

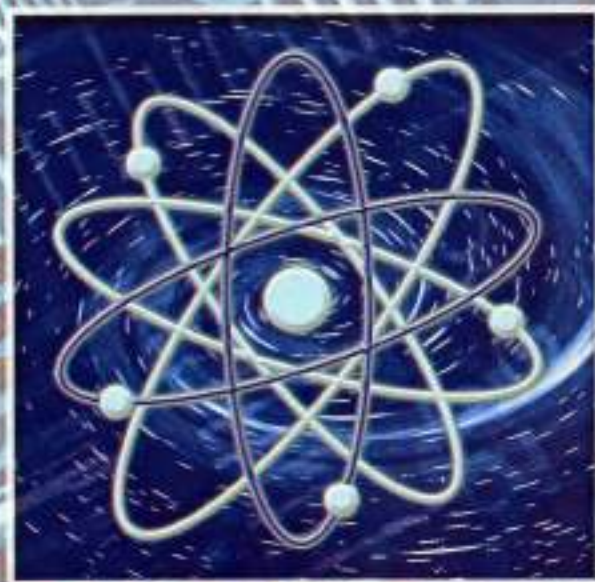
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.С.ТОРАЙГЫРОВА



3'2004

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА



ҚАЗАҚСТАН
ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖОРНАЛЫ

МАЗМҰНЫ

С.Р. Балтабаев Асияктрондік қозғалтқыштық әсерлік қорғаудың өзгешеуі	5
Ф.К. Бойко, Е.В. Птицына Күрделі формадағы токтармен байланысатын газоразрядты қондырғылардағы электрлік параметрлерді өлшеу	13
А.В. Борисенко Түгінді газды ортада су бетінде электрлік разряд әсері арқылы химиялық реакцияларды жүргізуді нақылдау ...	19
А.А. Грузин, Н.К. Құлымбаев, В.В. Грузин Нығыздалған негіздегі свай құймаларының және тұғыр құрылымы технологиясының ерекшеліктері	23
С.К. Ельмуратов Икемді қабықша мен пластиналардың динамикалық тұрақтылығы	30
А.Н. Ещанов, Ю.С. Сидореня, Д.М. Лозинский, В.М. Юров Сәулелену мен өткізу спектрлерін өлшеудің автоматтық қондырғысы	36
Н.М. Зайцева, Д.С. Зайцев Топырақтың меншікті кедергісінің моделіне айқындалмаған ережелер жүйесін жасау	39
А. К. Каракаев, В. В. Пронин Іштен жанайтын қозғалтқыш реттелеуінің зей ретінде ...	44

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Кадысова Р.Ж., к.и.н., доц. (*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
 Гамарин Г.Н., д.т.н., проф.
 Глазырин А.И., д.т.н., проф.
 Даукеев Г.Ж., к.т.н., проф.
 Ергожи Е.Е., д.х.н., проф., академик НАН РК
 Кислов А.П., к.т.н., доц.
 Клепель 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.
 Сагиннов А.С., д.т.н., проф., академик НАН РК
 Сулесев Д.К., к.т.н., проф.
 Сейдахметова Г.Н. (*тех. редактор*)

Адрес редакции:
637034, г. Павлодар,
ул. Дюмова, 64.
Тел.: (3182) 45-11-43
(3182) 45-48-60
Факс: (3182) 45-11-23
E-mail: publist@pmu.kz
publist@pmu.kz

Академик С. Балтабаев

Атындағы ғылыми

КІТАПХАНАСЫ

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

Издание зарегистрировано
Министерством культуры,
информации и общественно-
го согласия Республики Ка-
захстан. Свидетельство о по-
ставке на учет средства
массовой информации
№1924-Ж.

В.А. Козмонов Айналыммен жылжудағы траекторны полускальды топырақтың байланыстар ғыш- шастивалық ағым параметрінің бағасы	54
М.К. Кудерин С. Торайғыров атындағы ПМУ сәулет – құрылыс институтының магистрларын дайындау	61
Ж.Н. Оспанова, М.Э. Гаецкал Астана қаласындағы құрылыс кешендеріндегі жылу сіңтағыш құралдарын қолданылуы жайлы қорытынды	65
Ж.Н. Оспанова Қазақстан тұрғын үй құрылысындағы ағаш өнімін қолдану өзектілігі	69
В.В. Рыдин Жұмыстық дене-пістек-қабықна және жұмыстық дене-қабықна жүйелеріне арналған термодинамиканың бірінші заңының теңдеулері	73
В.В. Рыдин Цилиндрдегі жұмыстық дәнге арналған термодинамиканың бірінші заңының теңдеуі	80
V.T. Stanevich, M.K. Kuderin, Sh.K. Torpischev Analysis of crystallization processes during firing of ceramic tile made from coal output waste	87
Ш.К. Торпицев, М.А. Билагов, Ф.Ш. Торпицев Бетон - 37°C температурада қаттылық сипатын мөрелі	94
SH.K. Torpichshev, F.SH.Torpichshev Methods of concrete durability development	99
Ш.К. Торпицев, Ф.Ш. Торпицев, М.К. Бейсембаев, А.К. Жетписов Бетон қоспасы үшін көпесді модификациялық қосындағы пайдалануымен	103
Ш.К. Торпицев, М.К. Бейсембаев, А.К. Жетписов, Ф.Ш. Торпицев Өндірістік қоспалардың болған тез қаттамды бетондар	110
Б.К. Шахметов Қазақстан шарықалалары дамуының негізгі бағыттары ..	115
А.Д. Тужмулов, Т.А. Кукетайтеги Жартылайыткізгіш-диэлектрик ытпелі қабатының электрфикалық сипатамаларын зерттейтін тәжірибелік қырылыс	124
А.Н. Ещанов, Б.У. Садық, В.М. Юров, Т.А. Кукетайтеги Определение квантового выхода люминесценции с учетом реабсорбции	128

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

- С.Р. Балтабаев**
Разработка эффективной защиты асинхронного двигателя ... 5
- Ф.К. Бойко, Е.В. Птицына**
Проблемы измерения электрических параметров в газоразрядных установках с питанием током сложной формы 13
- А.В. Борисенко**
Иницирование химических реакций под действием электрического разряда над поверхностью воды в среде дымовых газов 19
- А.В. Грузин, Н.К. Кулумбаев, В.В. Грузин**
Особенности технологии устройства оснований и свайных фундаментов на уплотняющем основании 23
- С.К. Ельмуратов**
Динамическая устойчивость гибких оболочек и пластин ... 30
- А.Н. Ещанов, Ю.С. Сидореня, Д.М. Лозинский, В.М. Юров**
Автоматическая установка для измерения спектров отражения и пропускания 36
- Н.М. Зайцева, Д.С. Зайцев**
Разработка системы нечетких правил для модели удельного сопротивления грунта 39
- А. К. Каракаев, В. В. Прохин**
Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект ... 44
- В.А. Козмонов**
Оценка параметров вязко - пластического течения транстропных полускальных грунтов при сдвиге кручением 54
- М.К. Кудерин**
Подготовка магистров в архитектурно – строительном институте пгу им. с. торайгырова 61
- Ж.Н. Оспанова, М.Э. Гаецкая**
Анализ применения теплоизоляционных материалов на стройках г. Астаны 65
- Ж.Н. Оспанова**
Актуальность применения древесины в строительстве жилья в Казахстане 69
- В.В. Рындин**
Уравнения первого закона термодинамики для систем рабочее тело-поршень-оболочка и рабочее тело-оболочка 73

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

№ 3 '2004

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПАВЛОДАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМ. С. ТОРЖИГЬРОВА

<i>В.В. Рындин</i> Уравнение первого закона термодвигателя для рабочего тела в цилиндре	80
<i>V.T. Stanevich, M.K. Kuderin, Sh.K. Torpichev</i> Analysis of crystallization processes during firing of ceramic tile made from coal output waste	87
<i>Ш.К. Торпицев, М.А. Билалов, Ф.Ш. Торпицев</i> Бетон может твердеть и при - 37 оС	94
<i>SH.K. Torpichshev, F.SH.Torpichshev</i> Methods of concrete durability development	99
<i>Ш.К. Торпицев, Ф.Ш. Торпицев, М.К. Бейсембаев, А.К. Жетписов</i> Комплексная модифицирующая добавка для бетонных смесей	103
<i>Ш.К. Торпицев, М.К. Бейсембаев, А.К. Жетписов, Ф.Ш. Торпицев</i> Быстротвердеющие бетоны с использованием промышленных отходов	110
<i>Б.К. Шахметов</i> Основные направления развития малых городов Казахстана	115
<i>А.Д. Тужгулов, Т.А. Кокетайтеги</i> Экспериментальная установка для исследования электрофизических характеристик переходного слоя полупроводник-диэлектрик	124
<i>А.Н. Ещанов, Б.У. Садык, В.М. Юров, Т.А. Кукетбаев</i> Определение квантового выхода люминесценции с учетом реабсорбции	128
Наши авторы	133

Корректоры:

К.С. Ергалиев (каз.)
Г.А. Аронова (рус.)

Компьютерная верстка
Е.С. Ядешни

© ПГУ им. С. Торжигьрова

УДК 621.04.18

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

С.Р. Балтабаев

Специализированная школа для одаренных детей с государственным языком обучения, г.Павлодар

Асинхрондық қозғалтқыштың диагностика және қорғау жүйесінің кеңейту мүмкіндіктерінің керек тігін негіздеу туындалды. Математикалық модельдің құрылысының жылудық қорғау және дәлдік жаңғырту оның мінез-құлқысын жұмысқа пайдалану және апаттық тәртібіне ұсынылған.

Произведено обоснование необходимости расширения возможностей систем защиты и диагностики асинхронного двигателя. Представлена математическая модель устройства тепловой защиты и моделирование с достаточной точностью её поведения в эксплуатационных и аварийных режимах.

The Maded motivation to need of the expansion of the possibilities of the systems wired and diagnosticses of the anisochronous engine. Will Presented mathematical model device heat wired and modeling with sufficient accuracy of her(its) behaviour in working and emergency mode.

Бурное развитие энергетики в 1960-1985г. привело к значительному росту числа низковольтных (до 1000 В) асинхронных двигателей (АД) в Республике Казахстан [1,5]. В настоящее время в эксплуатации находится порядка 5-6,5 млн. АД. А затраты на их ремонт соизмеримы со стоимостью самих двигателей. Релейная защита и диагностика позволяют значительно сократить ущерб от ремонта и незапланированного отключения АД при электрических и механических повреждениях. Одним из радикальных способов повышения эксплуатационной надежности электродвигателей, работающих в условиях сельскохозяйственного производства, является применение температурной защиты

Целью является повышение технического совершенства защит АД и рационального использования их возможностей, путем построения новых принципов снятия информации или диагностики двигателя в аварийных режимах, математического и компьютерного моделирования процессов и практической реализации устройств тепловой защиты АД [1,7].

Сравнение эффективности различных типов защиты показывает, что, несмотря на значительные успехи в разработке тепловых биметаллических реле, они не могут обеспечить эффективную защиту двигателей в связи с наличием недостатков, обусловленных принципом их действия.

Действующими нормативными документами установлены ряд параметров, в соответствии с которыми должны проектироваться и эксплуатироваться двигатели. Так, [2,3] определяет, что двигатели мощностью 0,55 кВт и выше должны без повреждений и остаточных деформаций выдерживать перегрузку по току на 50% в течение 2 мин. Этим же документом регламентируются предельные длительно допускаемые превышения температур отдельных частей электрических машин, в устанавливаются общие технические требования к защите электродвигателей от перегрузки.

Требования к защите повысились в основном по следующим причинам: современные электродвигатели при той же мощности имеют меньшую массу и запас по тепловому использованию, а также большую скорость нарастания температуры при перегрузке, чем выпускавшиеся ранее; из экономических соображений стремятся к повышению коэффициента загрузки двигателя; в крупных механизированных и автоматизированных комплексах выход из строя электропривода наносит значительный ущерб производству [3,4,6,7]. Как показывает опыт эксплуатации, внедрение эффективной защиты от аварийных тепловых режимов позволяет в среднем в 5 раз уменьшить выход из строя асинхронных двигателей. Современное состояние тепловой защиты электродвигателей характеризуется интенсивной разработкой новых, более совершенных устройств защиты, широким применением полупроводниковых приборов, созданием новых типов термодатчиков, появлением новых направлений и тенденций.

На экспериментальной установке в лаборатории ПГУ им С Торайгырова (рисунок 1 (в)), схематическое изображение которой приведено на рисунке 1 (а), снимались характеристики датчика рисунок 1 (б).

Исследование характеристик теплового датчика тока основано на определении его сопротивления R_T в зависимости от тока питания АД I_d и времени измерения t_{np} . В качестве теплового датчика тока применяется проволочное сопротивление R_T намотанное на нагревательный элемент (рисунок 1 (б)). В экспериментах использовался стандартный нагревательный элемент на 6,2А. Обмотка выполняется бифилярной проволокой, что предотвращает появления в ней индуцированных рабочим током ЭДС. Каждое тепловое реле нагрузки (ТРН) имеет два тепловых датчика тока. В лабораторных условиях тепловой датчик тока изготавливался следующим образом. На нагревательный элемент ТРН магнитного пускателя накладывалось несколько слоев бумажной изоляции.

Поверх изоляции в один – три слоя виток к витку наматывалось проволочное сопротивление R_f . Затем обмотка пропитывается бакелитовым лаком и высушивается. Перед установкой теплового датчика тока мегомметром на 500В измеряется сопротивление изоляции между нагревательным элементом и изготовленной обмоткой сопротивления R_f . Оно должно быть не менее 0,5 МОм. После этого тепловой элемент устанавливают в тепловое реле магнитного пускателя. Выводы сопротивления выполняют многожильным проводом и закрепляют на клеммнике. Ток в цепи нагревательного элемента задается лабораторным автотрансформатором ЛАТР РНО –

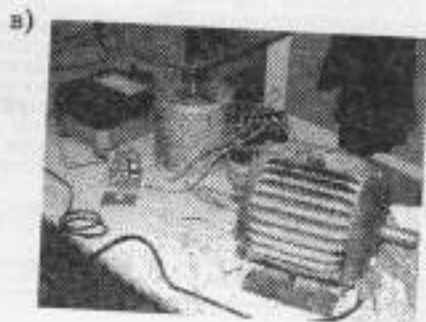
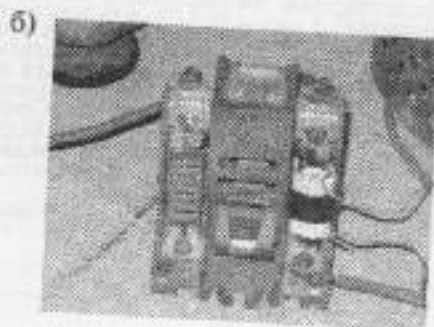
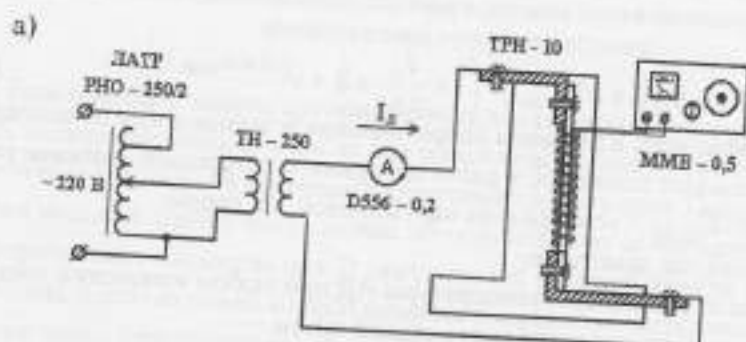


Рис. 1. Экспериментальная установка

250/2 и трансформатором ЛАТР РНО – 250/2 и однофазным трансформатором напряжения ТН – 250 с дополнительной обмоткой на ток до 40А. Такое сочетание автотрансформатора и трансформатора позволяет плавную регулировку тока в цепи, при токе до 40А достаточно длительное время. Для измерения тока в цепи ТРН – 10 использовался амперметр D556 с классом точности 0,2 и пределами измерения на 5А и 10А. Коммутация силовой части установки осуществлялась многожильным проводом сечением 6мм^2 . Для измерения сопротивления R_f при-

менен измерительный мост постоянного тока ММВ (класс точности 0,5), питание которого осуществлялось источником стабилизированного напряжения. Это осуществлялось с целью предотвращения влияния на точность измерения посадки батареи при длительных экспериментах. Эксперимент проводился при температуре окружающей среды $T_{\text{среды}} = 20^\circ\text{C}$ и $R_{T0} = 0,7$ Ом, где R_{T0} - сопротивление датчика тока при среднегодовой температуре. Данные эксперимента сведены в таблицу 1 и нанесены на графике рисунка 2 (точки).

Для анализа поведения теплового датчика тока в устройстве защиты необходимо аналитическое выражение зависимости $R_t = f(I_d, t_{\text{сп}})$. Оно получено эмпирически на основе результатов эксперимента, взятых с рисунка 2. В результате

$$R_t = R_{T0} (1 + \alpha T_{\text{среды}}) \times \left(1 + \frac{I_d}{9,61} \times \left(1 + e^{(-0,008 R_{\text{стаб}})} \right) \right) \quad (1)$$

где α - коэффициент изменения сопротивления в зависимости от температуры в относительных единицах, в расчетах принято его среднее значение равное $7,200634 \cdot 10^{-6}$; $T_{\text{среды}}$ - температура окружающей АД среды;

I_d - линейный ток двигателя;

$t_{\text{стаб}}$ - время стабилизации температуры АД при любом изменении тока I_d при фиксированной температуре окружающей среды.

Результаты расчета $R_t = f(I_d, t_{\text{сп}})$ представлены на рисунке 2 линиями. Анализ результатов расчета и эксперимента показывает, что погрешность уравнения 1 не превышает 10–14%. Поэтому уравнение может использоваться при моделировании процессов в тепловой защите с указанной точностью. Сопротивление теплового датчика среды зависит только от температуры среды, а потому определяется как

Таблица 1

	$R_t, \text{ Ом } \text{ vs } t_{\text{сп}}, \text{ сек}$						
	0	60	120	180	240	360	420
$I_d = 2,5 \text{ A}$	0,7	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87	0,885
$I_d = 5,0 \text{ A}$	0,7	0,775	0,824	0,85	0,84	0,882	0,91
$I_d = 7,5 \text{ A}$	0,7	0,985	1,1	1,15	1,2	1,24	1,25
$I_d = 10,0 \text{ A}$	0,7	0,96	1,09	1,19	1,3	1,35	1,4

$$R_T = R_{T0} (1 + \alpha T_{\text{среды}}) \quad (2)$$

где R_{T0} - начальное сопротивление датчика, принимается при температуре среднегодовой ($+10,9^\circ\text{C}$).

