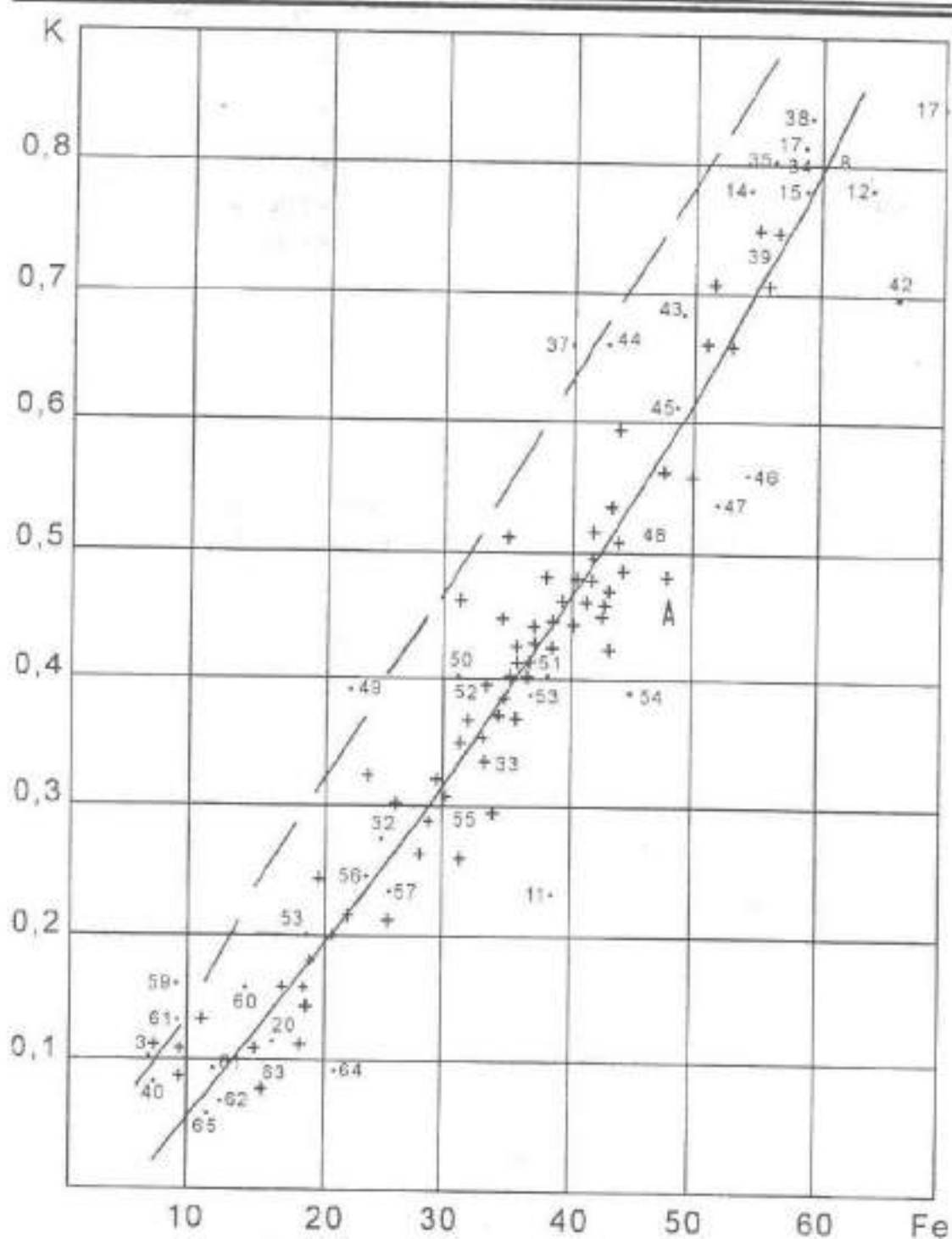
где ΔS – изменение энтропии в диссипативном процессе;

E_m – среднее значение энергии основного состояния магнитных диполей;

τ – время релаксации.

Из физического смысла коэффициента отображения следует, что (с точностью до постоянного множителя)

$$K = \frac{f}{f + P}, \quad (21)$$



Пунктирная линия – общее железо; сплошная – магнетитовое железо; 60 – номера точек 1986 года; А – результаты наших работ.

Рис. 1. Поле корреляции и графики зависимости коэффициента отображения от содержания железа

где Γ - вероятность квантового перехода, индуцирующего вторичное магнитное поле, причем $\Gamma = 1/\tau_p$;

τ_p - «радиационное» время жизни системы магнитных диполей в возбужденном состоянии, тогда с учетом (20), имеем:

$$K = \frac{1}{1 + \frac{\tau_p}{\tau} \frac{2\Delta S}{k} \exp -(E_m - G/kT)} \quad (22)$$

Обозначая в (22) предэкспоненциальный множитель через C , учитывая, что $E_m \ll G^0/N$ и разлагая экспоненту в ряд, ограничиваясь первыми двумя членами, имеем

$$\frac{G^0}{NkT} = \frac{1 - C^2K - CK}{CK} \quad (23)$$

Оценка CK дает $CK \ll 1$ и окончательно

$$K = N \frac{kT}{CG^0} = C_1 N, \quad C_1 = \frac{kT}{CG^0} \quad (24)$$

Итак, при фиксированных параметрах, в частности, температуры T , мы имеем линейную зависимость коэффициента отображения K от концентрации железа, связанного с магнетитом. Сказанное иллюстрируют полученные нами результаты на магнетитовых месторождениях Казахстана [4] (Куржункульского, Кентобе и др.) (см. рис.).

Отметим следующее обстоятельство. Анализ соотношения (24) показывает, что по наклону графика функции $K(N)$ можно решать и обратную задачу об определении энергии Гиббса методом МИП, которая играет важную роль при формировании магнитных характеристик магнетитовых месторождений [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Стадухин В.Д., Гурапов В.Н., Шабанова К.Н. и др. Метод искусственного подмагничивания при поисках магнетитовых месторождений (Методические рекомендации). Свердловск: УНЦАН СССР, 1982.- 106 с.
2. Киттель Ч. Статистическая термодинамика. - М.: Наука, 1977.- 336 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика.- Ч.1.- М.: Наука, 1976.- 584 с.
4. Портнов В.С. Изучение магнитной восприимчивости и плотности магнетитовых руд основных месторождений Казахстана с целью повышения точности определения содержания железа. / Канд. дисс., Свердловск, 1981.- 302 с.
5. Вуд К., Фрейзер Д. Основы термодинамики для геологов.- М.: Мир, 1981.- 153 с.

УДК 621.311.13.004.16:658.26

СПОСОБ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВНУТРЕННЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

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

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

В.В. Ткаченко

*Костанайский государственный университет
им. А. Байтурсынова*

Кәсіпорының электрмен ішкі жабдықтаумен жүйесінде кернеудің жалпы жығытын тарту тәсілі жасалған, электр тармағы әр сипта кернеудің шығының оңтайлы мәнінен алынған отырған.

Разработан способ распределения общей располагаемой потери напряжения в системе внутреннего электроснабжения предприятия, исходя из оптимального значения потери напряжения на каждой ступени электрической сети.

The way of distribution of the general (common) available loss of a pressure (voltage) in system of internal electro supply of the enterprise is developed, proceeding from optimum value of loss of a pressure (voltage) at each step of an electric network.

При определении значения допустимой потери напряжения в сети, рассмотрим вопрос о распределении располагаемой величины допустимой потери напряжения между различными элементами сети.

В общем случае таких элементов сети три:

- а. линия электропередачи на напряжение 6 + 35 кВ, питающая потребительские (цеховые) трансформаторные подстанции;
- б. линия электропередачи на напряжение до 1 кВ, питающая потребители;
- в. электропроводки внутри производственных зданий, питающие отдельные электроприемники.

Располагаемая допустимая потеря напряжения должна быть оптимально распределена между всеми вышеперечисленными элементами сети. Очевидно, что оптимальным вариантом распределения располагаемой потери напряжения будет являться тот, при котором потери напряжения на каждом элементе сети будут близки к оптимальным. Т.е. общая потеря напряжения на трех элементах сети будет равна:

$$\Delta U_{\text{опт}} = \Delta U_{\text{опт.уд1}} \cdot l_1 + \Delta U_{\text{опт.уд2}} \cdot l_2 + \Delta U_{\text{опт.уд3}} \cdot l_3, \quad (1)$$

где $\Delta U_{\text{опт.уд}}$ – удельная оптимальная потеря напряжения для данного элемента сети, %/км;

l – длина участка сети, км.

Приравняв располагаемые допустимые потери напряжения в сети к оптимальным, определяем оптимальное распределение потерь напряжения в электрической сети.

На основе вышеизложенного следует, что разработанный способ распределения общей располагаемой потери напряжения в системе внутреннего электроснабжения предприятия, исходит из оптимального значения потери напряжения на каждой ступени сети.

Оптимальная часть располагаемой допустимой потери напряжения приходящаяся на линию электропередачи напряжением выше 1000 В может быть определена в относительных единицах по математической формуле:

$$a = \frac{\Delta U_{\text{опт.уд1}} \cdot l_1}{\Delta U_{\text{опт.уд1}} \cdot l_1 + \Delta U_{\text{опт.уд2}} \cdot l_2 + \Delta U_{\text{опт.уд3}} \cdot l_3}, \quad (2)$$

Аналогично можно определить долю допустимой потери напряжения приходящейся на другие элементы сети.

Для линии электропередачи напряжением до 1000 В:

$$b = \frac{\Delta U_{\text{опт.уд2}} \cdot l_2}{\Delta U_{\text{опт.уд1}} \cdot l_1 + \Delta U_{\text{опт.уд2}} \cdot l_2 + \Delta U_{\text{опт.уд3}} \cdot l_3}, \quad (3)$$

Для электропроводок:

$$c = \frac{\Delta U_{\text{опт.уд3}} \cdot l_3}{\Delta U_{\text{опт.уд1}} \cdot l_1 + \Delta U_{\text{опт.уд2}} \cdot l_2 + \Delta U_{\text{опт.уд3}} \cdot l_3}, \quad (4)$$

Сумма относительных частей располагаемых потерь напряжения должна быть равна единице.

$$a + b + c = 1. \quad (5)$$

Для линий одного напряжения и конструктивного исполнения значения удельных оптимальных потерь напряжения одинаковы.

$$\Delta U_{\text{opt.}y21} = \Delta U_{\text{opt.}y22} = \Delta U_{\text{opt.}y23}.$$

В этом случае оптимальное распределение располагаемой величины потери напряжения будет определяться длиной линии:

$$b' = \frac{\Delta U_{\text{opt.}y2} \cdot l_2}{\Delta U_{\text{opt.}y2} \cdot (l_2 + l_3)} = \frac{l_2}{l_2 + l_3}. \quad (6)$$

$$c' = \frac{l_3}{l_2 + l_3}. \quad (7)$$

Используя оптимальное распределение располагаемой допустимой потери напряжения, можно приблизить суммарные приведенные затраты на линейную часть системы электроснабжения к минимальным.

УДК 621.1: 628.477

БИОМАССА И ЭНЕРГИЯ

М.М. Кабдуалиева, Б.С. Алин

Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова

Жанармайға биомасса энергиясының айналу технологиясы қарастырылған. Қатшы өнеркәсіп қалдық қоқыстарының тиімді әдісінің биогазды технологиясы ретінде қарастырылады.

Описывается технология по преобразованию энергии биомассы в топливо. Рассматривается применение биогазовой технологии как эффективный метод обезвреживания твердых бытовых отходов.

The technology of transforming the biomass energy into the fuel is described in the article. Usage of the biogas technology is considered as an effective method of neutralizing solid domestic wastes.

Современные проблемы энергетики могут быть решены только при рациональном использовании всех существующих на Земле и околоземном пространстве источников топлива и энергии. Среди них биомасса, как постоянно возобновляемый источник топлива, занимает существенное место.

Биомасса – термин, объединяющий все органические вещества растительного и животного происхождения. Биомасса делится на первичную (растения, животные, микроорганизмы и т.д.) и вторичную – отходы при переработке первичной биомассы и продукты жизнедеятельности человека и животных.

На земном шаре в результате процессов фотосинтеза – самого мощного преобразователя солнечной энергии – посредством конверсии CO_2 ежегодно продуцируется более 200 млрд. т биомассы (по сухому веществу), т.е. в среднем при содержании в биомассе около 50% углерода в процессе фотосинтеза усваивается до 300 млрд. т CO_2 . Это требует затраты $3 \cdot 10^{24}$ Дж солнечной энергии. Почти такое же количество CO_2 выделяется в окружающую среду при естественном отмирании и разложении органической массы, и лишь очень незначительная часть трансформированных органических

ких веществ уходит из естественного круговорота углерода, накапливаясь на дне болот (торф), озер (сапронель), или переносится грунтовыми и подземными водами в более глубокие слои земли [1].

Значительная доля энергетического потенциала биомассы потребляется человеком, следовательно, бытовые отходы жизнедеятельности человека представляют существенную угрозу для самого человека и окружающей среды.

Резкий рост потребления в последние десятилетия во всем мире привел к существенному увеличению объемов образования твердых бытовых отходов (ТБО). В настоящее время масса потока ТБО, поступающего ежегодно в биосферу достиг почти геологического масштаба и составляет около 400 млн. тонн в год. Влияние потока ТБО остро сказывается на глобальных геохимических циклах ряда биофильных элементов, в частности органического углерода. Так, масса этого элемента, поступающего в окружающую среду с отходами, составляет примерно 85 млн. тонн в год, в то время как общий естественный приток углерода в почвенный покров планеты составляет лишь 41,4 млн. тонн в год.

Одним из основных способов удаления ТБО во всем мире остается захоронение в приповерхностной геологической среде. В этих условиях отходы подвергаются интенсивному биохимическому разложению, которое вызывает в частности генерацию свалочного газа (СГ).

Эмиссии СГ, поступающие в природную среду формируют негативные эффекты как локального, так и глобального характера. По этой причине во многих развитых странах мира осуществляются специальные мероприятия по минимизации эмиссии СГ. Это фактически привело к возникновению самостоятельной отрасли мировой индустрии, которая включает добычу и утилизацию СГ. [2]

Процессы разложения органических отходов с получением горючего газа и его использованием в быту известны давно: в Китае – мировом лидере – их история насчитывает 5 тыс. лет, в Индии – 2 тыс. лет.

Природа биологического процесса разложения органических веществ с образованием метана за прошедшие тысячелетия не изменилась. Но современная наука и техника создали оборудование и системы, позволяющие сделать эти «древние» технологии рентабельными и применяемыми не только в странах с теплым климатом, но и в странах с суровым континентальным климатом.

Широкому использованию биомассы как источнику экологически чистого топлива и энергии уделяется самое серьезное внимание в большин-

стве стран Западной Европы, США, Канаде, а также в ряде развивающихся стран: Китае, Индии, Бразилии и др.

Для сухого вещества простейший способ превращения биомассы в энергию заключается в сгорании – оно обеспечивает тепло, которое в свою очередь превращается в механическую или электрическую. Что касается сырого вещества, то в этом случае древнейшим и наиболее эффективным методом превращения биомассы в энергию является получение биогаза (метана).

Энергия, запасенная в первичной и вторичной биомассе, может конвертироваться в технически удобные виды топлива или энергии несколькими путями.

1. Получение растительных углеводов (растительные масла, высокомолекулярные жирные кислоты и их эфиры, предельные и непредельные углеводороды и т.д.).

2. Термохимическая конверсия биомассы (твердой, до 60%) в топливо: прямое сжигание, пиролиз, газификация, сжижение, флест-пиролиз.

3. Биотехнологическая конверсия биомассы (при влажности от 75% и выше) в топливо: низкоатомные спирты, жирные кислоты, биогаз.

Современная наука и техника указывает на реальность возможности использования энергии биомассы как коммерческой энергии, не нарушая глобальных природных процессов и баланса CO_2 .

Метановое «брожение», или биометаногенез, - давно известный процесс превращения биомассы в энергию. С биологической точки зрения метановое «брожение» есть не что иное, как анаэробное дыхание, в ходе которого электроны органических веществ переносятся на углекислый газ, который затем восстанавливается до метана [3].

Метановое «брожение» происходит в водонепроницаемых цилиндрических цистернах (реакторах) с боковым отверстием, через которое вводится ферментируемый материал. Над реакторами находится стальной цилиндрический контейнер, который используется для сбора газа. Контейнер препятствует проникновению внутрь воздуха, так как весь процесс должен происходить в строго анаэробных условиях, реактор изготавливаются из глиняных кирпичей, бетона или стали.

В тех случаях, когда используются отходы или жидкий навоз, соотношение между твердыми компонентами и водой должны составлять 1:1 (100 кг отходов на 100 кг воды), что соответствует общей концентрации твердых веществ, составляющей 8–11% по весу. Смесь сбраживаемых материалов обычно засеивают ацетоногенными и метаногенными бактериями или отстоем из другого реактора. Низкий pH подавляет рост метаногенных

бактерий и снижает выход биогаза; такой же эффект вызывает переструзка реактора. Против закисления используют известь. Оптимальное «переваривание» происходит в условиях, близких к нейтральным (рН 6,0–8,0). Максимальная температура процесса зависит от мезофильности и термофильности микроорганизмов (30–40°C или 50–60°C); резкие изменения температур нежелательны. В странах с холодным климатом процесс проходит с искусственным обогревом. Желательно переменьшивать суспензию сбраживаемых веществ, чтобы воспрепятствовать расслаиванию, которое подавляет брожение. Твердый материал необходимо раздробить, так как наличие крупных комков препятствует образованию метана.

Особенно большое значение биогазовых технологий, как показывает опыт Китая, имеют для модернизации сельскохозяйственного производства. Биогазовые технологии – это наиболее радикальный, экологически чистый, безотходный способ переработки, утилизации и обезвреживания разнообразных органических отходов растительного и животного происхождения.

Эти технологии одновременно решают четыре проблемы: экологическую (ликвидация отходов); энергетическую (получение топлива и энергии); агрохимическую (получение экологически чистых удобрений и повышение плодородия почв с постепенным восстановлением их экологической чистоты); социальную (улучшение условий труда и быта, получение экологически чистой продукции). [4]

Технически реализация биогазовых технологий достаточно проста, и они могут применяться в широком диапазоне: от индивидуального крестьянского подворья до крупных животноводческих комплексов, птицефабрик и городов-миллионников при любых климатических условиях.

Биогаз состоит из метана (55–85%) и углекислого газа (15–45%), его теплота сгорания составляет от 21 до 27,2 тыс. кДж/м³ (при нормальных условиях). Из 1 т органического вещества при влажности 5–10% можно получить от 250 до 600 м³ биогаза.

Переработка 1 т свежего коровьего или свиного навоза (при влажности 85%) может дать от 45 до 60 м³ биогаза, 1 т куриного помета (при влажности 75%) – до 100 м³ биогаза.

1 м³ биогаза по теплоте сгорания эквивалентен 0,7 кг мазута, 0,4 кг бензина, 0,6 кг керосина, 3,5 кг дров, 12 кг навозных брикетов. Биогаз, как и природный газ, относится к наиболее чистым видам топлива.

Сжигание 1 м³ биогаза в газозлектрогенераторах дает до 2 кВт·ч электроэнергии и до 10,5–12,6 тыс. кДж тепловой энергии. Биогаз можно комп-

римировать и использовать в двигателях внутреннего сгорания и в дизельных двигателях вместо бензина и мазута.

Биогазовые технологии – это реальное техническое решение проблем экологии.

Одновременно с получением газообразного топлива биогазовые технологии решают некоторые локальные проблемы экологии:

1. Сравнительный анализ выхлопных газов, полученных на работающем с номинальной мощностью биогазбензоэлектрогенераторе при сжигании в нем последовательно бензина и биогаза, показал, что при сжигании биогаза содержания CO в 45 раз меньше, углеводородов в 30 раз меньше, оксидов азота в 1,5 раза меньше, чем при сжигании бензина. Пробы выхлопных газов отбирались сначала при сжигании бензина, а затем после работы в течении 1 ч на биогазе в газовые бюреты, их состав определялся на газовых хроматографах. Таким образом, биогаз можно отнести к наиболее экологически чистым видам топлива органического происхождения.

2. Метангенерация органических отходов приводит к полной минерализации азота, фосфора, калия и других микроэлементов, делая их более доступными для усвоения растениями, т.е. позволяет из любых органических отходов получать высокоэффективные экологически чистые органические удобрения, лишенные патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, семян сорняков, нитратов и нитритов. Применение таких удобрений значительно снижает использование минеральных удобрений и различных ядохимикатов, что позволяет получать экологически чистые продукты питания. Кроме того, органические удобрения являются универсальными и могут применяться для любых сельскохозяйственных и декоративных культур, обеспечивая минимальное повышение урожайности в 2–2,5 раза.

Разработка современных, экономически эффективных биогазовых технологий базируется на сочетании следующих основных принципов:

- фундаментальные знания сложнейшего биологического процесса метангенерации органических веществ растительного и животного происхождения, включая достижения микробиологии, биохимии, молекулярной биологии, биотехнологии;
- особенности механического состава используемого сырья;
- конструкторское решение оборудования, направленное на снижение металлоемкости и энергоемкости;
- экономические, экологические, энергетические особенности конкретного региона.

Интеграция указанных принципов позволила создать серию наиболее перспективных биогазовых технологий, которые можно разделить на три группы.

Первая группа технологий по обработке супержидких стоков (отходы перерабатывающей промышленности: молочной, сахарной, бумажной, кожевенной, консервной, текстильной и т.д.) при влажности последних 98–99% основана на использовании: осаждения бактериальных гранул и контакта поступающего сырья с образующимся активным илом; неподвижного слоя ила (бактериальные гранулы) и поступления сырья в реактор снизу вверх или реактора с восходящим слоем; анаэробного фильтра с закреплением-иммобилизацией метанобразующих сообществ на неподвижных носителях; биореакторов с псевдооживленным и увеличенным слоем бактериальной массы, закрепленной на мелких инертных частицах; биореактора с закрепленной пленкой.

Процесс непрерывный, температура ферментации от 18 до 55°C, время удерживания от нескольких часов до нескольких суток, выход газа до 20–30 м³ на 1 м³ реактора в сутки.

Преимущества этих технологий – высокие скорости обработки, снижение объемов реакторов, сокращение капитальных затрат на единицу массы обрабатываемых стоков.

Впервые в промышленных масштабах технология, сочетающая использование неподвижного слоя ила (бактериальных гранул) и восходящего потока жидкости, была применена в СССР при создании производства кормового препарата витамина В–12 с одновременным получением биогаза (18000 м³/сут) при переработке жидких стоков (до 3000 м³/сут) на двух ацетонобутиловых заводах в 1960–1969 гг.

Вторая группа технологий основана на использовании классической технологии вытеснения субстрата. Они могут быть использованы при обработке субстратов с влажностью в пределах от 85 до 96%. Процесс периодический, полупериодический, непрерывный. Температура ферментации от 15 до 55°C. Время удерживания от 3 до 30 суток. Выход биогаза от 1 до 5 м³ на 1 м³ реактора. Недостатки: возможное образование «корки», необходимость перемешивания и большой расход энергии на поддержании температуры процесса.

Классическая технология получила интенсивное развитие, и на ее основе создано несколько перспективных, более экономичных технологий, такие как: рециркуляционная технология и технология многостадийной метангенерации.

Рециркуляционная технология используется при обработке концентрированных, вязких органических отходов (например, куриного помета), требующих разведения для создания оптимальных физико-химических условий процесса. Процесс периодический, полупериодический, непрерывный. Температура ферментации от 18 до 55°C. Субстрат имеющий влажность 75–80%, разбавляется рециркулятором (культуральной жидкостью) до влажности 93–94% и после подогрева до температуры ферментации подается в реактор. Время удерживания от 5 до 50 суток. Выход газа от 1 м³/м³ реактора в сутки и более. Именно внедрение технологии рециркуляции позволило успешно обрабатывать отходы птицеводства, содержащие высокие концентрации азотосодержащих органических соединений. Преимущества: отсутствие избыточной жидкой фазы.

Технология многостадийной метангенерации основана на разделении природного биологического процесса метангенерации в соответствии с его бактериально-биохимическими особенностями (с целью интенсификации процесса) на стадии: бактериального гидролиза, кислотообразования и метангенерации. Процесс непрерывный, время удерживания 3–5 суток. Объемы последовательно расположенных реакторов увеличиваются в соотношении 1:2:4 с повышением температуры в каждом реакторе 40:45:55 °C. В первом реакторе происходит бактериальный гидролиз, во втором – кислотогенный процесс, в третьем – метангенерация. Выход газа увеличивается до 500–600 м³ с 1 т навоза (на абсолютно сухое вещество) вместо 200–250 м³/т при использовании обычной технологии. Преимущества: ускорение процесса, снижение металлоемкости и энергозатрат, увеличение газоотдачи, отсутствие коркообразования, полная гарантия экологической чистоты получаемых удобрений.

К третьей группе технологий относится технология твердофазной метангенерации. Вопреки широко распространенному мнению было экспериментально установлено, что процесс образования метана может активно протекать при влажности субстрата менее 85% (вплоть до 10%), причем при влажности в пределах 5–10%, количество образующегося метана прямо пропорционально количеству воды в субстрате. Твердофазный процесс может быть непрерывным, полупериодическим и периодическим. Температура ферментации от 18 до 55°C. Время удерживания от 5 до 30 суток. Выход биогаза от 0,5 до 1,5 м³/м³ реактора в сутки. Загрузка и выгрузка осуществляется с помощью шнеков. При ферментации субстрата необходимо постоянное перемешивание. Преимущества: отсутствие дополнительной воды; отсутствие коркообразования; уменьшение объемов реакторов

и капитальных затрат. Недостатки: снижение газоотдачи и увеличение времени удерживания.

Технология твердофазной метангенерации получила свое дальнейшее развитие и в качестве субстратов используются: обезвоженные осадки сточных вод, подстилочный навоз, смесь навоза, помета с соломой, твердые бытовые отходы.

Как показывает зарубежный опыт, технологии биогазификации могут успешно использоваться и при утилизации и обезвреживании твердых бытовых отходов городов (ТБО), являющихся «ахиллесовой пятой» всех городов мира. Существует несколько технологий их переработки и обезвреживания: мусорные свалки; мусоросжигательные заводы и газификация; биотермическая обработка с получением удобрений и тепловой энергии; биогазификация в закрытых емкостях.

Перечисленные технологии имеют определенные недостатки, препятствующие их широкому внедрению:

Сжигание ТБО, практически, ликвидирует ценную органическую составляющую: исходное сырье для получения органических удобрений и экологически чистого топлива – биогаза. При сжигании отходов происходит выброс дымовых газов в атмосферу;

Сепарирование ТБО, с одной стороны, не решает проблему полного обеззараживания органической части ТБО, подвергающейся по технологии компостированию, а с другой – это процесс (компостирование) переводит в CO_2 до 50% перерабатываемого углерода – потенциального источника топлива.

Биогазификация в буртах протекает с большой скоростью в течении нескольких лет, что не снимает проблему отчуждения земель, хотя и меньших масштабах, чем при организации мусорных свалок.

В настоящее время в мусорных отвалах обрабатывается до 90% ТБО, в которых основную опасность представляют органические вещества, составляющие до 60%. Период их полураспада колеблется от 30 до 60 лет, т.е. любой город, не имеющий современных технологий переработки и обезвреживания ТБО, ежегодно вынужден отчуждать на непроизводительные нужды значительные земельные площади. Помимо отчуждения полезных земель мусорные свалки – это постоянный источник инфекций, эпизоотий, пожаров, отравление атмосферы и грунтовых вод.

В городе Павлодаре существующая общегородская свалка ТБО эксплуатируется крайне неудовлетворительно, с нарушением санитарных правил «Устройства и содержания полигонов для ТБО» и не обеспечивает сани-

тарную надежность в эпидемиологическом отношении обезвреживания бытовых отходов. Технология по обезвреживанию ТБО не соблюдается из-за отсутствия спецтранспорта для выемки и доставки грунта, средств для ее нормальной эксплуатации и содержания. На свалке производится работа только по разравниванию и уплотнению ТБО. Прилегающая к городской свалке территория замусорена легко перемещающимися бытовыми отходами. Постоянно отмечаются факты самовозгорания отбросов, нахождения посторонних лиц, что категорически запрещается. Территория свалки не имеет ограждения, освещения, озеленения. Не функционирует имеющаяся скважина. Со стороны селитебной зоны нет полосы древесно-кустарниковых насаждений.

Ситуация достаточно серьезная, но есть несколько реальных путей ее решения. В основе их лежит, прежде всего, сортировка ТБО, как это делается в некоторых городах Западной Европы, в Минске и Санкт-Петербурге, с выделением черных и цветных металлов, стекла, пластмасс и органических остатков.

Далее могут быть применены следующие методы переработки и обезвреживания органических отходов.

При содержании солей тяжелых металлов выше норм ПДК они сжигаются в газогенераторах с получением генераторного газа, который используется для производства тепловой или электрической энергии и шлама, объемы последнего резко сокращаются.