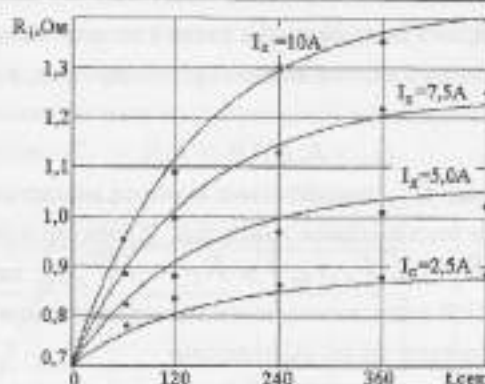


Рис.2. Изменение сопротивления теплового датчика тока в зависимости от времени процесса и тока в тепловой установке

Если поведение защиты при повышенных температурах достаточно легко исследовать экспериментальным путем, то при пониженных температурах невозможно из-за отсутствия холодильной установки соответствующих размеров. Поэтому для исследования тепловой защиты была сделана попытка создания ее математической модели. Измерительным элементом (рис.3) предлагаемой тепловой защиты является мостовая схема, одним из плечей которой являются соединенные последовательно тепловой датчик тока с сопротивлением $R_t = f(I_x, t_{np})$ и тепловой датчик среды с сопротивлением $R_T = f(T_{срeды})$. Реагирующий орган выполнен на базе операционного усилителя. Тепловое состояние асинхронного двигателя определено напряжением между точками *a* и *b*. Оно рассчитывается при следующих допущениях. К точкам *a* и *b* подключается вход операционного усилителя, который имеет большое входное сопротивление, поэтому его сопротивлением в схеме пренебрегают. Сопротивления $R_1 + R_3$ считаются не зависящими от температуры окружающей среды.

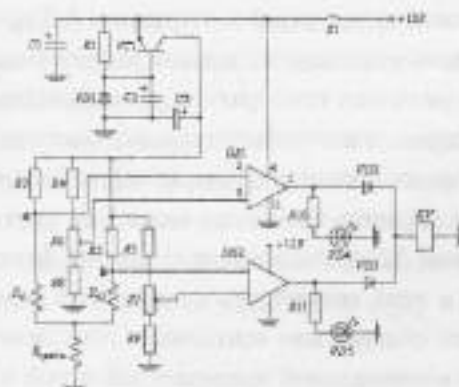


Рис.3. Конструкция реагирующего органа на операционных усилителях К140УД1

С учетом этих допущений напряжение в точке b относительно корпуса будет неизменно, так как источник питания моста стабилизирован, а R_2 и R_3 постоянны. Величина

$$U_b = R_3 U / (R_1 + R_2) \quad (3)$$

В точке a напряжение U_a относительно корпуса меняется в зависимости от окружающей среды и тока питания двигателя. Характер изменения U_a определен параметрами $R_i = f(I_a, t_{np})$ и $R_T = f(T_{cp})$, подбирая которые добиваются максимальной идентичности теплового состояния АД и его аналога. Величину U_a определяют из по выражению

$$U_a = R_4 U / (R_3 + R_4) \quad (4)$$

где $R_4 = R_i + R_T$.

Тогда напряжение U_{ab} определится как

$$U_{ab} = U_a - U_b \quad (5)$$

Для реализации математической модели был составлен алгоритм и на языке «Turbo-Basic» разработана программа. Результаты расчета представляются в виде, показанном на рисунке 4. На графике горизонтальная линия определяет напряжение U_{abcp} между точками a и b по схеме, при котором происходит срабатывание тепловой защиты. Кривые это зависимости $T = f(t)$ при фиксированном значении тока I_a , максимальном $T_{ср\max} = +40^\circ$ и минимальном $T_{ср\min} = -30^\circ$ значениях температуры среды. Точка пересечения этих кривых с линией U_{abcp} определяет время срабатывания защиты. Значение времени приведено в левом нижнем углу распечатки.

Эксплуатация АД может осуществляться в различных режимах работы. Все их трудно учесть. Поэтому проверку правильности выбора параметров измерительного органа, расчета уставки и определения чувствительности тепловой защиты осуществляют в минимальном и максимальном режимах работы. Это позволит избежать ложных отключений и отключать АД только при перегреве АД. Так как измерительным элементом защиты является мост Вина на постоянных сопротивлениях датчиках температуры, то минимальный и максимальный режимы работы определяют температура окружающей среды, ток в линейном проводе АД и время процесса. Измеряемой величиной является U_{ab} . Рассмотрим диапазон и характер изменения каждой из этих величин отдельно. Температура окружающей АД среды зависит от многих факторов. Такими факторами являются зима - лето, открытость - закрытость помещения в котором расположен АД, а также обогрев или вентиляция помещения. При разработке защиты считалось, что минимальной температурой зимой и максимальной летом будет температура в -30°C и $+40^\circ \text{C}$. За среднегодовую принята температура $+5^\circ \text{C}$. Максимальную чувствительность измерительного элемента полу-

чают при равенстве сопротивлений $R_1 + R_3$ и $R_i + R_T$. Чтобы не допустить нагрева датчиков от действия протекающего по ним тока величину сопротивлений рассчитывают исходя из допустимой плотности тока $j_{дон}$ в проволочных сопротивлениях $R_i + R_T$.

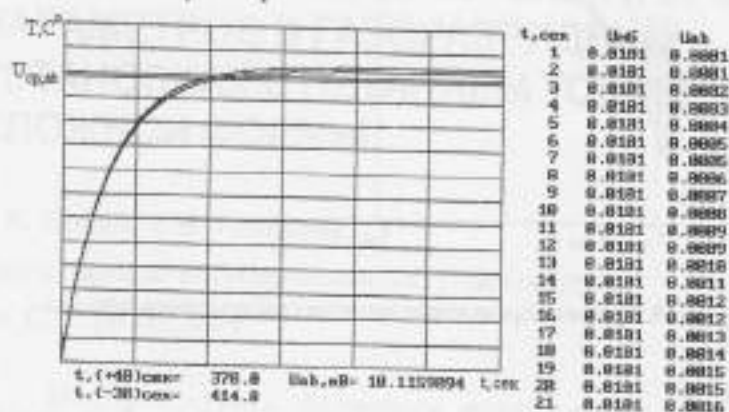


Рис. 4. Вид представления результатов расчета

$$U / (R_1 + R_i + R_T) S_{np} \ll j_{дон}$$

где S_{np} - площадь сечения провода.

Тогда уставкой защиты будет $U_{ab,cp}$, которое выбирают таким образом, чтобы в максимальном режиме

$$U_{ab,cp} = U_{ab} k_{омс},$$

где $k_{омс}$ - коэффициент отстройки, принимают равным 1,05÷1,1

Работу тепловой защиты иллюстрирует рисунок 5, где кривые 1-4 отражают изменение U_{ab} в зависимости от времени процесса t_{np}

- в режиме перегрузки на 10% и температуре -30°C ;
- в режиме перегрузки на 10% и температуре $+40^\circ \text{C}$;
- при «металлическом» замыкании семи витков одной фазы;
- при заклинивании ротора.

Из рисунка видно, что перегрузка на 10% и температуре в -30°C не приводит к отключению двигателя. В тоже время летом при температуре $+40^\circ \text{C}$ через время t_{cp1} двигатель нагреется до своего теплового предела и будет отключен. При «металлическом» замыкании семи витков одной фазы при заклинивании ротора двигатель отключится через время t_{cp2} и t_{cp3} соответственно.

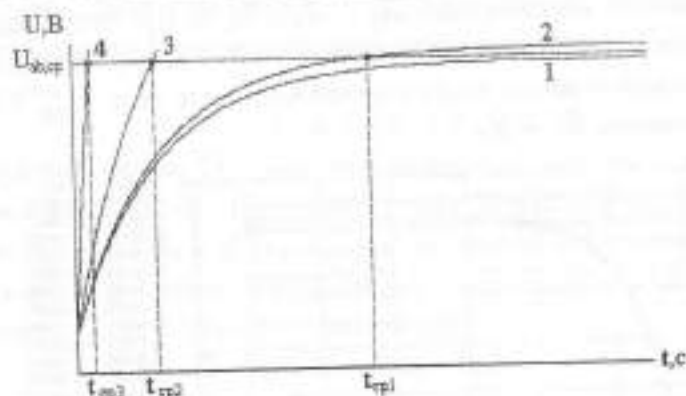


Рис. 5. График определения времени срабатывания защиты

Выводы:

1. Известные защиты не соответствуют в полной мере требованиям к аппаратуре защиты двигателей что не позволяет полностью использовать их перегрузочную способность двигателя в пределах допустимых превышений температуры;
2. Разработано устройство защиты позволяющее стабильно и надежно работать при отклонении напряжения в пределах $-30 \text{ } \delta \text{ } +10\%$, несимметрии напряжения и при изменениях температуры окружающей среды в широком диапазоне от -30 до $+40 \text{ } \delta \text{ } \text{C}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тубис Я.Б., Белов Г.К. Температурная защита асинхронных двигателей в сельскохозяйственном производстве. М., «Энергия», 1977.
2. ГОСТ 28330-80. Машины электрические. Асинхронные мощностью от 1 до 400 кВт включительно. Двигатели. Общие технические требования.
3. Публикация МЭК 34-1. Машины электрические вращающиеся. Ч.1. Номинальные данные и рабочие характеристики.
4. Публикация МЭК 34-11-3 (1984). Гл. 3. Общие правила, касающиеся тепловых защитных устройств, используемых в тепловых системах защиты.
5. ГОСТ-16264.1-85. Двигатели асинхронные. Общие технические условия.
6. Грундулис А.О. Унификация устройства защиты электродвигателей. - В кн.: Электропривод сельскохозяйственных машин и оборудования. М.7, 1972, с. 118-119.
7. Пястолов А.А. Вопросы надежности и совершенствования электрооборудования в сельском хозяйстве. - «труды Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства», 1972, вып. 67, с. 8-12.

УДК 621.36+621.327

ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ГАЗОРАЗРЯДНЫХ УСТАНОВКАХ С ПИТАНИЕМ ТОКОМ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Ф.К. Бойко, Е.В. Птицына

*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Мақалада күрделі формадағы токтармен байланысатын газоразрядты қондырғылардағы электрік параметрлерді барабарлық бағалауға қатысты мәселелер қаралады.

Аннотация: в статье рассматриваются вопросы адекватной оценки электрических параметров газоразрядных электротехнологических установок с питанием током сложной формы

Summary: The article focuses on the problems connected with adequate evaluation of electric parameters in gas discharging equipment with complex form current feeding

В электротехнологии широкое использование токов сложной формы (ТСФ) обусловлено рядом получаемых позитивных физических эффектов [1]. Решение проблемы повышения эффективности электротехнологических установок (ЭТУ) за счет перевода в режим с питанием ТСФ неразрывно связано с решением задачи автоматизированного управления технологическим процессом на основе достоверной оценки электрических параметров в технологическом звене и в питающей сети при использовании современных средств измерения и диагностики.

Современные измерительные устройства на базе микропроцессорных систем и устройств позволяют производить количественную и качественную оценку процессов во временной области. Они широко используются для контроля, энергоаудита, сертификации, однако остаются дорогими средствами измерения для научных исследований. Это обуславливает применение электрических средств измерения на электромеханической и электронной элементной базе, которые имеют наименьшую погрешность измерения, (в том числе и по частоте), для диапазона средних значений величин. Тогда как измерения малых и

источника переменного напряжения промышленной частоты. Первая плавка проведена с несколькими переключениями ступеней устройства РПН электропечного трансформатора ЭТДЦПК-6300/10. На рис. 3-4 даны осциллограммы для второй плавки при работе печи на одной ступени устройства РПН. Осциллограммы двух плавки даны в сравнении для периодов расплавления и окисления.

Анализ осциллограмм свидетельствует, что нерегулярные колебания тока сильны в период расплавления. Их причина – неустойчивое горение и обрывы дуги и т.д. Регулярные колебания, низкочастотная модуляция колебаний тока, обусловлена электродинамическим взаимодействием токоподводов при изменении тока. Основная причина – это механические колебания системы электрод-электрододержатель из-за нежесткого закрепления стойки в рамках, колебания ванны жидкого металла и др. Высокочастотные колебания связаны с нелинейностью вольтамперной характеристики дуги. Эти колебательные процессы отражаются на характере изменения тока в короткой сети и в сети высокого напряжения электропечного трансформатора. Однако влияние нелинейности ферромагнитного материала сердечника трансформатора меняет низкочастотную модуляцию и высокочастотные колебания тока в питающей сети по сравнению с осциллограммами тока дуги.

По мере расплавления шихты и появления ванны жидкого металла наблюдается устойчивое горение дуги, что проявляется в уменьшении размахов изменения тока, амплитудных, действующих значений тока ($2I_m, I_m/I_d$). Так, в период расплавления указанные значения токов с учетом масштабов тока на стороне высокого напряжения и на дуге составили 784,38А; (392,19А/278,14А) и 31,02кА; (15,5кА/11,0кА) (рис. 3). В период окисления значения этих величин снизились и составили 42,29А; (211,4А/149,9А) и 16,92кА; (8,46кА/6,0кА).

Таким образом, характер изменения тока в сети высокого напряжения электропечного трансформатора зависит от положения переключателя ступеней РПН. Сравнение осциллограмм рис. 2-4 показывает, работа трансформатора на более низкой ступени РПН даже в обычном режиме работы с питанием от источника переменного напряжения промышленной частоты уменьшает искажение кривой тока в питающей сети [7].

больших значений обусловлено погрешностями от воздействия внешних магнитных полей, термо-дзв, шумов, энергией, рассеиваемой на шунтах и др.

Этот момент учитывался при выборе размеров и параметров физической модели промышленной газоразрядной ЭТУ, поскольку на этапе модельных исследований адекватная оценка характера и диапазона изменения электрических величин позволяет установить параметры и критерии оптимизации, и получить регулировочные характеристики, необходимые для последующей разработки рациональных режимов работы.

Быстропротекающие процессы в широком диапазоне частот отличают работу газоразрядных ЭТУ даже в обычном режиме работы при питании от источника переменного тока промышленной частоты. Поэтому для исследования и записи мгновенных значений использовали электронно-лучевой осциллограф и скоростную кинокамеру, синхронизированную со шлейфовым осциллографом. Действующие, средние, амплитудные значения, постоянные и переменные составляющие ТСФ, определяемые при обработке осциллограмм по методу калиброванной шкалы, сравнивали с показаниями приборов различных систем.

Большинство средств измерений, в том числе и аналоговые измерительные приборы, рассчитаны на измерение действующих значений тока и напряжения синусоидальной формы:

$$\begin{aligned} I_{\text{д}} &= K_{\text{ф}} \times I_{\text{эф}} \\ U_{\text{д}} &= K_{\text{ф}} \times U_{\text{эф}} \end{aligned} \quad (1)$$

то есть действующее значение величины тока и напряжения определяется умножением коэффициента формы $K_{\text{ф}}$, равного для правильной синусоиды 1,11, на среднее значение амплитуды синусоидального тока (напряжения).

Для измерения действующих значений электрических сигналов различной формы применили приборы, измеряющие истинные действующие значения негармонических сигналов:

$$\begin{aligned} I_{\text{д}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \\ U_{\text{д}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь h – номер гармоники.

Приборы, рассчитанные на измерения среднеквадратичных значений тока и напряжения синусоидальной формы, при измерении негармонических сигналов могут давать недомер до 40%. Например, анализаторы норм качества электрической энергии типа АКЭ-2020, АКЭ-9032, ПКК-57, МЭТ-5080 (фирма А-КИП)

предназначены для измерения токов и напряжений синусоидальной формы. Среднеквадратичные значения негармонических сигналов измеряют анализаторы сетей типа TOPAS 1000TS, TOPAS 1000S (фирма LEM) с погрешностью измерения $\pm 0,1\%$ в диапазоне тока $55\text{ мА} \div 12,2\text{ кА}$, типа MEMOBOX 300 Smart модификаций (3U) (3U+3I P) (3U+4I P) (3U Q) (3U+3I Q) (3U+4I Q) MEMOBOX 800S (погрешность измерения $\pm 0,5\%$ в диапазоне изменения тока $0,75 \div 3000\text{ А}$), и анализаторы норм качества электрической энергии FLUKE 41B, FLUKE 43B, FLUKE 43 Kit (фирма FLUKE) погрешность измерения $\pm 1\%$ в диапазоне тока $50\text{ А} \div 50\text{ кА}$, типа AR.5 и AR.5M (фирма CIRCUTOR) и др. Анализаторы норм качества электрической энергии использовали также для качественного анализа напряжения сети, как в обычном режиме, при питании от источника переменного напряжения промышленной частоты, так и в новом, при питании ТСФ [2-5].

В качестве физической модели промышленной газоразрядной установки с питанием ТСФ была разработана двухэлектродная дуговая печь емкостью $0,25\text{ т}$, изменение электрических параметров которой соответствовало диапазону средних значений величин. В качестве источников питания использовали: источник переменного синусоидального тока промышленной частоты, источник переменного синусоидального тока регулируемой частоты, источники ТСФ на базе неуправляемого выпрямителя с дросселем насыщения и на базе тиристорного выпрямителя. Для подтверждения возможности достижения позитивных электрических и технологических эффектов в дуговых печах различной емкости при питании ТСФ выполнены опытно-промышленные испытания [6-7].

В промышленных газоразрядных ЭТУ с питанием ТСФ измеряемые значения электрических величин относятся к диапазону больших значений. Так, в ДСП-6 электрические параметры (ток, напряжение, мощность) на стороне высокого напряжения электропечного трансформатора составляют сотни ампер и десятки киловольт, на стороне низкого напряжения – десятки килоампер и сотни вольт. Для измерений больших значений величин токов и напряжений необходимы первичные преобразователи, наружные шунты и др. элементы. При этом результаты измерений зависят от угловой и полной погрешностей трансформаторов тока и напряжения, а также погрешностей, вносимых применяемыми делителями напряжения и наружными шунтами даже при использовании микропроцессорных средств измерения. Поэтому проблема точности измерения в диапазоне больших значений величин не получила своего окончательного разрешения.

На рис. 1-4 в качестве примера показаны осциллограммы изменения мгновенных значений токов в питающей и в короткой сети, и тока дуги для трехфазной промышленной дуговой сталеплавильной печи (ДСП) прямого нагрева (система графит-металл) емкостью 6 т . ДСП работала в обычном режиме с питанием от

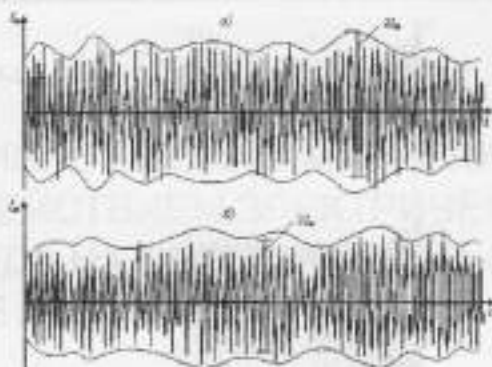


Рис.1. Осциллограммы токов в сети высокого напряжения (а) и на дуге (б) для периода растапливания (диапазон скорости записи – 100мм/с). Выключена пятая ступень устройства РПН. Питание ДСП от источника синусоидального напряжения

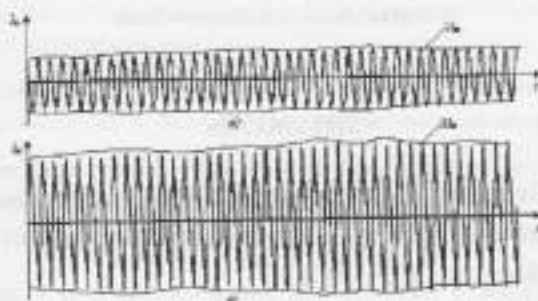


Рис.2. Осциллограммы токов в сети высокого напряжения (а) и на дуге (б) для периода окисления (диапазон скорости записи – 100мм/с). Выключена 11 ступень устройства РПН. Питание ДСП от источника синусоидального напряжения

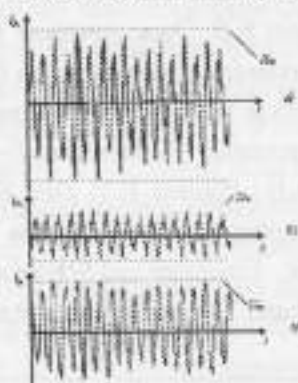


Рис.3. Осциллограммы токов в сети высокого напряжения (а), в короткой сети (б) и на дуге (в) для периода растапливания (диапазон скорости записи – 100мм/с). Выключена пятая ступень устройства РПН. Питание ДСП от источника синусоидального напряжения

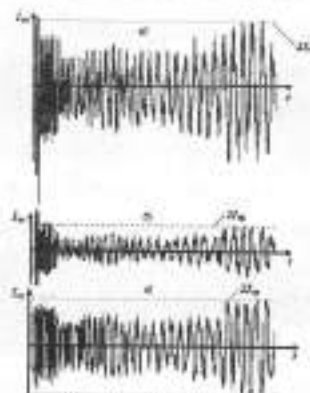


Рис.4. Осциллограммы токов в сети высокого напряжения (а), в короткой сети (б) и на дуге (в) для периода окисления (диапазон скорости записи – 100мм/с). Выключена 5 в короткой сети (б) и на дуге (в) ступень устройства РПН. Питание ДСП от источника синусоидального напряжения

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойко Ф.К., Птицына Е.В. Перспективы применения токов сложной формы в электротехнологии. // Вестник Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова, 2004, № 2.
2. Официальный сайт фирмы «Виф Тест».
3. Официальный сайт фирмы «Универсал Прибор».
4. Официальный сайт фирмы «ПРИСТ»
5. Официальный сайт фирмы «LEM INSTRUMENTS».
6. Кувалдин А.Б., Птицына Е.В. Электрические и акустические эффекты в оптических излучателях с питанием током сложной формы / Сборник докладов Srodkowoeuropejska V Konferencja Naukowo-Techniczna (V MSKAE 2003) «Metody i Systemy Komputerowe w Automacie i Elektrotechnice». Czestochowskiej, 2003.
7. Boiko F.K., Kuvaldin A.B., Ptitsyna E.V. Zum Betrieb kleiner Stahlschmelz-Lichtbogenofen mit nichtsinusförmigem Strom - Einfluss auf die Lichtbogenstabilität / Workshop Elektroprozess-technik - Erwärmen und Schmelzen mit elektrothermischen und alternativen Verfahren. Tagungsband. Technische Universität Ilmenau. 21.-24. Sept. 2004.

УДК 541.14

ИНИЦИИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА НАД ПОВЕРХНОСТЬЮ ВОДЫ В СРЕДЕ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

А.В.Борисенко

ТОО «URECOLOGY», Республика Казахстан, Караганда

Жаңа электрохимиялық қондырғымен технологиялық газдарды зиянды қоспалардан тазартуды өндірістік жағдайда зерттеудің нәтижелері қарастырылған.

Рассмотрены результаты промышленных испытаний новой электрохимической установки по очистке технологических газов от вредных примесей.

There were considered production tests results of new electrochemical plant for process gas cleaning from harmful impurities.

Используемые в промышленности для очистки отходящих газов электрохимические методы с коронирующими электродами-фильтрами, очищая газы от дисперсных частиц, не обеспечивают снижение выбросов в атмосферу токсичных газов – оксидов углерода, серного ангидрида и других вредных газообразных веществ, а также имеют технологически сложную конструкцию [1,2]. В литературе появляются все больше работ, направленных на использование плазмохимических методов для решения природоохранных задач. Практическое применение нашло генерирование озона [3], а также сжигание веществ в высокотемпературной плазме [4]. В последние годы было накоплено много новых данных по свойствам активных частиц, образующихся в плазме газового разряда, что открывает новые подходы к наблюдавшимся ранее явлениям и дает надежду на их практическое применение. Под действием электрического разряда в газовой фазе генерируются активные частицы-радикалы, взаимодействие которых определяет дальнейший ход химических превращений.

В соответствии с вышесказанным нами была разработана и испытана универсальная установка, предназначенная для очистки воздуха от промышленных загрязнений и извлечения из дымовых - технологических сбросовых газов по-

лезных веществ (сажа, элементарная сера) в системе электрод-газ-жидкость. [5,6]. В настоящей работе приведены результаты исследования очистки дымовых газов от оксидов углерода в условиях высокого электрического разряда.

Экспериментальная часть

Подвергаемый очистке газ подается в область между катодом (инжектор), являющимся источником униполярной ионизации и анодом – в виде потока воды. Катод представляет собой поверхность, унизанную иглами с радиусом кривизны острия около нескольких микрон. Катод и подложка анода выполнены в виде коаксиальных конических поверхностей. На электрод с иглами подают напряжение 10-3000 кВ. Газ подается в установку перпендикулярно электрическому полю воздушным насосом. Схема и принцип работы установки описана нами в предыдущих работах [5,6].

Установка испытана при следующих условиях: концентрация газов: CO_2 – до 9%; CO – до 1,5%. Запыленность – до 1,35%. Расход газа, подаваемого на входе на установку – до $4400 \text{ м}^3/\text{час}$. Температура газов на входе в установку – до 105°C . Диаметр рабочей кромки установки 1,8 м. Напряжение на инжекторе – до 130 кВ. Объем оборотной воды – 700 л. Расход оборотной воды 207 л/мин. Расчетная производительность по расходу очищаемого газа – $3600 \text{ м}^3/\text{час}$. Средняя потребляемая мощность от высоковольтного источника – 339 Вт. Энергозатраты от высоковольтного источника – не более 0,1 кВтМч на 1000 м^3 очищаемого газа (1 кВтМч на 10000 м^3 газа).

Отбор газов на анализ производился одновременно двумя приборами в двух точках: 1 – «вход в установку», 2 – «выход с установки». Объем газов (до $4400 \text{ м}^3/\text{час}$), поступающих на установку определялся инструментально с использованием пневмометрической трубки Гинцетмета по ГОСТ 17.2.4.-06.-90.

Результаты и обсуждение

Особенностью метода заключается в том, что очищаемый газ подвергается сильной униполярной ионизации (высокая напряженность электрического поля – от $5 \cdot 10^2$ до 10^7 в/см, высокая отрицательная униполярная ионизация – порядка 10^{17} м^3).

Рабочий потенциал инжектора в изученных нами условиях составил от 45 до 285 кВ. Напряженность электрического поля на острие иглы при этом можно оценить как

где, F – потенциал инжектора, r – радиус кривизны острия иглы.

При $F = 10^6 \text{ В}$, $r = 10^{-6} \text{ м}$, значение $E = 10^{11} \text{ В/м}$.

Ток, текущий через одну иглу по экспериментальным данным составляет

$I = 10^{-6} \text{ А}$. В окрестности острия иглы создаются условия для интенсивной автоэлектронной эмиссии электронов с острия игл в воздух. При длине свободного про-

бегу $l = 6 \cdot 10^4$ м, что примерно соответствует нормальной атмосфере, разность потенциалов, преодолеваемая электроном до первого столкновения, составит:

$$W = lE = 6 \cdot 10^4 \cdot 10^{11} = 6 \cdot 10^3 \text{ В,}$$

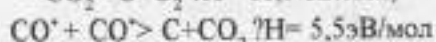
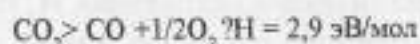
Соответственно, энергия первого столкновения составляет по порядку величины $6 \cdot 10^3$ эВ. Фактически, в окрестности острия иглы создается разряжение вследствие конвективных процессов и можно ожидать, что эта энергия значительно превосходит указанную. В окрестности острия размером порядка нескольких десятков микрон создаются условия протекания высокотемпературных кинетических процессов с характерными плазмохимическими превращениями.

Основные физико-химические процессы в рабочем зазоре установки протекают в униполярно (отрицательно) ионизированной области, образованной ионами и высоковозбужденными молекулами. Распад возбужденных молекул и рекомбинация ионов приводят к образованию свободных радикалов. Как известно при разряде на воздухе в присутствии паров воды образуются первичные радикалы НИ, ОНИ, ОИ и др. Активным агентом, служащим сильным химическим восстановителем компонентов газовой смеси (CO , CO_2) может служить атомарный водород, образующийся под влиянием высокого электрического разряда из возбужденных молекул воды в результате разложения [7]:

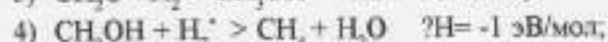
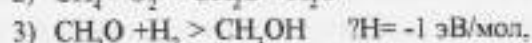
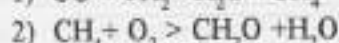


Взаимодействие первичных радикалов между собой приводят к образованию вторичных радикалов $\text{HO}_2\text{И}$ и молекулярных продуктов O_3 , H_2O_2 , H_2 и др.

В сильно неравновесной плазме (например, в плазме тлеющего разряда, где средняя энергия электронов 3-5эВ, температура тяжелых частиц 500-800К) могут наблюдаться неравновесные фазовые переходы, прежде всего типа газ-твердое тело [8,9]. Диссоциация диоксида углерода CO_2 в неравновесной плазмохимической системе осуществляется по механизму неполной и полной диссоциации с образованием оксида углерода CO и чистого углерода. Механизм их диссоциации описывается следующими схемами [8,9]:



В рассматриваемой системе промежуточные вещества могут взаимодействовать между собой с образованием органических продуктов:



В поле электрического разряда углерод в виде сажи может образоваться также в результате разложения метана [7].

Вода жидкого анода установки служит транспортным средством для извлекаемых из воздуха загрязнителей и является оборотной. Восстановленные компоненты газовой смеси выводятся из реакционной среды вместе с потоком воды в элементарном виде и оседают на фильтре в виде механических примесей.

По данным лабораторных исследований было установлено, что от пылевидных и аэрозольных примесей степень очистки воздуха превышает 99,5%, т.е. наличие примесей на выходе установки не фиксируется и оценивается по чувствительности прибора. Очистка от CO_2 достигает до 90%, от CO – 98%.

Способ может найти широкое применение в различных отраслях промышленности при очистке газов от газообразных и дисперсных примесей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Носков А.С., Пай З.П. Технологические методы защиты атмосферы от вредных выбросов на предприятиях энергетики (аналитический обзор). // СО РАН, ГПНТБ, Серия «Экология». Ин-т катализа. Новосибирск, 1996. Вып. 40. 156с.
 2. Очистка технологических газов. / Под ред. Т.А.Семеновой. Лейтеса И.Л. М.: Химия, 1977. 488с.
 3. Лузин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона. М.: Изд-во МГУ, 1998. 480с.
 4. Акишев Ю.С., Дерюгин А.А., Кочетов И.В., Напартович А.П., Трушин Н.И. // Физика плазмы. 1994. Т.29. №6. С.585-592.
 5. Предпатент 14236 (Казахстан) Устройство для очистки газов / Борисенко А.В., Гришин А.В. Опубл. 15.04.04 // Бюлл. изобр., 2004. №4.
 6. Предпатент 14237 (Казахстан) Способ очистки газов. / Борисенко А.В., Гришин А.В. Опубл. 15.04.04 // Бюлл. изобр., 2004. №4.
 7. Еремин Е.Н. Элементы газовой электрохимии. М.: Изд-во МГУ. 1968. 212с.
 8. Кинетика и термодинамика химических реакций в низкотемпературной плазме / Под. Ред. Полака Л.С. М.: Наука, 1979.242с.
 9. Иванов А.А., Никифоров В.А. / В кн.: Химия плазмы. М.: Атомиздат, 1978. Вып.5. С. 148-175.
-

УДК 624.154

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ОСНОВАНИЙ И СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА УПЛОТНЕННОМ ОСНОВАНИИ

А.В. Грузин

*Новосибирский государственный архитектурно-
строительный университет*

Н.К. Кулумбаев, В.В. Грузин

*Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова*

Қолжазбада құрылыс өндірісіндегі актуалды мәселелерді шешу бағытындағы жаңа технологиялық әдістер қарастырылған. Құрылыс құймалар негіздері, бағанды құймалардың негіздерін дайындау мен жер жынысын нығыздауда қолайлы жағдайлар көтерілген. Сондай-ақ жер жынысын механикасы, саяз төселетін құймалардың жаңа конструкциясы және фундамент құрылысы жұмыстарына баға беріліп механизацияландыру үрдістері талқыланған.

В статье отражены актуальные вопросы в современных направлениях в строительной отрасли с применением новейших оптимальных технологий уплотнения грунтов, для подготовки оснований и устройства прогрессивных свайных фундаментов. Описаны механика грунтов и новые конструкции фундаментов мелкого заложения, дана оценка технологии и механизации работ в фундаментостроении.

The article is discussed the actual questiones in modern directions in building branch with application of latest optimal technologies of condensations of soil, and construction of progressive pile foundation. The article is described mechanics of soil and new construction of small laying foundation, and is adducted estimate of technologies and mechanization of work in foundation engineering.

Фундаменты являются подземной или заглубленной частью конструкции здания, через которую нагрузки от него передаются на грунты основания. Нормальная эксплуатация здания или сооружения в течение длительного промежутка времени может быть обеспечена только при надежной работе его основания и фундаментов.

В настоящее время современные направления в строительной отрасли связаны с применением наиболее совершенных технологий уплотнения грунтов для подготовки оснований и устройства прогрессивных свайных фундаментов, а также для выполнения и других видов работ при возведении сооружений различного назначения. Ранее выполненными исследованиями установлено, что уплотнение грунтов позволяет увеличить нагрузки на основания и фундаменты, значительно уменьшить объем земляных работ (до 70-90%), в 1,5-2 раза ускорить строительство нулевого цикла, сократить на 40-60% его сметную стоимость, на 35-70% - расход бетона, на 40-50% - арматуры, на 30-60% - трудовые затраты [1, 2, 3]. В связи с этим актуальными являются вопросы, связанные с изучением научно-обоснованных технологических, экономических, организационных и технических решений по теоретическим, методологическим и практическим основам внедрения новых прогрессивных технологий работ нулевого цикла. В этом случае обоснование методики выбора и расчета основных технологических параметров должно быть основано на закономерностях взаимодействия сложной системы "строительный объект - грунтовой массив - технология производства работ - средства механизации применяемые в технологическом цикле".

Для выполнения таких исследований выполняются следующие задачи:
выявление современных проблем и особенностей технологий производства работ в фундаментостроении;

разработка структурной схемы сложной производственной системы "грунтовой массив - строительный объект - технология подготовки оснований и изготовления свайных фундаментов - экономико-технологическое обоснование эффективности применяемой технологии" с целью установления закономерностей, характеризующих технологические и организационно-экономические аспекты устройства нулевого цикла;

определение условий эффективного применения прогрессивных технологий возведения уплотненных оснований свайных фундаментов на строительном объекте.

разработка основ методологии выявления характерных закономерностей строительного производства по устройству оснований и возведению свайных фундаментов с использованием эффективных автоматизированных производственных процессов и средств механизации, научное обоснование методов расчета, исследование и установление основных технологических и конструктивных параметров свайных фундаментов на уплотненном основании.

Для разработки целостной концепции обоснования и выбора рациональной технологии производства работ на уплотняемых грунтах при подготов-

эксплуатации сооружения - с другой, сложность устройства оснований и фундаментов может быть различна. Этому соответствует широкая номенклатура типов фундаментов и способов улучшения строительных свойств грунтов оснований, обеспечивающая возможность строительства и нормальной эксплуатации любых сооружений в самых сложных инженерно-геологических условиях.

Однако стоимость, трудоемкость и длительность работ, связанных с устройством оснований и возведением фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях, может составлять весьма значительную часть общих расходов на строительство сооружения. Поэтому всегда важно оценивать технико-экономическую целесообразность размещения тех или иных сооружений в определенных инженерно-геологических условиях.