При содержании солей тяжелых металлов ниже уровня ПДК обрабатывать органические остатки после сортировки ТБО можно компостированием методом активного вентилирования с получением удобрений. Близка к этому методу технология биотермирования – биологическое окисление в шахтах с выделением значительных количеств тепловой энергии и получением удобрений или обработкой по экспресс-технологии методом термофильной метангенерации.

Метод экспресс-технологии, разработанный Российским научно-производственным Центром «ЭкоРос» на основе фундаментальных исследований, проведенных в 80-х годах в Институте биохимии имени А. Н. Баха АН СССР, позволяет перерабатывать органическую составляющую ТБО за 15–20 суток вместо 30 лет с получением до 350 м³ биогаза на 1 т ТБО и до 250–300 кг высокоэффективных органических удобрений. Указанный метод даст возможность получать газообразное топливо (в количествах, максимально обеспечивающих потребности всего мусороперерабатывающего комплекса) и органические удобрения [5].

Использование на мусоросортировочных заводах экспресс-технологий позволит создать экологически чистые высокорентабельные предприятия по переработке и обезвреживанию ТБО с получением черных и цветных металлов, стекла, строительных материалов, газообразного топлива, электрической и тепловой энергии, органических удобрений, и навсегда избавиться от заимствования новых земель под мусорные полигоны.

Биогазовые технологии и станции в отличие от других систем, использующих возобновляемые источники энергии, могут функционировать круглогодично в любое время суток практически везде, где есть органические отходы или доступная энергетическая биомасса.

Реализация и внедрение биогазовых технологий в народное хозяйство требует определенных разовых инвестиций, но они окупаются за очень короткий срок и далее работают на накопление капитала.

Потребность современного мирового сообщества в коммерческой энергии составляет $3 \cdot 10^{20}$ Дж. Биомасса ежегодно в виде энергии химических связей накапливает до $3,2 \cdot 10^{21}$ Дж или в 10 раз больше [6].

Внедрение биогазовых технологий как завершающий цикл переработки твердых бытовых отходов на городских свалках, позволит не только снять экологическую напряженность, но дает возможность получения дополнительно экологически чистого топлива – биогаза и так необходимого в сельском хозяйстве высокоэффективного, экологически чистого удобрения.

Надеюсь, в скором будущем, мы построим мусороперерабатывающий завод в городе Павлодаре, который будет работать по производственному циклу: МУСОРСОРТИРОВКА-РЕЦИКЛИНГ-МЕТАНГЕНЕРАЦИЯ. Тем самым позволит создать экологически чистые высокорентабельные предприятия по переработке и обезвреживанию ТБО.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Панцхава Е.С., Пожарнов В.А., Зысин Л.В., Фарберов В.Г., Шрамков В.М., Майоров Н.И., Школа И.И.* Преобразование энергии биомассы. Опыт России // Теплоэнергетика. – 1996. – № 5. – С. 33–38.
2. *Гурвич В.И., Лифшиц А.Б.* Добыча и утилизация свалочного газа (СГ) – самостоятельная отрасль мировой индустрии // сайт Центра координации и информации СоЭС.
3. *Дебабова В.Г.* Биотехнология: свершения и надежды. – М.: Мир, 1987. – 411 с.
4. *Панцхава Е.С.* Биогазовые технологии – радикальное решение проблем экологии, энергетики и агрохимии // Теплоэнергетика. – 2001. – № 11. – С. 36–42.
5. *Панцхава Е.С., Пожарнов В.А., Кошкин Н.Л.* Биомасса – реальный источник

коммерческих топлив и энергии. Ч. II. Потенциальные возможности России // Теплоэнергетика. – 2002. – № 1. – С. 19–23.

6. *Патцхава Е. С., Пожарнов В. А., Майоров Н. И., Школа И. И.* Биогазовые технологии и решение проблем биомассы и «парникового эффекта» в России // Теплоэнергетика. – 1999. – № 2. – С. 30–39.

УДК 20.9 (470+574)

КАЗАХСТАН – РОССИЯ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПАРТНЕРСТВА (К ГОДУ КАЗАХСТАНА В РОССИИ)

К.Ф. Загупаров, А.К. Кинжибекова

Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова

Мақалада Қазақстан мен Ресейдің отын-энергетикалық сектордағы ынтымақтастығының жақсаруы және түрлері, оның екі елдің экономикасы үшін маңызы қарастырылады.

В статье рассматриваются пути и формы сотрудничества Казахстана и России в топливно-энергетическом секторе, его значение для экономики обеих стран.

Ways and forms of the coloboration between Kazakhstan and Russia in the fuel and energetic sphere are expressed in the article and their importance for the both countries.

Казахстанско-российское сотрудничество является своеобразным атрибутом экономической жизни нашего государства. Геополитическая близость, общность исторического прошлого и имеющийся опыт совместной деятельности можно считать залогом успешного партнерства. Ныне политическое, экономическое и культурное взаимодействие между нашими странами вышло на качественно новый уровень. Поэтому неслучайно 2003 год объявлен Годом Казахстана в России, а следующий, 2004-й планируется обозначить как Год России в Казахстане. Уже семьдесят два российских региона поддерживают торгово-экономические связи с Казахстаном. В апреле 2003 года Н.Назарбаев совершил рабочую поездку в г. Омск. Как отметил во время встречи с Главой нашего государства Президент России В.Путин, в установлении крепких экономических отношений между нашими странами лидируют совместные предприятия. Они являются показателем экономического и политического согласия. «В наших интересах способствовать расширению палитры экономических связей», – сказал В.Пу-

тип. Прежде всего, в топливно-энергетическом секторе, в сфере космических исследований и инновационных технологий. Один из путей углубления экономических интеграции – создание финансово-промышленных групп. Президент России назвал макроэкономические показатели Казахстана образцовыми для России.

В ответном слове Н.Назарбаев назвал первым приоритетом казахстанской экономики развитие партнерских отношений с добрым соседом Россией. Как сообщил Глава государства, третья часть внешнеторгового оборота Казахстана приходится на Россию – это более 5 млрд. долларов. Но и это не предел, отметил Н.Назарбаев. Главы государств высказались за дальнейшее расширение контактов в области транспортировки углеводородов, добываемых на территории двух стран, на мировые рынки, эффективного освоения Каспия, функционирования Каспийского трубопроводного консорциума, а также создания газового альянса.

В течение многих лет Казахстан и Россия сотрудничают в области топливно-энергетического сектора экономики. Это сотрудничество жизненно важно обоим государствам. Взаимовыгодное обеспечение друг друга рынками сбыта, сниженная ценовая политика, а также содействие по вопросам транспортировки природного топлива благоприятствуют развитию экономической жизни двух стран.

В первые годы становления независимости было совершено немало ошибок. Старые связи, налаженные годами, рушились на глазах. Стараясь получить как можно больше независимости, демонстрируя свой суверенитет, республики бывшего Советского Союза отворачивались от своих вековых партнеров и пытались выйти на новые энергетические рынки. Но время показало, что именно совместная деятельность России и Казахстана способствовала развитию экономики страны.

Казахстан по своему природному потенциалу входит в число тех немногих стран мира, которые способны полностью обеспечить не только себя первичными энергетическими ресурсами, но и экспортировать их в значительных объемах. У нас сосредоточено 3,3% от мировых промышленных запасов угля. По объемам добычи угля Казахстан занимает восьмое место в мире и третье место после России и Украины среди стран СНГ [1,стр.41].

По общим разведанным запасам углеводородного сырья Казахстан входит в первую десятку мира. В Республике открыто около двухсот месторождений нефти и газа [1,стр.44]. Тем не менее, многие запасы полезных ископаемых страны до сих пор остаются неосвоенными.

С конца XIX века, когда первые научно-исследовательские экспедиции обнаружили здесь наличие природных полезных ископаемых, Казахстан стал представлять интерес не только для России, но и для международного сообщества в целом. С того времени прошло более ста лет, а интерес к нашему государству только усилился. Казахстан теперь уже самостоятельно определяет свою внешнюю политику, в том числе и экономическую. Возможность свободного выбора партнёров способствует повышению эффективности энергетического сотрудничества.

За первые три месяца текущего года в Казахстане было добыто 1 млн 916 тыс. тонн нефти и газового конденсата, 234 млн. м³ природного газа. За этот период было произведено 72 тыс. тонн бензина, 157 тыс. тонн дизельного топлива, 136 тыс. тонн мазута [2, стр. 2]. Большие перспективы нефтегазоносности связаны с шельфом казахстанского сектора Каспийского моря. На это указывает наличие в этом районе благоприятных структур, а также то, что район непосредственно примыкает к территории, где расположены уже известные нефтяные и газовые месторождения. Проведенные предварительные расчеты показывают, что потенциальные ресурсы шельфа по нефти могут по величине быть сопоставимы с общими запасами нефти всех категорий, расположенными на суше. В августе этого года закрыта акционерные общества «Национальная компания «КазМунайГаз» и «Морская нефтяная компания «КазМунайТениз» начали подготовительные работы к проведению морских нефтяных операций на участках «Дархан», «Нурсултан», «Улытау» и «Ракушечное-море» в казахстанском секторе Каспийского моря. Промышленное использование морских месторождений на этих структурах впервые в истории Казахстана приведет к созданию отечественной морской нефтегазовой индустрии.

В сравнении с крупными нефте- и газозэкспортирующими странами сырьевой потенциал Казахстана выглядит не так уже плохо. Но сравнивая эти показатели, необходимо учесть то, что основная часть запасов нефти Казахстана является трудноизвлекаемой и удельные затраты на добычу нефти на них будут высоки. Кроме того, вследствие удаленности наших месторождений от экспортных портов значительная часть валовой выручки будет уходить на транспортные расходы. Поэтому «нефтяная» политика Республики Казахстан должна быть несколько иной, нежели у стран-экспортеров нефти.

Помимо этого, проблема исчерпаемости полезных ископаемых при нерациональном их потреблении грозит возникновением энергетического кризиса даже для стран Персидского залива. Поэтому Правительство РК

взяло на себя обязательство контролировать деятельность нефтедобытчиков и транспортировщиков углеводородного сырья. Принимаются меры по повышению эффективности совместной деятельности Казахстана и России в области топливно-энергетического сектора экономики. Об этом свидетельствуют подписанные и уже осуществляющиеся на деле соглашения и договоренности. Один из ярких примеров – взаимовыгодное разрешение всех вопросов на Каспии. Была достигнута договоренность о порядке совместного освоения углеводородных ресурсов геологических структур «Курмангазы», «Центральная» и «Хвалынская», запасы которых в общей сумме оцениваются в 1 млрд. тонн.

Еще одно важное событие в этой отрасли – заключение Соглашения между Казахстаном и Россией о транзите нефти сроком на 15 лет. Через российскую трубопроводную систему осуществляется почти весь нефтяной экспорт Казахстана. Ранее Казахстану приходилось каждый год заключать соглашение о транспортировке нефти через территорию России. Теперь же мы получили возможность экспортировать ежегодно более 15 млн. тонн нефтепродуктов. Россия, согласно этой же договоренности, будет перевозить свою нефть через территорию РК по имеющимся у нас нефтепроводам. Трубопроводы – это тоже транспорт. И этот вид сообщения также свидетельствует об уже сложившихся экономических взаимоотношениях.

Другим свидетельством успешного сотрудничества между Казахстаном и Россией является деятельность закрытого акционерного общества «КазРосГаз». Оно было образовано в июне 2002 года на основе договора между ОАО «Газпром» и НК «КазМунайГаз». Эта организация решает ряд важных вопросов: осуществление маркетинговых исследований рынков сбыта природного газа, его переработка и транспортировка на внешние и внутренние рынки, создание новых газотранспортных мощностей и т.п. Россия, как главный экспортер отечественного газа на внешние рынки, максимально упрощает работу транспортных сетей Казахстана. Взамен на газ казахстанских месторождений она предоставляет квоту в российском газовом экспорте.

В настоящий момент разрабатывается возможность другого совместного предприятия на базе Экибастузской ГРЭС-2. Это достаточно выгодно обеим странам, так как наши энергетические линии в своё время были построены как часть общесоюзной системы. Дешевый экибастузский уголь позволяет получать электроэнергию невысокой себестоимости и появляется возможность совместно с Россией продавать её в Западную Европу. Кроме этого, Россия заинтересована в этом союзе в связи с зависимостью

омской энергетики от угля экибастузского месторождения. С начала этого года ТОО «Богатырь Аксес Комир» отгрузило потребителям 19 милл.800 тысяч тонн угля [3,стр.5]. Предприятие надеется на дальнейшее увеличение объемов поставок угля, в том числе и на упомянутое выше совместное казахстано-российское предприятие на базе ЭГРЭС-2.

Казахстан же сможет за счет российских инвесторов улучшить экономические показатели своих электростанций путем загрузки неиспользуемых мощностей. Наша республика активно сотрудничает также и с крупнейшими российскими нефтяными компаниями. В июне текущего года совместно с ОАО «Лукойл» было подписано соглашение о принципах сотрудничества по разведке и добыче углеводородов в казахстанском секторе Каспийского моря, получившем название «Достык» («Дружба»). В будущем совместное освоение нефтяных месторождений Западного Казахстана предполагает создание СП, которое получит статус национального недропользователя.

Таким образом, перспективы сотрудничества между Казахстаном и Россией в топливно-энергетическом секторе экономики достаточно велики и это позволяет успешно конкурировать со странами Ближнего Востока, и также повысить темпы экономического роста в стране. Помимо этого, прочные союзнические отношения между нашими государствами являются залогом сохранения казахстанско-российской границы как границы дружбы и взаимного доверия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дукенбаев К.Д.* Энергетика Казахстана и пути её интеграции в мировую экономику. – Алматы: Гылым, 1996. – 530 с.
 2. *Кашкенова И.* Казахстан – Россия: энергетический ресурс партнерства. // Казахстанская правда. – 27 августа 2003 г.
 3. *Матвеев В. Денис Прайс:* Перспективы на будущее неплохие. // Звезда Прииртышья. – 31 августа 2003 г.
-

УДК: 621.182-694.001.573(043)

ЭКСПРЕСС-СПОСОБ СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ПУТЕМ СТУПЕНЧАТОГО СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ТОПКАХ КОТЛОВ

К.Т. Баубеков

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

Оптық-жанарғы құрылымының реконструкциясыз орындалатын ТГМ-94 және ТГМ-84 қазандарында газды сатылы жағу экспресс-әдісі бойынша өнеркәсіптік зерттеулер нәтижесі келтірілген. Жану жырыс процесс сатылары бойынша отынды қайта тарату дәрежесінен азот оксидтерінің концентрацияларының мөлшежірі бағыныштылығы көрсетілген. Бірінші және екінші жану сатыларында азот оксидтерінің пайда болу механизмі формальды кинетика жағынан ашылған және газ тәрізді отынды екі сатылы жағу арқылы азот оксидтерінің түзілуінің кинетикалық брутто реакция теңдеуінің шешімі келтірілген.

Приведены результаты промышленных исследований при внедрении экспресс-способа ступенчатого сжигания газа в топках котлов ТГМ-94 и ТГМ-84, осуществляемого без реконструкции топочно-горелочных устройств. Показана количественная зависимость концентрации оксидов азота от степени перераспределения топлива по ступеням горения, раскрыт с позиции формальной кинетики механизм образования оксидов азота в первой и второй ступенях горения и приведено решение кинетического уравнения брутто реакции образования оксидов азота при двухступенчатом сжигании газообразного топлива.

There have been given the results of industrial researches of the application of the express-method by staged combustion of gas in the boiler's furnaces TGM-94 and TGM-84 on the production realized without burner-boiler modification. The quantitative dependence of nitrogen oxide emission on redistribution degree there was shown of combustion of fuel. It has been disclosed from the position of investigation of nitric oxides formation kinetic in one-step and two-step combustion process and there has been uncovered the mechanism of this nitrogen oxide emission. There has been indicated the solution of kinetic brutto reaction equation of nitrogen oxide emission by staged combustion of gaseous fuel.

Исследования двухступенчатого сжигания газа, осуществляемого путем перераспределения топлива по горелкам, проводились на котлах ТГМ-94

и ТГМ-84 при сжигании газа с содержанием $H_2S=0,08\%$ [1,2,3]. Для осуществления этого способа использовались регулирующие органы, имеющиеся на газопроводах каждого яруса горелок. Распределения расходов газа и их соотношений перед горелками I, II и III ярусов, а также коэффициенты избытка воздуха α_1 и α_2 при организации двухступенчатого сжигания представлены в [2] и в пояснениях к рис.1. При этом все шиберы на воздуховодах каждого яруса горелок открыты полностью, а коэффициент избытка воздуха на выходе из топки регулируется и контролируется общим расходом воздуха. Основные исследования проведены на котлах ТГМ-94 в режимах $D = 92-149$ кг/с, $\alpha_r = 1,02-1,31$, $\delta = 0-0,345$ и ТГМ-84 в режимах $D = 103-108$ кг/с, $\alpha_r = 1,02-1,14$, $\delta = 0-0,38$.

Из рассмотрения рис.1 следует, что на этих котлах концентрация оксидов азота с увеличением условной доли вторичного воздуха существенно снижается, достигая двухкратного снижения при $\delta = 0,3$.

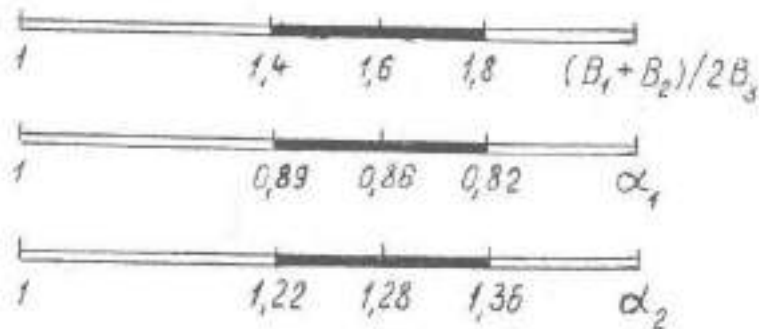
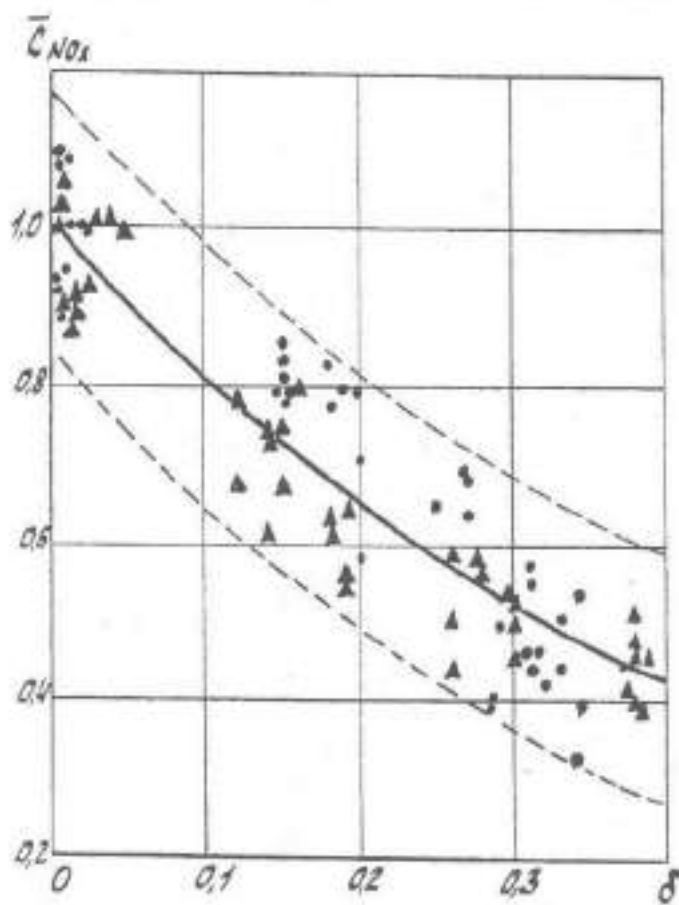
Данные, приведенные на рис.1, послужили основой для получения эмпирической зависимости:

$$\bar{C}_{NOx} = \exp(-2,15\delta).$$

Путем совместной обработки экспериментальных данных по котлам ТГМ-94 и ТГМ-84 определены коэффициент корреляции, дисперсия и доверительных интервал:

$$K = -0,27; S = 0,0092; \Delta\sigma = \pm 0,16.$$

Для изучения закономерностей образования оксидов азота и выгорания топлива в газовом факеле при одно- и двухступенчатом сжигании газа проведено зондирование топki действующего котла ТГМ-94 (ст. №3) вдоль геометрической оси через горелки второго (слева) ряда на каждом ярусе, а также через боковую левую стенку (рис.2) [4]. Результаты зондирования при одноступенчатом сжигании показали, что активное выгорание газа начинается внутри амбразуры при больших концентрационных неравномерностях топливо-воздушной смеси. Уже на расстоянии $L_{\phi}/d_a = 0,24$ от торца газового насадка степень выгорания топлива составляет $\beta = 0,51$, а температура достаточно высока – (1720–1730) К. В дальнейшем по оси горелок происходит уменьшение темпа выгорание топлива и соответственно – более медленный темп роста температуры. В поперечном сечении факела также имеются неравномерности концентрационных и температурных полей: на расстоянии $L_{\phi}/d_a = 2,1$ степень выгорание топлива составляет $\beta = 0,765$ на оси факела и увеличивается к периферии, составляя при $R_{\phi}/d_c = 0,3; 0,6; 0,9; 1,2$ соответственно 0,814; 0,918; 0,967; 0,986, а температура, имеющая наибольшее значение $T_{\phi} = 1835$ К на оси факела, понижает-

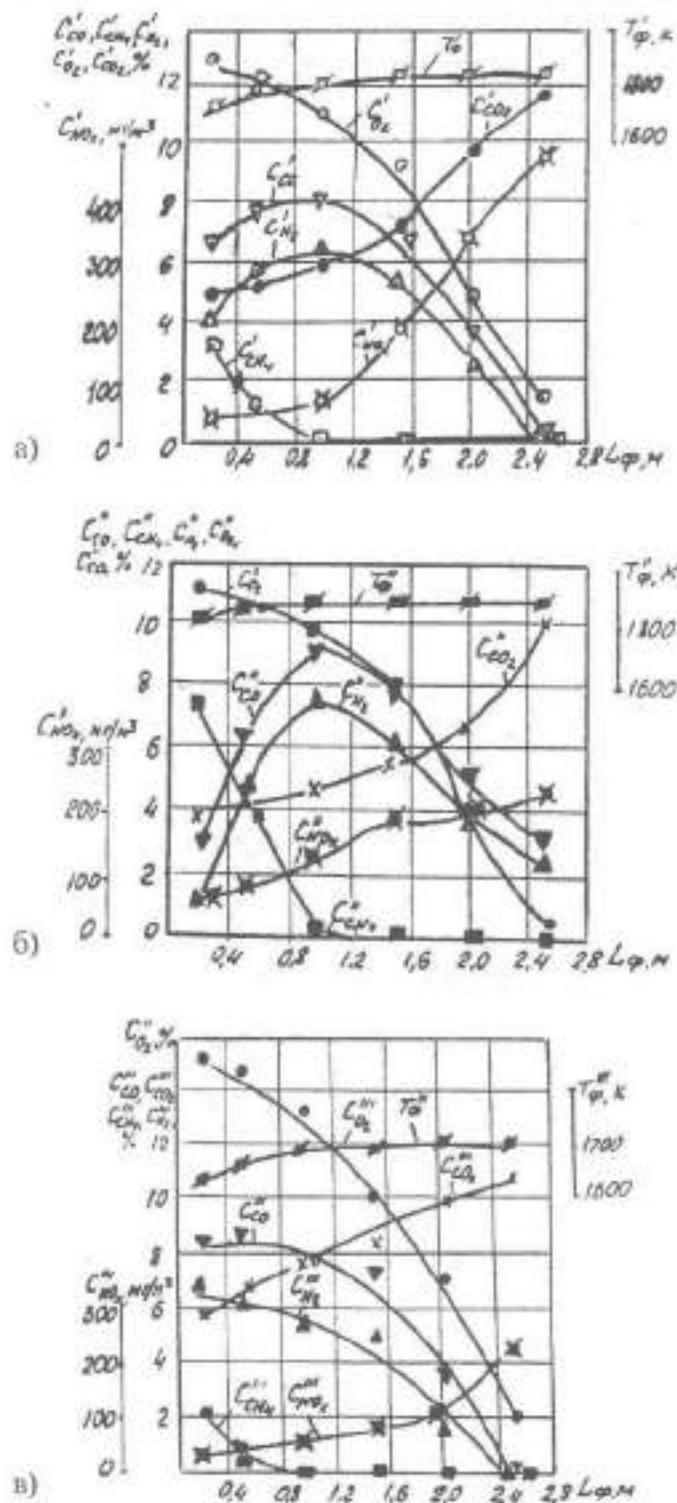


$$\bar{C}_{NOx} = \bar{C}_{NOx}^{\delta>0} / \bar{C}_{NOx}^{\delta=0}$$

- - ГМ-94 $\bar{C}_{NOx}^{\delta=0} = 680 \text{ мг / м}^3$; $D / D_0 = 0,9-1,0$
- ▲ - ГМ-84 $\bar{C}_{NOx}^{\delta=0} = 340 \text{ мг / м}^3$; $\alpha_1 = 1,02-1,14$

На нижней дополнительной шкале приведены (при $\alpha_1 = 1,08, \Delta\alpha_1 = 0,08$) для оптимальных и рекомендуемых режимов соотношения расходов газа, коэффициенты избытка воздуха в горелках двух нижних ярусов α_1 и верхнего яруса α_2 .

Рис.1. Влияние условной доли вторичного воздуха δ на относительное снижение \bar{C}_{NOx} при переходе с одно- на двухступенчатое сжигание газа



- а) при одноступенчатом сжигании газа (в горелке № 2.2);
 б) при двухступенчатом сжигании газа (при $\alpha < 1$, в нижней горелке № 2.2);
 в) при двухступенчатом сжигании газа (при $\alpha > 1$, в верхней горелке № 3.2);

Рис.2. Изменения концентраций и температуры продуктов сгорания по длине газового факела

ся к периферии факела и на расстоянии $R_{\phi}/d_n = 1,2$ составляет 1611 К. Концентрация оксидов азота в начальной части факела $L_{\phi}/d_n = 0,24$ составляет ~ 37 мг/м³. По оси факела наиболее интенсивное образование оксидов азота происходит на расстоянии L_{ϕ}/d_n от 1,1 до 3,0, где C_{NO} увеличивается с 65 до 475 мг/м³. В поперечном сечении факела на расстоянии $L_{\phi}/d_n = 2$ C_{NO} от оси факела существенно увеличивается к периферии (от 292 до 483 мг/м³). Кривая изменения температуры факела по оси горелки имеет пологий характер. Можно полагать, что высокие значения температуры в начальной части достигаются вследствие наличие развитых зон обратных токов к корню факела, находящемся внутри амбразуры. Результаты выполненного зондирования, а также ранее полученные данные по определению температурных полей и полей распределения химического недожога позволяет считать, что высокотемпературная зона газового факела для каждого яруса горелок находится примерно на уровне горелок.

При переходе с одно на двухступенчатый режим сжигания газа на нижних ярусах горелок, куда подается избыток топлива ($\sim 14\%$), вследствие снижения C_{O_2} уменьшается степень выгорания, но температура факела остается примерно такой же, как и при одноступенчатом сжигании. Горение богатой топливовоздушной смеси идет при высокой температуре $T_{\phi} = (1811-1884)$ К, недостатке кислорода и на расстоянии $L_{\phi}/d_n = 3,0$ $C_{O_2} \approx 0$, что приводит к меньшему образованию C_{NO} . Таким образом, в данной модификации ступенчатого сжигания в первой ступени горения решающими факторами, влияющими на торможение образования C_{NO} , являются не температура факела, а недостаток кислорода и наличие продуктов недожога (CO , H_2 , CH_4), участвующих в восстановлении образовавшегося NO .

На верхнем ярусе (куда топливо подается с недостатком $\sim 28\%$), вследствие избытка O_2 степень выгорания топлива выше, а температура факела на (70÷150) К ниже, чем при одноступенчатом сжигании, что и определяет меньшее значение C_{NO} . Следовательно, во второй степени решающим фактором, влияющим на снижение образование NO_x , является относительно низкий уровень температуры факела.

Концентрация NO , образовавшаяся в зоне максимальной температуры факела, может быть рассчитана по кинетическому уравнению брутто-реакции образования окиси азота:

$$C_{NO} = 2 * 10^{-12} \int_0^{\tau_3} C_{O_2}^{0.5} C_{N_2}^{0.5} \exp\left(-\frac{69000}{T_{\phi}}\right) d\tau, \quad (1)$$

где t_1 и t_2 – начальный и конечный моменты пребывания дымовых газов в зоне, с;

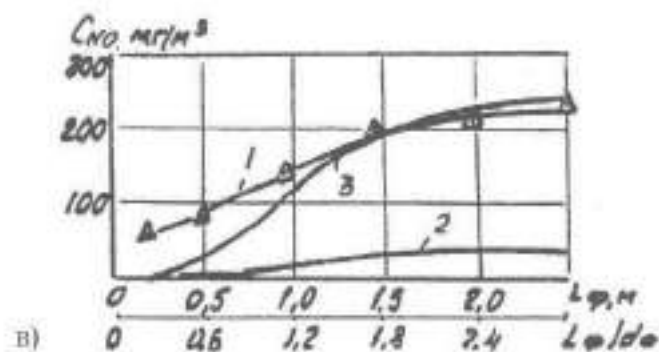
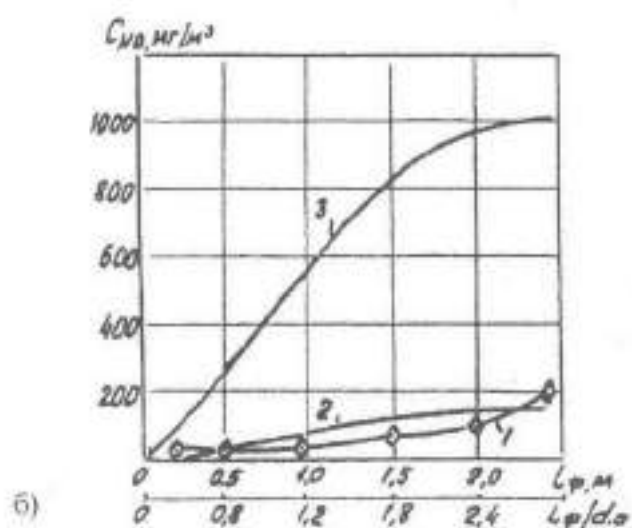
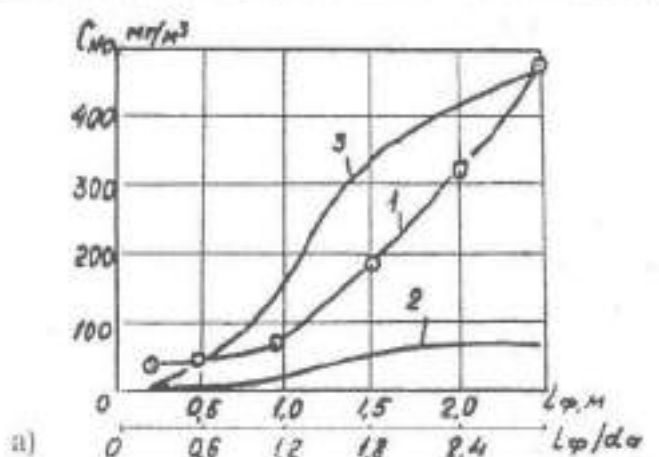
C_{O_2}, C_{N_2}, T_f – переменные значения концентраций (%) кислорода и азота и температуры (К), зависящие от t .

Расчет концентрации NO и оценка времени перемещения газов между определенными точками на оси горелки выполнена с использованием следующих допущений: по аналогии с ранее полученными данными, основная часть концентраций NO образуется в зоне максимальных температур, которой соответствует условный промежуток времени $\Delta t = t_2 - t_1$, поэтому образовавшаяся здесь концентрация NO близка к измеренной в данной точке факела; во всем промежутке времени Δt поддерживаются средние для него значения температуры факела T_f и концентрации O_2 и N_2 ; поскольку в уравнения (1) входит не абсолютное значение времени пребывания газов в точке t , а промежуток времени Δt , в течение которого компоненты дымовых газов перемещаются в газовом факеле от одной точки зондирования до следующей, то, не искажая физического смысла, можно принять, что скорость дымовых газов пропорциональна температуре факела.

Результаты расчета скорости образования NO в газовом факеле в режимах одноступенчатого и двухступенчатого сжигание газа показали что максимальная скорость образования оксида азота при одноступенчатом сжигании имеет место при $\tau_{op} = 0,217$ с (в этот момент времени dC_{NO}/dt достигает максимума). При двухступенчатом сжигании в условиях $\alpha_r < 1$ $\tau_{op} = 0,215$ с (т.е. практически совпадает с τ_{op} при одноступенчатом сжигании), а в условиях $\alpha_r > 1$ $\tau_{op} = 0,125$ с.

Также выполнена проверка согласования с измеренными значения $C_{NO}^{изм}$ результата расчета концентрации NO по уравнению (1) с константой $K = 2 \cdot 10^{12} (\% \cdot c)^{-1}$, $v_1 = 0,9$, $v_2 = 0,8$, $E/R = 69000$ К, в комплексе с полученными значениями Δt . Отсутствие хорошего согласования, по-видимому, объясняется тем, что константы, входящие в (1), были выделены в условиях прамоструйного факела, а в условиях данного опыта имела место зона обратных токов на оси факела, вследствие чего была внутренняя рециркуляция газов, в том числе и NO, в эту область. Кроме того, это может быть частично обусловлено и наличием H_2S в составе топлива. В связи с этим нами было выполнено уточнение значения константы E/R уравнения (1), которая для данных условий при одноступенчатом сжигании газа приняла значение $E/R = 65600$ К.

На рис.3 показаны измеренные и рассчитанные концентрации оксидов азота при уточненном значении E/R . Из рис.3 видно, что в режимах одно-



- а) одноступенчатое сжигание газа;
- б) двухступенчатое сжигание газа (нижний ярус горелок, $\alpha_i < 1$);
- в) двухступенчатое сжигание газа (верхний ярус горелок, $\alpha_i > 1$);
- 1 - C_{NO} _{опыт.}; 2 - C_{NO} _{расч.} при константе $E/R = 69000$ К;
- 3 - C_{NO} _{расч.} при константе $E/R = 65600$ К

Рис.3. Изменения измеренных (1) и рассчитанных (2, 3) концентраций оксида азота по длине факела при различных режимах сжигания газа

ступенчатого и двухступенчатого сжигания на верхнем ярусе горелок (при $\alpha_p > 1$) получена хорошая сходимость между $C_{NO}^{стат}$ и $C_{NO}^{рас}$. В режимах двухступенчатого сжигания на нижних ярусах горелок (при $\alpha_p < 1$) получено резкое различие между $C_{NO}^{рас}$ и $C_{NO}^{стат}$ (рис. 3). Указанное различие говорит о том, что и в высокотемпературной восстановительной зоне ($\alpha_p < 1$) образуется большое количество NO, которое, однако, затем частично восстанавливается находящимися в достаточном количестве продуктами недожога (H_2 , CO).

На основании проведенных экспериментальных исследований и обобщения их результатов разработан экспресс-способ ступенчатого сжигания газа, заключающийся в перераспределении топлива по ярусам горелок при равномерном распределении воздуха по горелкам, позволяющий на действующих котлах с однофронтной многоярусной компоновкой горелок без реконструкции топочно-горелочных устройств сократить примерно в 2 раза выбросы оксидов азота при минимальных эксплуатационных затратах [3].

Промышленные исследования разработанного экспресс-способа сокращения выбросов оксидов азота проведены на котлах ТГМ-94 (ст. № 3, 4, 8, 9) и ТГМ-84 (ст. № 7 и 10). Основные результаты опытов по выявлению влияния ступенчатого сжигания газа на изменения режимных и экологических показателей работы котлов ТГМ-94 приведены в [1, 2, 4].

Кроме оксидов азота, изучались выбросы другой группы токсичных веществ (бенз(а)пирена и других полициклических ароматических углеводородов – ПАУ), зависимости образования которых от коэффициента избытка воздуха и других режимных условия носят противоположно направленный характер. В уходящих газах котла ТГМ-94 (ст. № 3) в режимах одно- и двухступенчатого сжигания газа, помимо бенз(а)пирена, определено 6 канцерогенных и 10 неканцерогенных ПАУ [4]. Доля концентрации бенз(а)пирена от суммарных концентрации ПАУ и канцерогенных ПАУ составляет (1,0–1,2)% и (10–20)% соответственно, а доля концентрации канцерогенных ПАУ от суммы концентрации ПАУ – (6–13)%. В режиме двухступенчатого сжигания при двукратном сокращении выбросов оксида азота от котлов ТГМ-94 концентрации бенз(а)пирена и сумма концентраций канцерогенных ПАУ увеличивается соответственно в 1,34 и 1,30 раза при $\alpha_p = 1,05–1,07$, однако остаются на уровне более низком, чем концентрации этих веществ при практическом полном сжигании мазута.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цирульников Л.М., Баубеков К.Т., Васильев В.П. и др. Снижение выбросов окислов азота на котле ТГМ-94 / Электрические станции. – 1985. – № 11. – С.33–35.
 2. Цирульников Л.М., Баубеков К.Т., Соколова Я.И. и др. Опыт длительной эксплуатации котлов ТГМ-94 и ТГМ-84 в режиме двухступенчатого сжигания сероводородсодержащего газа / Электрические станции. – 1988. – № 5. – С.19–22.
 3. Цирульников Л.М., Валиходжаев А., Баубеков К.Т. и др. (СССР). Авторское свидетельство 1208412 (СССР). Способ работы призматической топки / № 3732111/24-06; заявлено 26.04.84; опубл. 30.01.86 // Открытия. Изобретения. – 1986. – № 4. – С.220.
 4. Баубеков К.Т. Разработка экспресс-способа сокращения выбросов окислов азота путем ступенчатого сжигания природного газа в топках котлов с однофронтной многоярусной компоновкой горелок: Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. – М.: МЭИ, 1989. – 20 с.
-

УДК 628.47.002.84

ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ ГОРОДА

М.М. Кабдуалиева, Б.С. Алин

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

*Павлодар қаласының қатты өнеркәсіптік қоқыс қалдықтарының
жалаңдандыруы және утилизация проблемасы қарастырылады.*

*Рассматривается проблема утилизации и обезвреживания твердых
бытовых отходов города Павлодара.*

*The problem of utilization and neutralization of solid domestic wastes of
Pavlodar city is considered.*

Проблемы, связанные со сбором и утилизацией отходов производства и потребления, актуальны практически для всех городов мира, в том числе и Павлодара. Одной из основных экологических проблем является удаление и обезвреживание твердых бытовых отходов (ТБО). Актуальность этой проблемы определяется огромным количеством образующихся в городе ТБО вследствие экономических, социальных и технологических причин. Несвоевременное и неправильное удаление и обезвреживание отходов может приводить к серьезному загрязнению окружающей среды и обострению санитарно – эпидемиологической обстановки. Сбор, удаление и обезвреживание являются взаимосвязанными этапами процесса санитарной очистки населенных мест и составляют одну из наиболее важных и сложных проблем развития и функционирования городского хозяйства, улучшение общественной гигиены и условий жизни населения.

Городская свалка ТБО находится на расстоянии 1,2 км от населенных пунктов. Площадь объекта – 50 га. Санитарно-защитная зона 1000 метров. Отходы складированы в виде насыпного холма с последующим разравниванием и уплотнением. На 1.01.2002 года накоплено 1419,7 тыс. тонн. Ежегодно производится прием ТБО в количестве около 270 тыс. м³ или 70 тыс. тонн. Существующая общегородская свалка ТБО эксплуатируется крайне неудовлетворительно, с нарушением санитарных правил «Устройства и содержания полигонов для ТБО» и не обеспечивает санитарную надеж-

ность в эпидемиологическом отношении обезвреживание бытовых отходов. Технология по обезвреживанию ТБО не соблюдается из-за отсутствия спецтранспорта для выемки и доставки грунта, средств для ее нормальной эксплуатации и содержания. Прилегающая к городской свалке территория замусорена легко перемещающимися бытовыми отходами. Постоянно отмечаются факты самовозгорания отбросов, нахождения посторонних лиц, что категорически запрещается. Территория свалки не имеет ограждения, освещения, озеленения. Не функционирует имеющаяся скважина. Со стороны селитебной зоны нет полосы древесно-кустарниковых насаждений. [1]

Неудовлетворительная ситуация с использованием, обезвреживанием и размещением бытовых отходов обусловлена рядом объективных причин. Прежде всего, это недостаточное финансирование строительства установок по обезвреживанию и использованию отходов, объектов их размещения, а также реконструкции либо рекультивации существующих объектов размещения отходов.

Основную опасность в мусорных свалках представляют органические вещества, составляющие до 60%. Период их полураспада колеблется от 30 до 60 лет, т.е. любой город, не имеющий современных технологий переработки и обезвреживания ТБО, ежегодно вынужден отчуждать на непроизводительные нужды значительные земельные площади. Помимо отчуждения полезных земель, мусорные свалки – это постоянный источник инфекций, эпизоотий, пожаров, отравление атмосферы и грунтовых вод.

В мире используется несколько методов по переработке и обезвреживанию ТБО: захоронение на полигонах; термические способы обезвреживания (мусоросжигание, пиролиз); мусоросортировка и мусоропереработка; компостирование; метангенерация. Рассмотрим каждый метод в отдельности для определения их преимуществ и недостатков.

Захоронение на полигонах. Полигоны ТБО размещаются за пределами городов и других населенных пунктов. Размер санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона не менее 1000 м. При выборе участка для строительства полигона ТБО следует учитывать климатические особенности, геологические и гидрогеологические условия [2].

На усовершенствованных свалках разложение мусора, точнее его органического вещества, происходит в анаэробных условиях – без доступа воздуха в толще бытовых отходов. Разложение органического вещества мусора происходит в течении многих десятков лет. Подсчеты, выполненные на основе анализа общего содержания углерода, показали, что распад 50%

можно ожидать не ранее, чем через 50 лет после закрытия свалки, а распад 90% произойдет не ранее, чем через 950 лет. В результате процесса анаэробного разложения мусора образуются газы и фильтрат, загрязняющие воздушный и водный бассейны населенных мест. Газы – метан, водород, сероводород и другие, – скапливаясь в сооружениях, построенных на месте закрытых свалок, образуют взрывоопасные смеси, фильтрат содержит продукты гниения. Таким образом, сток из-под свалок чрезвычайно опасен в санитарном отношении. Ввиду сильной загрязненности вод с полигонов последние должны иметь надежную гидроизоляцию [3, С.29].

Сжигание мусора. Мусоросжигание – это наиболее сложный и «высокотехнологичный» вариант обращения с отходами. Сжигание требует предварительной обработки ТБО (с получением т.н. топлива, извлеченного из отходов). При разделении из ТБО стараются удалить крупные объекты, металлы (как магнитные, так и немагнитные) и дополнительно его измельчить. Для того, чтобы уменьшить вредные выбросы из отходов, также извлекают батарейки и аккумуляторы, пластик, листья. Сжигание неразделенного потока отходов в настоящее время считается чрезвычайно опасным. Таким образом, мусоросжигание может быть только одним из компонентов комплексной программы утилизации.

Мусоросжигание рекомендуется в следующих случаях: при содержании в бытовых отходах менее 30% активного органического вещества; при отсутствии гарантированных потребителей компоста и биотоплива; в условиях повышенных санитарных требований к обезвреживанию отходов, особенно в портовых и курортных городах [3, С.62].

Санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к современным мусоросжигательным установкам, включают:

1. полное обезвреживание бытовых остатков и минимальное содержание в них органической части;
2. отсутствие в газовых выбросах токсичной золы;
3. герметичность приемного отделения.

Сжигание позволяет примерно в 3 раза уменьшить вес отходов, устранить некоторые неприятные свойства: запах, выделение токсичных жидкостей, бактерий, привлекательность для птиц и грызунов, а также получить дополнительную энергию, которую можно использовать для получения электроэнергии и тепла.

Для так называемых установок массового сжигания (производительностью от 100 до 3000 тонн в сутки) капитальные затраты в США колеблются от 80 до 100 тыс. долларов на единицу мощности (тонна сжигаемых от-

ходов в день). В эту цену не входит цена устройств подготовки отходов. Эксплуатационные расходы составляют около 20 долларов за тонну ТБО. При выборе вариантов утилизации ТБО следует также иметь в виду, что время, необходимое на проектирование и постройку МСЗ в США, в среднем занимает 5-8 лет.

Существенным недостатком технологического цикла всех действовавших МСЗ было отсутствие очистки выбрасываемых в атмосферу газов и золы, содержащих тяжелые металлы и диоксины, не улавливаемые в электрофильтрах.

Сжигание ТБО, практически, ликвидирует ценную органическую составляющую: исходное сырье для получения органических удобрений и экологически чистого топлива – биогаза.

Высокие удельные капитальные и эксплуатационные затраты мусоросжигательных заводов, значительные выбросы в атмосферу продуктов сгорания и сложность их полной очистки, нерациональное использование сырьевых отходов и другие факторы привели к тому, что в настоящее время наметилась тенденция развития более современных способов обезвреживания и переработки отходов – компостирования, механизированной селективной переработки, пиролиза, внедрение современных биогазовых технологий.

Пиролиз твердых бытовых отходов – это термическое разложение твердых отходов в инертной атмосфере. При таких условиях из отходов выделяется смесь газообразных продуктов, дегтя, нерастворимых в воде масел и водного раствора уксусной кислоты, метанола и других органических соединений, а в остатке накапливается инертные компоненты отходов и древесный уголь. Количество различных продуктов, получаемых в процессе пиролиза, зависит от скорости нагревания и от конечной температуры, до которой подвергается обработке отходы. Чем выше скорость нагревания и конечная температура, тем большая доля отходов превращается в газообразные и жидкие продукты. Твердый продукт, или древесный уголь, образующийся в результате пиролиза мусора, представляет собой неочищенный углерод (исключая золу), очень близкий по данным приближенного анализа к составу угля.

Существенным недостатком пиролиза является образование сточных вод в процессе термического разложения. Исследованиями, проведенными ранее, было показано, что они содержат много органических веществ (летучие кислоты, фенолы, непредельные соединения и др.) и незначительное количество минеральных солей (хлориды, сульфаты, фосфаты). Такая силь-

но загрязненная вода не может быть сброшена в канализацию без предварительного обезвреживания. Кроме того, в целевых продуктах пиролиза (смола, углеродистый остаток) установлена высокая концентрация канцерогенного углеводорода 3,4-бензопирена, в процессе термического разложения отходов резины [4].

Полевое компостирование. Компостирование бытового мусора в полевых условиях является наиболее простым методом обезвреживания и переработки бытовых отходов. Если на городских полигонах обезвреживание мусора протекает очень медленно (50–100 лет), то при полевом компостировании процесс идет значительно быстрее. Отбросы при помощи бульдозеров складываются на полях в штабеля, расположенные параллельными рядами с проездом между ними шириной 3 м. Ширина основания и высота штабеля могут варьировать в зависимости от климатических условий. Для предотвращения выплода мух, устранения запахов и уменьшения теплообмена между штабелем и воздушной средой поверхность штабеля покрывают слоем земли или торфа высотой 15–20 см. Биотермические процессы, происходящие в штабелях под влиянием аэробной микрофлоры, сопровождается повышением температуры в результате саморазогревания штабеля. В штабелях весенне-летней закладки разложение органического вещества вследствие активной жизнедеятельности бактерий начинается через 3–5 дней после закладки штабеля; для штабелей осенне-зимней закладки начало этого процесса затягивается до 25–30 дней. Рекомендуемая продолжительность компостирования бытовых отходов в штабелях – от 12 до 15 месяцев. При регулярном перелопачивании и увлажнении срок может быть уменьшен. Получившийся компост очищают от балластных фракций – стекла, камней, металла и т.д. Конечным продуктом компостирования является органическое удобрение (компост), который может найти различные применения в городском и сельском хозяйстве [3, с. 37].

Компостирование, применяемое в России на так называемых механизированных мусороперерабатывающих заводах, например, в Санкт-Петербурге, представляет из себя процесс сбраживания в биореакторах всего объема ТБО, а не только его органической составляющей. Хотя характеристики конечного продукта могут быть значительно улучшены путем извлечения из отходов металла, пластика и т.д., все же он представляет из себя достаточно опасный продукт и находит очень ограниченное применение (на Западе такой «компост» применяют только для покрытия свалок).

Сортировка мусора. Наибольшее распространение в мировой практике получило механизированное обезвреживание мусора на мусороперераба-

тывающих заводах. В связи с тем, что сооружение механизированных предприятий такого рода требует значительных средств и специального оборудования, такой способ получил распространение в странах, где из-за высокой плотности населения и отсутствия свободных земельных территорий, устройство свалок встречает значительные трудности. Сооружение таких заводов выгодно, так как дает дополнительную экономию за счет возможности рационального использования дефицитной пригородной земли, ранее занимаемой свалками, а также земель вблизи бывших свалок (требуемые санитарные разрывы от свалки до жилья значительно больше, чем от заводов). При этом сокращаются затраты на вывоз мусора, так как заводы могут располагаться непосредственно в городской черте. В масштабе народного хозяйства мусороперерабатывающие заводы в районах, где есть погребители органических удобрений, окупаются за счет роста урожайности сельскохозяйственных культур. Бытовой мусор обезвреживается прежде всего с целью санитарии и охраны окружающей среды, но при этом следует также учитывать и народнохозяйственный эффект за счет наиболее рационального использования обезвреженного бытового мусора. Мусор представляет собой остатки от бывшей в употреблении большей частью продукции целлюлозно-бумажной и легкой промышленности, а также части пищевой и других отраслей производства. Уничтожение всей этой массы недопустимо, необходимо максимально использовать ее в том или ином виде в народном хозяйстве. Сортировка и извлечение из мусора различных компонентов в настоящее время необходимый цикл обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов. Смесь различных составляющих бытового мусора, если не обостряет экологическую обстановку, то по крайней мере затрудняет процесс обезвреживания и утилизации отходов. Поэтому сортировка мусора должна быть одной из составляющих цикла переработки. Кроме того, использование вторичных ресурсов экономически целесообразно [5].

Биотехнологии. Метановое «брожение», или биометаногенез, – давно известный процесс превращения биомассы в энергию. С биологической точки зрения метановое «брожение» есть не что иное, как анаэробное дыхание, в ходе которого электроны органических веществ переносятся на углекислый газ, который затем восстанавливается до метана. Метановое «брожение» происходит в водонепроницаемых цилиндрических цистернах (реакторах) с боковым отверстием, через которое вводится ферментируемый материал. Над реакторами находится стальной цилиндрический контейнер, который используется для сбора газа. Контейнер препятствует про-

никновению внутрь воздуха, так как весь процесс должен происходить в строго анаэробных условиях. реактор изготавливаются из глиняных кирпичей, бетона или стали. Биогазовые технологии – это наиболее радикальный, экологически чистый, безотходный способ переработки, утилизации и обезвреживания разнообразных органических отходов растительного и животного происхождения.

Биогазовые технологии одновременно решают четыре проблемы: экологическую (ликвидация отходов); энергетическую (получение топлива и энергии); агрохимическую (получение экологически чистых удобрений и повышение плодородия почв с постепенным восстановлением их экологической чистоты); социальную (улучшение условий труда и быта, получение экологически чистой продукции). [6]

Каждый из вышеперечисленных методов переработки и обезвреживания ТБО имеет как свои положительные моменты, так и отрицательные. Выбор технологии переработки и обезвреживания ТБО требует комплексного решения проблем. Поэтому в основе должна быть, прежде всего, сортировка ТБО, как это делается в некоторых городах Западной Европы, в Минске и Санкт-Петербурге, с выделением черных и цветных металлов, стекла, пластмасс и органических остатков. Ценные компоненты выделенные в процессе сортировки направляются в производство ликвидных товаров. Органическая часть ТБО проходит метановое «брожение» в биогазовых установках с образованием биогаза и высокоэффективного органического удобрения. Таким образом, удастся создать комплексное мероприятие по решению экологической (ликвидация отходов); социальной (создание новых рабочих мест) энергетической (получение топлива и энергии); агрохимической (получение экологически чистых удобрений и повышения плодородия почв с постепенным восстановлением их экологической чистоты) проблем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заключение ГорСЭС от 26.04.02 г.
2. СН РК В.2 15-2000. Полигоны для твердых бытовых отходов.
3. *Мягков М.И., Алексеев Г.М., Ольшанецкий В.А.* Твердые бытовые отходы города. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1978. – 168 с.
4. *Алексеев Г.М., Петров В.Н., Шильфогель П.В.* Индустриальные методы санитарной очистки городов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1983. – 96 с.
5. *Вилсон Д.* Утилизация твердых отходов. – М.: Стройиздат, 1985. – 336 с.
6. *Панцхава Е.С.* Биогазовые технологии – радикальное решение проблем экологии, энергетики и агрохимии // Теплоэнергетика. – 2001. – № 11. – С. 36–42.

УДК 624.159.14

МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕСТКИХ ЛЕНТОЧНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С ПОДТАПЛИВАЕМЫМ ОСНОВАНИЕМ

В.А. Козионов*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Қаған жиналы іргемастар мен суланған негіздіктің өзара осерлесуінің есенлік сұтталарымен қатар математикалық тәжірибені өткізудің әдістемесі мен атқарылуы қарастырылған.

Рассматриваются постановка и методика проведения математического эксперимента с совокупностью расчетных схем взаимодействия жестких ленточных фундаментов и подтапливаемого основания.

The article treats methods of conducting the mathematical experiment with calculating schemes of hard long foundation and underground water affected settlement interaction.

Подтопление территорий, вызванное превышением приходных статей водного баланса над расходными в пределах их внешних гидродинамических границ, является одним из наиболее опасных природно-техногенных процессов. Процесс подтопления имеет практически повсеместное распространение на территориях городов и промышленных предприятий и в настоящее время становится важнейшим фактором при разработке градостроительной документации [3], [6].

Многофакторность процесса подтопления, сложность прогноза последствий развития различных инженерно-геологических и эксплуатационно-технических процессов, наличие неопределенности и случайности ограничивают широкое использование в геомеханическом анализе типовых расчетных схем, в особенности для сложных геотехнических условий строительства, эксплуатации и реконструкции различных объектов. В таких случаях целесообразным становится использование методов математического моделирования. Ниже излагается методика проведения математическо-

го эксперимента с совокупностью расчетных схем взаимодействия жестких ленточных фундаментов и подтапливаемого основания с использованием метода конечных элементов.

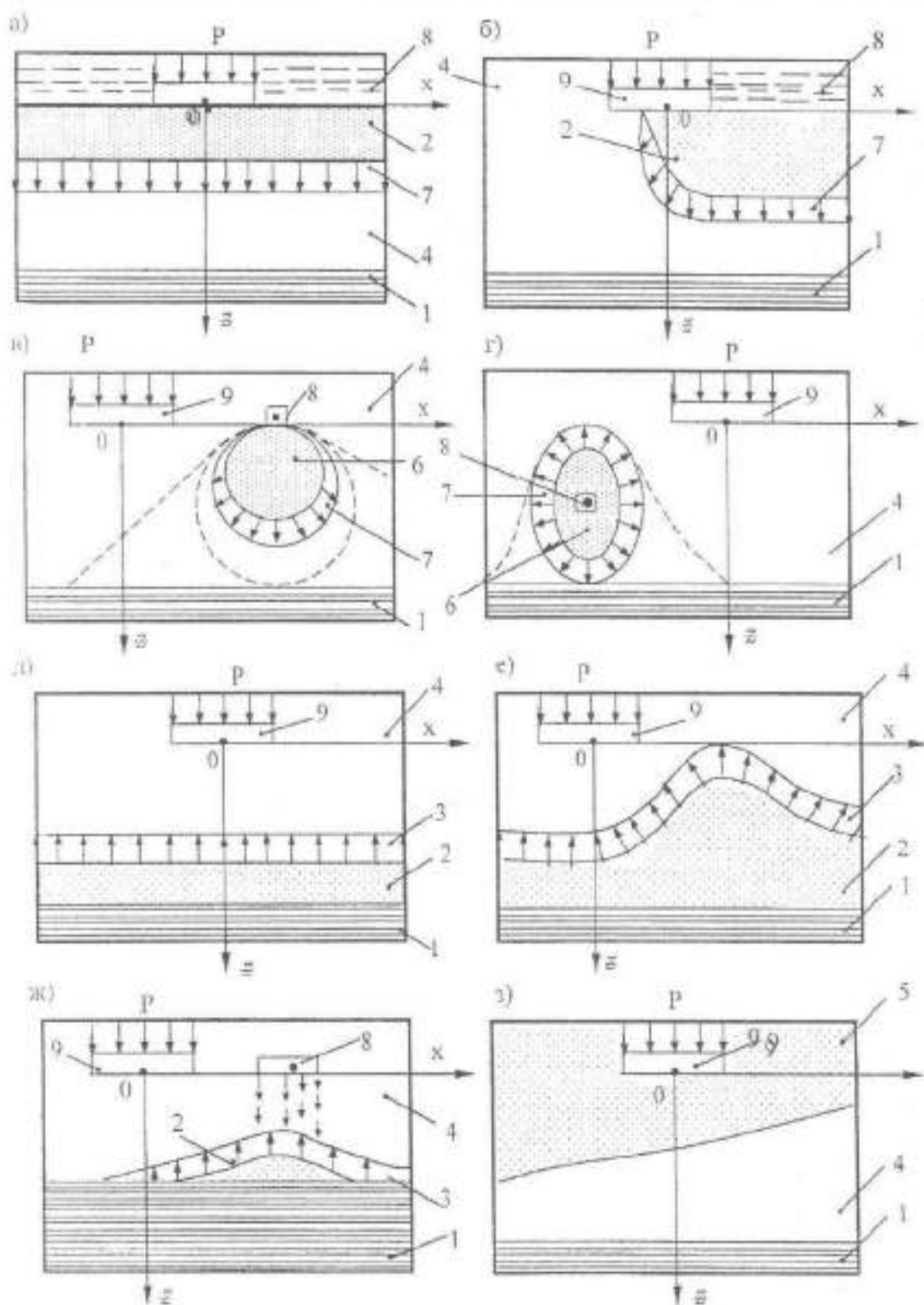
Схематизация процесса подтопления основания

Подтопление территории объекта обуславливает формирование в его основании зон грунтов с различной степенью влажности. В общем случае процесс подтопления носит сложный характер и определяется последовательным или одновременным действием различных режимообратующих факторов. Поэтому возникает необходимость проведения определенной его схематизации.