Опыт показывает, что недостаточное инженерно-геологическое обоснование проектных решений, ошибки в определении характеристик физико-механических свойств грунтов или отсутствие прогноза возможных их изменений в результате строительства и эксплуатации сооружения являются основными причинами всех неприятностей, приводящих к нарушению нормальной эксплуатации сооружений и даже к авариям. В то же время качественное и целенаправленное проведение этих работ обеспечивает возможность принятия оптимальных решений. Опыт ряда проектных организаций свидетельствует, например, что увеличение затрат на изыскания на 5...10% позволяет в некоторых случаях за счет повышения расчетных характеристик грунтов основания снизить стоимость фундаментов на 20...30% [4].

В настоящее время проектирование фундаментов зданий и сооружений базируется на расчетах оснований по предельным состояниям. Во многих случаях при этом оказывается достаточным пользоваться методами расчетов, основанными на простейших моделях поведения грунтов под нагрузками: теории предельного равновесия - для расчетов по несущей способности и теории линейного деформирования - для расчетов по деформациям. При правильно выбранных расчетных схемах и характеристиках грунтов запроектированные на основе расчетов основания и фундаменты обеспечивают нормальную эксплуатацию зданий и сооружений. Однако в ряде случаев такой подход приводит к излишним запасам при проектировании сооружений или, в особо сложных случаях, оказывается недостаточным для проектного обоснования. Поэтому современная механика грунтов развивается в двух направлениях [5, 6, 7]:

⇒ первое - совершенствование методов расчетов, основанных на использовании простейших моделей поведения грунтов, и методов опреде-

ления характеристик этих моделей (более обоснованное назначение расчетного сопротивления и предельных нагрузок на грунты основания, более совершенные методы расчетов осадок и т. п.);

⇒ второе - разработка нелинейных моделей, более полно учитывающих поведение грунтов под нагрузками, методов определения характеристик этих моделей и численных расчетов взаимодействия сооружений и оснований.

Второе направление особенно важно при проектировании фундаментов больших размеров при значительных нагрузках от сооружения и сложных силовых воздействиях (каркасные здания повышенной этажности, силосные корпуса элеваторов, реакторные отделения АЭС, сооружения на шельфе, в сейсмически активных районах и т. п.). По мере развития прикладной математики и вычислительной техники это направление приобретает все большее практическое значение и круг инженерных задач, решаемых методами нелинейной механики грунтов, постоянно расширяется.

Так в результате выполненных аналитических и экспериментальных исследований был получен новый вид аппроксимации зависимости "напряжение - относительная деформация", которая дает погрешность между полученными данными от 1,58 до 3,23% [8]:

$$\varepsilon(\sigma) = k_1 \cdot (1 - \exp(-k_2 (\sigma - \sigma_{свр})))^{k_3} \quad (1)$$

Исследования с помощью математической модели позволили определить коэффициенты k_1 , k_2 , k_3 :

$$\varepsilon(\sigma) = 0,2564 \cdot (1 - \exp(-2,03 \cdot 10^{-7} (\sigma - \sigma_{свр})))^{4,4} \quad (2)$$

Развитие механики грунтов неразрывно связано с совершенствованием конструктивных и технологических решений в области фундаментостроения. Более полный анализ взаимодействия фундаментов и оснований позволил в последние годы разработать и внедрить в строительство новые конструкции фундаментов мелкого заложения (фундаменты с угловыми вырезами, щелевые фундаменты, фундаменты с промежуточной подготовкой, буробетонные фундаменты и т. д.); свайных фундаментов (забивные сваи различного сечения и формы по длине, буронабивные, буронагреционные сваи и т. п.); новые методы улучшения свойств грунтов основания. Поиск более совершенных решений в этих направлениях продолжается, особенно применительно к региональным грунтовым условиям. Однако важно иметь в виду, что разработка новых эффективных типов фундаментов и методов улучшения свойств грунтов основания возможна только на основе детального изучения их работы метода-

ми механики грунтов и обоснования технологий массового их возведения. Вопросы технологии и механизации работ в фундаментостроении приобретают все большее значение.

Опыт показывает, что второй характерной группой ошибок, приводящих к нарушению нормальной эксплуатации сооружения, являются ошибки, связанные с производством работ по устройству оснований, возведению фундаментов, а в ряде случаев и эксплуатацией сооружений. В проекте производства работ должны предусматриваться такие решения, которые обеспечат сохранность свойств грунтов основания в процессе строительства и осуществление конструкций фундаментов, определенные техническим проектом. Любые отступления от проектных решений при выполнении строительных работ должны тщательно анализироваться и оцениваться их возможные последствия. Не менее важным, особенно в сложных инженерно-геологических условиях, является соблюдение режима эксплуатации построенных сооружений. Особенно большое значение приобретают приведенные выше правила при строительстве новых зданий или реконструкции существующих в условиях плотной городской или промышленной застройки, а также при все расширяющемся использовании подземного пространства. Здесь уже должны разрабатываться такие решения, которые обеспечат не только нормальные условия строительства и эксплуатации новых зданий, но и полную сохранность сооружений, находящихся в сфере влияния строительства.

Имеющееся уже сейчас в арсенале строителей большое количество разнообразных конструктивных типов фундаментов, методов подготовки оснований и способов производства работ нулевого цикла, тенденция к выработке новых решений ставят на повестку дня еще одну важную проблему - разработку теории и методов оптимизации проектирования оснований и фундаментов. Должны быть выработаны такие технологические, технические и экономические критерии, которые позволят от существующего вариантного проектирования, т. е. выбора для данного сооружения в конкретных грунтовых условиях среди нескольких возможных - одного наилучшего решения фундамента, перейти к оптимальному проектированию - выбору среди всех возможных решений основания и фундаментов для данных условий строительства оптимального варианта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абраменков Э.А., Грузин В.В. Средства механизации для подготовки оснований и устройства фундаментов. Новосибирск, Изд. НГАСУ, 1999.

2. Бартоломей А.А. Механика грунтов. М. АСВ, 2003.
 3. Абраменков Д.Э., Грузин А.В., Грузин В.В., Нуждин Л.В. Технология и механизация строительства. Караганда, "Болашак-Баспа", 2002.
 4. Хархута Н.Я. Машины для уплотнения грунтов. Теория, расчёт и конструкции. 2-е изд. перераб. М. Машиностроение, 1973.
 5. Месчан С.Р. Механические свойства грунтов и лабораторные методы их определения (с учетом временных эффектов). М. Недра, 1974.
 6. Грузин А.В. "Математическое моделирование в теории грунтов" "Актуальные проблемы современности. Международный сборник научных трудов. Выпуск 2", Караганда: Издательство "Болашак", 2004.
 7. "Механика грунтов, основания и фундаменты" Под ред. С.Б. Ухова. М. "Высшая школа", 2002.
 8. Грузин А.В. "О модели динамической деформации грунтовой среды в виде упругопластического полупространства" "Актуальные проблемы современности. Международный сборник научных трудов. Выпуск 2", Караганда: Издательство "Болашак", 2004.
-

УДК 624.074.43

ДИНАМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ГИБКИХ ОБОЛОЧЕК И ПЛАСТИН

С.К. Ельмуратов

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Искелді қабықшаның динамикалық орнықтылығының теңдеуі алынды. Қаиденен-бойлық жүктеуде ЭЕМ-дегі пластиналар мен қабықтардың есептеу бағдарламасы құрастырылды. Алынған нәтижелердің нақтылығы тексерілді.

Получены уравнения динамической устойчивости гибкой оболочки. Составлена программа расчета пластин и оболочек на ЭВМ при продольно-поперечном нагружении. Проверена достоверность полученных результатов.

Worked out is the program of Calculation plates and shells by linear and transverse loading of electronic calculating machines. The reliability of the final results was checked.

Методом конечных разностей исследуется изменение прогибов и напряжений во времени при действии нормальных и касательных нагрузок в срединной поверхности оболочки.

Уравнения динамической устойчивости пологих оболочек при продольно-поперечном нагружении в безразмерных параметрах имеют вид [1]

$$\frac{1}{12(1-\mu^2)} [\nabla^4 (W - W_0)] = W_{,xx} (\Phi_{,yy} - P_x) + W_{,yy} (\Phi_{,xx} - P_y) - 2W_{,xy} (\Phi_{,xy} - P_{xy}) + K_x \lambda^2 (\Phi_{,xx} - P_x) + \frac{K_y}{\lambda^2} (\Phi_{,yy} - P_y) + q - W_{,xx} - CW_{,xx} \quad (1)$$

$$\nabla^4 \Phi = W_{0,xx} W_{0,yy} - W_{0,xx}^2 + W_{0,yy}^2 - W_{0,xy} W_{0,xy} - K_x \lambda^2 (W - W_0)_{,xx} - \frac{K_y}{\lambda^2} (W - W_0)_{,yy} \quad (2)$$

где

$$\lambda = \frac{a}{b}, K_x = \frac{b^2 \bar{K}_x}{h}, K_y = \frac{a^2 \bar{K}_y}{h}, P_x = \frac{\bar{P}_x}{E} \left(\frac{b}{h}\right)^2, P_y = \frac{\bar{P}_y}{E} \left(\frac{a}{h}\right)^2, q = \frac{\bar{q}}{E} \left(\frac{ab}{h^2}\right)^2, P_{xy} = \frac{\bar{P}_{xy}}{E} \left(\frac{ab}{h^2}\right)^2 \quad (3)$$

Граничные условия для функции прогибов задаются в виде линейных однородных зависимостей и считаются неизменными во времени. Начальные условия задачи:

$$t=0, \quad W=W_0, \quad W_t=0 \quad (4)$$

Для решения уравнений (1) и (2) применим метод конечных разностей. С этой целью построим трехмерную сеточную область с шагами Δt по времени и S .

Запишем уравнения (1) и (2) в конечных разностях [1].

$$\begin{aligned} & \frac{1}{12(1-\mu^2)} \frac{1}{S^4} \left\{ \frac{1}{\lambda^2} (W_4^{(n)} - 4W_5^{(n)} + 6W_6^{(n)} - 4W_7^{(n)} + W_{11}^{(n)}) + 2[W_8^{(n)} + \right. \\ & + W_9^{(n)} + W_{10}^{(n)} + W_{11}^{(n)} - 2(W_1^{(n)} + W_2^{(n)} + W_3^{(n)} + W_4^{(n)}) + 4W_5^{(n)}] + \lambda^2 (W_{20}^{(n)} - \\ & - 4W_1^{(n)} + 6W_2^{(n)} - 4W_3^{(n)} + W_{12}^{(n)}) \left. \right\} = \frac{1}{12(1-\mu^2)} \frac{1}{S^4} \left\{ \frac{1}{\lambda^2} (W_{00} - 4W_{01} + \right. \\ & + 6W_{02} - 4W_{03} + W_{04}) + 2[W_{05} + W_{06} + W_{07} + W_{08} - 2(W_{01} + W_{02} + W_{03} + W_{04}) + \\ & + 4W_{05}] + \lambda^2 (W_{100} - 4W_{02} + 6W_{04} - 4W_{06} + W_{012}) \left. \right\} + \left[\frac{1}{S^2} (\Phi_1^{(n)} - 2\Phi_2^{(n)} + \Phi_4^{(n)}) - \right. \\ & - P_x^{(n)} \left. \right] \left[\frac{1}{S^2} (W_1^{(n)} - 2W_2^{(n)} + W_3^{(n)}) + Kx\lambda^2 \right] + \left[\frac{1}{S^2} (\Phi_1^{(n)} - 2\Phi_2^{(n)} + \Phi_4^{(n)}) - \right. \\ & - P_y^{(n)} \left. \right] \left[\frac{1}{S^2} (W_2^{(n)} - 2W_3^{(n)} + W_4^{(n)}) + \frac{Ky}{\lambda^2} \right] - 2 \left[\frac{1}{4S^2} (\Phi_5^{(n)} - \Phi_6^{(n)} - \Phi_8^{(n)} + \Phi_7^{(n)}) - \right. \\ & - P_w^{(n)} \left. \right] + q^{(n)} - \frac{1}{\Delta t^2} (W_1^{(n-1)} - 2W_1^{(n)} + W_1^{(n+1)}) - \frac{C}{2\Delta t} (W_1^{(n-1)} - W_1^{(n+1)}) \quad , \\ & \frac{1}{S^4} \left\{ \frac{1}{\lambda^2} (\Phi_6^{(n)} - 4\Phi_7^{(n)} + 6\Phi_8^{(n)} - 4\Phi_9^{(n)} + \Phi_{13}^{(n)}) + 2[\Phi_{10}^{(n)} + \Phi_{11}^{(n)} + \Phi_{12}^{(n)} + \Phi_{13}^{(n)} - \right. \\ & - 2(\Phi_1^{(n)} + \Phi_2^{(n)} + \Phi_3^{(n)} + \Phi_4^{(n)}) + 4\Phi_5^{(n)}] + \lambda^2 (\Phi_{20}^{(n)} - 4\Phi_2^{(n)} + 6\Phi_4^{(n)} - 4\Phi_6^{(n)} + \Phi_{12}^{(n)}) \left. \right\} = \\ & = \frac{1}{S^4} \{ (W_{00} - 2W_{01} + W_{02})(W_{00} - 2W_{01} + W_{02}) - \frac{1}{16} (W_{00} - W_{01} + W_{02} - W_{03})^2 + \\ & + \frac{1}{16} (W_1^{(n)} - W_6^{(n)} + W_7^{(n)} - W_8^{(n)})^2 - (W_1^{(n)} - 2W_2^{(n)} + W_3^{(n)})(W_2^{(n)} - 2W_3^{(n)} + W_4^{(n)}) \} - \quad (6) \\ & - \frac{Kx\lambda^2}{S^2} [(W^{(n)} - W_6)_2 - 2(W^{(n)} - W_6)_1 + (W^{(n)} - W_6)_0] - \frac{Ky}{S^2\lambda^2} [(W^{(n)} - W_6)_1 - \\ & - 2(W^{(n)} - W_6)_0 + (W^{(n)} - W_6)_1] \end{aligned}$$

Введем обозначения

$$d = \frac{1}{12(1-\mu^2)}; \quad \sigma_x^{(n)} = (\Phi_2^{(n)} - 2\Phi_3^{(n)} + \Phi_4^{(n)}) - P_x^{(n)} \cdot S^2,$$

$$\sigma_y^{(n)} = (\Phi_1^{(n)} - 2\Phi_2^{(n)} + \Phi_3^{(n)}) - P_y^{(n)} \cdot S^2,$$

$$\tau_{xy}^{(n)} = (\Phi_2^{(n)} - \Phi_3^{(n)} + \Phi_4^{(n)} - \Phi_5^{(n)}) - 4P_{xy}^{(n)} S^2$$

$$\varphi_1 = \frac{6}{\lambda^2} + 8 + \lambda^2, \quad \varphi_2 = -\frac{4}{\lambda^2} - 4, \quad \varphi_3 = -4 - 4\lambda^2,$$

$$\varphi_4 = 2, \quad \varphi_5 = \frac{1}{\lambda^2}, \quad \varphi_6 = \lambda^2, \quad (7)$$

$$L_0 = \frac{d}{S^2} \left[\varphi_1 W_{01} + \varphi_2 (W_{01} + W_{02}) + \varphi_3 (W_{02} + W_{03}) + \varphi_4 (W_{03} + W_{04} + W_{05} + W_{06}) + \right. \\ \left. + \varphi_5 (W_{06} + W_{07}) + \varphi_6 (W_{07} + W_{08}) \right]$$

$$H_0 = \frac{1}{S^4} \left[(W_{01} - 2W_{02} + W_{03})(W_{03} - 2W_{04} + W_{05}) - \frac{1}{16} (W_{05} - W_{06} + W_{07} - W_{08})^2 + \right. \\ \left. + K_x \lambda^2 S^2 (W_{05} - 2W_{06} + W_{07}) + \frac{K_y S^2}{\lambda^2} (W_{07} - 2W_{08} + W_{09}) \right]$$

$$L(W_i^{(n)}) = \frac{1}{16} (W_2^{(n)} - W_1^{(n)} + W_3^{(n)} - W_4^{(n)})^2 - (W_1^{(n)} - 2W_2^{(n)} + W_3^{(n)}) \cdot \\ \cdot (W_2^{(n)} - 2W_3^{(n)} + W_4^{(n)}).$$

Умножим уравнение (5) на Δt^2

$$W_i^{(n+1)}(1 + 0.5C\Delta t) = 2W_i^{(n)} - W_i^{(n-1)}(1 - 0.5C\Delta t) + \frac{\Delta t^2}{S^2} \left\{ W_i^{(n)} \left[-d\varphi_1 - \right. \right. \\ \left. \left. - 2(\sigma_x^{(n)} + \sigma_y^{(n)}) \right] + (W_1^{(n)} + W_5^{(n)}) \cdot \left[-d\varphi_2 + \sigma_x^{(n)} \right] + (W_2^{(n)} + W_6^{(n)}) \cdot \right. \\ \left. \left[-d\varphi_3 + \sigma_y^{(n)} \right] + (W_3^{(n)} + W_7^{(n)}) \cdot \left[-d\varphi_4 - \frac{\tau_{xy}^{(n)}}{8} \right] + (W_4^{(n)} + W_8^{(n)}) \left[-d\varphi_5 + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{\tau_{xy}^{(n)}}{8} \right] - (W_9^{(n)} + W_{11}^{(n)}) \varphi_6 d - d\varphi_6 (W_{11}^{(n)} + W_{12}^{(n)}) \right\} + \frac{\Delta t^2}{S^2} \left[\sigma_x^{(n)} K_x \lambda^2 + \right. \\ \left. + \sigma_y^{(n)} \frac{K_y}{\lambda^2} \right] + \Delta t^2 (q^{(n)} + L_0) \quad (8)$$

Введем дополнительные обозначения

$$a_1 = (1 + 0.5C\Delta t), \quad a_2 = (1 - 0.5C\Delta t), \\ \Psi_1 = \left[d\varphi_1 - 2(\sigma_x^{(n)} + \sigma_y^{(n)}) \right], \quad \Psi_2 = \left[-d\varphi_2 + \sigma_x^{(n)} \right] \\ \Psi_3 = \left[-d\varphi_3 + \sigma_y^{(n)} \right], \quad \Psi_4 = \left[-d\varphi_4 - \frac{\tau_{xy}^{(n)}}{8} \right], \quad (9)$$

$$\Psi_2 = \left[-d\varphi_8 + \frac{\tau_w^{(n)}}{8} \right], \quad \Psi_3 = \left[\sigma_y^{(n)} K_x \lambda^2 + \sigma_z^{(n)} \frac{K_y}{\lambda^2} \right].$$

С учетом принятых обозначений и после некоторых преобразований окончательно получим уравнения динамической устойчивости гибких пологих оболочек в конечных разностях.

$$\begin{aligned} a_1 W_i^{(n+1)} = & 2W_i^{(n)} - a_2 W_j^{(n-1)} + \frac{\Delta t^2}{S^4} [\Psi_1 W_1^{(n)} + \Psi_2 (W_1^{(n)} + W_3^{(n)}) + \Psi_3 (W_2^{(n)} + \\ & + W_4^{(n)}) + \Psi_4 (W_5^{(n)} + W_7^{(n)}) + \Psi_5 (W_8^{(n)} + W_6^{(n)}) - d\varphi_2 (W_9^{(n)} + W_{11}^{(n)}) - \\ & - d\varphi_6 (W_{10}^{(n)} + W_{12}^{(n)})] + \Psi_6 \frac{\Delta t^2}{S^2} + \Delta t^3 (q^{(n)} + L_0). \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \Phi_i^{(n)} = & \frac{1}{\varphi_1} \{ -\varphi_2 (\Phi_1^{(n)} + \Phi_3^{(n)}) - \varphi_3 (\Phi_2^{(n)} + \Phi_4^{(n)}) - \varphi_4 (\Phi_5^{(n)} + \Phi_6^{(n)} + \Phi_7^{(n)} + \\ & + \Phi_8^{(n)}) - \varphi_5 (\Phi_9^{(n)} + \Phi_{11}^{(n)}) - \varphi_6 (\Phi_{10}^{(n)} + \Phi_{12}^{(n)}) + L(W_i^{(n)}) - S^2 [K_x \lambda^2 \\ & (W_2^{(n)} - 2W_1^{(n)} + W_3^{(n)}) + \frac{K_y}{\lambda^2} (W_1^{(n)} - 2W_1^{(n)} + W_3^{(n)}) + S^4 H_0] \} \end{aligned} \quad (11)$$

Для случая искривляющихся кромок функции напряжений на контуре могут быть определены из условия рамной аналогии [2]

$$\Phi = M \quad \Phi_{,x} = N, \quad (12)$$

где M и N – изгибающий момент и продольная сила в контурной раме. В конечных разностях эти выражения имеют вид

$$\Phi_i = M_i, \quad \Phi_{i-1} = \Phi_{i+1} + 2S_j N, \quad (13)$$

где i – текущая точка на контуре оболочки или пластины, j – индекс, указывающий направление оси, по которой берется значение шага сетки.

Начальные условия приняты в виде:

$$W = W_0 \sin \lambda x \sin \lambda y, \quad W_{,t} = 0 \quad \text{при} \quad t = 0 \quad (14)$$

Сеточная область состоит из ряда поверхностей, параллельных поверхности $t = 0$ и разделенных интервалом по времени Δt .

Для решения систем уравнений была разработана программа на ЭВМ в общем виде, автоматически формирующая уравнения для произвольной густоты сетки. Задачи решались при числе шагов сетки 6, 8, 10. Для задач статической устойчивости, уже при $S=8$ достигается удовлетворительная точность. При динамических нагрузках значения прогибов, полученные при $S=10$ отличаются от уточненных не более, чем на 1%, тогда как при $S=8$ эти значения отличаются от уточненных на 3,5%.

При исследовании динамической устойчивости предварительно определялись статические равновесные формы пластин и цилиндрических оболочек. Рассматривалось изменение прогиба в центре пластины W^* в зависимости от параметра $t^* = Pt$

P_{cr} при различной скорости нагружения $P(t)$. Для случая шарнирно опертой по контуру пластины при $P=5t$ вначале наблюдается нарастание прогибов в центре пластины вплоть до значения нагрузки $P=2,7P_{cr}$, затем прогибы в центре уменьшаются и рост прогибов смещается от центральной точки сторону контура. При числе шагов сетки $S=10$ наибольший прогиб на первом этапе наблюдается в центре пластины, т.е. на расстоянии $5S$ от кромки, а при достижении $P=3,3P_{cr}$ прогиб $W^*=0$ и наибольшее значение W наблюдается на расстоянии $(2ч3)S$ от кромки. Затем происходит перемена знака прогиба в центре пластины и изменение формы потери устойчивости. Зависимость t^*-W^* приведена на рисунке 1, кривая А.

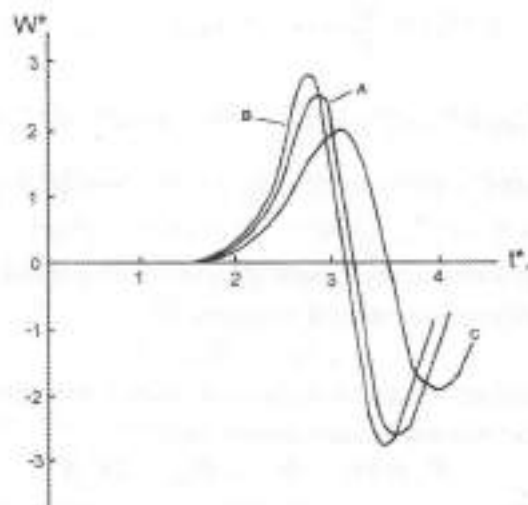


Рис. 1. Аналогичная задача решалась в работе [3] (рисунок 1, кривая В), где результаты получены методом конечных разностей при $S=8$. Полученные значения очень близки по величине и характеру деформации.

На рисунке 1 (кривая С) – приведена аналогичная зависимость для случая одноосного сжатия цилиндрической полой оболочки при $k_1=0, k_2=15$. Сжатие происходит вдоль оси OX . Из графика видно, что в этом случае прогибы растут гораздо медленнее и достигают наибольшего значения при $P=3P_{cr}$. Программа составлена на языке Turbo Pascal.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ельмуратов С.К., Ельмуратова А.Ф. Исследование динамической устойчивости гибких оболочек и пластин. В журнале "Наука и техника Казахстана", Павлодар, ПГУ 2002

2. Варвак П.М., Рябов А.Ф. Справочник по теории упругости. Будивельник, Киев, 1971г;

3. Биркган А.Ю., Вольмир А.С. Исследование динамической устойчивости пластинок с помощью электронных цифровых машин. Доклады АН СССР, 1960 Том 135, №5

УДК 535.37

АВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЯ И ПРОПУСКАНИЯ

А.Н. Ещанов, Ю.С. Сидореня, Д.М. Лозинский, В.М. Юров
*Карагандинский государственный университет
им. Е.А.Букетова*

Қатты денелердің спектрлік мінездемесін үкісәулік принцип негізінде өлшеу үшін қондырғы жасалды. Қондырғының жұмыс өрісінің схемасы жазылған.

Разработана установка для измерения спектральных характеристик твердых тел на основе двухлучевого принципа. Описаны схемы работы узлов установки.

Installation for measurement of spectral characteristics of firm bodies is developed on the basis of a two-beam principle. Circuits of work of units of installation are described.

В спектроскопии твердого тела нередко возникает задача измерения отношения двух величин. Например, спектр отраженного от объекта излучения необходимо разделить на спектр отражения некоторой эталонной поверхности. Аналогичная задача возникает и при измерении спектров поглощения. Известно большое количество различных схем деления, отличающихся точностью деления и динамическим диапазоном [1]. В случае, если источником сигналов, поступающих на делитель, является фотоэлектронный умножитель, желательно, чтобы излучение от объекта и эталонного образца регистрировал один и тот же фотоприемник, чтобы исключить погрешность, возникающую из-за разброса спектральных характеристик различных экземпляров ФЭУ. Поэтому нами был выбран двухлучевой принцип деления с временным разделением каналов [2].

На фотоэлектронный умножитель через оптический модулятор попеременно поступает излучение от исследуемого и эталонного образца. Сигнал с ФЭУ усиливается усилителем постоянного тока и поступает на схему деления.

Схема деления (рисунок 1) работает следующим образом. На вход операционного усилителя А1 попеременно поступает основной и опорный сигналы. Ког-

да 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 C1 после этого транзистор VT1 запирается потенциалом +2,5 В и начинается практически линейный заряд емкости C1 током основного источника сигнала. Благодаря наличию 100% отрицательной обратной связи напряжение на конденсаторах C1 и C2 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 C1 вновь быстро разряжается через транзистор VT1 и затем начинается заряд конденсатора C1 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 C2, микросхема А1 находится в отрицательном насыщении. Напряжение на конденсаторе C1 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

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

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

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

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.

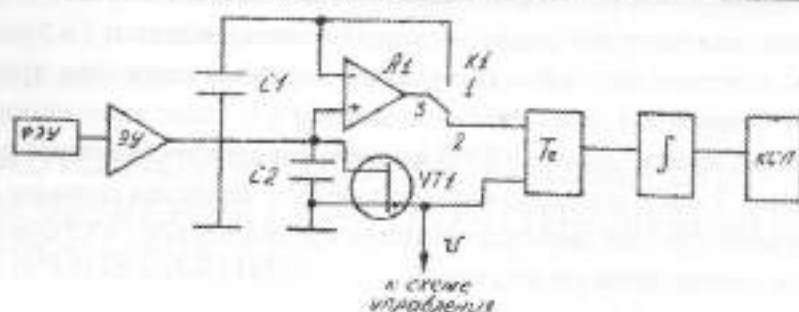


Рис. 1. Блок-схема автоматической установки измерения спектров поглощения и отражения

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов Ю.В. Регистрация оптического излучения. М.: Изд. МФТИ, 1977. С.94-114.
2. Кипенеров Л.В., Сиборин К.К., Громов Л.А. и др. Установка для измерения абсолютных значений коэффициентов зеркального и диффузного отражения //В кн.: Исследования по химии, технологии и применения радиоактивных веществ. Л.: Химия, 1980. С. 142-147.

УДК 519.87

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НЕЧЕТКИХ ПРАВИЛ ДЛЯ МОДЕЛИ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

Н.М. Зайцева

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

Д.С. Зайцев

Университет «Кайнар»

Бұл мақалада топырақтың электрлік меншікті кедергісінің айқындалмаған логика негізінде моделін құру аспектісі қарастырылған

В статье рассматриваются аспекты построения модели удельного электрического сопротивления грунта на основе нечеткой логики

Formation aspects of soil electrical resistivity regression model based upon the fuzzy logic are considered in this article.

При решении задач моделирования одномерных зависимостей на основе теории нечетких множеств, разработанной американским математиком Лотфи Заде, необходимо определить систему размытых правил [1], которая записывается следующим образом:

$$IF x \in A_i \quad THEN \quad y = \eta_i(x) \quad , i = 1, \dots, M,$$

где A_i - нечеткое подмножество для переменной x , иными словами, нечеткий интервал значений переменной x с функцией принадлежности $\mu_{A_i}(x)$, M - число правил (число интервалов); $y = \eta_i(x)$ - функция, определяющая решение модели на i -ом интервале.

Разработка системы нечетких правил включает решение следующих задач [2]

1. определение количества нечетких интервалов M ,
2. определение границ нечетких интервалов A_i ,
3. выбор вида функции принадлежности $\mu_{A_i}(x)$,
4. определение параметров функции $y = \eta_i(x)$ для каждого из нечетких интервалов.

При разработке модели удельного электрического сопротивления грунта в зависимости от влажности исследовался ряд грунтов, наиболее часто встреча-

ющихся при организации устройств заземления электроэнергетических установок. Для каждого вида грунта была построена система нечетких правил. Ниже приведены системы нечетких правил для трех видов грунта.

Песок:

1. количество нечетких интервалов $M=2$,

2. границы нечетких интервалов:

- первый интервал - $0 \leq v < 3$,

- второй интервал - $v > 11$,

- область переключения - $3 \leq v \leq 11$,

3. функции принадлежности $\mu_A(v)$:

$$\mu_1 = \begin{cases} 1, & 0 \leq v < 3 \\ \frac{11-v}{8}, & 3 \leq v \leq 11 \\ 0, & v > 11 \end{cases}$$

$$\mu_2 = \begin{cases} 0, & 0 \leq v < 3 \\ 1 - \frac{11-v}{8}, & 3 \leq v \leq 11 \\ 1, & v > 11 \end{cases}$$

4. итоговая зависимость удельного сопротивления:

$$\rho = 3992 \cdot 0,423^v \cdot \mu_1(v) + 148 \cdot 0,89^v \cdot \mu_2(v) \quad (\text{Ом м}).$$

Моделируемая зависимость изображена на рисунке 1 линией, обозначенной «модель 1».

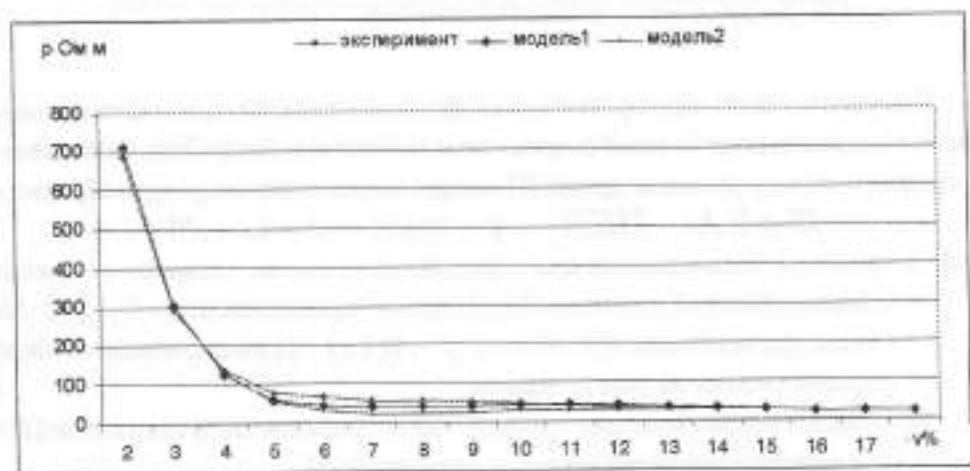


Рис. 1. Зависимости удельного сопротивления песка от влажности, полученные экспериментально и с помощью моделей.

Супесь:

1. количество нечетких интервалов $M=2$,

2. границы нечетких интервалов:

- первый интервал - $0 \leq v < 2$,

- второй интервал - $v > 6$,
- область переключения - $2 \leq v \leq 6$,
- 3. функции принадлежности $\mu_{A_i}(v)$,

$$\mu_1 = \begin{cases} 1, & 0 \leq v < 2 \\ \frac{6-v}{4}, & 2 \leq v \leq 6 \\ 0, & v > 6 \end{cases}, \quad \mu_2 = \begin{cases} 0, & 0 \leq v < 2 \\ 1 - \frac{6-v}{4}, & 2 \leq v \leq 6 \\ 1, & v > 6 \end{cases}$$

- 4. итоговая зависимость удельного сопротивления:

$$\rho = 95,6 \cdot 0,055^v \cdot \mu_1(v) + 0,32 \cdot 0,8^v \cdot \mu_2(v)$$

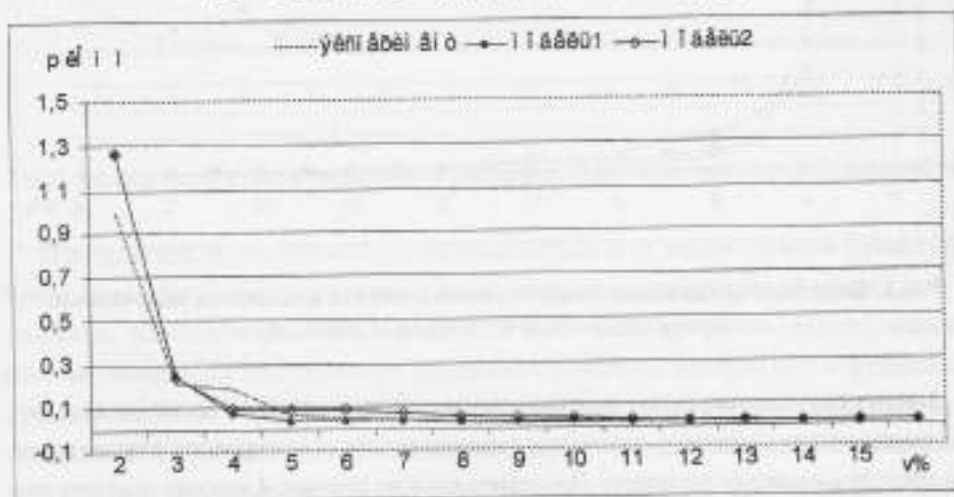


Рис.2. Зависимости удельного сопротивления сунеси от влажности, полученные экспериментально и с помощью моделей.

Глина

1. - количество нечетких интервалов $M=2$,
2. - границы нечетких интервалов:
 - первый интервал $0 \leq v < 2$,
 - первый интервал $v > 8$,
 - область переключения - $2 \leq v \leq 8$,
3. - функции принадлежности $\mu_{A_i}(v)$

$$\mu_1 = \begin{cases} 1, & 0 \leq v < 2 \\ \frac{8-v}{6}, & 2 \leq v \leq 8 \\ 0, & v > 8 \end{cases}, \quad \mu_2 = \begin{cases} 0, & 0 \leq v < 2 \\ 1 - \frac{8-v}{6}, & 2 \leq v \leq 8 \\ 1, & v > 8 \end{cases}$$

- 4. - итоговая зависимость удельного сопротивления:

$$\rho = 64,36 \cdot 0,503^{\nu} \cdot \mu_1(\nu) + 1,82 \cdot 0,873^{\nu} \cdot \mu_2(\nu) \text{ (кОм м)}$$

Полученная с помощью данной модели зависимость изображена на рисунке 3 линией, обозначенной «модель 1»

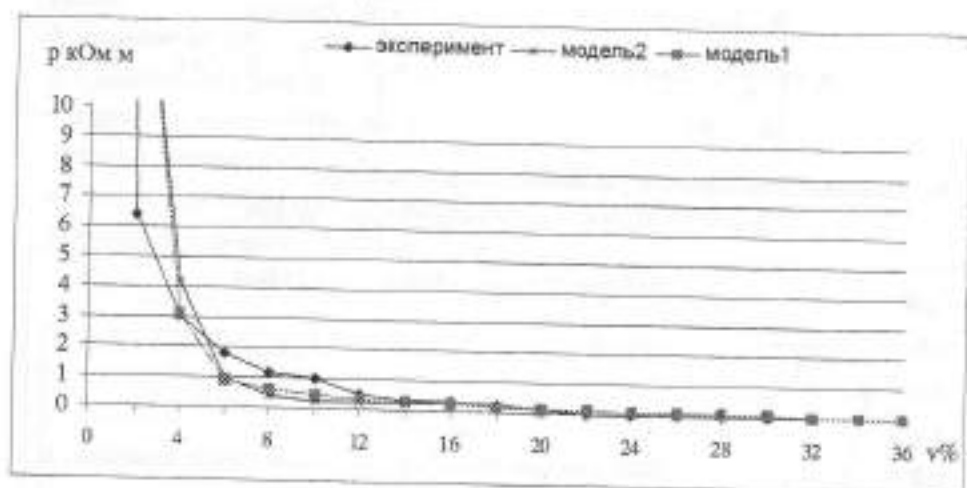


Рис.3. Зависимости удельного сопротивления глины от влажности, полученные экспериментально и с помощью моделей.