Указанную процедуру применительно к геотехническому расчету оснований и фундаментов рекомендуется осуществлять в два этапа.

На первом этапе схематизации проводится последовательная декомпозиция общего реального или прогнозного процесса подтопления на совокупность элементарных процессов и подпроцессов. В ходе декомпозиции последовательно учитываются существующие инженерно-геологические, гидрогеологические и геотехнические условия, факторы и источники природного и техногенного подтопления объектов. На рисунке 1 представлены типовые (элементарные) схемы увлажнения естественных оснований жестких ленточных фундаментов, полученные на основе анализа фактических материалов, а также обобщения данных, содержащихся в работах [2], [4] и др. Теоретическое описание приведенных процессов влагопереноса осуществляется методами гидрогеодинамики с использованием как аналитических [2], так и численных методов, а также по экспериментально обоснованным зависимостям [4].

На втором этапе осуществляется синтез выделенных элементарных процессов подтопления. Так, при анализе взаимодействия фундаментов существующих зданий с подтапливаемым основанием в основу синтеза принимается: цель моделирования; принципиальная схема подтопления; неизбежность полного замачивания основания; возможность развития элементарных процессов подтопления в наиболее невыгодных сочетаниях с точки зрения взаимодействия системы «основание – фундамент – здание»; взаимная совместимость и значимость развития отдельных элементарных процессов. В результате синтеза элементарных (типовых) процессов формируется совокупность вариантов обобщенных схем подтопления основания, с которыми проводится в дальнейшем математический эксперимент.



1 – водоупор; 2 – зона насыщения; 3 – капиллярная кайма; 4 – зона природной влажности; 5 – зона накопления влаги; 6 – зона локального насыщения; 7 – зона перемennого увлажнения; 8 – источник замачивания; 9 – фундамент

Рис. 1. Типовые (элементарные) расчётные схемы увлажнения основания

Формирование расчетных схем

Для каждого из намеченных в математическом эксперименте вариантов развития процесса подтопления формируется расчетная схема (плоская задача) и определяются граничные условия, моделирующие взаимодействие основания и фундамента. На рисунке 2 в качестве примера приведена одна из возможных расчетных схем, отражающая действие следующих элементарных процессов подтопления: замачивание основания из локального источника; подъем уровня подземных вод; распределенное природно-техногенное замачивание основания сверху (утечки воды, природные осадки, концентрация поверхностных вод, конденсация влаги вследствие инфильтрации и экранирования поверхности и др.).

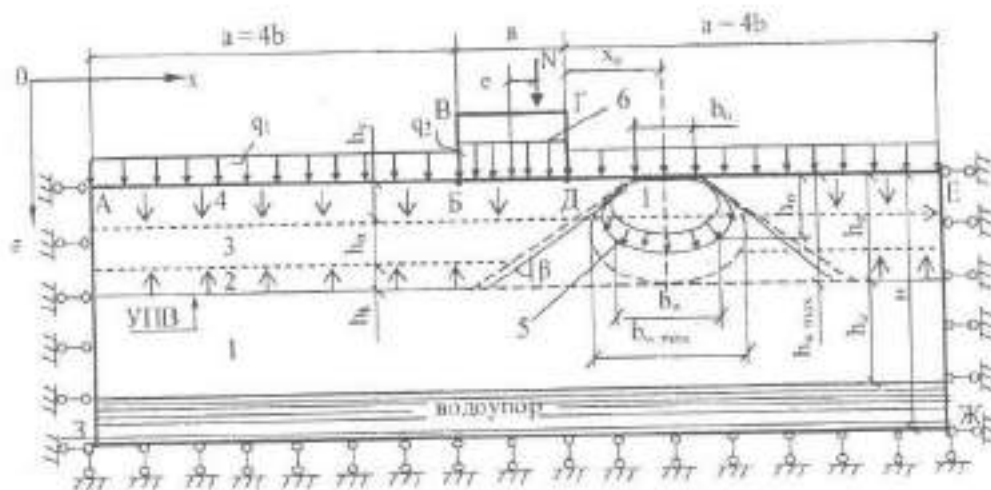


Рис. 2. Расчетная схема взаимодействия фундамента с подтапливаемым основанием

При надлежащем экспериментально-теоретическом обосновании данная расчетная схема позволяет оценить влияние подтопления на особенности развития равномерных и неравномерных осадок фундамента (центральное и внецентренное нагружение), очертание эпюры контактных напряжений по подошве фундамента, определение критических нагрузок и значений нормативного и расчетного сопротивления грунта и др.

Размеры расчетной области устанавливаются на основе общих требований к геомеханическим расчетам оснований изложенным, например, в работе [1].

Для оценки взаимодействия основания и фундамента выделяются следующие зоны неоднородности, обусловленные развитием процесса подтопления (рисунок 2): полного водо насыщения – 1; капиллярной каймы –

2; природного состояния – 3; природно-техногенного увлажнения с переменной, в общем случае, высотой и влажностью – 4; переменного локального увлажнения – 5; фундамент – 6. Очертание зон 1–5 (характер их изменения во времени) определяется по известным методикам, например [2]...[4].

Особенность рассматриваемых геомеханических расчетов состоит в том, что изменение напряженно-деформированного состояния основания обусловлено совместным действием следующих основных факторов: переменностью во времени положения и очертаний границ зон неоднородности основания; изменением в зонах неоднородности физико-механических характеристик грунтов; возникновением в основании дополнительных гидрогеологических нагрузок: а) давление от действия сил веса воды при ее инфильтрации сверху (зоны 4 и 1); б) давление от сил собственного веса грунта, образовавшееся вследствие медленного повышения его влажности (зона 4); в) изменение напряжений от сил собственного веса грунта обусловленное взвешивающим действием воды в зоне полного водонасыщения (1).

Определение механических характеристик грунтов и параметров расчетной модели подтапливаемого основания

Объектом моделирования являлись основания, сложенные твердыми покровными супесями со следующими физическими характеристиками: удельный вес $\gamma = 18,0 \text{ Кн/м}^3$; природная влажность $W_c = 0,07$; влажность грунтов на границе текучести и раскатывания соответственно $W_L = 0,17$, $W_p = 0,14$. Обобщенный анализ многочисленных компрессионных и штамповых испытаний показал, что увлажнение основания снижает модуль деформации супесей в 1,1–4,8 раза, сцепление до 3 раз [5]. Изменения угла внутреннего трения составляют 1–5°.

Статистическая обработка результатов компрессионных испытаний позволила установить характерные интервалы изменения деформационных характеристик супесей в зависимости от степени их влажности. В зонах естественной влажности и полного водонасыщения величина компрессионного модуля деформации определялась по зависимости [1]:

$$E_k = \alpha_1 \varepsilon_k^{\alpha_2} + \alpha_3, \quad (1)$$

где ε_k – относительная деформация компрессионного сжатия образца грунта; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – коэффициенты аппроксимации, определяемые по результатам статистической обработки данных компрессионных испытаний методом наименьших квадратов.

В пределах каждой из указанных зон коэффициенты α_i имеют постоянное значение. Показатели деформируемости супесей в зонах переменной влажности существенно изменяются в интервале $W_c \leq W_i < W^*$. Величина W^* , в общем случае, меньше влажности полного насыщения W_{sat} и находится в интервале $W_c < W^* < W_p$. Здесь коэффициенты α_i являются функциями влажности.

Для упрощения расчетных процедур непрерывная зависимость механических характеристик грунтов от влажности заменяется ступенчатой. Число таких ступеней определяется конкретными условиями задачи (типы и положение источников замачивания, скорость инфильтрационного потока, фильтрационные свойства среды и др. Во многих случаях оказывается достаточным выделение одной, максимум двух областей квазиоднородности механических свойств грунтов в пределах каждой зоны переменной влажности. С учетом введенных предпосылок расчетная область основания представляется в виде кусочно-однородной по параметрам механических свойств грунтовой среды с переменными во времени границами. В общем случае могут быть использованы и более сложные нелинейные модели механики сплошных сред.

Формирование модели взаимодействия фундамента с подтапливаемым основанием

Для геотехнического расчета оснований и фундаментов в обычных условиях необходимы следующие модели: здания или сооружения; фундамента; грунтов и основания. При расчете фундаментов на подтапливаемом основании, в связи с изменением во времени граничных условий, возникает необходимость введения дополнительной модели взаимодействия системы «здание – фундамент – основание» с подземными и другими природно-техногенными водами. Для формирования указанной модели системы введем следующие показатели качества ее функционирования: K_s – отношение средней расчетной осадки фундамента к предельно допускаемой S_p ; K_i – отношение расчетного крена фундамента к предельно допускаемому значению I_p ; K_{pr} – отношение эксплуатационной нагрузки на фундамент к расчетному (нормативному) сопротивлению грунта. Эти показатели зависят от совокупности воздействий на систему и внутренних ее параметров. В общем случае эту зависимость можно записать, используя общую теорию систем [7], в виде:

$$Y_i = F_i(V_m, H_n, u_k, t), \quad (2)$$

где Y_i – совокупность параметров отклика системы, т.е. K_x, K_i, K_{pr} ;
 V_w – совокупность входящих воздействий;
 H_n – совокупность внутренних параметров системы;
 r_k – совокупность воздействий внешней среды;
 t – время.

Как отмечалось выше, воздействия среды на систему имеют, как правило, случайную природу со значительными вариациями по типам, интенсивности, месту приложения и т.п. Эту ситуацию усложняет еще и тот факт, что распределение напряжений и влаги в основании описываются разными системами уравнений.

В целях упрощения процедуры оценки и прогноза взаимодействия фундамента с подтапливаемым основанием представим зависимость (2) в виде:

$$Y_i = F_i(V_w, H_n, H_n^2, t), \quad (3)$$

где H_n^2 – совокупность дополнительных внутренних параметров системы, эквивалентно отражающих влияние внешней среды.

Введенные параметры H_n^2 определяются с учетом тестовых сопоставлений показателей Y_i , полученных по формулам (2) и (3), а также экспериментально установленным закономерностям распределения влаги в подтапливаемом основании. При таком подходе вариации параметров H_n^2 в математическом эксперименте будут, в известной степени, отражать статистические изменения воздействий внешней среды в установленных пределах. Это позволяет решать уравнения (3) в детерминированной, вероятностной и вероятностно – детерминированной постановках в рамках одной системы – механики деформируемой среды с изменяющимися во времени границами и граничными условиями в пределах расчетной области.

Представим зависимость (3) в следующем обобщенном виде:

$$Y_i(t) = \psi_i(X_j, X_k^c, V_w, H_n, H_n^c, R_{mc}, R_{mf}, t), I = 1, m_y, \quad (4)$$

где X_j – совокупность варьируемых (управляемых) в математическом эксперименте факторов системы, обусловленных развитием подтопления;

X_k^c – совокупность учитываемых (неуправляемых) в эксперименте факторов гидрогеологических воздействий на систему (сезонные колебания уровня подземных вод и др.);

V_w – совокупность нагрузок на фундамент;

H_n – совокупность геометрических параметров фундамента (ширина подошвы, глубина заложения и др.);

P_n' – совокупность внутренних неизменяемых параметров системы (геометрия природного напластования слоев грунта, исходное положение уровня подземных вод и др.);

$R_{гр}$ и $R_{бет}$ – совокупность параметров принятых механико-математических моделей соответственно грунта и бетона;

t – время.

В настоящей работе вид функций ψ_i в уравнении (4) принимается в виде аналитических зависимостей. Установление параметров этих зависимостей осуществляется методом факторного анализа [7].

Планирование и порядок проведения математического эксперимента

Принимаем функции Y_i , $i=1, m$, в виде следующих полиномов [7]:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_n X_n + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + \dots + b_{nn} X_1 X_n + \dots, \quad (5)$$

где X_1, X_2, \dots, X_n – варьируемые факторы;

b_n – неизвестные коэффициенты при факторах X_n .

Варьируемыми факторами для расчетной схемы, представленной на рисунке 2 являются: X_1 – относительное расстояние от подошвы фундамента до уровня подземных вод (h_0/b); X_2 – относительный диаметр эллипса замачивания [$h_{уmax}/(h_0 - h_u)$]; X_3 – относительная влажность грунта в зоне 4 (S_4); X_4 – относительное расстояние от центра источника замачивания до края фундамента (X_u/b); X_5 – относительная толщина зоны 4 (h_4/b).

Выполняя нормирование факторов x_i по способу [7] полином (5) приводится к виду:

$$y_i = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \dots + b_n x_n + b_{n+1} x_{n+1} + \dots + b_m x_m, \quad (6)$$

где x_1, \dots, x_n – основные нормированные факторы ядра плана эксперимента;

x_{n+1}, \dots, x_m – дополнительные факторы плана эксперимента, учитывающие взаимодействия основных факторов x_1, x_2, x_3 и т.п.;

b_n и b_{n+1}, b_m – неизвестные коэффициенты при указанных факторах.

Тогда зависимость для определения неизвестных коэффициентов b можно представить в виде следующего матричного соотношения:

$$\{B\} = (\{X\}^T \{X\})^{-1} \cdot \{X\}^T \cdot \{Y\}, \quad (7)$$

где $\{X\}^T$ – транспонированная матрица факторов.

Проверка адекватности полученных функций значениям откликов внутри факторного пространства производится для его центра. Тогда по условию должно быть $y_u = b_{0m}$. Если отличие менее 5%, то система адекватна. В противном случае необходимо перейти к факторному эксперименту вто-

рого порядка [7]. Рассмотрим в качестве примера результаты численных расчетов напряженно-деформированного состояния основания при следующих значениях варьируемых параметров уравнения (5): $0.5 < X_1 < 3$; $0.61 < X_2 = \beta < 0.87$; $0.3 < X_3 < 0.8$.

Габариты фундамента: $h_0 = b = 2$ м. На основании (7) получено следующее выражение полинома (6) для определения осадки S , м фундамента

$$S = K_0 \cdot S_0 = 0.07496 - 0.00196x_1 + 0.00321x_2 - 0.00531x_3 + 0.00162x_1x_2 - 0.00104x_1x_3 + 0.00079x_2x_3 + 0.00036x_1x_2x_3. \quad (8)$$

Проверка (8) для центра факторного пространства показала ошибку в 5.2%, что для практических целей допустимо. Максимальное значение (8) стремится к осадке фундамента на полностью водонасыщенном основании.

Анализ компонент напряженного состояния основания позволил установить, что существуют зависимости типа $\sigma_z = f(z/b, X_i)$ для которых величина вертикальных напряжений по оси ленточного фундамента значительно превышает их значения для однородного основания. В таком случае определение расчетной осадки фундамента можно осуществить по методике [8]:

$$S = \sum_{i=1}^n (\sigma_{zi} - \sigma_i) / 2G_i + \sum_{i=1}^n \sigma_i / K_i, \quad (9)$$

где σ_{zi} – вертикальное напряжение;

σ_i – среднее напряжение в i -м слое;

G_i и K_i – модули соответственно сдвиговой и объемной деформации, зависящие, в общем случае, от степени приближения грунта к предельному состоянию.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абелева А.М., Щербина Е.В., Ухов С.Б.* Особенности расчета лессовых оснований элеваторных сооружений. // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1990. – №2. – С. 18–20.
2. *Дегтярев Б.М., Дзекцер Е.С., Муфтахов А.Ж.* Защита оснований зданий и сооружений от подземных вод. – М.: Стройиздат, 1985. – 264 с.
3. *Казакова И.Г., Слинко О.В.* Опасность и характер негативных последствий при подтоплении городов. // Геоэкология. – 1997. – №5. – С.49–59.
4. *Клетиков С.Н., Трезуб А.С., Матвеев И.В.* Расчет зданий и сооружений на просадочных грунтах. – Киев: Будивельник, 1987. – 200 с.
5. *Козюнов В.А.* Об изменении физико-механических свойств грунтов на территории г.Павлодара при подтоплении. // Материалы региональной научной конференции. – Павлодар, 1998. – С.116.

6. *Королев М.В.* Роль инженерных изысканий на современном этапе строительства и реконструкции г.Москвы. // Современные методы инженерных изысканий в строительстве. – М.: МГСУ, 2001. – С.7–18.

7. *Советов Б.Я., Яковлев С.А.* Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 2001. – 343 с.

8. *Тер-Мартirosян З.Г.* Проблемы прогноза осадок оснований сооружений. // Гидротехническое строительство. – 2000. – №11. – С.55–60.

УДК 378.096:621

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

М.К. Кудерин, М.А. Шерниязов,
К.К. Абишев, П.О. Быков

Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова

Бүгінгі күнгі Қазақстан машина жасау саласының даму деңгейіне талдау жүргізу негізінде Павлодар өңіріндегі машина жасау саласындағы мамандарды даярлаудың негізгі бағыттары көрсетілген. Ғылыми-техникалық, басқару-ұйымдастыру мен кадр мәселелерінің негіздері айқындалған. Ең маңызды болып білім беру, ғылым және өнеркәсіптің интеграциясы табылады.

На основе анализа современного состояния развития машиностроения Казахстана показаны основные направления подготовки специалистов машиностроительного профиля Павлодарского региона. Определены основные научно-технические, управленческо-организационные и кадровые проблемы. Реальный выход – это интеграция образования, науки и производства.

On the basis of analyses of present-day condition regarding to engineering industry development of Kazakhstan are shown the principal trends for specialist training of engineering field in Pavlodar region. It is defined the list of main scientific and technical, management and organizational and scientific manpower problems. The real way-out is integration of education, science and production.

Казахстан, как и другие страны СНГ, столкнулся в 90-е годы с проблемой разработки собственной концепции и стратегии реализации высшего образования. В новых условиях каждая постсоветская страна стремилась выработать свою политическую линию в сфере образования, не дублируя при этом опыт своих соседей. И эта оправданная образовательная политика вела к необходимости разработки соответствующих государственных национальных образовательных стандартов.

При этом планирование приема в высшие учебные заведения республики осуществлялось с учетом максимально возможного сохранения десятилетиями сформированных материально-технических, учебно-методических и научно-педагогических баз вузов, обладающих огромным интеллектуальным и национально-этническим потенциалом, всех ранее открытых казахских отделений в разрезе специальностей, усиления подготовки кадров технического профиля, регионализации высшего образования и других особенностей.

В связи с переходом на рыночные отношения и организации платного обучения многие инженерно-технические специальности по таким основным отраслям производства, как горнодобывающая, машиностроение, транспорт, строительство несколько потеряли свою престижность. В основном, молодежь идет на специальности экономического, юридического и социально-гуманитарного профиля. К тому же частный сектор, в большинстве случаев, пока не заинтересован в подготовке специалистов технического профиля. Все это приводит к резкому уменьшению приема на вышеуказанные специальности, к сокращению численности профессорско-преподавательского состава и оттоку высокопрофессиональных преподавателей, крупных ученых в другие сферы.

В то же время, тенденция мировой практики такова, что в развитых странах вклад технического прогресса (инновационный фактор) обеспечивает более 50% общего прироста национального дохода. При этом особая роль в развитии инновационной экономики принадлежит именно высшей технической школе, которая призвана обеспечить формирование и опережающее развитие научно-технического потенциала общества посредством подготовки специалистов по инженерно-техническим специальностям, способным создать технологическую основу поступательного развития государства.

Машиностроение играет главенствующую роль в осуществлении научно-технического прогресса. Массовое изготовление техники новых поколений, способной обеспечить многократное повышение производительности труда, открыть путь к автоматизации всех стадий производства, поднять эффективность использования научно-технического потенциала, трудовых, материальных и финансовых ресурсов – таковы задачи, которые предстоит решать машиностроению Казахстана [1].

В этой связи и в целях реализации долгосрочных приоритетов, определенных Президентом страны в послании народу Казахстана «Казахстан – 2030» подготовка молодых инженерно-технических кадров, отвечающих

мировым стандартам, приобретает особое значение для будущего Казахстана. При этом необходимо учесть, что в последние годы на промышленных предприятиях республики наблюдается тенденция роста производства, связанная, в первую очередь, с разработкой и внедрением современного оборудования, использование новых технологий и передового опыта развитых стран.

На всех этапах производства конкурентоспособной продукции существует острая необходимость в высококвалифицированных работниках. Поэтому руководители несут ответственность за обучение и подготовку подчиненных. Обучение инженеров не должно ограничиваться изучением нормативных требований. Для подготовки современных специалистов необходимо применять на практике высокопроизводительные методы обучения.

Например, есть много причин, объясняющих снижение уровня квалификации, подготовки отечественных специалистов (технологов, конструкторов) в области машиностроения. Одна из них заключается в технических и технологических возможностях применения современных методов проектирования и разработки техпроцессов.

К настоящему времени создано большое количество машиностроительных и ремонтных заводов, производственных и научно-производственных объединений, имеющих в совокупности большую производственную мощность. Основной сферой деятельности сравнительно небольшого числа проектных институтов машиностроительного профиля являются модернизация и совершенствование конструкции имеющихся машин и их производства. Развито машиностроение в Алматинской, Карагандинской, Павлодарской, Северо-Казахстанской, Ақмолинской и Чимкентской областях.

Удовлетворение же потребностей машиностроения в рабочих, техниках, инженерах и научных работниках практически полностью предопределяется местными условиями, уровнем решения кадровой проблемы республиканскими органами. Указанными выше особенностями существенно предопределяется развитие машиностроительных предприятий любого регионального подчинения.

Интенсификация экономики на основе научно-технического прогресса означает, прежде всего, повышение организационного и технического уровня предприятий. Очевидно, что никакое ускорение научно-технического прогресса невозможно без скорейшего внедрения результатов научных исследований в производство и повышения качества выпускаемых изделий, подготовки высококвалифицированных инженерных кадров, способ-

ных в дальнейшем содействовать становлению промышленно-развитого региона.

Главной причиной сложившегося положения на предприятиях машиностроительной отрасли нашего государства – в неподготовленности большинства инженеров к решению сложных технических проблем современного машиностроения. Объясняется это тем, что темпы научно-технического развития существенно опережают сложившиеся темпы обновления знаний. Создатели и пользователи передовой техники не имели базового образования в области промышленной электроники и к тому же не прошли основательную переподготовку. Насыщать производство передовой техникой, планировать разработку и внедрение современных автоматизированных средств без должного кадрового обеспечения – это бесполезное расходование национальных средств. Очевидно, чтобы исправить создавшееся положение необходимо прежде всего решить кадровую и научную проблемы подготовки специалистов в области машиностроения.

Исследования в области машиностроения центральными ведомствами должным образом не координируются.

Единственным ведомством, где сконцентрировано большое число ученых – машиностроителей и механиков, является Министерство образования и науки РК (МОН РК). В свое время были проанализированы планы и отчеты вузов, где ведутся исследования в области машиностроения, целью которых являлось выяснение состояния и перспектив развития научно-исследовательских работ (НИР) по машиностроению [1]. В числе этих вузов были Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова (ПГУ), Карагандинский технический университет (КарГТУ), Евразийский университет им. Л.Н. Гумилева. Анализу подверглись тематика госбюджетных и хоздоговорных работ, основные направления исследований, материально-техническая база и связи с промышленными предприятиями. Считаем, что в нынешней ситуации в вузах положение коренным образом не изменилось.

По результатам анализа были сделаны следующие заключения.

В вузах ведется незначительный объем НИР на хоздоговорной основе в области машиностроения. Развитие хоздоговорных исследований практически не подкрепляются основополагающими госбюджетными работами (за исключением КарГТУ), опережающими во времени заключение хоздоговоров.

В республике не выявляются системно основные научно-технические и кадровые проблемы машиностроения и не планируются их решения. Сла-

ба лабораторная база вузов (нехватка лабораторных установок, оборудования, приборов для проведения необходимых исследований и экспериментов), которые пока не готовы к объединению усилий по решению основных проблем машиностроения Казахстана по следующим причинам.

Указанные выше проблемы разрабатываются совершенно по различным частным аспектам. Общую теорию надежности машин, эксплуатируемых в Казахстане, никто не разрабатывает, каждый вуз работает в отдельном направлении. Тематические республиканские конференции проводятся крайне редко, совместных публикаций по конкретным направлениям практически нет, ученые мало знакомы с результатами исследований друг друга.

Советов по защите даже кандидатских диссертаций по машиностроительным специальностям нет. Выпускники аспирантур, как правило, разрабатывают темы, заимствованные из соответствующих вузов и регионов. Для изменения специализации по проблемам машиностроения Казахстана нет достаточных материальных и моральных стимулов. Если встреча выпускника вуза с предприятием не состоялась, то он (без связи с производством) быстро теряет квалификацию, а через определенное время в научном отношении становится практически бесполезным. До настоящего времени в вузах республики не имелось перечня актуальных тем НИР по машиностроению, не велась работа по созданию картотеки ученых – машиностроителей; иными словами, неизвестно, что делать в первую очередь и с кем делать.

Проблема кадров машиностроения включает следующие основные задачи: переподготовку имеющегося инженерно-технического персонала и подготовку инженерно-технических и научных кадров, которые рассматриваются в свете перспективных научно-технических проблем развития машиностроения Казахстана.

Ускорение научно-технического прогресса невозможно без перестройки образа и уровня мышления и руководителей, и исполнителей, причем систематическое и динамическое обновление знаний должно стать нормой. Темпы обновления знаний должны опережать темпы прогресса производства. Разовая (один раз в 5 лет) переподготовка кадров совершенно недостаточна. За пять лет технология и средства передовых фирм капиталистических стран обновляются полностью, а в приоритетных областях (компьютерные технологии, информационные системы) – еще быстрее. Это реальные темпы развития производств. В режиме каждого дня, недели, месяца должно быть предусмотрено время на повышение квалификации, при-

чем не произвольное, а по совершенно конкретной и обновляемой программе, рассчитанной для работников каждого уровня и профиля. И здесь одними поездками по обмену опытом и случайными лекциями не обойтись. В каждом регионе необходимо организовать центр переподготовки.

На начальном этапе проблему переподготовки пытались решить всякого рода кооперативы, кружки на базе общества «Знание» и т.д. Но понятно, что никакие бюро по трудоустройству и частные потуги в должной мере проблемы не решают.

Лучше всего, если это будет научно-исследовательский центр при ведущем техническом вузе, к работе которого был бы привлечен профессорско-преподавательский состав. Объективная необходимость организации региональных центров на базе вузов вызвана еще и тем, что преподаватели, обладая теоретическими знаниями, не имеют должной лабораторной базы, а производственники, располагая передовой техникой, не имеют достаточных и систематически обновляемых знаний. Отдельные образцы новой техники рационально вначале устанавливать в научно-исследовательском центре, а затем, по мере подготовки специалистов по их использованию, на предприятиях. Разумеется, для такой переподготовки инженеров вузовским работникам придется всегда быть в необходимой научно-технической форме и оперативно реагировать на запросы производства.

Организация переподготовки специалистов может быть различной: в форме дневного и вечернего обучения, еженедельной, ежемесячной или ежегодной учебы в зависимости от категории работников. Лабораторную базу центра можно также использовать для обучения студентов, распределяемых по окончании вуза в основном на те же предприятия региона. Таким образом, каждый центр сможет заниматься планомерной переподготовкой кадров в свете последних достижений науки и техники и обучением студентов на требуемом уровне по задачам и программам, согласованным с предприятиями региона.

Кроме того, научно-технические проблемы, в том числе региона, будут решаться центрами на госбюджетной основе, а на этапе конкретных воплощений – на хоздоговорной. Современное оборудование и квалифицированные преподаватели помогут в таких условиях поднять на новый уровень качество исследований и ускорить внедрение их результатов. Предприятия, снабжая учебно-исследовательские центры на пазовых началах, не понесут больших материальных потерь, но приобретут базу для планомерной переподготовки своих инженерных кадров и решения научных про-

блем, а для вуза частично решится проблема материально-технического оснащения.

В нашем регионе одним из основных учебных заведений, выполняющих подготовку специалистов по вышеназванному направлению, является Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова. ПГУ является многопрофильным высшим учебным заведением, готовившим выпускников по 69 специальностям, в том числе по машиностроительным направлениям около 10 специальностей (подготовка инженеров-технологов производится по 4 специальностям, остальные – инженеры-конструкторы).

Анализ квалифицированных характеристик специальностей показал, что МОН РК готовит только инженеров-механиков. Между тем машиностроительные предприятия имеют на вооружении современные средства автоматизации технологических процессов и контроля качества продукции, широко используют в производстве компьютерную технику и в настоящее время ни одно производство не может функционировать без использования соответствующего электронного оборудования.