Анализ полученных путем экспериментов зависимостей, а так же зависимостей, выдаваемых моделями, позволил границы нечетких интервалов разных грунтов привести к одному значению. Действительно, на рисунке 4 хорошо заметно, что все три графика имеют на интервале от 0 до 2 один характер изменения (функция $\eta_1(\nu)$), а с 12 и далее другой (функция $\eta_2(\nu)$). При этом системы нечетких правил для всех трех видов грунта стала выглядеть следующим образом:

1. количество нечетких интервалов $M=2$,
2. границы нечетких интервалов:
 - первый интервал - $0 \leq \nu < 2$,
 - второй интервал - $\nu > 12$,
 - область переключения - $2 \leq \nu \leq 12$,
3. функции принадлежности $\mu_A(\nu)$:

$$\mu_1 = \begin{cases} 1, & 0 \leq \nu < 2 \\ \frac{12-\nu}{10}, & 2 \leq \nu \leq 12 \\ 0, & \nu > 12 \end{cases}$$

$$\mu_2 = \begin{cases} 0, & 0 \leq \nu < 2 \\ 1 - \frac{12-\nu}{10}, & 2 \leq \nu \leq 12 \\ 1, & \nu > 12 \end{cases}$$

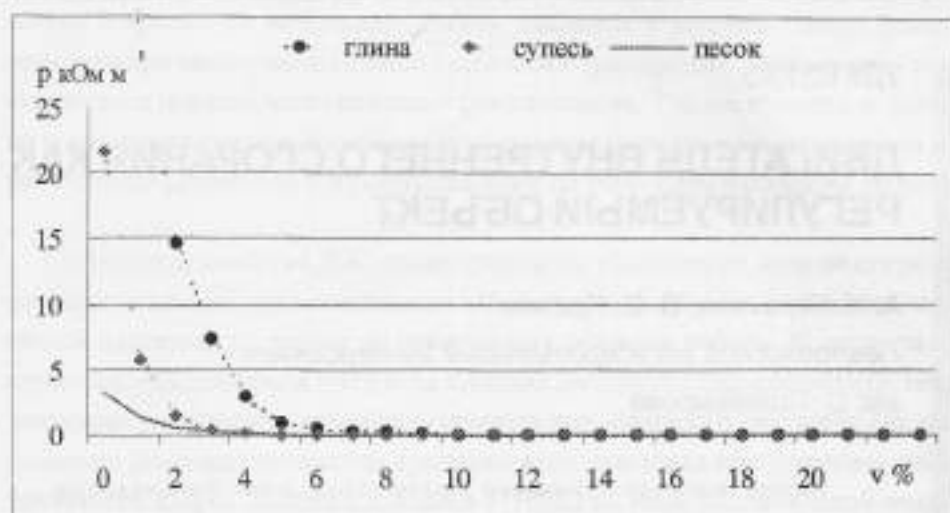


Рис.4. Экспериментальные зависимости удельного сопротивления грунтов от влажности

В результате, построив модели по единым для всех видов грунтов функциям принадлежности, были получены зависимости, представленные на рисунках 1-3 линиями, обозначенными как «модель2». Сравнение графиков моделирования (линия «модель2»), построенных по единым нечетким интервалам и функциям принадлежности, с графиками моделирования по специфическим нечетким интервалам и функциям принадлежности (линия «модель1») дает возможность упростить построение системы нечетких правил при моделировании удельного сопротивления грунта для всех водосодержащих видов грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попов А.А. Регрессионное моделирование на основе нечетких правил. // Сборник научных трудов НГТУ. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000 - №2(19)- С.49-57
2. Bezdek J.C. Pattern Recognition with Fuzy Objective Function Algorithms. - New York: Plenum Press, 1981.

УДК 621.43

ДВИГАТЕЛЬ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ КАК РЕГУЛИРУЕМЫЙ ОБЪЕКТ

А. К. Каракаев, В. В. Пронин

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

Ишпен жану қазғауыштар статикалық және динамикалық сипаттамаларын, автоматталған реттеу жүйе құрамында бөлік ретінде талдау берілген.

Дан анализ статических и динамических свойств двигателя внутреннего сгорания как регулируемого объекта, являющегося составным элементом системы автоматического регулирования.

The analysis of static and dynamic properties of the engine of internal combustion as the adjustable object being a component of system of automatic control is given.

Автоматическое регулирование тесно связано с условиями работы двигателя и с требованиями, предъявляемыми к нему в эксплуатации. Поэтому для оценки двигателя, как объекта регулирования, необходимо знать возможные режимы его работы, а также характеристики как самих двигателей, так и возможных потребителей вырабатываемой ими энергии.

Каждый режим работы двигателя характеризуется совокупностью многих параметров, отражающих те или иные его свойства. К числу таких параметров можно отнести: h - положение рейки топливного насоса (органа управления); ϕ -положение рычага управления регулятором; N_e - эффективную мощность; M_k - крутящий момент; M_c - момент сопротивления потребителя; ω_c - угловую скорость коленчатого вала; g_e - эффективный удельный расход топлива; b - коэффициент избытка воздуха; η_e - эффективный КПД и др.

Статические свойства двигателей внутреннего сгорания. При изучении свойств двигателя внутреннего сгорания (ДВС) как регулируемого объекта существенное значение имеет знание его статических свойств, которые проявляются при установившихся режимах работы, когда числовые значения всех пара-

метров сохраняются во времени. Работа двигателя в установившемся режиме возможна при выполнении условий статического равновесия, в связи с чем, установившиеся режимы часто называют равновесными. Так постоянство во времени n при равновесном режиме возможно при выполнении условия равенства выработанного двигателем и израсходованного потребителем количества энергии

$$M - M_c = 0 \quad (1)$$

Статические свойства ДВС иллюстрируются различными видами статических характеристик, представляющих собой зависимости значений одних параметров двигателя от других на равновесных режимах работы. К числу таких характеристик двигателя относится внешняя скоростная характеристика, показывающая зависимость крутящего момента или мощности двигателя (на равновесных режимах) от частоты вращения вала двигателя при установке рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД) на упор максимальной подачи топлива, т. е. при максимальном выдвигении рейки ТНВД при $i_p = const$.

Характеристика строится по формуле

$$M = M_{max} - c(n - n_{min})^2, \quad (2)$$

где M_{max} – максимальный крутящий момент, НЧм,

$c = (M_{max} - M_n) / (n_n - n_{min})^2$ – коэффициент пропорциональности,

M_n – номинальный крутящий момент, НЧм,

n – частота вращения двигателя мин⁻¹;

n_{min} – частота вращения коленчатого вала при M_{max} , мин⁻¹;

n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹;

Характеристика потребителя определяется по формуле

$$M_c = b n^2, \quad (3)$$

где $b = M_n / n_n^2$ – коэффициент пропорциональности.

По результатам расчёта строятся характеристика двигателя $M = f(n)$ и характеристика потребителя $M_c = f(n)$ с интервалом Δn (например $\Delta n = 100 \text{ мин}^{-1}$), от n_{min} до $(n_n + \Delta n)$, мин⁻¹.

Нарушение установившегося режима работы двигателя вызывает отклонение частоты вращения вала в ту или иную сторону. При снижении нагрузки на двигатель частота вращения вала увеличивается и оказывается больше частоты вращения вала при равновесном режиме (n_0). Работа двигателя в этот момент зависит от взаимного протекания характеристик двигателя и потребителя. Действительно, при частоте вращения $n_0' > n_0$ (рис. 1,а) момент сопротивления M_c'' становится больше крутящего момента двигателя M'' , вследствие чего частота вращения вала уменьшается и равновесный режим восстанавливается. При $n_0' < n_0$ наоборот $M' > M_c'$, поэтому n увеличивается, и режим также возвращается к исходному режиму.

Способность двигателя восстанавливать равновесный режим без воздействия на орган управления называется самовыравниванием. В этом случае считают, что двигатель обладает положительным самовыравниванием или имеет устойчивые равновесные режимы работы.

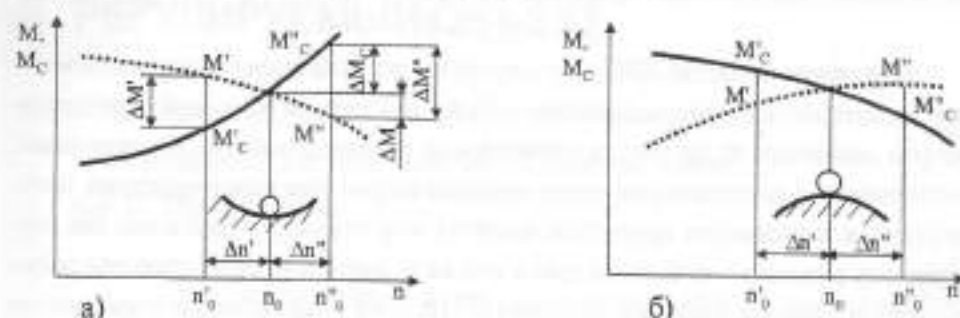


Рис. 1. Условия устойчивости режима работы двигателя:
а - устойчивый режим; б - неустойчивый режим.

Устойчивость равновесного режима работы двигателя определяется дисбалансом ΔM крутящего момента двигателя и момента потребителя при данном отклонении Δn частоты вращения и оценивается отношением

$$F_d = \Delta M'' / \Delta n'' \quad (4)$$

называемым фактором устойчивости. Здесь $\Delta M'' = M_c'' - M''$.

Фактор устойчивости двигателя на номинальном режиме

$$F_{dн} = \frac{30}{\pi} \left(\frac{2M_n}{n_n} + 2 \frac{M_{max} - M_n}{n_n - n_{min}} \right) \quad (5)$$

Фактор устойчивости двигателя определяется:

- аналитическим методом

$$F_d^{анал} = \frac{30}{\pi} \left(2M_n \frac{n}{n_n^2} + 2(M_{max} - M_n) \frac{n - n_{min}}{(n_n - n_{min})^2} \right); \quad (6)$$

- графическим методом

$$F_d^{граф} = \frac{30}{\pi} \left(\frac{\Delta M_c}{\Delta n} - \frac{\Delta M}{\Delta n} \right) = \frac{30}{\pi} \cdot \frac{(\Delta M_c - \Delta M)}{\Delta n}. \quad (7)$$

Ошибка нахождения фактора устойчивости графическим методом

$$\nu = \frac{F_d^{граф} - F_d^{анал}}{F_d^{анал}} \cdot 100\%. \quad (8)$$

Если $F_s > 0$, то двигатель работает устойчиво, т.е. способен восстанавливать нарушенный установившийся режим, при $F_s < 0$ – двигатель работает неустойчиво

Динамические свойства двигателя внутреннего сгорания. Наблюдения за эксплуатацией ДВС показывают, что значительную часть их рабочего времени занимают такие режимы работы, которые являются следствием смены нагрузки со стороны потребителя энергии (или других внешних условий) или воздействия на двигатель обслуживающего персонала. При таких режимах постоянство во времени значений тех или иных параметров (M ; ω ; P ; T ; g ; b ; z ; z_p) нарушается и все они (или некоторые из них) меняют свои значения с течением времени.

Изменение во времени одного, нескольких или всех параметров, характеризующих работу двигателя, является признаком появления в процессе эксплуатации так называемых неустановившихся режимов работы двигателя.

С понятием неустановившегося режима работы двигателя связано определение переходного процесса двигателя. Переходный процесс по своему смыслу всегда является переходом работы двигателя от одного (начального) установившегося режима к другому (конечному) установившемуся режиму, который в свою очередь, часто является вновь заданным.

Следовательно, переходный процесс характеризует динамические свойства двигателя или системы автоматического регулирования. В таком случае каждая динамическая характеристика представляет собой последовательную во времени совокупность, неустановившихся режимов работы двигателя.

Переходный процесс можно получить двумя путями: экспериментальным и расчетным. Существенным недостатком экспериментального исследования динамических свойств двигателя является высокая стоимость эксперимента и затрат большого количества времени; причем влияния многих параметров на динамические свойства двигателя экспериментальным путем выявить не удастся, так как изменение этого параметра конструктивным путем вызывает существенные трудности. В связи с чем возрастает роль расчетно-теоретических исследований.

Время двигателя на номинальном режиме определяется по формуле

$$T_{0и} = \frac{J \omega_n}{\theta_{\text{мб}} h_p} \quad (9)$$

где J – приведенный момент двигателя и потребителя, кгЧм²;

$\omega_n = \pi n / 30$ – номинальная угловая скорость коленчатого вала, рад/с;

h_p – ход рейки топливного насоса в пределах регуляторной характеристики, мм;

$\theta_{\text{мб}} = M_s / h_p$ – параметр эффективности воздействия органа управления на двигатель для номинального режима (характеризует влияние на крутящий мо-

мент двигателя перемещения органа управления), НЧМ/мм.

Коэффициент самовыравнивания на номинальном режиме

$$k_{\text{он}} = \frac{F_{\text{он}} \cdot \omega_n}{\theta_{\text{нн}} \cdot h_p} \quad (10)$$

Переходный процесс двигателя при отключенном регуляторе и постоянной настройке потребителя ($a_0 = 0$, $N = \text{const}$), а также при ступенчатом перемещении органа управления с учетом нулевых начальных условий (при $t = 0$; $j(0) = 0$) имеет следующий вид:

$$\phi(t) = \frac{\kappa}{k_{\text{о}}} \left(1 - e^{-\frac{-k_{\text{о}} \cdot t}{T_{\text{о}}}} \right) \quad (11)$$

где $\kappa = \Delta\omega/\omega_0$ – безразмерное изменение регулируемого параметра ($\Delta\omega$ – отклонение угловой скорости вала двигателя от ее значения на заданном равновесном режиме определяемом угловой скоростью ω_0).

По этому выражению строится переходный процесс $j = f(t)$ для номинального режима при $T_{\text{о}} = T_{\text{он}}$ и $k_{\text{о}} = k_{\text{он}}$ и др. значениях $T_{\text{о}}$ и $k_{\text{о}}$ и при изменении t от 0 до ∞ (например, 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 с и $t = \infty$). При этом величина возмущения $\kappa = \text{const}$ (обычно принимается $\kappa = 0,1 \dots 0,2$).

Для оценки качества переходного процесса, т.е. качества динамических свойств двигателя, введен ряд показателей характеризующих параметры переходного процесса.

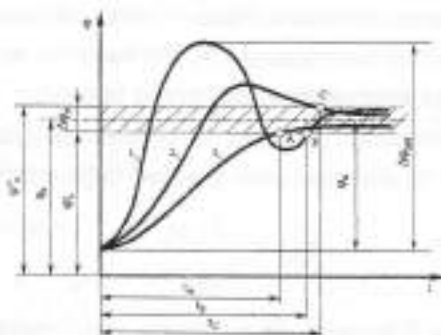


Рис. 2. Параметры переходного процесса:

- 1- колебательный переходный процесс;
- 2- апериодический немонотонный (с перерегулированием) переходный процесс;
- 3- апериодический монотонный переходный процесс.

ДВС является машиной циклического действия, поэтому многие его параметры, и в частности угловая скорость ω коленчатого вала на равновесном режиме, не сохраняются строго постоянными, а колеблются около некоторого среднего значения в некотором диапазоне $\Delta\omega = \omega'' - \omega'$ (рис.2). Для оценки этих колебаний введен специальный параметр - степень неустойчивости.

Одним из наиболее важных показателей динамических свойств двигателя является время переходного процесса. В качестве времени принимается интервал от момента появления возмущения (например, сброс или наброс нагрузки) до момента, когда кривая переходного процесса пересекает зону неустойчивости $\Delta\omega$ и в дальнейшем не выходит за её пределы.

Важным показателем качества переходного процесса является заброс параметра $\Delta\omega_{\text{зб}}$. Под забросом обычно понимают разность мгновенного наибольшего параметра в переходном процессе от его значения на предыдущем установившемся режиме ω_s , т. е. алгебраическую сумму статического отклонения $\Delta\omega_s$, определяемого статическими характеристиками, и динамического отклонения $\Delta\omega_{\text{дин}} - \Delta\omega_s$, определяемого динамическими свойствами двигателя и потребителя в совокупности.

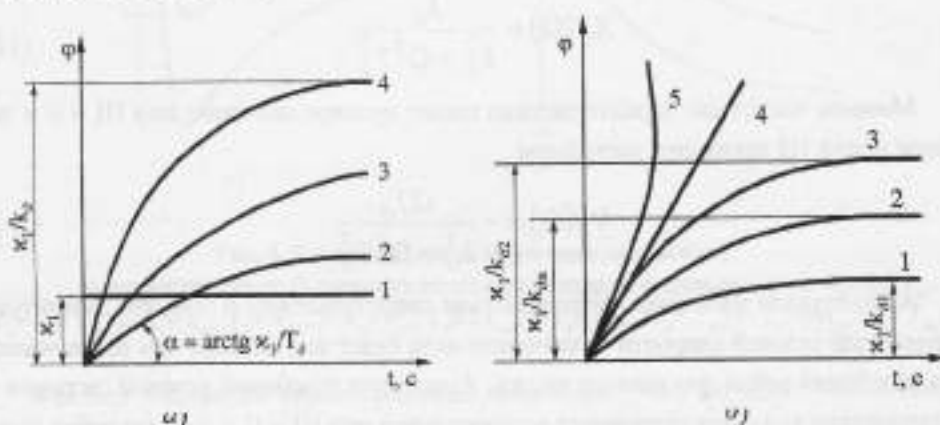


Рис. 3. Переходные процессы двигателя внутреннего сгорания $\omega = f(t)$:

а - влияние инерционности двигателя (T_d): 1 - $\omega_1 = const$; 2 - при $T_{d1} > T_{d0}$; 3 - при $T_{d1} = T_{d0}$; 4 - при $T_{d1} < T_{d0}$; б - влияние коэффициента самовыравнивания (k_s): 1 - при $k_{s1} > k_{s0}$; 2 - при $k_{s1} = k_{s0}$; 3 - при $k_{s1} < k_{s0}$; 4 - при $k_{s1} = 0$; 5 - при $k_{s1} < 0$.