Причем именно электронизацией предопределяется прогресс в машиностроении. Если электрификация касалась в основном приводов, то электроника проникла и в управление, и в диагностику, и контроль процессов, стала органической, наиболее сложной и дорогостоящей частью производства. Машиностроение не может нормально функционировать без налаженной службы инженеров-программистов, электронщиков, системщиков. Научно-технический прогресс не стоит на месте, но вместе с тем изменений в подготовке кадрового потенциала пока не наблюдается. Предприятия зачастую сами не могут правильно сформулировать свои не только научно-технические, но и кадровые проблемы. Без четко выработанной стратегии по подготовке кадров МОН вынужден работать «вдогонку», ликвидируя возникшие пробелы.

Изменение форм собственности, передача предприятий в управление иностранным компаниям не меняет изложенные выше принципы подготовки и переподготовки инженерных кадров. Повышаются требования к специалистам и качеству их подготовки.

С другой стороны, в связи с перестройкой политической и экономической систем координально и динамично изменяются требования спроса рынка к науке и личности ученого.

К настоящему времени в подавляющем большинстве случаев кадры машиностроения, в основном для преподавательской работы, готовятся в аспирантурах центральных вузов. Такая форма подготовки вызвана объек-

тивными причинами и в период становления была оправданна. Центральные вузы и НИИ имеют свои направления и тематики исследований, они не нацелены и не должны решать проблемы отдельных регионов страны. Поступающий в целевую аспирантуру, как правило, подключается к теме научного руководителя, а после окончания, уже работая в отдельном регионе, пытается эту тему развить, и не всегда успешно, поскольку зачастую она оторвана от потребностей и профиля машиностроения данного региона (в частности Павлодарского). Для смены же специализации нужны годы, как правило, незапланированной и плохо или вовсе неоплачиваемой работы, при этом соискатель очередной ученой степени временно или вовсе теряет свое научное лицо. Тему научного руководителя гораздо успешнее развивают его ученики. Поэтому считанные единицы вырастают в республике до уровня докторов технических наук, а именно эта категория научных работников, как правило, подготовлена и способна при соответствующих условиях решать крупные научные проблемы.

Важнейшим фактором, объективно оказывающим влияние на потенциал каждого ученого, является история его становления как исследователя и уровень научной школы, где он защищал свою диссертацию. Так или иначе, большинство ученых-исследователей готовились в бывшем союзе по схеме: вуз – аспирантура – кандидат наук – докторантура. В указанной выше схеме, несомненно есть свои плюсы, но отсутствует одно важное звено – производство.

В принципе, нельзя стать ученым-прикладником не имея должной производственной практики, без должного понимания проблем производства и без инженерного фундамента, выверенного производством, на котором и должна строиться вся последующая научная работа.

В результате, так или иначе научный работник разговаривает с производством на разных языках, он всегда ощущает свою слабость и неуверенность.

Не может научить производству преподаватель, сам не прошедший производственную инженерную школу.

Отсутствие производственного опыта, ощущения производства, преподаватель частично может компенсировать усиленной научной работой в интересах конкретных предприятий, особенно, занимаясь анализом действующего производства и внедрением новых технологий и разработок. Если же преподаватель не работал на производстве и не занимается наукой в указанном смысле, то объективно и неизбежно становится схоластом, в лучшем случае, повторяющим из года в год устаревшую информацию.

В республике насчитывается сотни кандидатов технических наук по различным научным специальностям, но нет ни одного научного ядра (направления), разрабатывающего хотя бы одну из основных проблем развития машиностроения Казахстана, что является следствием указанной выше подготовки. Таким образом, нужно организовать ряд аспирантур и соответствующие научные школы машиностроения, а Национальной академии наук координировать научные исследования. Целевая подготовка через центральные аспирантуры, разумеется, должна сохраняться, но центр тяжести в подготовке постепенно необходимо перемещать на собственные научные школы. Потенциальные возможности для такой постановки в нашей стране, в частности, в нашем регионе, имеются.

Нужно в директивном и первоочередном порядке укрепить материально-техническую базу исследований в области машиностроения, исключив в этом вопросе произвол руководства вузов (по личным интересам).

Для укрепления материально-технической базы МОН РК необходимо организовать при вузах учебно-исследовательские центры, не дожидаясь, когда вузы сами придут к таким решениям, преодолев внутренние и внешние трудности. Эти центры будут базовыми и в постановке НИР, и в подготовке кадров машиностроения. Координировать НИР по машиностроению, безусловно, должна Академия наук РК.

В целях обеспечения первоочередного развития машиностроения в Казахстане можно определить:

1. Академии наук РК, Министерству образования и науки выработать направления фундаментальных исследований и стратегию опережающей подготовки инженерно-технических и научных кадров в свете тенденций развития мирового машиностроения и прогнозов будущего.

2. Создать координационный совет по машиностроению или хотя бы институт в системе Академии наук РК, занимающимся проблемами машиностроения Казахстана, а также региональные учебно-исследовательские центры при ведущих технических вузах и предпочтительно при них аспирантуры и научные школы машиностроения.

Инженерные специальности по машиностроению необходимо готовить по следующим специальностям: инженер-технолог, инженер-конструктор, инженер-организатор производства; начать подготовку инженеров-программистов и менеджеров по качеству машиностроительной продукции.

С января 2001 года в ПГУ им. С. Торайгырова началось реформирование деятельности университета, направленное на демократизацию в системе высшего образования. Согласно Концепции развития ПГУ на 2001-2003

годы, стратегической целью является подготовка высококвалифицированных специалистов, отвечающих требованиям современного открытого общества, рынка труда, глобализации, вхождения университета в мировое образовательное пространство.

Резюмируя изложенное, полагаем, что на данном этапе формирования государственного заказа на подготовку специалистов с высшим профессиональным образованием необходимо усилить государственную поддержку высшей школы по подготовке инженеров нового поколения – разработчиков высоких технологий, владеющих современным инструментарием – математикой, методами моделирования, информационными технологиями, управлением.

ПГУ им. С. Торайгырова в своей деятельности планирует реализовать следующие глобальные тенденции развития мирового образования:

- внедрение новых парадигм образования с обновленной философией образования;
- внедрение концепции Всемирной декларации «Образование для всех» для обеспечения соответствующего современным требованиям уровня образованности населения;
- информатизация образования, разработка и внедрение соответствующих информационных и активных технологий;
- интеграция образования, науки и производства и т.д.

Одной из глобальных и преобладающих прогрессивных тенденций современного общественного развития является интеграционный процесс, который проявляется на всех уровнях и во всех сферах жизнедеятельности. Эти проявления многообразны и свидетельствуют о возрастании роли синергетического фактора в развитии человеческой цивилизации [2].

Интеграционные процессы имеют место в отношениях между народами, государствами и регионами; развиваются в сфере экономики, политики, образования и культуры. Интегрируются различные отрасли производства, направления науки и т.д., другими словами, интеграция – глубоко структурированный процесс, имеющий самые разнообразные проявления и направления.

Мы остановимся здесь лишь на некоторых аспектах взаимодействия науки и образования, интеграции науки, производства и рынка.

В условиях сокращения бюджетного финансирования подготовки специалистов и проведения научных исследований объединение усилий университетов и академических НИИ является залогом сохранения научных

кадров и школ, а также их материально-технической и экспериментальной базы. При этом важной проблемой является повышение качества подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием. Одним из путей ее решения является интеграция высшей школы страны с научно-исследовательской и научно-технологической сферой.

В этом направлении следует комплексно и поэтапно решать целый ряд задач:

- обеспечить достаточную интеграцию программ обучения и научной деятельности профессорско-преподавательского состава и студентов на передовых рубежах современной науки; тесное творческое общение научных работников, преподавателей и студентов в процессе решения теоретических и прикладных задач науки; организовать на должном уровне производственную практику студентов на лабораторно-промышленных, теоретических и экспериментальных базах НИИ и предприятий, проводить совместные научно-теоретические, научно-практические конференции с участием ведущих ученых, как нашей страны, так и зарубежных, привлекать их к чтению лекций по современным, развивающимся и перспективным направлениям науки;

- создать Положение о механизме интеграции университетов и НИИ, утверждаемое МОН РК;

- выработать эффективный механизм интеграции исследовательских институтов и университетов по принципу «сообщающихся сосудов»;

- академическим институтам и кафедрам вузов, имеющим одинаковые или родственные профили по проблемам машиностроения, факультетам вузов и лабораториям академических институтов, имеющим родственные направления создавать научно-образовательные (практические) объединения с тем, чтобы студенты могли пользоваться уникальным научным оборудованием и современными приборами, имеющимися в распоряжении НИИ.

Профессорско-преподавательский состав вузов и ведущие ученые НИИ должны принимать активное участие в разработке и выполнении научных программ и проектов академических институтов и полученные новые научные результаты использовать в учебном процессе, вплоть до внедрения их в технологические циклы. Для этой цели необходимо привлекать студентов, обладающих достаточными и необходимыми знаниями. Результаты совместной научной деятельности вузов и НИИ должны ежегодно обобщаться и использоваться в учебном процессе в виде учебных пособий, научных монографий и др. Это позволит обеспечить необходимый уровень

подготовки специалистов для вновь создаваемых наукоемких технологий и машиностроительных производств.

– студентам и аспирантам выполнять исследовательские работы в стенах институтов и тем самым пополнять ряды ученых и научно-педагогических кадров; ученые академических институтов получат возможность читать лекции, проводить семинарские и лабораторные занятия по современным направлениям развития науки, передавая студентам свои богатейшие научные знания и опыт;

– подготовку научных кадров в стенах университетов осуществлять непосредственно по заявкам национальных, межотраслевых и региональных научных центров и отраслевых НИИ. Причем образовательные программы должны быть гибкими, в особенности программы специальных курсов, которые должны составляться с учетом требований и пожеланий заказчиков.

Таким образом, в ближайшие годы необходимо провести поэтапную интеграцию университетов и научно-исследовательских институтов и тем самым заложить базу для подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием высокого качества. Решение проблемы требует чрезвычайно взвешенных и всесторонне продуманных подходов. В конечном итоге интеграция должна привести к тому, что единой целью будут объединены подготовка научных кадров и выполнение научных исследований и на практике реализован принцип «Обучаясь – исследую, исследуя – обучаюсь».

Реализация вышеуказанных задач должна проводиться планомерно и поэтапно. На первом этапе необходимо определить возможности и функции вузов и НИИ, виды взаимодействия между ними с соответствующими детальными планами, договорами и соглашениями. Должна быть разработана нормативная документация о взаимодействии вузов и НИИ. На втором этапе должна начаться совместная деятельность вузов и НИИ в учебном процессе, научных исследованиях и др. На третьем этапе целесообразно организовать учебно-научные комплексы, в которых вузы и НИИ составляли бы единую структуру, выполняющую все функции, присущие как вузам, так и НИИ с единым финансированием, руководством и едиными планами работы.

Можно предложить следующие пути интеграции [2].

В республике есть университеты, в которых сосредоточен мощный научно-кадровый потенциал, имеется учебная и научная материально-техническая база и даже опытно-экспериментальное производство. С научными орга-

низациями такой вуз может интегрироваться на паритетных, договорных началах, расширяя и углубляя традиционные пути сотрудничества.

Однако в ряде вузов отсутствует надлежащая опытно-экспериментальная база для проведения научных исследований, нет учебно-опытной базы для практики студентов, в частности по машиностроительным специальностям. Такие вузы могли бы стать составляющей частью обновленных учебно-научных структур.

Одним из путей интеграции может стать организация научно-образовательных коллективов (центров, малых предприятий, консалтинговых фирм и др.) для выполнения целевых научных программ и проектов в области машиностроения.

Для вузов, расположенных в нашем регионе, где имеется многоотраслевой промышленный потенциал, целесообразно открытие на их базе ряда филиалов научно-исследовательских институтов по наиболее приоритетным и актуальным направлениям машиностроения. Другой аспект заключается в том, что в нашей республике не готовят специалистов по некоторым направлениям: инженеров-организаторов производства, инженеров - программистов машиностроительного профиля, менеджеров по качеству производственной продукции. На базе имеющихся узкоспециализированных научно-исследовательских институтов целесообразно создать филиалы высших учебных заведений, которые занимались бы не только научными разработками, но и подготовкой указанных специалистов.

Недостатки в организации учебно-воспитательного процесса (его слабая интеграция с производством и наукой) в методическом, материальном и кадровом обеспечении, приверженность большинства преподавателей к устаревшим методам обучения, безынициативность и низкая требовательность не способствует получению студентами прочных знаний. Учебные планы и рабочие программы требуют кардинального пересмотра. Самостоятельная работа студентов не обеспечивается в полной мере методическими пособиями (особенно на государственном языке); развитие творческих способностей студентов сдерживается недостатком лабораторных работ исследовательского характера. Низка эффективность использования вычислительной техники, недостаточен процесс оснащения компьютерной базой, ее программное обеспечение и обслуживание.

По нашему мнению, проблема здесь состоит в скудности государственного финансирования научных работ и отсутствии материально-технической базы исследований в области машиностроения.

Одной из причин недостаточной практической подготовки специалистов является несовершенство организации и проведения производственной, технологической и преддипломной практик студентов. Отчеты по практике в ряде случаев не отражают объема работ предусмотренных программой. Низка эффективность подготовки кадров без отрыва от производства. Слаба роль социально-гуманитарных дисциплин в организации воспитательных мероприятий.

Недостаточно активно осуществляются меры по внедрению двуязычия в учебный процесс, работа по подбору соответствующих специалистов, способных обеспечить по настоящему преподавания дисциплин на казахском языке.

Анализ работы государственных квалификационных комиссий и экспертиза дипломных проектов (работ) свидетельствует о том, что не обеспечивается должное руководство. Нельзя признать удовлетворительным научно-технический уровень курсовых и дипломных проектов студентов, рецензирование их проводится формально, без критических замечаний [5].

В этой связи в ПГУ им. С. Торайгырова было предложено в курсовых и дипломных проектах отражать элементы научно-исследовательской работы, с проведением обзора и анализа поставленной задачи. Темы дипломных проектов подбирать с учетом исследований проведенных при курсовом проектировании. При такой постановке задачи будущий специалист приобретет глубокие, фундаментальные знания и сможет самостоятельно разбираться в тех или иных вопросах. Нет необходимости начинать дипломный проект, что называется «с нуля», а нужно продолжать исследования по тем или иным приоритетным научным направлениям.

Система обучения должна быть гибкой, особенно это касается подготовки специалистов, немедленно отзывающейся на новые потребности жизни. Застой в учебной работе во многом связан с отсутствием в ряде сфер полноценной научной жизни, где не проводятся серьезные фундаментальные исследования, а в хозяйственных научных работах участвует небольшой контингент молодых ученых, аспирантов, стажеров – исследователей, недостаточное привлечение к научной работе студентов.

В условиях развития рыночных отношений актуализируется проблема интеграции науки, образования, предпринимательства и рынка, формирования сектора инновационного предпринимательства, ориентированного на активное использование результатов фундаментальных научных исследований в целях опережающего развития наукоемких отраслей.

Итак, для стимулирования процесса интеграции науки и высшего обра-

ования деятельность университетов и НИИ следует рассматривать как совместную:

- по подготовке высококвалифицированных кадров;
- по выполнению научных исследований;
- по разработке национального законодательства;
- по привлечению академических ученых к преподавательской работе;
- по подготовке совместных, проведению межвузовских конференций

и т.д.

Такое сотрудничество будет способствовать поэтапной интеграции образования и науки, сделает модель исследовательского университета – наиболее передовой формы учебного заведения, реальной для Казахстана. Однако в современных условиях одной интеграции образования и науки уже недостаточно. Интеграционные процессы вступают в новую фазу своего развития, приобретают качественно новые черты.

Как видим, в современных условиях развития общества прогресс науки, образования, производства и всей социально-экономической сферы связан с углублением и расширением многоаспектных интеграционных процессов. От успешности интеграционных процессов, в конечном счете, зависит будущее как образования, так и науки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баймагамбетов Т.Ш., Казыханов Х.Р., Степанов П.Б. и др. Перспективы развития машиностроения Казахстана. – Алматы: Наука, 1988. – 152 с.
2. Жасимов М.М., Жасимова С.М. Подготовка и переподготовка инженерных кадров в постсоветское время // Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. – 1996. – Ч. 1. – С. 25
3. Абдымананов С. Развитие интеграционных процессов в сфере науки и образования // Высшая школа Казахстана. – 2000. – №3. – С. 8.
4. Концепция развития ПГУ им. С. Торайгырова на 2001–2003 г.
5. Сейтжанов С. Государственный контроль за качеством образования в условиях реализации закона РК «Об образовании» // Высшая школа Казахстана. – 2001. – №4-5. – С. 25.

УДК 624.012:539.4+539.375

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОЛОГИХ ОБОЛОЧЕК И ПЛАСТИН С УЧЕТОМ ТРЕЩИН

Т.Т. Мусабаев, К.М. Жансеитова

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана

Композиттік ағын компоненттерінің физико-механикалық ерекшеліктердің сипаттамасы, бетонның жылуы, физикалық және геометриялық сызықсыз жағдайында және өз бетінше күштер жүйесінің әсер етуде болған, өз бетінше қабықшаны конструкция тақырыпқа арналған зерттеу нәтижелері қаралады. Сызат пайда болу және жайпақ қабықшаларын нығайту есептері аз зерттелген сызықсыз теория облыстардағы зерттеулер жинақталған. Тепе-теңдік конфигурацияның және қабықшалар мен пластиналардың тұрақсыздықтан айырмаланған критерийлердің болуы талданады.

Рассматриваются результаты исследований, посвященных теме произвольной оболочечной конструкции, находящейся под действием произвольной системы сил и в условиях физической и геометрической нелинейности, ползучести бетона, различия физико-механических характеристик компонентов композиционного сечения. Обобщены исследования в малоизученных областях нелинейной теории расчета подкрепленных пологих оболочек, учитывающего неупругие деформации и трещино-образование, которые имеют фундаментальный характер. Анализируется существование равновесной конфигурации и критерий потери устойчивости оболочек и пластин. На основании детального анализа существующей научной литературы в области теории расчета оболочек и пластин сформулированы задачи дальнейшего диссертационного исследования, в которых отмечается, что разработка методики нелинейного расчета подкрепленных оболочек и пластин во взаимодействии с неоднородным групповым основанием на всех этапах нагружения и существования, остается актуальной.

To examine's result's of research, light the way subjects Arbitrary structure of cover be found underaction Arbitrary system to powers, and in physical condition, and Geometrical, don't long measyres. The coawling concrete difference of physical-mechanical chracteristics the part, composition section. The to generalize litlestudy domain tueory The calculation strenghen come into consideration, elastic deformation crash formation which have foundation analyse of lose stability plate. In virtue of petail analysis scientific literature to formulate

tasks further methodics at the head interaction with homo. senecous ground the wholes stage load stay actual.

Одной из важнейших задач в области строительства является повышение эффективности капиталовложений за счет удешевления и ускорение вводов стройобъектов, снижение материалоемкости сооружений, уменьшение трудовых затрат, наталкивающие инженерную мысль к поиску новых перспективных архитектурных форм, новых видов конструкций, в первую очередь тонкостенных пространственных конструкций, на основе совершенствования методов их расчета. Современные тенденции развития методов расчета характеризуется дальнейшим совершенствованием, учитывающим реальные физико-механические свойства, с целью максимального приближения к действительным условиям работы конструкций. Особенно важным это является при реконструкции зданий и сооружений, куда направляется значительная доля средств от общего объема капитальных вложений на строительство.

Усовершенствование техники, потребность общества в новых промышленных изделиях, больших объемах проектных работ, повышение сложности проектируемых объектов и повышение важности выполнения данных объектов и выполняемых ими функций, ставит перед проектировщиком новые сложные задачи. Длительные процедуры согласования технических решений между подразделениями проектной организации, устаревшие способы подготовки конструкторской и технологической документации приводят к ощутимому затягиванию сроков проектирования. Ускорение сроков проектирования требуется в новых приемах проектирования, в использовании технических средств, гарантирующих быстрое получение высококачественных проектных решений и технической документации. Повышение качества проектирования, снижение материальных затрат, сокращение сроков проектирования, малое количество работников, занятых в проектных работах, главные приоритеты современного проектного расчета.

В строительстве зданий и сооружений в настоящее время применяется большой набор тонкостенных пространственных конструкций из сборного и монолитного железобетона. Среди многообразия конструкций можно выделить пологие оболочки положительной гауссовой кривизны, цилиндрические оболочки открытого профиля и прямоугольные плиты в виде металлических структур, применяемые для перекрытия большепролетных сооружений, вспарушенные панели (особо пологие оболочки) и плоские

пластины – в междуэтажных перекрытиях, цилиндрические оболочки вращения – в силосах, дымовых трубах и других инженерных сооружениях.

Тонкостенные конструкции типа пологих оболочек встречаются и в других областях техники: в машиностроении – это корпуса всевозможных машин; в кораблестроении – корпуса судов и плавающих доков; в авиационном и ракетостроении – фюзеляжи и крылья самолетов, корпуса ракет; в специальных сооружениях как морских нефтегазопромышленных объектов, газгольдеров, нефтехранилищ, резервуаров, корпусов высокого давления, реакторов, автоклавов для строительных, химических и специальных технологий и других.

Сборные железобетонные оболочки положительной гауссовой кривизны, применяемые в практике строительства, в том числе типовые, собираются из цилиндрических ребристых панелей, и поэтому в одном из направлений такие оболочки имеют ломаную образующую и переломы поверхности. С этими конструктивными особенностями связано возникновение значительных пиков изгибающих моментов над ребрами и появление трещин в плите, а также увеличение прогибов поля панелей между ребрами. Поэтому для ребристых оболочек необходимо рассмотреть возможность местного разрушения поля оболочки, заключенного между ребрами.

Как показывают расчеты и экспериментальные исследования, криволинейные ребра панелей, расположенные в местах переломов поверхности оболочки, оказываются растянутыми, а поле оболочки между ребрами вдоль ломаной образующей – сжато-изогнутым.

Как известно, большая часть поверхности оболочки является сжатой, однако в панелях, примыкающих к контуру оболочки, усилия сжатия могут быть существенно меньше, чем в центральной части оболочки. В ряде случаев в приконтурной зоне, особенно в случае неразрезной конструкции многоволновых оболочек, плита бортового элемента оказывается растянутой.

Пространственные покрытия характерны тем, что оси всех несущих элементов не лежат в одной плоскости. Они подразделяются на три типа: купола, складки и своды (оболочки).

Материалом для вант в висячих покрытиях служит сталь, которую применяют в виде канатов, арматурных стержней и пучков из высокопрочной проволоки.

Выгодная работа материала в пространственном покрытии зачастую связана со значительным усложнением условий работы поддерживающих конструкций. Всякая конструкция должна на что-то опираться. По схеме

промышленного здания, плиты укладываются на балки, балки опираются на колонны, колонны, в свою очередь, установлены в фундаментах и, наконец, фундаменты передают все всего здания на грунт. Опираясь на поддерживающие элементы, конструкция передает на них опорные усилия. Простейшие усилия передаются на опоры балками. Они давят на опоры сверху вниз. К конструкциям с более сложными опорными усилиями относятся арки. Арка не только давит на опоры сверху вниз, но и стремится их раздвинуть. Если арка поднята на стойках, то приходится устраивать специальную затяжку, чтобы воспринять усилия распора. Аналогичные опорные усилия возникают и во многих пространственных конструкциях. Купол, в котором материал используется очень выгодно – работает на сжатие, должен быть охвачен внизу мощным кольцом, работающим на растяжение и воспринимающим распор, создаваемый куполом во всех направлениях. Разнообразные оболочки двойной кривизны, перекрывающие здания прямоугольного плана, как и арки, нуждаются в затяжках. Элементы и участки конструкции, испытывающие растяжение, выполняются с предварительным напряжением.

Эти конструкции отличаются повышенной несущей способностью, жесткостью, легкостью, простотой изготовления и монтажа, транспортабельностью и архитектурной выразительностью.

Теоретические и экспериментальные исследования научно-исследовательских университетов Москвы, Санкт-Петербурга, Киева и других городов способствовали применению оболочек в строительстве.

Однако, несмотря на непрерывное совершенствование, преимущества тонкостенных пространственных конструкций реализованы не полностью. Одним из факторов, сдерживающих широкое распространение пространственных конструкций, является недостаточная разработанность методов расчета, отсутствие разносторонних экспериментальных данных.

В настоящее время разработаны и применены многочисленные методы расчета железобетонных пологих оболочек и пластин с использованием линейной теории упругости однородного изотропного тела. Однако такая расчетная модель является весьма приближенным и, как правило, не отражает действительной работы материала и конструкций из-за того, что в силу наличия микроразрушений бетона и железобетона всегда, даже при малых нагрузках, проявляют нелинейные свойства. Кроме того, появление и распределение микро- и макротрещин сопровождается значительным перераспределением усилий, что еще более искажает картину их распределения по сравнению с той, которую дает анализ метода-

ми линейной строительной механики и теории упругости. Расчет в линейной постановке оставляет полностью открытым вопрос о формах возможного разрушения конструкций и соответствующих значений внешней нагрузки.

Основными свойствами железобетона, обуславливающими сложность его работы как конструктивного материала, являются:

- 1) Физическая и геометрическая нелинейность – нелинейность деформаций и напряжений и зависимостей между перемещениями и нагрузкой;
- 2) Анизотропия, усиливающаяся в результате трещинообразования;
- 3) Усадка, ползучесть и др. явления, зависящие от времени и условий окружающей среды.

Широкое применение железобетонных конструкций в различных областях строительства делает актуальным при их проектировании учет длительных процессов усадки и ползучести бетона.

Учет длительных процессов стал особенно необходим в последние годы в связи с облегчением конструкций, устранением излишних коэффициентов запаса при расчете на прочность, деформативность и трещиностойкость, а также в связи со значительным расширением гаммы применяемых бетонов, обладающих самыми различными деформативными свойствами.

Ползучесть и усадка бетона во многих случаях существенно влияет на напряженно-деформированное состояние железобетонных конструкций. В одних случаях это влияние благоприятно отражается на работе конструкций, в других – неблагоприятно. В качестве примера благоприятного влияния ползучести можно указать на релаксацию внутренних усилий, вызванных в статических неопределимых системах смещением связей. Неблагоприятное влияние ползучести и усадки выражается в росте прогибов, потерях предварительного напряжения, резком уменьшении усилий, созданных в процессе регулирования.

В этих условиях умение воздействовать на деформативность бетона или хотя бы правильно учитывать ее при проектировании является совершенно необходимым для создания конструкций, наилучшим образом удовлетворяющих эксплуатационным и экономическим требованиям.

При длительном действии внешней нагрузки ползучесть сопровождается перераспределением напряжений между бетоном и арматурой. В случае же, когда внутренние усилия вызваны усадкой бетона, смещением связей и вынужденными усилиями, она обычно приводит к более или менее интенсивной релаксации напряжений.

Учет влияния ползучести и усадки бетона необходим при расчете стерж-

ней по деформациям, а учет перераспределения и релаксации напряжений – при расчете по образованию трещин.

Таким образом, учет длительных процессов ползучести, усадки и релаксации позволяет более рационально проектировать как отдельные железобетонные стержни, так системы в целом, обеспечивая их несущую способность, жесткость и трещиностойкость, и во многих случаях дает возможность достичь экономии материалов.

Явление последствия, выражающееся в изменении (уменьшении) времени усилий или напряжений деформированного материала, общая деформация которого зафиксирована связями, называется **релаксацией**.

Условие релаксации напряжений математически может быть сформулировано в виде

$$\varepsilon_{\sigma}(t) = \varepsilon_{\sigma} + \varepsilon_{\eta}(t) = \text{const}, \quad (1.5)$$

где $\varepsilon_{\sigma}(t)$ – полная деформация бетона к моменту времени t . При этом

$$\varepsilon_{\sigma} + \text{const} \text{ и } \varepsilon_{\eta}(t) + \text{const}$$

В настоящей работе термин релаксация будет употребляться в более широком смысле, так как будет распространяться на железобетонные стержни, в которых при сохранении постоянным определенным видом вынужденной деформации (например, осадки опоры неразрезной балки) постепенно падают напряжения в бетоне.

Физическая сущность явления релаксации в бетоне неразрывно связана с явлением ползучести и заключается в том, что если бетонный стержень находится в таком деформированном состоянии, при котором дальнейший процесс деформирования невозможен, т.е. $\varepsilon_{\eta}(t) = \text{const}$, то увеличению деформаций ползучести должно сопутствовать непрерывное уменьшение упругих деформаций ε_{σ} , в результате чего напряжения в бетоне постепенно релаксируют. (Гольшев).

Ползучесть в статически неопределимых железобетонных системах помимо перераспределения усилий между бетоном и арматурой в сечениях стержней сопровождается перераспределением усилий между самими элементами. От действия внешней нагрузки в большинстве случаев перераспределение невелико, другое дело, если система нагружена вынужденными усилиями (силами предварительного напряжения) или вынужденными деформациями (смещением связей, изменением схемы нагружения стержней при замыкании системы). (Имеются ввиду системы, статическая неопределимость которых создается (или увеличивается) уже после передачи на них значительных нагрузок).

В этих условиях под влиянием ползучести усилия в системе могут заметно изменяться, а в ряде случаев даже менять знак.

Реальные конструкции почти всегда оказываются нагруженными как внешними силами, так и вынужденными усилиями или вынужденными деформациями (а подчас теми и другими одновременно). Поэтому приходится считаться с тем, что первоначально созданные в них усилия могут претерпевать значительные изменения.

В системах из обычного железобетона и в преднапряженных системах, работающих в стадии эксплуатации с трещинами в бетоне, появления трещины и в процессе их развития происходит изменение жесткости сечений стержней, которое также сопровождается перераспределением усилий.

Определенного влияния заслуживают вопросы, связанные с учетом влияния бетона на работу статически неопределимых железобетонных систем. Если в безраспорных системах (например, неразрезных балках) центр тяжести арматуры в сечениях стержней совпадает с центром тяжести бетона, деформации усадки не влияют на естественное распределение усилий. При несимметричном армировании, в распорных системах (арках, комбинированных конструкциях и т.д.) деформации усадки вызывают дополнительное перераспределение усилий.

Практика строительства пространственных тонкостенных конструкций все более настойчиво выдвигает новые требования к расчету оболочек и плит с учетом специфики работы их материалов.

Успехи в развитии вычислительной техники и численных методов расчета строительных конструкций, позволяют разрабатывать и совершенствовать усложненные расчетные схемы и модели, а также основанные на них, методы расчета железобетонных конструкций при различных воздействиях на всех стадиях работы – от начала образования пластических деформаций до стадии разрушения.

Широкое применение железобетона для несущих строительных конструкций, обладающего специфическими свойствами ползучести, усадки, пластичности, низкой трещиностойкости, требует углубленного изучения их действительной работы под нагрузкой.

Особо следует отметить такие свойства железобетона, как пластичность, определяющая неприменимость методов расчета классической строительной механики, а также сугубо индивидуальную особенность железобетона, отличающую его от других композитных материалов, – способность сохранять эксплуатационные качества при наличии трещин в растянутой зоне сечения. Строгий учет специфических свойств и особенности работы

железобетона при расчетах конструкций существенно затрудняет исследования и приводит к сложным системам нелинейных интегрально-дифференциальных уравнений.

Особое место в изучении действительной работы железобетонных конструкций занимает вопросы **устойчивости** тонкостенных пространственных конструкций.

Необходимость создания максимально приближенных к действительной работе железобетонных конструкций методов расчета привела к возникновению двух основных направлений современной теории железобетона. Первое предусматривает частичный учет нелинейности деформирования бетона и арматурной стали без учета реологических свойств деформаций и влияния режима и длительности загрузки. Второе – создание теории расчета железобетонных конструкций в нелинейной и неравновесной постановке с учетом запаздывания деформаций и влияния режима и времени загрузки.

Теория расчета по первому направлению основана на допущении максимальной нелинейности связи между напряжениями и деформациями при расчете прочности на основании прямоугольной формы эпюры нормальных напряжений в бетоне в момент разрушения. На основании этого метода невозможно оценить перераспределение напряжений между компонентами и слоями сечения в зависимости от уровня напряжений.

Реологический характер деформирования предопределяет зависимость величины деформаций от режима нагружения.

Учет ползучести важен для тонкостенных пространственных конструкций. Во-первых, явление ползучести существенно проявляется при двухосном напряженном состоянии. Во-вторых, вследствие ползучести происходит изменение параметров напряженно-деформированного состояния во времени, которое может привести к потере устойчивости. Следовательно, расчет тонкостенных пространственных конструкций на ползучесть неразрывно связан с проблемой устойчивости.

При расчете (статически неопределимых) пологих железобетонных и плит необходимо оценивать напряженно-деформированного состояния конструкции, рассматривая ее как единую физически и геометрически нелинейную систему со свойствами нелинейной зависимости напряженно-деформированного состояния от действующих на нее силовых и других факторов.

Применение эквивалентных параметров упругости позволяет проводить расчеты пологих железобетонных оболочек и плит с учетом физической и

геометрической нелинейности, пользуясь обычными методами строительной механики упругих тонкостенных систем.

Создание инженерного метода расчета прочности и устойчивости полых оболочек и плит с учетом реальных свойств железобетона и нелинейной ползучести бетона, структура разрешающих уравнений обеспечивает реализацию метода на ЭВМ.

В настоящее время все большее распространение получают железобетонные элементы, подверженные действию не только статических, но и динамических нагрузок. Однако большинство исследований железобетонных элементов выполнены для случая статических нагружений. Имеется весьма ограниченное количество данных по вопросу воздействия динамических нагрузок. В связи с этим изучение работы железобетонных элементов при совместном действии статических и динамических нагрузок с учетом реальных свойств материала имеет важное значение.

Расширение области применения высокопрочных бетонных и стальных конструкций и стремление к снижению материалоемкости поставили вопрос о разработке методики расчетов сталежелезобетонных конструкций при длительном действии нагрузки. Специфические свойства пространственных конструкций: сдвигоподатливость, пластичность, ползучесть, трещинообразование, этапы и история нагружения и существования (воздействие высоких температур, давлений и др.).

Новые задачи в области механики пространственных конструкций: а) разработка нелинейной теории расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, работающих в сложных режимах нагружения, в условиях нелинейной ползучести материала и наличия трещин; б) формулирование критериев устойчивости рассматриваемых систем, учитывающей предысторию нагружения и эксплуатации; в) составление алгоритма решения нелинейных задач и его программное обеспечение на ЭВМ при различных видах, уровнях и режимах нагружения конструкций. Совместное рассмотрение проблем: построение функциональной связи между удельными напряжениями и деформациями; изучение напряженно-деформированного состояния погонного сечения; получение эквивалентных механических соотношений, позволяющих заменить реальную конструкцию с трещинами сплошной эквивалентно упругой конструкцией; описание формы деформируемого элемента; расчет конструкции как единой физически и геометрически нелинейной системы на всех этапах ее жизненного цикла.

Современные нормы проектирования строительных конструкций учитывают вероятностный характер нагрузок и несущей способности конст-

рукций только в части обработки исходных данных. Метод предельных состояний, заложенный в нормах проектирования, является полувероятностным, и надежность конструкций при проектировании обеспечивается на основе использования частных коэффициентов запаса — коэффициентов надежности по нагрузкам, по материалам, коэффициентов условий работы, коэффициентов надежности по назначению, величины которых не имеют достаточное теоретическое и экспериментальное обоснование.

Научные разработки определили уровень нормирования расчетов. Заложенные в системе СНиПов принципы нормирования, регламентирующие правила расчета строительных конструкций на основе метода предельных состояний, развивались в большей степени стихийно, поэтому отсутствие общей теоретической базы приводит к тому, что конструкции проектируют с уровнем надежности, который колеблется в широких пределах.

Совершенствование норм на основе теории надежности должно привести к необходимости включения в них указаний по выбору необходимого уровня надежности с учетом оптимизации затрат.

В нормативных требованиях должны быть также указания о способах определения проектных параметров конструкций с заданным уровнем надежности.

Особенности деформирования

При расчете железобетонных балок:

- местные разрушения в виде откола и пробивания не учитываются, в связи с чем балки рассчитываются по прочности только на общее действие удара;

- наиболее невыгодное нагружение имеет место при ударе плоским индентором при прочих равных условиях;

- волновыми процессами в продольном направлении при низкоскоростных ударах можно пренебречь вследствие их малого влияния на величину упругопластического прогиба;

- в общем случае необходимо учитывать три стадии деформирования балок: до образования трещин; после образования трещин до достижения текучести в продольной арматуре; после достижения текучести до разрушения;

- поскольку трещины в теле балки образуются под площадкой контакта обычно до или в самом начале общего движения балки (по обоим механизмам трещинообразования), можно считать, что балка с самого начала деформируется с нормальными и наклонными трещинами в зоне под площадкой контакта;

• при разработке упрощенных расчетных моделей можно рассматривать две стадии работы балки: условно-упругую (до достижения динамического предела текучести в продольной рабочей арматуре) и пластическую (упругопластическую). В последнем случае должна быть учтена возможность образования помимо нормальных и наклонных пластических шарниров, включающих как продольную, так и поперечную арматуру.

При расчете железобетонных плит и оболочек:

• необходим расчет как на местное (проникание, откол, пробивание), так и на общее действие удара;

• характер разрушения (местный, общий) зависит отряда факторов и в первую очередь от начальной скорости удара и отношения диаметра контактной зоны к толщине конструкции;

• при рассмотрении общего действия удара в общем случае следует рассматривать три стадии деформирования конструкций: до образования трещины; после образования трещины до достижения текучести в продольной рабочей арматуре; после достижения текучести до разрушения;

• в приближенных расчетах плит на общее действие низкоскоростного удара можно пренебречь стадией работы плиты до образования трещины, так как уже в самом начале движения образуется зона хаотично расположенных трещин на тыльной стороне плиты, примыкающая к зоне контакта ударника с плитой.

Образование трещин в изгибаемых железобетонных плитах вызывает деформации на уровне срединной плоскости. При наличии, препятствующих этим деформациям, в плите возникают нормальные и сдвигающие силы. Это явление, называемое распором, во многих случаях влияет на деформации и несущую способность плит, его необходимо учитывать в расчетах.

Обычно предельное состояние бетона оценивается условиями прочности, в которых используются величины напряжения $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ и характеристики его прочности при простейших видах напряженного состояния R_c, R_p, R_{sp} (одноосное сжатие, растяжение, срез). При работе бетона в статически неопределимых системах при определенных условиях на диаграммах деформирования появляется нисходящий участок и оценка предельного состояния бетона по напряжением становится невозможной, так как бетон деформируется, не разрушаясь при постоянном снижении напряжения и росте деформаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гвоздев А.А.* К вопросу о ближайших перспективах расчета конструкций по предельным состояниям // В кн.: Развитие методики расчета по предельным состояниям. – М.: Стройиздат. – 1971. – С.38–43.
 2. *Гвоздев А.А.* По поводу статьи "Основные положения вероятностно-экономической методики" // В кн.: Развитие методики расчета по предельным состояниям. – М.: Стройиздат. – 1971. – С.38–43.
 3. *Спрелецкий Н.С.* Основы статистического учета коэффициента запаса, прочности сооружений. – М.: Стройиздат. – 1947. – 92с.
 4. *Спрелецкий Н.С.* Метод расчета конструкций зданий и сооружений по предельным состояниям, применяемый в СССР и основные. – М.: Стройиздат, 1961. – 34 с.
 5. *Терезулов И.Г., Данилов В.И.* К вопросу устойчивости тонкостенных конструкций при неустановившейся ползучести // Исследования по теории пластин и оболочек: Сб.статей. – Казань, 1966. – Вып. IV. – С.441–457.
 6. *Хорцалов Н.Ф.* Запасы прочности. // Строительная промышленность. – 1929. – № 10. – С.840–844.
 7. *Хайдуков Г.К., Шулаев В.В. (НИИЖБ)* Расчет несущей способности плиты цилиндрических панелей сборных железобетонных ребристых оболочек. В кн.: Пространственные конструкции зданий и сооружений. – М., 1985. – Вып.4. – С.67.
-

УДК 550.838.08

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИНЕРАЛОВ В МАГНИТОРАЗВЕДКЕ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

В.С. Портнов

Карагандинский государственный технический университет

В.М. Юров

ТОО «Агентство новейших технологий», г.Караганда

Магниттік өріс параметрлерін тікелей өлшеу және магниттің термодинамикалық қасиетінен шыға отырып, темірдің шоғырлануын есептеу үшін формулалар алынған.

Получены формулы для расчета концентрации железа, исходя из термодинамических свойств магнетита и прямых измерений параметров магнитного поля.

Received formulas for calculation of concentrations of ferric, coming from thermodynamic characteristics of magnetite and direct parameter measurements of magnetic field.

Существуют различные способы прямого расчета прогнозных запасов промышленного сырья, базирующиеся на эмпирически и теоретически установленным связям величины запасов полезного компонента с определенными параметрами вмещающей среды.

Прямые способы существенно отличаются от способов оценки по аналогии – традиционных или математических – обычно хорошо известных и широко применяемых. Они закономерно вытекают из количественных зависимостей, которые приходят на смену качественным генетическим моделям в геологии.

Термодинамический подход в «глобальном» масштабе для оценки энергии рудообразования впервые был применен Сафроновым Н.И. [1], когда введенный в формулы коэффициент полезного действия и сравнение с энергетикой технологических процессов получения металлов позволили уточ-

нить оценки энергии и связанное с ней распределение запасов руд в зависимости от содержания металлов в них.

В работе [2] нами использованы методы неравновесной статистической термодинамики для задач магниторазведки. В частности, для коэффициента отображения K в методе искусственного подмагничивания получено выражение

$$K = C_{Fe}^m \frac{kT}{AG_T^0}, \quad (1)$$

где C_{Fe}^m – концентрация железа в магнетитовой руде,
 A – константа, характерная для данного типа железа,
 k – постоянная Больцмана,
 T – температура и G_T^0 – энергия Гиббса магнетита.

При индукционных методах измерения намагниченности и магнитной восприимчивости отклик системы магнитных диполей $K \sim \Delta\epsilon/\epsilon \sim J \sim H$, где $\Delta\epsilon$ – приращение э.д.с. индукции из-за намагничивания пород, ϵ – э.д.с. – индукции измерительной катушки, J – намагниченность и H – напряженность магнитного поля. Используя коэффициент пропорциональности α , из формулы (1) имеем:

$$J = \alpha \frac{C_{Fe}^m}{G_T^0}, \quad (2)$$

где $\alpha = \frac{kT}{A} = \text{const}$ при фиксированной температуре измерений T .

Как показано в работе [3], значение результирующей намагниченности магнетита на контактово-метасоматических месторождениях, которое определяет величину аномального магнитного поля вокруг этих месторождений, практически не зависит от величины магнитной восприимчивости магнетита и с достаточной точностью определяется уравнением:

$$J_{\alpha} = \frac{H_0}{C_{Fe}^m N_1 + (1 - C_{Fe}^m) N}, \quad (3)$$

где H_0 – среднее значение напряженности магнитного поля внутри зерен магнетита,
 N_T, N – средние значения коэффициентов размагничивания формы тела и зерен магнетита по направлению намагниченности.

Используя данные о средних значениях коэффициентов размагничивания рудных тел N_T и зерен магнетита N , по формуле (3) можно рассчитать

и построить область наиболее вероятных значений средней величины намагниченности магнетита для данного типа месторождений. На скарново-вых месторождениях наиболее часто встречаются рудные тела изометрической или вытянутой формы при соотношении размеров до 1:5. Коэффициенты размагничивания для таких тел будут соответственно равны от 4,2 до 2,1 при среднем значении 3,7.

В предельном случае, когда магнетит выполняет роль цемента между немагнитными минералами, его намагниченность будет определяться формулой [4]:

$$J_m = \frac{H_0}{C_{Fe}^m N_T} \quad (4)$$

Формула (4) является грубым приближением, однако при значениях C_{Fe}^m , имеющих промышленное значение, результирующая намагниченность магнетита в основном определяется формой рудного тела и почти не зависит от текстуры руд. Для инженерных расчетов при оценке общего количества магнетита на участке можно достаточно надежно принимать значение $J_m = 0,20$ ед.СГС [5].

В тех случаях, когда для интерпретации требуется определить намагниченность рудного тела, может быть использована простая формула [5]:

$$J = C_{Fe}^m \cdot J_m \quad (5)$$

Формула (5) неприменима для месторождений, имеющих большую остаточную намагниченность. Однако число таких месторождений невелико.

Формула (5) совпадает по форме с полученной нами формулой (2), где

$$J_m = \alpha / G_T^0 = \text{const}, \quad (6)$$

что подтверждает правильность нашей модели. Однако формула (5) получена при больших упрощениях, что делает ее использование, зачастую, неоправданным.

Обратимся теперь к анализу формулы (2), где $\alpha = kT/A = \text{const}$, и перепишем ее в виде:

$$J = \frac{1}{A} C_{Fe}^m \frac{kT}{G_T^0} \quad (7)$$

Используя табличное значение G_T^0 для магнетита [6] и значение температуры $T=320$ К, характерное для скважин на глубине до 1000 м, имеем $kT/G_T^0 = 2,8 \cdot 10^{-2}$. Поскольку $1 - \alpha$, то для магнитной восприимчивости имеем формулу:

$$\alpha = \beta C_{Fe}^{m} \cdot 2,8 \cdot 10^{-2}, \quad (8)$$

где β – коэффициент пропорциональности.

Проведенные нами расчеты показывают, что $\beta = 1,34 \text{ СГС}^{-1}$, а C_{Fe}^{m} – выражена в относительных процентах и равна согласно (8):

$$C_{Fe}^{m} = 26,7 \alpha. \quad (9)$$

В табл.1 приведены концентрации магнетитового железа, полученные по корреляционной зависимости каротажа магнитной восприимчивости и вычисленные по формуле (9) для Соколовского месторождения. Здесь $\delta\%$ – относительное отклонение полученных и вычисленных значений концентрации.

Таблица 1

Сравнение теоретических и экспериментальных данных каротажа магнитной восприимчивости

| N | $\alpha/4\pi$ | $C_{Fe}^{m}, \%$ | $C_{Fe}^{m}, \%$ (9) | $\delta\%$ |
|---|---------------|------------------|----------------------|------------|
| 1 | 1,75 | 46,77 | 46,66 | 2,43 |
| 2 | 1,79 | 44,76 | 47,73 | 6,42 |
| 3 | 2,19 | 56,12 | 58,40 | 4,02 |
| 4 | 2,25 | 55,84 | 60,00 | 3,81 |
| 5 | 1,40 | 21,22 | 37,33 | 10,0 |
| 6 | 1,86 | 36,93 | 49,60 | 29,3 |

Из табл.1 видно, что для промышленно значимых концентраций магнетитового железа (больше 40%) погрешность определения C_{Fe}^{m} по термодинамическим данным не превышает 7% (это очень хороший результат!) и возрастает при уменьшении последней, что обусловлено влиянием текстуры и минерального состава руд. Эти вопросы будут рассмотрены нами в следующих работах.

Таким образом, используя значение энергии Гиббса магнетита и измерения магнитной восприимчивости, можно определять концентрацию магнетитового железа, минуя трудоемкую стадию химических анализов.

В работах [7–9] нами получено аналитическое решение о магнитном поле в скважине конечных размеров. В частном случае [9] для радиальной и осевой составляющих магнитного поля получены следующие формулы:

$$H_r = \frac{U}{\sqrt{\pi}} \frac{r}{z} \frac{1}{R}, \quad (10)$$

$$H_z = \frac{U}{\sqrt{\pi}} \frac{r}{z^2}, \quad (11)$$

где $U = \text{const}$ и представляет собой значение магнитного потенциала в граничных условиях задачи;
 r, z – текущие цилиндрические координаты, определяющие положение намагниченного рудного тела;
 R – радиус скважины.

Учитывая, что в (2) $\alpha = k\Gamma/A$, и, по нашим оценкам, $A \approx 1$, имеем:

$$I = C_{Fe}^{m\Gamma} \frac{k\Gamma}{G_T^0}. \quad (12)$$

Поскольку $I = \alpha H$, то из (12) получим:

$$H = \frac{C_{Fe}^{m\Gamma} k\Gamma}{\alpha G_T^0}. \quad (13)$$

Результирующее поле H , с учетом (10) и (11), равно:

$$H = \sqrt{H_r^2 + H_z^2} = \sqrt{\frac{U^2}{\pi} \frac{1}{R^2} \frac{r^2}{z^2} + \frac{U^2}{\pi} \frac{r^2}{z^4}}. \quad (14)$$

С учетом (13), имеем:

$$H_r^2 + H_z^2 = \left(\frac{C_{Fe}^{m\Gamma}}{\alpha} \right)^2 \left(\frac{k\Gamma}{G_T^0} \right)^2. \quad (15)$$

Исходя из характеристик существующей аппаратуры, надежно измеряемой величиной по составляющей H_z по данным В.Н. Пономарева и А.Н. Бахвалова [10], является аномалия в 500 нТл. Такие аномалии создаются рудами с магнитной восприимчивостью 0,1 СГС на расстояниях в 4 радиуса до центра шарообразной залежи при подходе скважины к ней сверху и на расстояниях в 2 радиуса при прохождении скважины в стороне от залежи. Залежь, аппроксимируемая горизонтальным круговым цилиндром, обнаруживается на расстояниях 6,3 радиуса как сбоку, так и сверху. Полубесконечные пласты (вертикальный сверху, горизонтальный сбоку) выявляются на одинаковых расстояниях – 20 мощностей.

Используя (9), из (15) получим:

$$H_r^2 + H_z^2 = 0,6. \quad (16)$$

Из (10) и (11) имеем:

$$\frac{H_r}{H_z} = \frac{z}{R}, \quad H_r = \frac{z}{R} H_z, \quad (17)$$

Подставляя (17) в (16), получим

$$H_x = \frac{0,77R}{\sqrt{R^2 + Z^2}}. \quad (18)$$

Таким образом, измеряя магнитометрическим способом составляющую H_z из (18) мы определяем координату Z , из (17) – значение H_r , и из соотношений (10) и (11) – координату r рудного тела.

Совмещая магнитометрический и индукционный методы определения магнитных характеристик рудного тела и его геометрических размеров, по приведенным выше формулам мы можем определять запасы магнетитового железа данного месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сафронюв И.И. Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. – Л.: Недра, 1971. – 273 с.
2. Портнов В.С., Юров В.М. Термодинамические аспекты магнитометрии. // Труды университета. – Караганда: КГТУ, 2003. – Вып.1. – С. 34–36.
3. Попов А.А. Намагниченность магнетита в горных породах и рудах. Методика и техника разведки. – Л.: ОНТИ-ВИТР, 1972. – № 80. – 52 с.
4. Вешев А.В. Зависимость магнитной восприимчивости пород и руд от содержания ферромагнитных компонентов. // Труды ВИРГ, Ленинград, 1950. – Вып.11. – С. 68–81.
5. Булах А.Г., Булах К.Г. Физико-химические свойства минералов и компонентов гидротермальных растворов. – Л.: Недра, 1978. – 167 с.
6. Скважинная магниторазведка. Методические рекомендации в двух частях. // Под ред. В.Н.Пономарева и А.Н.Авдошина. – Свердловск, 1984. – Ч.II. – 128 с.
7. Портнов В.С. Магнитное поле в скважине конечных размеров. I Общая задача. // Труды университета. – Караганда: КГТУ, 2002. – Вып.4. – С. 34–36.
8. Портнов В.С. Магнитное поле в скважине конечных размеров. II Зависимость магнитной проницаемости от поля. // Труды университета. – Караганда: КГТУ, 2002. – Вып.4. – С. 36–37.
9. Портнов В.С. Магнитное поле в скважине конечных размеров. III Однородно намагниченный пласт. // Труды университета. – Караганда: КГТУ, 2003. – Вып.1. – С. 37–39.
10. Пономарев В.Н., Бахвалов А.Н. Интерпретация векторов напряженности магнитного поля двумерных тел. – М.: ОНТИ-ВИЭМС, 1965. – 47 с.

УДК 621.9.066–52

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ СТАТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НАСТРАИВАЕМЫХ РАЗМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ В СТАНКАХ С УСТРОЙСТВОМ ЧПУ

А.Ф. Проскуряков, Ю.А. Варфоломеева

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Мақалада ағартықты мұралану теориясының негізінде математикалық үлгілер келтірілетін олиел байланыс ағартымын сандық бағалауға мүмкіндік береді.

В статье, на основе теории наследования погрешности, приводятся математические модели, позволяющие количественно оценить погрешность размерных связей в последовательности их настрйоки от начального звена к конечному.

Im Artikel werden mathematische Modelle auf der Basis der Theorie der Fehlersnachfolge angeführt, die den Fehler von der Ausmassverbindung, Reihenfolge ihrer Einstellung vom Anfangs- zu Endglied quantitativ zu schätzen erlauben.

При прогнозировании графической модели формирования погрешности настраиваемых размерных связей в станках с устройством числового программного управления (УЧПУ) было установлено, что:

- графическая модель погрешности каждого настраиваемого звена, характеризуется своей индивидуальной архитектурой, отличной от других звеньев;
- величина погрешности звеньев размерных связей непрерывно возрастает в последовательности их настройки, т.е. от первых настраиваемых звеньев к конечным – замыкающим;
- возрастание погрешности происходит по причине наследования величины погрешности каждого предыдущего звена и дополнительной погрешности при настройке каждого последующего звена;
- общая погрешность настройки отдельных звеньев может характеризоваться только случайной погрешностью, композицией ряда случай-

ных погрешностей, совокупностью систематических и случайных погрешностей.

При описании графических моделей математическим методом, т.е. при упорядочивании математических моделей, неминуемо возникает задача не только в количественной оценке погрешности каждого звена, но и в корреляционной привязке величины погрешности к номинальным размерам передаваемых звеньев размерных связей.

В данном случае под номинальным размером будем понимать размер звена, вводимый в память устройства ЧПУ. В процессе настройки размерных связей номинальные значения отдельных звеньев могут принимать значения, равные нулю, целочисленные значения и, наконец, могут быть дробными с точностью до одной дискреты, под которой понимают разрешающую способность датчика обратной связи, т.е. цену деления шкалы этого датчика. Но какое бы значение не принимал номинальный размер звена, это значение следует считать заданным в абсолютном измерении в соответствующей системе координат. В то же время, значение погрешности следует рассматривать в относительном измерении, т.к. в подавляющем большинстве случаев она представляется в виде отклонения номинального размера, что соответствует и методам ее измерения в процессе выполнения эксперимента.

Для количественной оценки случайной погрешности с плотностью распределения $f(x)$ примем два первых момента:

– математическое ожидание или среднее значение величины x

$$M(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x) dx \quad (1)$$

– и величину разброса значений величины x около ее среднего значения, характеризуемую дисперсией

$$D(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} [x - M(x)]^2 \cdot f(x) dx \quad (2)$$

Величину разброса ограничим областью $\theta\sigma$, где

$$\sigma = \sqrt{D(x)} \quad (3)$$

В случае, если графическая и соответствующая ей математическая модель представляют собой композицию двух и более распределений, то формулы 1 и 2 примут вид

$$\begin{aligned}
 M(x) &= \int_{-\infty}^{+\infty} x_1 f(x_1) dx_1 + a_2 \int_{-\infty}^{+\infty} x_2 f(x_2) dx_2 + \dots = \\
 &= a_1 M(x_1) + a_2 M(x_2) + \dots
 \end{aligned}
 \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 D(x) &= \int_{-\infty}^{+\infty} [x_1 - M(x_1)]^2 f(x_1) dx_1 + \int_{-\infty}^{+\infty} [x_2 - M(x_2)]^2 f(x_2) dx_2 + \dots = \\
 &= a_1 D(x_1) + a_2 D(x_2) + \dots
 \end{aligned}
 \quad (4)$$

Соответственно

$$\sigma = a_1 \sqrt{D(x_1)} + a_2 \sqrt{D(x_2)} + \dots
 \quad (6)$$

Значения коэффициентов a_1, a_2 и т.д. выбираем из условия

$$a_1 + a_2 + \dots = 1
 \quad (7)$$

Систематическая составляющая погрешности всегда будет представлена дробным числом с точностью до одной дискреты или на порядок выше дискреты, если для ее оценки в процессе эксперимента используется более точная измерительная техника, чем разрешающая способность датчика обратной связи. Систематическая погрешность всегда суммируется с номинальным размером с учетом ее знака

$$x = X \pm \Delta x
 \quad (8)$$

где X – номинальный размер звена;

Δx – систематическая погрешность;

x – действительный размер звена в размерных связях.

Принципиальное значение при анализе погрешности настраиваемых размерных связей в последовательности их настройки имеет выбор места привязки систематической и случайной составляющих погрешностей к номинальному размеру конкретного звена. Это связано с тем, что каждое звено размерной связи представляет собой размер перемещения рабочего органа из одной характерной точки станка с УЧПУ в другую из другой в третью и т.д. Исходя из этого размерные связи представляют собой неразрывную структуру, т.е. все звенья этих связей соединены друг с другом без зазоров.

Пусть рабочий орган станка выполняет позиционирование в нулевое положение с установленной случайной погрешностью, характеризуемой плотностью распределения 1 (рисунок 1).