Построив переходные процессы и проанализировав влияние на протекание их инерционности двигателя T_d (времени двигателя) (рис. 3, а) и коэффициента самовыравнивания k_s (рис. 3, б) можно сделать вывод, что чем выше инерционность двигателя, тем медленнее изменяется его угловая скорость ω при заданном возмущении (ступенчатом перемещении ω_1) рейки топливного насоса и

чем больше положительное значение коэффициента самовыравнивания, тем меньше (при заданном τ_1) новое равновесное значение исследуемой координаты y отличается от её значения на равновесном режиме до возмущения. Переходный процесс протекает так, что при $t = +0$ $y = 0$, а при $t > +\tau_1$ $y > \tau_1/k_\delta$.

При положительном значении k_δ переходный процесс двигателя без регулятора является сходящимся. Однако время переходного процесса может быть настолько большим, что равновесный режим не будет восстанавливаться между двумя последовательными возмущениями. В этом случае даже при $k_\delta > 0$ установка автоматического регулятора обязательна.

Частотные характеристики позволяют выяснить характер реакции системы регулирования двигателя на то или иное внешнее управляемое или управляющее воздействие (рис. 4).

Вещественная частотная характеристика при $\Omega = 0$ (Ω – частота возмущающих воздействий) будет иметь значение $1/k_\delta$ и следовательно определяет изменение выходной координаты двигателя в результате переходного процесса после ступенчатого единичного возмущения

$$X_\delta(\Omega) = \frac{k_\delta}{k_\delta^2 + \Omega^2 T_\delta^2} \quad (12)$$

Мнимая частотная характеристика имеет нулевое значение при $\Omega = 0$ и по мере роста Ω проходит экстремум

$$Y_\delta(\Omega) = -\frac{\Omega T_\delta}{k_\delta^2 + \Omega^2 T_\delta^2} \quad (13)$$

Амплитудная частотная характеристика свидетельствует о том, что амплитуда колебаний угловой скорости коленчатого вала будет тем меньше чем выше частота колебаний рейки топливного насоса. Амплитуда колебаний угловой скорости в статических условиях становится максимальной при $\Omega = 0$, т. е. когда рейка при $t = +0$ передвинута скачком в новое положение и остаётся неподвижной

$$A_\delta(\Omega) = \frac{1}{\sqrt{k_\delta^2 + \Omega^2 T_\delta^2}} \quad (14)$$

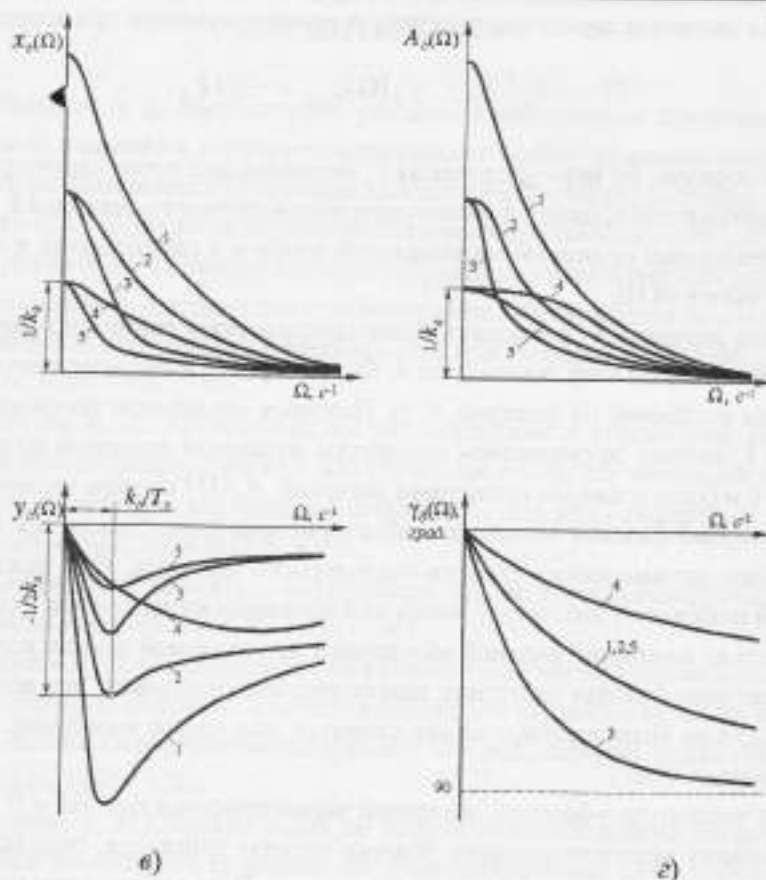


Рис. 4. Частотные характеристики двигателя:
 а- вещественные; б- амплитудные; в- минимые; г- фазовые (при $1 - k_s = 0,5 k_{in}$, $T_s = 0,5 T_{in}$; 2- $k_s = k_{in}$, $T_s = T_{in}$; 3- $k_s = k_{in}$, $T_s = 2T_{in}$; 4- $k_s = 2k_{in}$, $T_s = T_{in}$; 5- $k_s = 2k_{in}$, $T_s = T_{in}$).

Фазовая частотная характеристика показывает, что по мере увеличения частоты возмущающего воздействия колебания угловой скорости вала двигателя всё больше и больше отстают по фазе от колебаний рейки топливного насоса и при $t \rightarrow +\infty$ приближается к $-p / 2(90^\circ)$

$$\gamma_d(\Omega) = -\arctg \frac{\Omega T_d}{k_d} \quad (15)$$

Вещественная частотная характеристика (рис. 4, а) при $\Omega = 0$ имеет вид $X_d(0) = 1/k_d$

По мере увеличения числового значения и времени двигателя T_d уменьшение $X_d(\Omega)$ при увеличении Ω происходит более интенсивно, а увеличение числового значения $k_d > 0$ приводит к снижению начальной ординаты (при $\Omega = 0$).

Минимая частотная характеристика (рис. 4, в) имеет минимум при координатах

$$\Omega = +k_{\partial}/T_{\partial}; \quad y_{\partial}(\Omega)_{\min} = -1/2k_{\partial}$$

Таким образом, по мере увеличения T_{∂} минимальная точка характеристики приближается к оси ординат, а увеличение положительного значения k_{∂} приводит к уменьшению ординаты минимальной точки и к смещению её в сторону больших значений Ω .

Большие значения T_{∂} приводят к более интенсивному снижению амплитуды колебаний выходной координаты (рис. 4, б) с одновременным увеличением отставания этих колебаний по фазе (рис. 4, з). Наоборот, увеличение положительного значения k_{∂} связано со снижением амплитуды колебаний выходной координаты при $\Omega = 0$ и более плавным снижением значений $A_{\partial}(\Omega)$ по мере увеличения Ω .

Амплитудно-фазовая частотная характеристика (рис. 5) является важным показателем динамических свойств исследуемого элемента. Она каждой своей точкой показывает амплитуду колебаний выходной координаты и сдвиг фазы относительно колебаний входной координаты при заданной частоте колебаний.

Амплитудно-фазовая частотная характеристика охватывает все возможные гармонические возмущения, так как строится для частот колебаний входной координаты от 0 до ∞ .

Точка амплитудно-фазовой частотной характеристики при $\Omega = 0$ соответствует новому установившемуся режиму работы двигателя, определяемому новым положением φ_0 рейки топливного насоса. Этот режим наступает после завершения переходного процесса при $t \rightarrow +\infty$.

Характеристика строится на комплексной плоскости в координатах $i y_{\partial}(\Omega)$ и $x_{\partial}(\Omega)$ по следующей формуле

$$Y_{\partial}(i\Omega) = \frac{1}{k_{\partial} + i\Omega T_{\partial}} = X_{\partial}(\Omega) + iY_{\partial}(\Omega) = A_{\partial}(\Omega) \cdot e^{i\gamma_{\partial}(\Omega)} \quad (16)$$

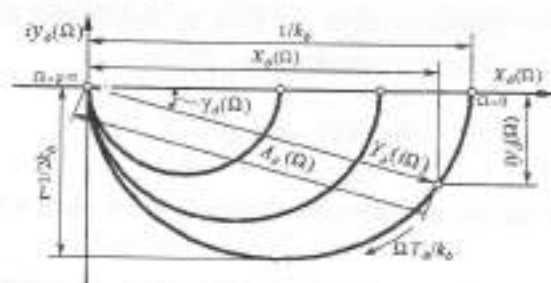


Рис. 5. Амплитудно-фазовая частотная характеристика.

Расчет и построение частотных характеристик двигателя производится при изменении Ω от 0 до ∞ (например, $\Omega = 0; 1; 2; 3; 4; 5; 10; 20; 30; 50 \text{ с}^{-1}$ и $\Omega = \infty$) при $T_{\partial} = T_{\partial 0}$ и $k_{\partial} = k_{\partial 0}$ и др. значениях T_{∂} и k_{∂} .

ЛИТЕРАТУРА

1. Каракаев А. К. Методические указания к выполнению контрольных работ (домашних заданий) и учебно-исследовательских работ по дисциплине «Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания» по специальности 15.01 «Двигатели внутреннего сгорания» – Павлодар: ПИИ, 1992. – 33 с.
 2. Крутов В. И. Автоматическое регулирование управление двигателями внутреннего сгорания: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». - 5-е изд., перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1989. - 416 с., ил.
 3. Крутов В. И. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». - 5-е изд., перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1979. - 615 с., ил.
 4. Крутов В. И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект. - М., Машиностроение, 1978. - 472 с., ил.
 5. Крутов В. И. Сборник задач по автоматическому регулированию двигателей внутреннего сгорания: Учебное пособие для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». - 2-е изд., перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1990. - 320 с.
 6. Крутов В. И. Сборник задач по теории автоматического регулирования двигателей внутреннего сгорания. - М., Машиностроение, 1972. - 209 с.
 7. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». С. И. Ефимов, Н. А. Ивашенко, В. И. Ивин и др. Под общ. ред. А. С. Орлина, М. Г. Крутлова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М., Машиностроение, 1985. - 456 с.
 8. Ивашенко Н. Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. М., Машиностроение, 1973. - 606 с.
 9. Гузенко А. И. Основы теории автоматического регулирования. - М., Высшая школа, 1967. - 408 с.
-

УДК 624.131.439.5:539.376

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВЯЗКО - ПЛАСТИЧЕСКОГО ТЕЧЕНИЯ ТРАНСТРОПНЫХ ПОЛУСКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ ПРИ СДВИГЕ КРУЧЕНИЕМ

В.А. Козионов

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова

Табиғи жағдайдағы трансверсал-изотроптық жартылай жартасты топырақты ірі масштабты монолиттік жылыжымалығын сынақ ретінде зерттеу әдістері қарастырылады. Сыналған топырақтың белгіленген ағымы.

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований ползучести на сдвиг кручением крупномасштабных монолитов трансверсально-изотропного полускального грунта в условиях их естественного состояния. Приводится методика и результаты определения параметров установившейся ползучести испытанных грунтов.

The article dwells on the results of experimental research of creep influencing the torsion shear of large monoliths of transversal-isotropic semirock soil under the conditions of their natural state. The author gives the technology and the results of the identification of parameters of constant creep of damaged soils.

При оценке строительных свойств скальных грунтов, как оснований или среды различных инженерных сооружений выделяют полускальные грунты, обладающие рядом отличительных свойств: пониженная прочность на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии (менее 5 МПа); значительная неоднородность, трещиноватость и анизотропия; явно выраженная способность к проявлению реологических процессов.

Современные методы расчетов по предельным состояниям позволяют произвести анализ взаимодействия сооружения и основания вплоть до полного исчерпания несущей способности грунта. Поэтому для надежного обоснования реологических расчетов сооружений взаимодействующих с полускальными

грунтами, наряду с характеристиками длительной прочности и затухающей ползучести, необходимо иметь данные о параметрах установившегося течения с постоянной скоростью.

Сложность, а в ряде случаев практическая невозможность подготовки для испытаний представительных образцов из полускальных грунтов, вызывает необходимость разработки и использования специальных методов исследований в условиях, близких к их естественному состоянию. Наиболее распространенные в практике стандартные штамповые испытания по определению параметров ползучести грунтов в условиях сложного напряженного состояния требуют при обработке результатов весьма далеких экстраполяций, что снижает их достоверность. В связи с этим, нами использовался метод кольцевого нагружения (МКН), обладающий рядом преимуществ по сравнению со стандартными испытаниями [1].

Сущность метода заключается в приложении к поверхности грунтового основания через кольцевой щиток (штамп) вертикальной и горизонтальной (крутящего момента) нагрузок. Определение характеристик грунтов производится на основе соответствующих экспериментально - теоретических предпосылок и получаемых опытных данных.

Принципиальная схема к определению характеристик ползучести транс-версально-изотропных грунтов МКН приведена на рисунке 1.

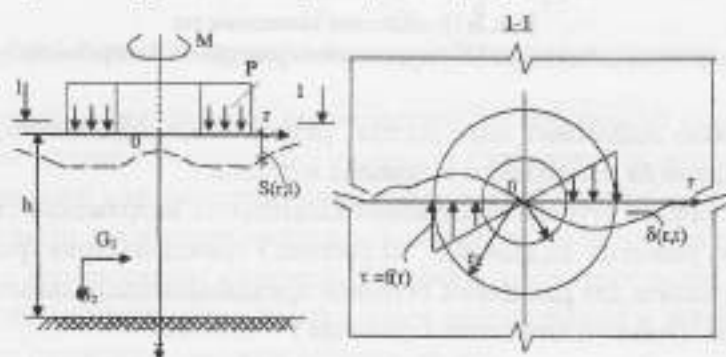


Рис. 1. Принципиальная схема испытания МКН

Опытные исследования [2] проводились на крупномасштабных монолитах аргиллита естественного состояния с размером стороны до 0,5 м. Размер кольцевой нагрузки составлял: В ходе опытов осуществлялось измерение вертикальных и горизонтальных перемещений поверхности основания, как на участке приложения нагрузки, так и за ее пределами. Проведено три испытания аргиллита. Продолжительность отдельных опытов составляла более 8 месяцев. Такие испытания широко используются в практике подземного строительства для оценки свойств массива грунтов [3].

Сущность предлагаемой на основе МКН методики оценки параметров установившейся ползучести состоит в следующем.

1 По результатам ступенчатого приложения крутящего момента, при заданном значении P , устанавливается экспериментальная зависимость угловых перемещений целика (штампа) - и окружающей его поверхности основания от касательных напряжений по его подошве вплоть до разрушения грунта путем сдвига. Характерные огибающие зависимости приведены на рисунке 2.

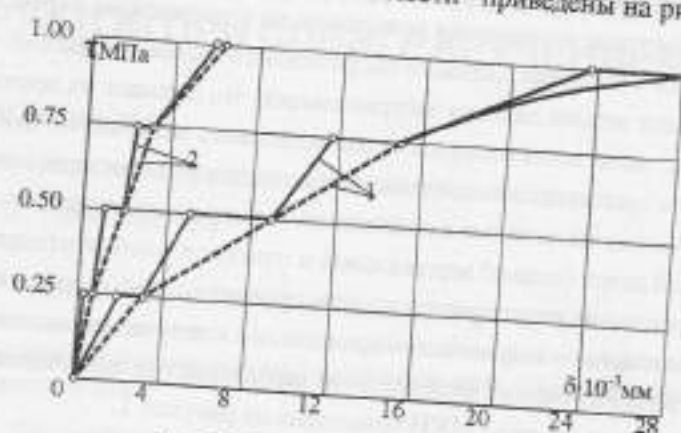


Рис. 2. Огибающие зависимости:
1 - перемещения штампа; 2 - перемещения реперов на поверхности грунта

Их анализ показывает, что с ростом разрыв между перемещениями штампа и реперами на поверхности основания возрастает.

2 Для каждой ступени приложения касательных напряжений строится зависимость развития во времени. На рисунке 3 приведена серия кривых ползучести аргиллита для различных ступеней приложения касательных напряжений при величине уплотняющего давления $P = 3.5$ МПа.

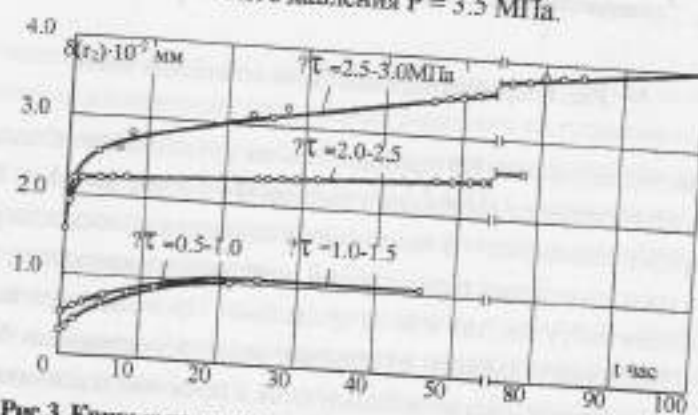


Рис. 3. Кривые ползучести аргиллита при сдвиге кручением

Из рисунка 3 следует, что с увеличением τ скорость развития деформаций грунта во времени возрастает, достигая сначала некоторого постоянного значения, а затем, принимает прогрессирующий характер. Далее производится построение кривых ползучести в полулогарифмической системе координат и определяется величина τ , при которой начинают развиваться незатухающие деформации сдвига. Для этой величины τ зависимость δ становится выпуклой по отношению к оси (рисунок 4).