При выполнении последующего движения в исходное положение O_m и в случае неизменности источников погрешности, позиционирование рабо-

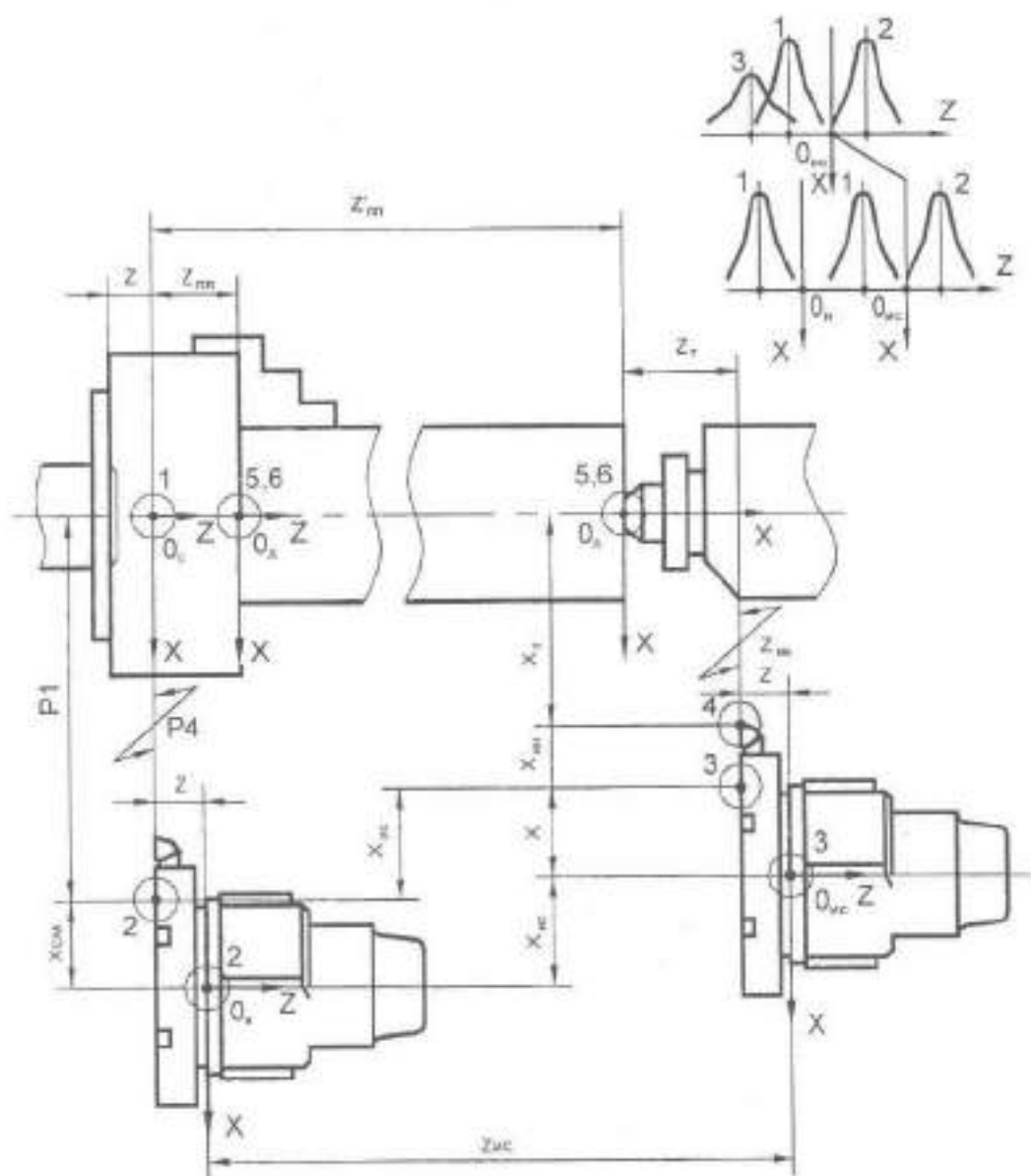


Рисунок 1 – Настраиваемые размерные связи в токарном станке с УЧПУ

чего органа в новом положении будет характеризоваться той же плотностью распределения $f_2(O_n)$. Но точка O_w является точкой сопряжения со следующим звеном размерной связи. Поэтому погрешность предыдущего звена автоматически переносится на следующее звено. Это свойство передачи погрешности от предыдущего звена к последующему говорит о правомерности принятия гипотезы наследования погрешности в настраиваемых размерных связях от первоначально настраиваемого звена к конечному. Это же свойство определяет неприемлемость существующей теории расчета размерных цепей в сборочной конструкции, где отдельные детали (звенья) изготовлены с определенной погрешностью, а их совокупная погрешность влияет лишь на погрешность замыкающего звена.

В характерных точках размерных связей источники погрешности могут меняться, одни источники исчезают или уменьшают свое действие, другие появляются или увеличивают свое влияние на рассматриваемые погрешности. Так на погрешность позиционирования рабочего органа в нулевом положении могут оказывать влияние следующие факторы: погрешность датчика нулевого положения, наличие зазора в кинематической цепи между датчиком положения и рабочим органом, дрейф нуля усилительного канала, трение в направляющих и т.п. В исходном положении в действие вступают такие факторы как погрешность передачи винт-гайка, погрешности измерительной системы станка, изменение характеристик трения в направляющих и т.д. По этим причинам в конечной точке исходного звена размерных связей, кроме унаследованной погрешности, появляется еще одна составляющая погрешности 2, которая может и должна быть выделена отдельно с целью более глубокого познания механизма образования погрешностей настраиваемых размерных связей в целом (рисунок 1).

Кроме этого новые источники погрешности могут появиться при смене базовой точки на рабочем органе, на основе положения которой анализируется погрешность настройки отдельных звеньев. Так в статическом состоянии связь между точкой O_n и вершиной режущего инструмента следует считать жесткой, недеформируемой. Это дает право перенести параллельно координатным осям установленные погрешности с плотностями распределений $f_2(O_n)$ и $f_2(O_w)$ из точки O_n в точку O_w . Но на положение вершины режущего инструмента существенное влияние оказывает погрешность позиционирования диска револьверной головки при смене инструмента в процессе работы станка или при замене затупившегося инструмента. Поэтому здесь появляется третья составляющая погрешности с плотностью распределения 3 (рисунок 1).

На основании вышеизложенного в таблице 1 представлены графические и математические модели погрешности настройки каждого звена размерных связей токарного станка 16К20Ф3 с устройством ЧПУ 2P22. Общая модель настраиваемых размерных связей этого станка представлена на рисунке 1. На этом же рисунке кружками с соответствующей нумерацией указываются базовые точки, для которых в таблице 1 приведены прогнозируемые графические и математические модели.

Погрешность положения нуля системы координат станка (СКС) имеет место только по оси Z и описывается только случайной составляющей с плотностью распределения $f_z(O_c)$ (таблица 1). По оси X погрешность положения нуля СКС отсутствует по причине того, что положение оси центров станка не настраивается, а существующая погрешность положения оси центров станка относится к проблеме общих вопросов точности статического состояния технологической системы.

Погрешность нулевого положения рабочего органа по осям X и Z описывается также случайными составляющими с плотностями распределения $f_z(O_w)$ и $f_x(O_w)$ (таблица 1), при этом плотность распределения $f_z(O_w)$ адекватна плотности распределения $f_z(O_c)$, т.к. нулевое положение рабочего органа по оси Z однозначно определяет положение нуля СКС [1]. Можно считать, что

$$f_z(O_w) = f_z(O_c) \quad (9)$$

Погрешность исходного положения рабочего органа, определяемая по базовой точке O_w , характеризуется систематической и случайной составляющими. Систематическая погрешность Δz_w и Δx_w является в основном следствием погрешности изготовления передачи винт-гайка.

Случайная составляющая погрешности описывается композицией двух распределений: унаследованной случайной погрешности нулевого положения рабочего органа и случайной составляющей позиционирования рабочего органа в исходном $f_z(O_w)$ и $f_x(O_w)$ (таблица 1).

При переносе базовой точки O_w в вершину режущего инструмента случайная составляющая погрешности исходного положения примет вид композиции трех распределений. Третья составляющая случайной погрешности будет соответствовать погрешности положения вершины режущего инструмента при его смене из-за соответствующей погрешности позиционирования диска револьверной головки $f_z(O_w)$ и $f_x(O_w)$ (таблица 1).

На погрешность значения плавающего нуля окажет влияние наследуе-

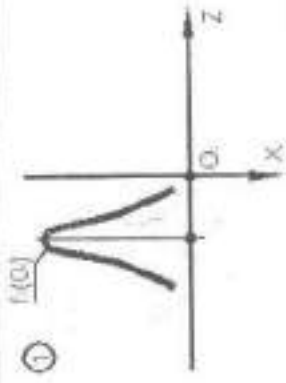
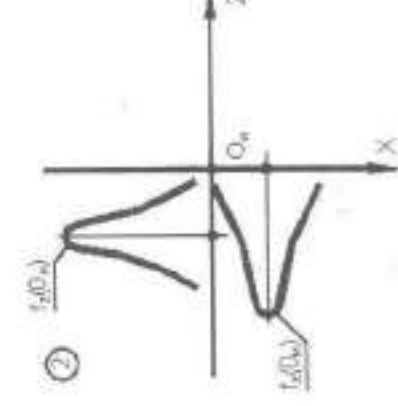
мая погрешность положения нуля СКС по оси Z и погрешность измерения значения $z_{\text{из}}$ при использовании метода пробных проходов (таблица 1).

И, наконец, погрешность текущих значений звеньев будет определяться как результат наследования практически всех предыдущих погрешностей и дополнительно погрешностью определения вылетов режущих инструментов на заключительном этапе настройки размерных связей. Погрешность определения вылетов будет иметь систематическую и случайную составляющие. Поэтому в целом случайная составляющая погрешности текущих звеньев будет представлять собой композицию четырех законов распределения (таблица 1).

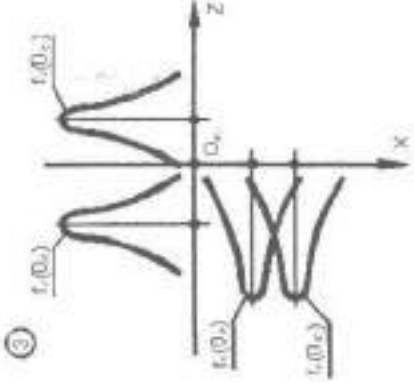
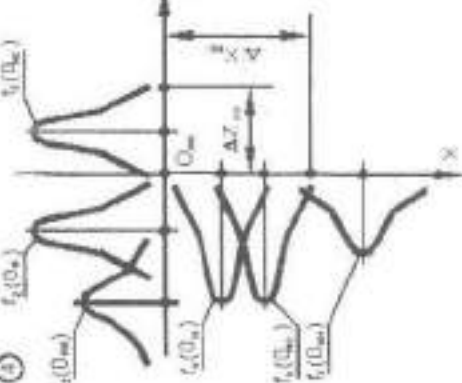
В основе вышеприведенных прогнозируемых математических моделей погрешности настраиваемых размерных связей в станках с УЧПУ используется характеристика точности позиционирования рабочего органа в узловых точках. Выполненные исследования в области изучения точности позиционирования рабочего органа практически не увязывались с конкретной технической задачей, каковой является точность настройки размерных связей. Не проводилась и дифференциация источников погрешности, оказывающих влияние на точность позиционирования рабочего органа в различных узловых точках. В связи с этим и для оценки погрешности позиционирования зачастую используется всеобъемлющая модель нормального распределения.

Прогнозируемые математические модели позволяют подойти к решению рассматриваемой задачи дифференцированно, выделяя отдельные составляемые погрешности и их источники. Математические модели непосредственно увязаны с технической задачей обеспечения точности статической настройки размерных связей, от которых в конечном итоге зависят показатели точности обрабатываемой продукции. На основе данных моделей в последующем может быть организован и выполнен процесс математического моделирования в широком диапазоне варьирования входных данных с целью изучения возможности целенаправленного воздействия (управления) на процесс настройки размерных связей и поиска некоторых оптимальных решений в снижении статической погрешности замыкающих звеньев. И, наконец, полученные математические модели являются основой для выработки методики проведения экспериментальных работ по количественной оценке отдельных составляющих погрешности и последующей корректировке этих моделей.

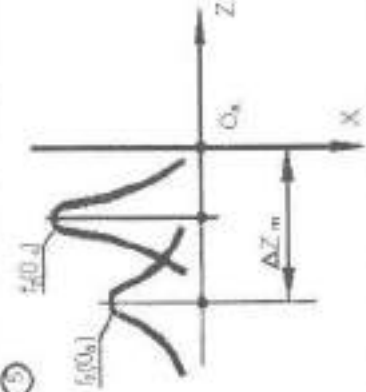
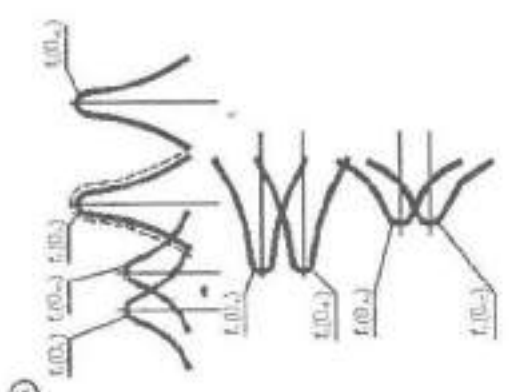
Таблица 1
Графические и математические модели погрешности настройки размерных связей станка 16K20Ф3

| № п/п | Звено размерной связи | Графическая модель | Математическая модель |
|-------|-----------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Нуль СКС |  | $O_{из} = O_c \pm M_z(0_c) \pm 3\sqrt{D_z(0_c)}$ |
| 2 | Нуль рабочего органа |  | $O_{из} = O_u \pm M_z(0_u) \pm 3\sqrt{D_z(0_u)}$ |
| 3 | | $O_{из} = O_u \pm M_x(0_u) \pm 3\sqrt{D_x(0_u)}$ | |

Продолжение таблицы 1

| | | | |
|---|---|--|---|
| 4 | Исходное положение рабочего органа |  | $O_{0z} = Z_{0z} \pm a_1 M_1(0_{0z}) \pm a_2 M_2(0_{0z}) \pm \pm 3a_3 \sqrt{D_1(0_{0z})} \pm 3a_3 \sqrt{D_2(0_{0z})} \pm \Delta Z_{0z}$ |
| 5 | | | $O_{0z} = X_{0z} \pm b_1 M_1(0_{0z}) \pm b_2 M_2(0_{0z}) \pm \pm 3b_3 \sqrt{D_1(0_{0z})} \pm 3b_3 \sqrt{D_2(0_{0z})} \pm \Delta X_{0z}$ |
| 6 | Исходное положение вершины режущего инструмента |  | $O_{0z} = Z_{0z} \pm a_1 M_1(0_{0z}) \pm a_2 M_2(0_{0z}) \pm \pm a_3 M_3(0_{0z}) \pm 3a_3 \sqrt{D_1(0_{0z})} \pm \pm 3a_3 \sqrt{D_2(0_{0z})} \pm \Delta Z_{0z}$ |
| 7 | | | $O_{0z} = X_{0z} \pm b_1 M_1(0_{0z}) \pm b_2 M_2(0_{0z}) \pm \pm b_3 M_3(0_{0z}) \pm 3b_3 \sqrt{D_1(0_{0z})} \pm \pm 3b_3 \sqrt{D_2(0_{0z})} \pm \Delta X_{0z}$ |

Продолжение таблицы 1

| | | | |
|----|-----------------------------------|---|---|
| 8 | Плавающий нуль |  | $0_{\text{п}} = Z_{\text{м}} \pm a_1 M_1(0_z) \pm a_3 M_3(0_z)$ |
| 9 | Текущие (замыкающие звенья) |  | $0_{\text{з}} = Z_{\text{з}} \pm a_1 M_1(0_{\text{з}}) \pm a_2 M_2(0_{\text{з}}) \pm$ $\pm a_3 M_3(0_{\text{з}}) \pm a_4 M_4(0_{\text{з}}) \pm 3a_5 \sqrt{D_5(0_{\text{з}})} \pm$ $\pm 3a_6 \sqrt{D_6(0_{\text{з}})} \pm \Delta Z_{\text{м}} \pm \Delta Z_{\text{з}}$ |
| 10 | | $0_{\text{з}} = X_{\text{з}} \pm b_1 M_1(0_{\text{з}}) \pm b_3 M_3(0_{\text{з}}) \pm$ $\pm b_2 M_2(0_{\text{з}}) \pm b_4 M_4(0_{\text{з}}) \pm 3b_5 \sqrt{D_5(0_{\text{з}})} \pm$ $\pm 3b_6 \sqrt{D_6(0_{\text{з}})} \pm 3b_7 \sqrt{D_7(0_{\text{з}})} \pm$ $\pm 3b_8 \sqrt{D_8(0_{\text{з}})} \pm \Delta X_{\text{з}} \pm \Delta X_{\text{м}}$ | |

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Ф. Проскуряков. Анализ размерных связей в станках с устройством ЧПУ // Наука и техника Казахстана. – 2001. – №1.
 2. А.Ф. Проскуряков, Ю.А. Варфоломеева. Графическая модель погрешностей настраиваемых размерных связей в станках с устройством ЧПУ // Наука и техника Казахстана. – 2003. – № 2.
-

УДК 621.365.5

РАСЧЕТ РЕЗОНАНСНОГО РЕЖИМА ИНДУКТОРА С САМОКОМПЕНСАЦИЕЙ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Б.Б.Утегулов, И.В.Захаров,
А.С.Дузельбаева, А.Д.Ижикова

Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова

Әсер етуші факторлардың кең диапазонында тап осы үлгі индукторларының зерттеуге мүмкіндік беретінін көрсететін өзін-өзі жайдықтың реактивті қуаты индуктор жақсы естілетін тәртіп есептесіп әдістемесі келтірілген.

Приведена методика расчета резонансного режима индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности, позволяющая проводить исследования индукторов данного типа в широком диапазоне влияющих факторов.

The technique of calculation of a resonant mode of the inducer with self-compensation of a reactive power permitting is adduced to conduct researches of inducers of the given type in a broad band of the influential factors.

Эффективность работы индукторов с самокомпенсацией реактивной мощности [1, 2, 3] во многом определяется их режимом работы. При этом наиболее предпочтительным является резонансный режим, поскольку в этом случае нет необходимости в применении средств искусственной компенсации реактивной мощности для повышения естественного коэффициента мощности $\cos \varphi$ индуктора.

Резонансный режим, достигаемый равенством индуктивного X_L и емкостного X_C сопротивлений обмотки индуктора, зависит в частности от электрофизических параметров элементов, его составляющих, и может быть поддержан соответствующим их выбором.

При расчете индуктивности обмотки L_1 необходимо учитывать, что токи в разноименных проводниках обмотки имеют согласное направление, а плотность тока в аксиальном направлении уменьшается от места его вво-

да к периферии, т.е. $j_n = f(x)$. Таким образом, индуктивность цилиндрической секции со спиральной намоткой ленточным проводником при учете коэффициентов взаимной индукции рассчитывается по формуле

$$L_1 = \frac{\mu_0}{h} \cdot [n^2 \cdot S_0 + (n-1)^2 \cdot S_1 + (n-2)^2 \cdot S_2 + \dots + S_{n-1}], \text{ Ом}, \quad (1)$$

где μ_0 – магнитная постоянная;

h – высота катушки, м;

S_0 – площадь поперечного сечения первого витка обмотки (кольца, образованного торцом проводника первого витка), м²;

S_1, S_2, \dots, S_{n-1} – разность, между площадями поперечного сечения второго и первого витков, третьего и второго, n -го и $(n-1)$ витков обмотки, м².

Действительная индуктивность витков обмотки и их взаимная индуктивность будут отличаться от расчетных значений на величину поправки на изоляцию. Коэффициент заполнения обмотки индуктора снижается с повышением частоты питающего напряжения и толщина изоляции d при этом становится соизмеримой с толщиной индуктирующего проводника b . Таким образом, в области средних и высоких частот, а также при охлаждении обмотки индуктора до низких (77 К+20 К) температур, коэффициент заполнения условного окна обмотки индуктора металлом может составлять значения от 1 до 0,4.

Поправка, учитывающая отличие собственной индуктивности действительных витков обмотки от собственной индуктивности соответствующих расчетных витков определяется по формуле

$$\Delta L = \mu_0 \cdot W \cdot D_{cp} (I + J), \text{ Гн}, \quad (2)$$

где W – число витков катушки;

D_{cp} – средний диаметр катушки, м.

Величины I и J , зависящие от типа обмотки и числа ее витков, приняты для обмотки с аксиальным размером, равным той стороне прямоугольного сечения проводника без изоляции, которая параллельна оси катушки при $\beta = b \cdot p^{-1}$ и $\gamma = h \cdot p^{-1}$.

$$I = \ln \frac{p+h}{p+b}, \quad (3)$$

где p – шаг намотки, м;

b – толщина проводника, м.

$$J = -\frac{1-\beta^2}{6} \cdot \left(0,6449 - \frac{\ln W + 0,577}{W} \right) + \frac{1}{12} \cdot \left[\gamma^2 \cdot (1-\beta^2) - \frac{2}{5} \cdot (1-\beta^2) \right] \cdot \left(0,0823 - \frac{0,2021}{W} \right). \quad (4)$$

При внесении загрузки в рабочую область индуктора, ее влияние сказывается в увеличении активного сопротивления системы на величину вносимого активного сопротивления $R_{\text{ин}}$, что связано с потреблением активной мощности индуктором из сети и передачей ее в загрузку. Вместе с тем, реактивное сопротивление системы уменьшается на величину реактивного вносимого сопротивления $X_{\text{ин}}$, что объясняется размагничивающим действием загрузки на ток в индукторе [3].

Таким образом, суммарное реактивное сопротивление системы XS будет равно

$$X_{\Sigma} = X_{L1} - X_{C1} - k_{\text{св}}^2 \cdot X_{L2}, \text{ Ом}, \quad (5)$$

где X_{L1} , X_{C1} – индуктивное и емкостное сопротивления индуктора соответственно, Ом;

X_{L2} – индуктивное сопротивление загрузки, Ом;

$k_{\text{св}}$ – коэффициент связи.

Вносимое активное сопротивление $R_{\text{ин}}$ равно активному сопротивлению загрузки R_z и определяется по формуле

$$R_{\text{ин}} = \frac{\rho_z \cdot h}{\pi \cdot \Delta_{z2} \cdot (D_2 - \Delta_{z2})}, \text{ Ом}, \quad (6)$$

где ρ_z – удельное электрическое сопротивление материала загрузки, Ом·м;

D_2 – диаметр загрузки, м.

Вносимое реактивное сопротивление $X_{\text{ин}}$ равно реактивному сопротивлению загрузки X_z . Индуктивность загрузки L_z определяется по формуле для кольца с током с поперечным сечением, равным глубине проникновения электромагнитной волны в материал загрузки D_z ,

$$L_z = \mu_0 \cdot \frac{D_2 - \Delta_{z2}}{2} \cdot \left(\ln \frac{4 \cdot (D_2 - \Delta_{z2})}{h + \Delta_{z2}} - 0,5 \right), \text{ Ом}, \quad (7)$$

$$\Delta_z = 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho_k}{\mu_k \cdot f}}, \text{ м}. \quad (8)$$

Индекс k в формуле (8) соответствует 1 при расчете Δ_z для индуктора и 2 при расчете Δ_z для загрузки.

Коэффициент связи между индуктором и нагрузкой определяется по формуле

$$k_{св} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot M_{12}}{\sqrt{R_{вт}^2 + X_{вт}^2}}, \quad (9)$$

где f – частота источника питания, Гц,

M_{12} – взаимная индуктивность между индуктором и нагрузкой, Гн.

Взаимная индуктивность M_{12} определяется для двух цилиндрических коаксиальных осесимметричных катушек (индуктор – катушка 1 и нагрузка – катушка 2) с зазором между ними.

При этом нагрузка эквивалентруется катушкой с числом витков $W = 1$. Условно принимается, что зазор заполнен витками с тем же шагом намотки, что и у обмотки индуктора (фиктивная катушка 3). Число витков фиктивной катушки 3 определяется как

$$W_2 = \frac{D_1 - D_2}{4 \cdot (b + \delta)}, \quad (10)$$

где δ – толщина диэлектрика, м,

D_1 – внутренний диаметр индуктора, м.

Взаимная индуктивность M_{12} между индуктором и нагрузкой определяется по формуле

$$M_{12} = \frac{L_{123} + L_3 - L_{13} - L_{23}}{2}, \text{ Гн}, \quad (11)$$

где L_{123}, L_{23}, L_{13} – индуктивность катушек, составленных из катушек 1, 2 и 3; 1 и 3; 2 и 3 соответственно, Гн;

L_3 – индуктивность фиктивной катушки 3, Гн.

Индуктивность катушек L_{123}, L_{13}, L_{23} рассчитывается по (1).

Электрическая емкость C обмотки индуктора рассчитывается как для цилиндрической секции со спиральной намоткой ленточным проводником по формуле

$$C = 5,65 \cdot 10^{-7} \frac{W \cdot h \cdot \epsilon \cdot D_{сп}}{\delta}, \text{ Ф}, \quad (12)$$

где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость изолирующего материала.

$$D_{сп} = D_1 + 2 \cdot (b + \delta) \cdot W. \quad (13)$$

Представленная методика расчета реализована в виде программы «REZONANS1», созданной в среде Borland DELPHI 6 для функционирования в оболочке WINDOWS.

Разработанная методика расчета резонансного режима индуктора с самокомпенсацией реактивной мощности позволяет проводить теоретические исследования индукторов данного типа в широком диапазоне влияющих факторов (частоты источника питания, температурного уровня охлаждения индуктора, относительной диэлектрической проницаемости изолирующего материала, металла и магнитных свойств загрузки, геометрических параметров индуктора и загрузки и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Kirvaldin A.B., Andryushin N.F., Zakharov I.V.* Analysis of the electrical and energy parameters of a multilayer inductor with self-compensation of reactive power, Great Britain, Electrical Technology, No.3, 1995.
 2. *Захаров И.В.* Снижение потерь мощности в многослойном индукторе с самокомпенсацией // Ученые записки ПГУ. – 2000. – №3.
 3. *Андрюшин Н.Ф., Захаров И.В.* Снижение реактивной мощности в индукционной ЭТУ // Сб. научн. трудов №160. – М.: Моск.энерг. ин-т, 1987.
 4. *Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А.* Расчет индуктивностей: Справочная книга. – Л.: Энергоатомиздат, 1986.
 5. *Поссель Ю.Я., Кочанов Э.С., Струнский М.Г.* Расчет электрической емкости. – Л.: Энергоиздат, 1981.
-

УДК 621.365.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОАКСИАЛЬНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЧИСТКИ И НАГРЕВА ЖИДКОСТЕЙ

К.В. Хацевский

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова

В.С. Чередниченко

Новосибирский государственный технический университет

Аталмыш жұмыста сұйықтарды аңдеудің индукциялық жылыту жүйежріні пайдалану мәсежжірі қарастырылған және жылытылатын ортада термохимиялық үрдістерге талдау жасалған.

В настоящей работе рассмотрены вопросы использования индукционных нагревательных систем для обработки жидкостей и приведен анализ термохимических процессов в нагреваемой среде.

The questions about use of induction heating systems for processing liquids and the analysis thermochemical processes in heated up environment are given in this paper.

Применение индукционных систем с коаксиальными цилиндрами для нагрева воды позволяет одновременно с нагревом снижать соленосодержание в нагреваемой воде за счет интенсификации химикотермических процессов в электромагнитном поле с получением нерастворимых порошковых продуктов из веществ, растворенных в воде. Общий анализ рабочих режимов обработки жидкости в рассматриваемых устройствах позволил выделить три одновременно протекающих взаимосвязанных процесса: 1) движение и нагрев жидкости в рабочем объеме за счет перепада давлений жидкости на входе и выходе устройства; 2) нагрев и конвективное движение жидкости при взаимодействии непосредственно с нагревающей поверхностью (нагрев в температурной области без насыщения, нагрев при объемном или поверхностном кипении с одновременным протеканием термохимических процессов); 3) движение нагреваемой жидкости за счет объемнораспределенных электромагнитных сил, действующих локально на паропроводящую смесь в рабочем пространстве индукционных систем

нагрева (электромагнитное вихревое перемешивание), с одновременной интенсификацией термохимических процессов в электромагнитном поле. Рассмотрим последовательно эти три процесса.

Принудительное движение жидкости за счет перепада давлений на входе и выходе нагревательного устройства определяет циркуляцию потока жидкости и интегральный теплообмен с коаксиальными цилиндрами. Теплообмен жидкости с нагревающими цилиндрами определяется законом Ньютона и, следовательно, коэффициентом теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи в этом случае зависит от целого ряда факторов: температур теплоотдающей (t_1) и теплопринимающей (t_2) сред, формы и геометрических размеров нагревающих стенок, характера движения жидкости, физических свойств жидкости (теплоемкости (c), теплопроводности (λ), плотности (ρ), вязкости (η), скорости ($V_{\text{ж}}$) и электродинамических сил, возникающих при взаимодействии электропроводной воды с электромагнитным полем.

Взаимодействие жидкости с нагревающей поверхностью зависит от удельной плотности теплового потока при теплообмене и определяет характер движения жидкости непосредственно около поверхности нагрева (объемное или поверхностное кипение, нагрев без парообразования). Величина теплового потока, поступающего в жидкость, в свою очередь, определяется тепловыделением в короткозамкнутых витках индукционной системы нагрева и оценивается на основе решения уравнения теплопроводности с внутренними источниками тепла. Кинетика химикотермических процессов, протекающих в жидкости при ее нагреве, зависит от скорости нагрева и характера процессов, развивающихся в поверхностных слоях, и могут рассматриваться как оптимизационные параметры для процессов снижения солевого содержания в теплоносителе.

Неотъемлемым свойством любой индукционной системы нагрева является наличие интенсивных электромагнитных полей, которые определяют не только интенсивность преобразования электрической энергии в тепловую, но и магнитогидродинамические явления непосредственно в нагреваемой жидкости с преобразованием части электрической энергии в механическую и, как следствие, в электрохимическую при интенсификации химикотермических процессов. Взаимосвязи этих процессов изучены недостаточно, а исследовать их экспериментально в пространстве индукционной системы нагрева воды практически невозможно. Поэтому потребовалось разработать расчетно-экспериментальный метод оценки режимов работы индукционных систем нагрева воды с одновременным снижением ее солевого содержания.

Одновременность протекания термохимических и теплофизических взаимодействий в нагреваемой воде определяет необходимость изучения влияния на эти процессы напряженностей электромагнитного поля и электродинамических сил, возникающих в гидродинамических потоках нагреваемой воды. В качестве модельного объекта исследований будем рассматривать водопроводную воду со стандартным содержанием $6...7$ мг-экв/кг.

Направленность термохимических процессов и интенсивность их протекания можно оценить на основе анализа эксплуатационных характеристик наиболее распространенных на практике систем нагрева воды. Отопительные электроустановки, выпускаемые промышленностью, обеспечивают нагрев воды при плотностях теплового потока $(4...8) \cdot 10^4$ Вт/м². Длительность безремонтного периода работы такой системы на основе трубчатых электронагревателей (ТЭН) ограничивается скоростью роста отложений (накипи) на поверхности нагревателя и при толщине отложений в 0,5 мм составляет 800...1000 часов. Электродные электроды, в которых нагрев воды осуществляется за счет пропускания через воду электрического тока сохраняют свои нагрузочные характеристики в течение 80...100 часов. Затем происходит снижение мощности из-за накопления на электродах отложений. Эти же процессы формирования отложений протекают в любой теплосети, включая системы централизованного теплоснабжения от ТЭЦ и котельных.

Химический анализ отложений показывает, что к основным составляющим относятся карбонатные соединения (Ca, Mg, Fe)-CO₃, сульфатные CaSO₄·3H₂O, оксиды железа в различных формах (гидроокиси Fe(OH)₃, Fe(OH)₂, гематиты Fe₂O₃, вюститы FeO), шпинелиды, магнетиты Fe₂O₃. Силикаты в отложениях встречаются как в виде безводных соединений, так и в виде гидратированных молекул.

Коррозионная агрессивность воды определяется содержанием диоксида углерода CO₂, кислорода O₂, сероводорода H₂S, окислов железа и ионов Cl⁻ и SO₄²⁻. Химический состав воды в системах отопления может изменяться в процессе эксплуатации за счет коррозии металла труб в теплосети, взаимодействия воды с воздухом и поступлением добавочной воды. Поэтому несмотря на расход солей в процессе накипеобразования и формирования отложений в трубах, радиаторах и на нагревателях коррозионная способность воды самовосстанавливается, а формирование отложений происходит непрерывно. Этому способствуют реакции окисления железа с образованием бикарбоната: $Fe + 2CO_2 + 2H_2O = Fe(HCO_3)_2 + H_2$, с последующим

образованием оксидов железа и вторичной двуокиси углерода:
 $4\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 + \text{O}_2 = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$.

Проведенный анализ химико-термических процессов накипобразования в замкнутых системах отопления показал, что особенно перспективным является создание устройства, которое бы не только обеспечивало нагрев воды, но и интенсифицировало проведение рассмотренных химических реакций до скоростей, превышающих скорость восстановления коррозионных способностей воды, с получением нерастворимых соединений в объеме нагреваемой воды без осаждения продуктов реакции на каких-либо поверхностях.

Проведенные исследования на кафедрах «Автоматизация технологических процессов и электропривод» Павлодарского государственного университета и «Электротехнологические установки» Новосибирского государственного технического университета показали, что такой практический результат возможно получить при реализации электронагрева в режимах поверхностного кипения в индукционных системах с движущимися слоями воды, если обеспечить необходимые критические тепловые потоки и напряженности электромагнитного поля. Взаимодействие пароводяной смеси с электромагнитным полем, величина электродинамических сил, возникающих при этом взаимодействии, во многом определяются электропроводностью этой смеси, которая зависит от интенсивности теплофизических режимов нагрева воды.

УДК 620.9+628.5

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

И.Б. Черных

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Қоршаған ортаға электрэнергетиканың ең керекті антропогендік шығу тегінің әсері қарастырылған

Влияние электрэнергетики на окружающую среду рассматривается как важнейший физический фактор антропогенного происхождения.

Influence of electric power on the environment is considered as the most important physical factor of anthropogenic origin.

Антропогенное изменение окружающей среды идет одновременно по многим направлениям и темпы его ускоряются соответственно росту темпов развития общества, что неразрывно связано с развитием электроэнергетики.

Нами исследовано влияние электрической энергии на окружающую среду. Это воздействие значительно и многостороннее. Остановимся на некоторых из них.

Тепловые загрязнения. Известно, что любая энергия в процессе ее преобразования в конечном счете превращается в тепловую и ведет к тепловому загрязнению окружающей среды. Электричество является одним из мощнейших источников энергии на земном шаре, а следовательно, и одним из сильнейших источников теплового загрязнения.

Все жизненно важные процессы в природе и сама природа сформировались в результате воздействия естественной и прежде всего космической энергетики. Дополнительные тепловые выбросы от электроэнергетики нарушают существующий баланс сдвигая существующее равновесие в природе. Много говорится о потеплении климата и причинах его проявления. Электроэнергетика является одним из мощных факторов вызывающих потепления климата и действие ее не ограничивается земным шаром, а простирается далеко в космос.

Электромагнитные излучения существующие в природе способствовали формированию земной природы. Однако с появлением электроэнергетики это влияние на природу и окружающую среду значительно усилилось.

Электромагнитные излучения можно разделить на две группы. К первой относятся различные электромагнитные устройства, а ко второй – линии электропередач. Многие устройства используемые в различных областях науки и техники создают электромагнитные поля с частотами от 3 Гц до 300 ГГц (3×10^{11} Гц).

Электромагнитные поля с длинами волн от 5000 м до 1 м (частоты от 60 кГц до 300 ГГц) являются радиоволнами, которые, в свою очередь, делятся на длинные (от 5000 м до 500 м), средние (от 500 м до 50 м), короткие (от 50 м до 10 м), ультракороткие (от 10 м до 1 м), дециметровые (от 1 м до 10 см), сантиметровые (от 10 см до 1 см) и миллиметровые (от 1 см до 1 мм).

Это деление в значительной степени условно.

Дециметровые, сантиметровые и миллиметровые волны называют сверхвысокочастотными (СВЧ).

Большое влияние на распределение естественной напряженности магнитного поля Земли оказывают линии электропередач особенно высокого и сверхвысокого напряжения.

Этот вопрос малоизучен. Отмечено правда, что в сильном электромагнитном поле живая протоплазма развивается более интенсивно. Возможно, что это эффект акселерации, начавшийся с 1920 годов, отчасти связан с повышением электромагнитного поля.

Не следует забывать о влиянии этих полей на человека и все живое, как на неотъемлемую часть природы.

В поле индукции человек находится в периодически сменяющих друг друга электрических и магнитных полях. Облучение в этой зоне характеризуется напряженности электрического (E) и магнитного (H) полей, между которыми нет определенной зависимости.

Биологический эффект воздействия электромагнитных полей на человека зависит от диапазона частот, интенсивности и продолжительности облучения, характера излучения (непрерывное, модулированное) и режима облучения (постоянное, периодическое и кратковременное).

Нами была проведена работа по изучению воздействия линий электропередач высокого напряжения на окружающую среду.

Напряженность измерялась прибором типа ПВ-1М, изготовленным СКВ Всесоюзного научно-исследовательского института охраны труда (Санкт-Петербург). Положение прибора фиксировалось деревянной штангой на

высоте 1,8 и 0,1 м от поверхности земли. Измерения напряженности электрического поля проводились под линией 500 кВ (в габаритах ЛЭП), а также на разных расстояниях от оси ЛЭП. Максимальное значение напряженности электрического поля составили на уровне 1,8 м – 8,4 кВ/м, на уровне 0,1 м – 15 кВ/м.

Максимальное значение напряженности электрического поля наблюдается в точках пространства, расположенных вблизи поверхности над крайней фазой линии электропередачи.

По мере увеличения расстояния от габаритов ЛЭП напряженность поля плавно снижается.

Как показали результаты исследований влияние ЛЭП сверхвысоких напряжений на окружающую среду велико.

Громадное отрицательное влияние на окружающую среду и природу в целом оказывают электростанции работающих на сжигании топлива, так как при этом расходуется громадное количество кислорода. Приборы пока не фиксируют значительного снижения его концентрации в атмосфере, некоторые оптимисты уверены, что этого снижения нет, так как его количество восполняется зелеными растениями. Однако, известно, что количество лесов (фабрик, кислорода) катастрофически уменьшается, а следовательно, количество вырабатываемого в процессе фотосинтеза кислорода также снижается. Снижение концентрации кислорода ведет к затруднению образования озона, а это еще одна из причин образования озоновых «дыр», и увеличение содержания углекислого газа (CO_2) в атмосфере ведет к созданию парникового эффекта.

Велико отрицательное влияние дымгазовых выбросов из труб тепловых электростанций и образуемых ими золоотвалов, так как в них находятся окислы практически всех элементов таблицы Менделеева, из которых некоторые ядовиты, а многие просто вредные.

Таким образом, бурно развивающаяся электроэнергетика, восполняя энергетический голод, оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду и природу в целом, производя тепловое, электромагнитное и углекислотное, зольное и дымо-газовое загрязнение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гирсов Э.В. Основы общей экологии. – Изд. Российского университета дружбы народов, 1998.
2. Воздушные линии электропередачи. Международная конференция по боль-

ним электрическим системам (СИГЭС-74). / Под ред. Бургдорфа. – М.: Энергия, 1977. – С.138.

3. Охрана труда для газоэлектросварщиков, электриков и механиков: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону, 2001.

4. *Сиднев Ю. Г.* Учебное пособие для профессиональных лицеев, училищ и колледжей. – С. 192.

УДК 621.311.13.004.16 (083.57)

НОМОГРАММА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМОЙ ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

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

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

В.В. Ткаченко

*Костанайский государственный университет
им. А. Байтурсынова*

Жұмыста максималь және минимал жүктеме жердің және кернеудің желіге келе жатқан кернеудің әсүмсалатын шығын үлесінің айыру номограммасы келтірілген.

В работе приведена номограмма определения допустимых потерь напряжения в сети, если известны отклонения напряжения на шинах центра питания в режимах максимальной и минимальной нагрузок и относительная доля допустимой потери напряжения, приходящаяся на линию среднего напряжения.

In work it is given monographic chart definitions of allowable losses of a pressure (voltage) in a network if deviations (rejections) of a pressure (voltage) on trunks of the center of a feed (meal) in modes of the maximal and minimal loadings and a relative share of allowable loss of the pressure (voltage) are known, falling a line of an average pressure (voltage).

Исследования известных методов определения допустимых потерь напряжения в электрической сети показал, что они делятся на два основных вида [1–3]:

- построение обобщенной диаграммы напряжений [2];
- построение таблиц отклонений напряжения для всех элементов сети [3].

Оба метода имеют свои достоинства и недостатки и позволяют определить максимально допустимую потерю напряжения в сети. Недостатком методов является большая затрата времени на составление таблиц или ди-

аграмм. Эти методы не учитывают оптимальное распределение напряжения между линиями среднего (с.н.) и низкого (н.н.) напряжений.

По разработанному методу определения допустимых потерь напряжения в сети, производится, если известны отклонения напряжения на шинах центра питания в режимах максимальной и минимальной нагрузок и относительная доля допустимой потери напряжения, приходящаяся на линию среднего напряжения – а.

Метод определения допустимых потерь напряжения в сети описывается математической формулой:

$$\Delta U_{\text{доп}} = \frac{4 \cdot (V_{\text{ш}}' - V_{\text{ш}}'') + 28}{4 - a}, \quad (1)$$

где напряжение на шинах центра питания (ЦП) в режиме:

- $V_{\text{ш}}'$ – максимальной нагрузки;
- $V_{\text{ш}}''$ – минимальной нагрузки.

Выражение (1) дает возможность без составления таблиц отклонения напряжения ориентировочно определить допустимую потерю напряжения в сети.

Для уменьшения трудозатрат на определение допустимых потерь напряжения построена номограмма, приведенная на рис. 1. номограмма построена на основании выражений (1).

Значения $\Delta V_{\text{ш}} = V_{\text{ш}}' - V_{\text{ш}}''$ определялись исходя из отклонений напряжения у ближайшего потребителя (подключенного к шинам 0,38 кВ трансформатора собственных нужд ЦП) в режимах максимальной и минимальной нагрузок. При этом отклонения напряжения у ближайшего потребителя не должны выходить за пределы допустимых ($\pm 5\%$).

Таким образом,

$$V_{\text{ш.мин}}' = V_{\text{ш}}' + \Delta U_{\text{т}}' = -5 + 4 = -1\%,$$

где $\Delta U_{\text{т}}'$ – потерями напряжения в потребительском трансформаторе.

Принимаем, что:

$$V_{\text{ш}}' = -0,5\%, \Delta U_{\text{т}}' = 4,0\%, V_{\text{ш.макс}}' = +5 + 4 = 9\%,$$

$$V_{\text{ш.мин}}'' = -5 + 1 = -4\%, V_{\text{ш.макс}}'' = +5 + 1 = 6\%.$$

Значения максимального отклонения на шинах центра питания в режиме максимальной нагрузки ($V_{\text{ш.макс}}'$) и минимального значения отклонения

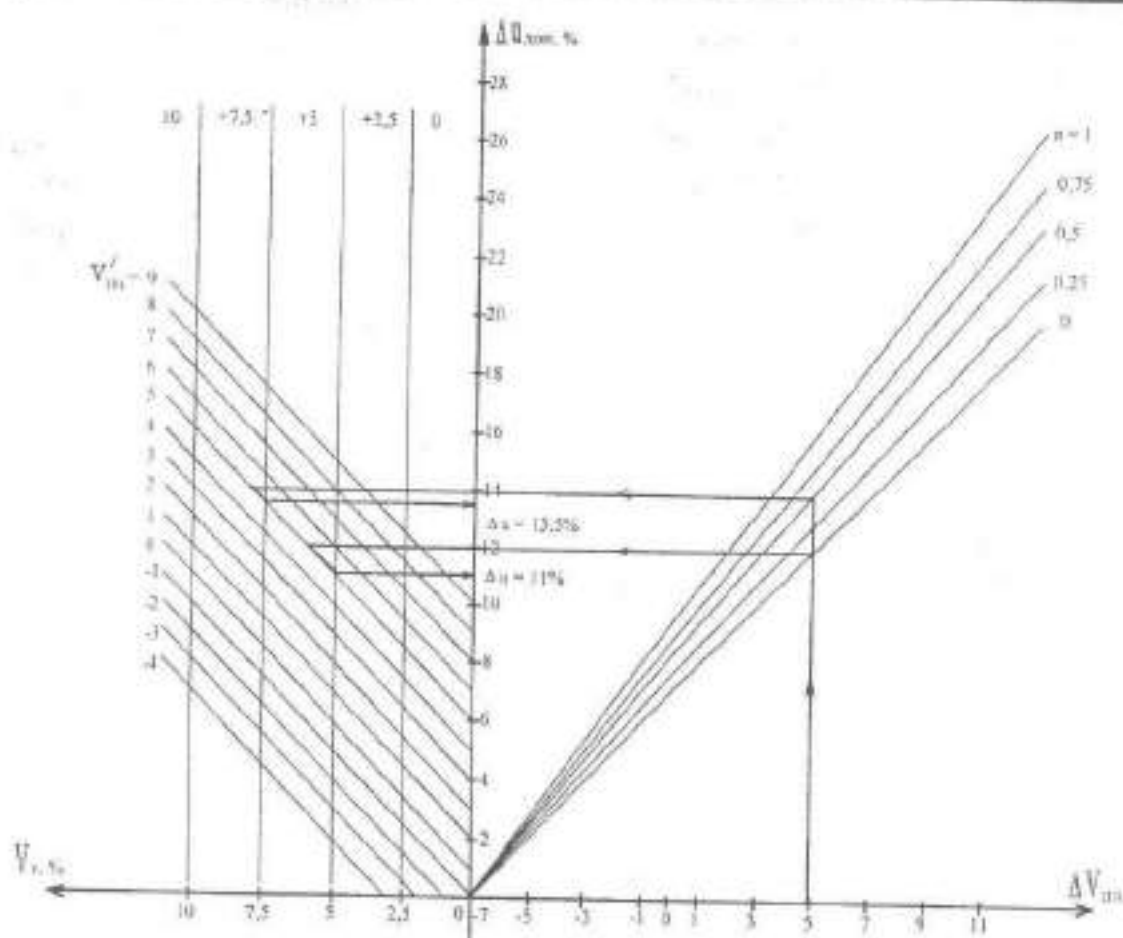


Рис. 1. Номограмма для определения допустимой потери напряжения в сети

напряжения в режиме минимальной нагрузки ($V_{шт. мин}^C$) определялись для нехарактерных значений отклонений напряжения у потребителей, но теоретически возможных, например, когда от ЦП отключены все распределительные линии, т.е. для случаев, когда $V_{шт. мин}^I = +5\%$; $V_{шт. мин}^{II} = -5\%$.

Исходя из этого, можно определить максимальное и минимальное значения $\Delta V_{шт.}$.

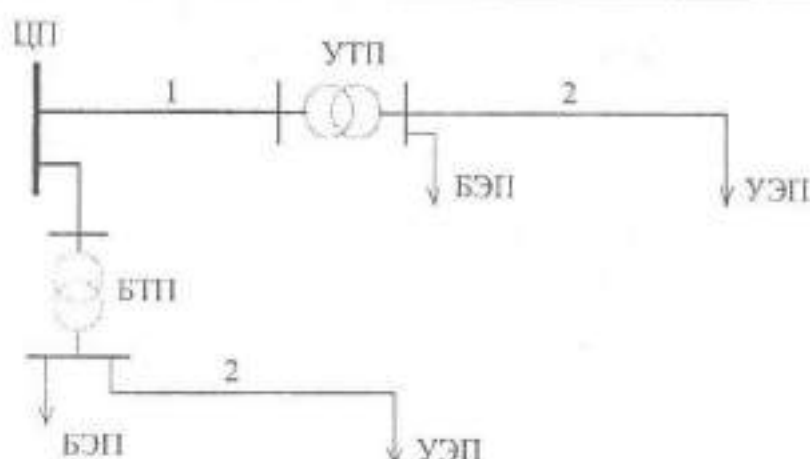
$$\Delta V_{шт. мин.} = V_{шт. мин.}^I - V_{шт. мин.}^{II} = -1 - 6 = -7\%.$$

При этом значении ΔV допустимые потери напряжения в сети будут равны нулю.

$$\Delta V_{шт. макс.} = V_{шт. макс.}^I - V_{шт. макс.}^{II} = 9 - (-4) = 13\%.$$

При этом значении ΔV допустимые потери напряжения в сети будут максимальными.

Порядок пользования номограммой рис. 1. рассмотрим на конкретном



- 1 – распределительная сеть среднего напряжения (с.н.);
 2 – распределительная сеть низкого напряжения (н.н.);
 ЦП – центр питания (шины 6 – 10 кВ питающей подстанции);
 УТП – наиболее удаленная трансформаторная подстанция в данной сети;
 БТП – наиболее близкая к ЦП трансформаторная подстанция;
 УЭП – наиболее удаленный потребитель в сети н.н.;
 БЭП – ближайший электроприемник в сети н.н.

Рис. 2. Принципиальная схема распределительной сети

примере по принципиальной схеме распределительной сети для основной массы потребителей представлена на рис. 2. и рис. 3.

Принципиальная схема распределительной сети для основной массы потребителей представлена на рис. 2. и рис. 3.

Для схем приведенных на рис. 2. и рис. 3. определим максимальную допустимую потерю напряжения в линиях с.н. и н.н. для УТП и БТП, если на шинах ЦП осуществляется режим встречного регулирования соответствующий требованиям ПУЭ, т.е. $V_{\text{шт}}' = +5\%$; $V_{\text{шт}}'' = 0\%$, для БТП значение "а" равно нулю; для УТП значение "а" примем равным 0,5.

$$\Delta V_{\text{шт}} = 5 - 0 = 5\%.$$

Определяем $\Delta U_{\text{доп}}$ для УТП:

– из точки на оси $\Delta V_{\text{шт}} = 5\%$ восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с прямой $a = 0,5$;

– из полученной точки проводим прямую параллельную оси $\Delta V_{\text{шт}}$ до пересечения с прямой $V_{\text{шт}}' = +5\%$. Из полученной точки опускаемся вниз по прямой $V_{\text{шт}}' = +5\%$ до пересечения с прямой $V_T = +7,5\%$ (максимально возможная надбавка трансформатора для данных условий);

– из точки пересечения проводим горизонтальную линию до пересечения с ординатой $\Delta U_{\text{доп}}$. На оси $\Delta U_{\text{доп}}$ определяем, что допустимые поте-

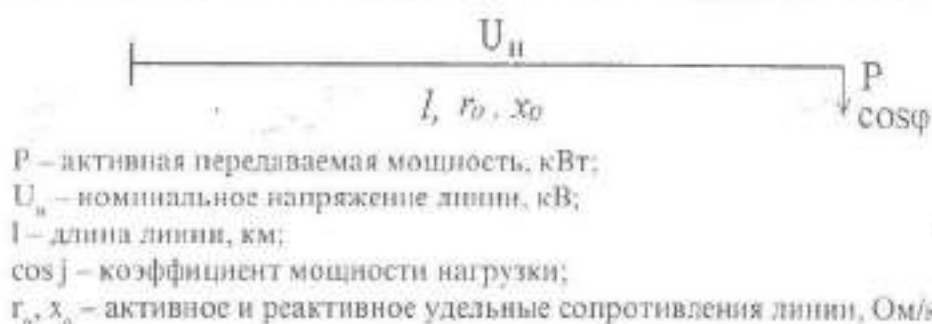


Рис. 3. Схема линии с одной трехфазной нагрузкой

ри напряжения в линиях с.н. и н.н. (суммарные) составляют 13,5%. С учетом того, что $\alpha = 0,5$, допустимые потери напряжения для линии с.н. составят около 6,75 %, такое же значение допустимых потерь напряжения будет и для линии н.н.

Определим $\Delta U_{\text{доп}}$ для БТП.

По аналогии с пунктами а, б, в для УТП находим $\Delta U_{\text{доп}} = 11\%$. Так как $\alpha = 0$, то для линии с.н. $\Delta U_{\text{доп}} = 0$; для линии н.н. $\Delta U_{\text{доп}} = 11\%$.

Такие же значения допустимых потерь напряжения могут быть получены путем составления таблиц отклонения напряжения, но затраты времени для получения результата будут примерно на порядок выше, чем при использовании номограммой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпов Ф.Ф., Создаткина Л.А. Регулирование напряжения в электросетях промышленных предприятий. – М.: Энергия, 1970. – 220 с.
2. Миркушев И.С., Создаткина Л.А. Качество напряжения в городских электрических сетях. – М.: Энергия, 1975. – 256 с.
3. Будзко И.А., Зуй В.М. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Агропромиздат, 1990. – 456 с.

ИНФОРМАЦИЯ

НАШИ АВТОРЫ

Абдрахманов Бауыржан Тендикевич – старший преподаватель кафедры математики и информатики ПГУ им. С. Торайгырова.

Абишев Кайратолла Кайруллинович – преподаватель кафедры транспортного машиностроения, ПГУ им. С. Торайгырова.

Алин Бауржан Султанмахмудович – специалист отдела развития предпринимательства Департамента экономики, г. Павлодар.

Аянбергенев Коялы Аяпбергеневич – доктор хим. наук, профессор кафедры органической химии и полимеров ОНПК по химическим проблемам Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букетова.

Баубекев Куат Талгатович – канд. техн. наук кафедры тепловых электрических станций и теплоэнергетики ПГУ им. С. Торайгырова.

Бектурганов Жаналы Султанович – научный сотрудник, канд. хим. наук, Институт фитохимии МОН РК, г. Караганда.

Быков Петр Олегович – стажер-исследователь кафедры металлургии, ПГУ им. С. Торайгырова.

Варфоломеева Юлия Александровна – стажер-исследователь кафедры технологии и оборудования машиностроения ПГУ им. С. Торайгырова.

Дузельбаева Асель Сайлаубековна – стажер-исследователь кафедры компьютерных систем и автоматизации ПГУ им. С. Торайгырова.

Жансентова Калия Медхатовна – стажер-исследователь кафедры инженерных систем и геотехнических сооружений Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, г. Астана.

Жантурина Дана – магистрант Кара-

гандинского государственного университета им. Е.А. Букетова.

Жумадилов Едиге Кабикенович – старший научный сотрудник канд. хим. наук, Институт фитохимии МОН РК, Караганда.

Загупаров Кабиден Фаткуллович – канд. философ. наук, профессор ПГУ им. С. Торайгырова.

Захаров Игорь Вячеславович – канд. техн. наук, доцент, ПГУ им. С. Торайгырова.

Ижикова Елена Дмитриевна – магистрант кафедры электроснабжения промышленных предприятий, ПГУ им. С. Торайгырова.

Исабаева М.А. – аспирант кафедры химии ПГУ им. С. Торайгырова.

Кабдуалиева Майраш Мажитовна – доцент кафедры тепловых электрических станций и теплоэнергетики ПГУ им. С. Торайгырова.

Карибаева А. – преподаватель школы, Карагандинская обл., с. Батык.

Касенов Болат Кунурович – доктор хим. наук, профессор, Институт фитохимии МОН РК, г. Караганда.

Квижибекова Акмарал Кабиденовна – ст. преподаватель кафедры тепловых электрических станций и теплоэнергетики ПГУ им. С. Торайгырова.

Кознонов Валерий Александрович – канд. техн. наук, доцент кафедры инженерных систем и геотехнических сооружений ПГУ им. С. Торайгырова.

Кудерин Марат Крйкбаевич – канд. техн. наук, доцент, директор Института строительства, транспорта и машиностроения ПГУ им. С. Торайгырова.

Мусабаев Турлыбек Туркпеневич – доктор техн. наук, профессор Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, г. Астана.

Мустафин Едиге Суиндинович – ведущий научный сотрудник канд. хим. наук, Институт фитохимии МОН РК, Караганда.

Нухулы Алтынбек – доктор хим. наук, профессор, проректор по НР и МС ПГУ им. С.Торайгырова.

Портинов Василий Сергеевич – канд. геолого-минералогических наук, профессор кафедры геофизики Карагандинского государственного технического университета.

Проскуряков Анатолий Федорович – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроения ПГУ им. С. Торайгырова.

Рындия Владимир Витальевич – канд. тех. наук, доцент кафедры транспортного машиностроения ПГУ им. С.Торайгырова.

Рындина Диана Владимировна – магистр техники и технологии, ассистент кафедры тепловых электрических станций и теплоэнергетики ПГУ им. С.Торайгырова.

Сагиптаева Ж.И. – Институт фитохимии МОН РК, Караганда.

Садък Бейбут Умитбекулы – старший научный сотрудник, ТОО «Агентство новейших технологий», г. Караганда.

Сатбаев Баймахан Нурлыбаевич – канд. хим. наук, зав. лабораторией термохимических процессов РКП «Институт металлургии и обогащения» МОН РК, г. Алматы.

Ткаченко Владимир Васильевич – аспирант кафедры электроснабжения

промышленных предприятий ПГУ им. С.Торайгырова.

Утегулов Арман Болатбекович – аспирант кафедры электроснабжения промышленных предприятий ПГУ им. С.Торайгырова.

Утегулов Болатбек Бахитжанович – доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой электроснабжения промышленных предприятий ПГУ им. С.Торайгырова.

Утегулова Дана Болатбековна – аспирант кафедры электроснабжения промышленных предприятий ПГУ им. С.Торайгырова.

Фандюшин Владимир Иванович – канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники ПГУ им. С.Торайгырова.

Хабдолда Гаухар – магистрант Карагандинского государственного университета им. Е.А. Букегова.

Хацевский Константин Владимирович – канд. техн. наук, доцент ПГУ им. С. Торайгырова.

Чередищенко Владимир Семенович – доктор техн. наук, профессор кафедры «АИТУ» Новосибирского государственного технического университета.

Черных Ирина Борисовна – старший преподаватель кафедры тепловых электрических станций и теплоэнергетики ПГУ им. С. Торайгырова.

Шерниязов Мейрам Алиевич – магистрант, преподаватель кафедры технологии и оборудования машиностроения ПГУ им. С. Торайгырова.

Юров Виктор Михайлович – канд. физ.-мат. наук, доцент, ТОО «Агентство новейших технологий», г. Караганда.

люстрации в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi (файлы с названием «Рис1», «Рис2», «Рис3» и т.д.).

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

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

7. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи и дискеты не возвращаются.

Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

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

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

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,

«Научный издательский центр ПГУ».

Тел. (3182) 45-11-23, 45-11-43,

факс: (3182) 45-11-23.

E-mail: publish@psu.kz

Подписано в печать 14.08.2003 г.

Формат 297×420/2. Бумага книжно-журнальная.

Объем 7,3 уч.-изд. л. Тираж 300 экз.

Заказ № 0370.

Научный издательский центр

Павлодарского государственного университета

им. С. Торайгырова

637034, г. Павлодар, ул. Ломова 64.