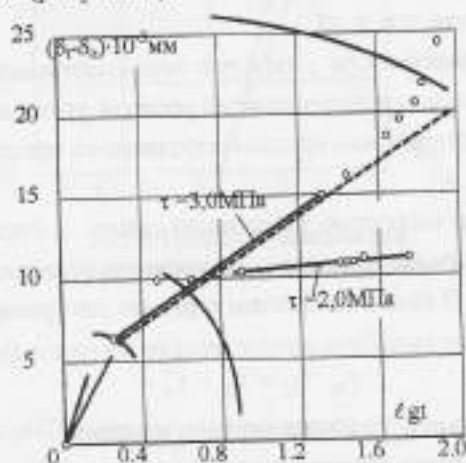


Рис. 4. Кривые ползучести в полулогарифмических координатах

3 Принимается, что развитие вязко-пластических деформаций сдвига, соответствующих стадии установившейся ползучести с постоянной скоростью, происходит в локальной зоне, непосредственно примыкающей к основанию кольцевого щелка (штампа), где значение касательных напряжений является наибольшим.

4 Путем использования алгоритма [3] производится перестройка опытных кривых в зависимости между касательными напряжениями и деформациями сдвига для различных моментов времени, то есть.

Для построения данной зависимости используется решение [4]. На основе кусочно-линейной аппроксимации первоначально определяется переменный во времени модуль сдвига

$$G_2(t) = 2\tau_2 \tau \omega_{\text{ср}} \sqrt{g} / \delta(t), \quad (1)$$

где τ_2 - среднее касательное напряжение по подошве штампа;
 τ - среднее горизонтальное перемещение поверхности под штампом;
 g - параметр анизотропии;
 $\omega_{\text{ср}}$ - безразмерный параметр, определяемый на основе решения [4].

Далее, по величине $G_2(t)$ устанавливается текущее значение угловой деформации, используя зависимость [5]

$$\gamma_{\text{де}}(t) = \tau / G_2(t) \quad (2)$$

Основная сложность определения по формуле (1) и по формуле (2) заключается в неопределенности параметра анизотропии g в стадии устано-вившегося течения. Поэтому при обработке результатов испытаний рассматривались два варианта:

- а) - транслопная среда с показателем g , соответствующему допредельно-му состоянию, т.е.
- б) - изотропная среда, т.е. $g = 1$.

При построении зависимости, наряду с перемещениями штампа, производится анализ горизонтальных перемещений реперов, установленных на поверхности основания. По полученным кривым определяется предел длительной прочности грунта на сдвиг.

5 Зависимость между скоростью деформации сдвига в стадии установившейся ползучести и касательным напряжением описывается уравнениями теории вязко-пластического течения. В наиболее простом варианте это уравнение имеет вид:

$$\dot{\gamma}_{\text{де}} \cdot \eta_2 = \tau_{\text{де}} - \tau_{\text{де}}^* \quad (3)$$

где $\tau_{\text{де}}$ - предел длительной прочности грунта на сдвиг;
 η_2 - коэффициент вязкости грунта при сдвиге.

В общем случае, коэффициент вязкости грунта может зависеть также от нормального давления, величины деформации сдвига и ее скорости.

6 Построением опытных кривых ползучести по ступеням при значениях в координатах определяется коэффициент вязкости грунта. В зависимости от характера получаемых экспериментальных данных можно использовать и более сложные уравнения.

Особенность анализа состоит в том, что деформации ползучести при включают в себя еще и стадию деформирования с уменьшающейся скоростью. Учитывая характер создаваемого при испытаниях напряженного состояния возможны взаимные наложения указанных стадий ползучести. Поэтому, при обработке опытных кривых ползучести следует выбирать достаточно отдаленные моменты времени, где. Рекомендуется также тщательно анализировать вертикальные перемещения штампа в процессе сдвига и их развитие во времени.

Для апробации изложенной выше методики произведена обработка выполненных нами испытаний МКН аргиллита. Опыт на сдвиг проводился при $P = 3.5$ МПа. Предел длительной прочности грунта на сдвиг составил $\tau_{\text{де}} = 2.1$ МПа.

Графики зависимости приведены на рисунке 5.

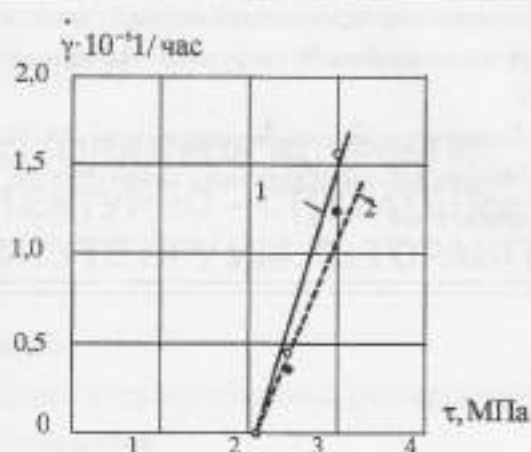


Рис.5. Графики зависимости:
1 - трансстропная среда; 2 - изотропная среда

Величины коэффициентов вязкости, определенных по программе на ПЭВМ [6], составили:

- $= 0.60 \cdot 10^6$ часоМПа - трансстропная среда;
- $= 0.90 \cdot 10^6$ часоМПа - изотропная среда.

Из полученных данных, с учетом принятых выше допущений, следует, что анизотропия деформируемости массива оказывает существенное влияние на величину коэффициента вязкости грунтов. С физической точки зрения более обоснованным, по-видимому, является значение для параметра g , находящегося в интервале, ближе к допредельному состоянию, т.к. основное нарушение структуры грунта происходит в стадии его прогрессирующего разрушения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кубешкий В.Л., Семенов В.В., Королев М.В. Определение характеристик деформируемости трансверсально-изотропных трещиноватых пород по результатам штамповых испытаний // Приложение численных методов к задачам геомеханики. - М.: МИСИ, 1986. С. 22-38.

2 Kubetsky VL., Kozionov VA. Investigating rheological properties of fissured semirocks - Proceedings of the international symposium weak rock - Tokyo: 1981, p. 111 - 118.

3. Рекомендации по определению характеристик реологических свойств скальных и полускальных грунтов методом кольцевого нагружения. - Л.: ВНИИГ им. Б.Е. Веденесва, 1990. - 112 с.

4. Козионов В.А. Определение перемещений верхней границы анизотропного основания при его кручении кольцевой нагрузкой// Наука и техника Казахстана. 2003. N2. С. 65-73.
 5. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. - М.: Наука, 1977. - 416 с.
 6. Козионов В.А. Методы лабораторных испытаний грунтов. Павлодар: НИЦ ПГУ им. С. Торайгырова, 2004. - 97 с.
-
-

УДК 378.22 (574)

ПОДГОТОВКА МАГИСТРОВ В АРХИТЕКТУРНО – СТРОИТЕЛЬНОМ ИНСТИТУТЕ ПГУ ИМ. С. ТОРАЙГЫРОВА

М.К. Кудерин*Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова*

Мақалада техника және технология саласының бакалаврлары бағдарламасы аясында магистрларды даярлаудың шығыс деңгейінің талаптары келтірілген.

В статье приводятся требования к исходному уровню подготовки магистров в рамках программы бакалавров техники и технологии.

The requirements of initial level of magisters' training within the framework of techniqne and technology bachelors' programme are given in this article.

ПГУ им. С. Торайгырова самый крупный региональный университет, имеющий в своем составе Архитектурно – строительный институт, который проводит обучение студентов, в основном по направлению: строительство и архитектура и, одним из первых реализует по полной схеме многоуровневую профессиональную образовательную систему. Её основные принципы: концептуальный подход, полнота и преемственность уровней, ведущая роль выпускающих кафедр, поддерживающих обеспечение функционирования системы.

Концепция предусматривает подготовку специалистов высоких квалификации, характерных для технического института: конструктор-технолог, научный работник, вузовский педагог.

Подготовка магистров техники и технологии по техническим направлениям рассматривается как составная часть системы, ориентированная на критерии Ассоциации технических университетов СНГ и Ассоциации строительных вузов (АСВ), сотрудничающих с Ассоциацией Европейских строительных факультетов (АЕСИФ).

В Архитектурно-строительном институте реализуется 4 магистерских программ

- 6N0729 Строительство.
- 6N0731 Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды.

- 6N0730 Производство строительных материалов, изделий и конструкций.
- 6N0727 Технология продовольственных продуктов

В магистратуру поступают наиболее подготовленные студенты согласно личному заявлению, проявившие склонность к профессиональной творческой деятельности, имеющие высокий рейтинговый показатель успеваемости за весь предшествующий период обучения, защитившие выпускные дипломные проекты на оценку «отлично» и «хорошо». Выбор программы производится не позднее 3 курса. Все программы разработаны в соответствии с государственным стандартом.

В концепции подготовки магистров науки мы исходим из предположения, что их место - между инженером и кандидатом технических наук. Отсюда складываются требования к исходному уровню подготовки (в рамках программы бакалавра техники и технологии), приближенные к инженеру-исследователю, и к аттестации магистров на выпуске - приближенные к критериям диссертационной работы кандидата наук, но учитывающие академический характер магистерской степени (приоритет образовательно-методологического принципа).

В общем, объеме программы имеется приличный методологический блок (12%), цикл социально-гуманитарных дисциплин (13%), цикл фундаментальных дисциплин (10%), цикл специальных дисциплин (70%), цикл психолого-педагогических дисциплин (7%), блок собственно научных исследований в семестрах и на практике (23%), время на подготовку диссертации на их основе (19%). Около 1/3 приходится на специальные и элективные дисциплины. Аудиторные формы должны занимать не более 30% семестрового объема.

Преобладают активные методы овладения программой в контекстном подходе: проблемно-обзорные лекции, семинары-дискуссии, курсовые работы и домашние задания (рефераты) исследовательского характера, анализ конкретных ситуаций и др.

В первом же семестре магистранту утверждается индивидуальный план, тема магистерской диссертации, руководитель (и консультанты при необходимости), а также график проведения исследований (со стандартными этапами, включая рассмотрение и приёмку НИР, оформленный согласно стандарту). Планирование эксперимента и апробация промежуточных результатов будет производиться параллельно с исследованиями, с докладами на конференциях разного уровня не менее 4-х раз за 1,5 года обучения. Подготовка диссертации на основе завершённой НИР производится в последнем семестре с итоговым междисциплинарным экзаменом и защитой диссертации (2 недели). При защите выделяются традиционные атрибуты диссертации: цель, задачи, актуальность, научная новизна, практическая значимость, методы, результаты, их апробация и публикации, использование и др.

В рамках каждой магистерской программы должны быть предусмотрены 2-3 профилизации, по которым и предлагаются темы диссертаций. Почти всем магистрантам предоставляется возможность получить дополнительное образование (в частности по программе «Преподаватель высшей школы») (в рамках института повышения квалификации и переподготовки педагогических кадров вузов при ПГУ) здесь нужно отметить о необходимости включения и международного курса «Инженерная педагогика».

Анализ результатов первого магистерского выпуска показал, что дипломы с отличием получили 14 человек (93%) рейтинговый показатель успеваемости за период обучения «в магистерской группе составил 4,68. Все 15 магистров получили дополнительную квалификацию «Преподаватель высшей школы». Почти все магистры получили предложения по трудоустройству либо продолжения образования.

Остановимся на некоторых аспектах организации и методики подготовки магистров.

Базалаврская составляющая магистерской программы завершается выпускной квалификационной работой (ВКР), которая может иметь две направленности: проектно - исследовательскую (ПИР) и научно - исследовательскую (НИР) в зависимости от последующей ориентации магистерского исследования. При всё важности методологических и образовательных дисциплин в магистерской программе особое место должно принадлежать блоку НИР («Научно- методологические основы специализации» и НИР в семестрах - 972+864 часов) Здесь, собственно, закрепляется, реализуется методика и содержание исследования магистранта в соответствии с ГОСТ - 15.101 - 80 X. (Порядок проведения научно-исследовательских работ. Основные положения), ГОСТ - 7.32 - 91 (ИСО 5966-82. Отчёт о НИР Структура и правила оформления) Таким образом, магистрант в течении этих семестров последовательно разрабатывает техническое задание (ТЗ) на НИР, делает аналитический обзор и выбор направления исследований, планирует его стандартизированные компоненты, проводит теоретические и экспериментальные исследования, отражая их в курсовых работах по дисциплинам блока НИР, апробируя результат в докладах и публикациях, сообразно целевым задачам каждого семестра. В конце 4-го семестра перед последней экзаменационной сессией руководителю предоставляется отчет о НИР, что и кладётся в основу написания диссертации в заключительном 5-ом семестре итоговой аттестации.

В процессе этой работы очень важна также роль 2-х практик. Научно-исследовательская практика (6 недель между двумя курсами) имеет «двуединую» цель: ознакомиться с практической деятельностью функционирующей научно-исследовательской организации, близкой к профилю магистерской программы и выполнить основу

содержательной части своих исследований (экспериментального раздела). Цель второй, учебно-исследовательской практики (5 недель после последней экзаменационной сессии) «триедина»: закрепление и углубление теоретических знаний в области организации высшего образования и его педагогических технологий, приобретение исходных профессиональных умений научно-педагогического работника специальной кафедры вуза; разработка необходимого минимума учебно-методической документации, связанной с внедрением (использованием) в учебном процессе вуза научно-практических результатов НИР, выполненной в период обучения в магистратуре.

Связывающим этапом между завершением обучения и написанием диссертации является междисциплинарный итоговый экзамен по направлению.

После обсуждения различных подходов приоритетным является, на наш взгляд, форма составления тезисного проекта автореферата будущей диссертации (письменная форма, 3 часа времени, с использованием новых информационных источников, по заданной структуре и кратким требованием к нему.)

Затем в течение 12 недель магистрант оформляет результаты НИР в форме и стиле диссертации и составляет небольшой автореферат (8-10 стр.), экземпляры которого передаются в читальный зал вуза, рассылаются заинтересованным организациям и членам ГАК за 7-10 дней до защиты. Всё это, наряду с предварительной экспертизой диссертации на кафедре и официальной рецензией специалиста (с учёной степенью не ниже кандидата наук) является основой открытой профессионально-научной дискуссии при защите диссертации, о чём объявляется за 2 недели. Обратим внимание на то, что ориентация на научно-исследовательскую и научно-педагогическую деятельность, по нашему мнению, отнюдь не означает, что магистр должен работать в научно-исследовательской организации, вузе, либо поступать в аспирантуру. Не менее важна, а пока и приоритетна по жизни, сфера инновационной деятельности в структурах как государственно-муниципального управления, так и в компаниях, фирмах любой формы собственности. Учитывая что, мы должны практиковать, например, для магистрантов строительного направления чтение спецкурса по выбору «Основы инновационного менеджмента» применительно к инвестиционно-строительной сфере, экспертизе и управлению недвижимостью.

Наконец, один из выводов по первым выпускам магистров, на наш взгляд, заключается в том, что, несмотря на наличие соответствующих государственных образовательных стандартов, подавляющая часть общества, прежде всего абитуриенты, их родители, субъекты общественного хозяйства и даже регионально-муниципальной администрации до сих пор не понимают различий в сути и уровнях подготовки бакалавров, специалистов и магистров, что дезориентирует молодёжь и порой создаёт нелепые ситуации.

В заключение заметим, что основы и практика многоуровневой образовательной-профессиональной системы в Казахстане себя, безусловно, оправдывают.

УДК 69: 662.99(574.24)

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СТРОЙКАХ Г. АСТАНЫ

Ж.Н. Оспанова, М.Э.Гаецкая

Казахский государственный агротехнический университет
им. С.Сейфуллина, г. Астана

Жылу сақтауға сураныстың ұлғаюына байланысты, сыртқы қабырғалардың құрамды бөліктері күрделенді. Оларды жазыту үшін минералваталық және пенопластық қабырғалар пайдаланылады.

Қазақстанның бас қаласы Астанада жүргізіліп жатқан құрылыс кешендерінде кең қолданыс тапқан жылу сақтағыш құралдары жайлы қорытынды берілген. Жергілікті шикізат негізінде жылу сақтағыш қасиеттері жағынан тұрақты, экологиялық таза және үнемді жаңа құралдарды шығару қажеттілігі негізделген.

В соответствии с повышением требований по теплоизоляции, конструкции наружных стен усложнились. Для их утепления применяются минераловатные и пенопластовые плиты. В статье представлен анализ, широко используемых на стройках столицы Казахстана г. Астана теплоизоляционных материалов. Обоснована необходимость разработки новых экологически чистых, экономичных, имеющих достаточные прочностные характеристики теплоизоляционных материалов на основе местного сырья.

The structure of outside walls become complicated because of the increased requirement in heat – insulation. Mineral wadding and foam plastic slabs are used for making walls cold proof.

Analysis of use of heat-insulating materials at the capital of Kazakhstan building is carried out in this article. The necessity of working out of new, eco-friendly, durable enough heat-insulating materials (made of local raw materials) is substantiated as well.

В связи с вступлением Казахстана в 1997 году в международную организацию по реализации программы сокращения выбросов «Парниковых» газов, предусматривающая обязательное энергосбережение, в 2001 году узаконены измененные нормативы по теплоизоляции зданий и сооружений в сторону повышения требований.

На отопление зданий и сооружений по сведениям России тратится до 40% ресурсов тепла. Учитывая, что Казахстан имеет климатические условия на большей своей территории схожие с Россией, затраты на тепло не меньше. Одной из основных областей применения тепловой энергии является расходы на отопление зданий и снабжение населения горячей водой. По сведениям «Казстройкомитета» суммарное потребление тепла в республике составляет около 172 млн. Гкалл. ежегодно, что соответствует 30 млн. тонн условного топлива, а в переводе на деньги примерно 600 млн. долларов США ежегодно / 1/.

Зарубежная практика по теплоизоляции зданий за последние 20 лет показала, что наиболее эффективным путем сбережения энергоресурсов является сокращение потерь тепла через ограждающие конструкции. К наружным ограждающим конструкциям предъявляется много требований: безопасность, эстетичность, высокий уровень теплозащиты, теплоустойчивость, низкая энергоемкость, высокая степень воздухо-проницаемости и низкая влагоемкость, а также, с учетом сроков морального и физического старения, легкость выполнения ремонтных работ.

По городу Астане наиболее распространена сложная конструкция стены, включающая слой эффективного утеплителя - минеральной ваты, расположенной с внешней стороны стены из кирпича, шлакоблоков, бетона или других материалов. Отделка фасада при этом решается в основном с помощью плитных или листовых материалов - керамогранита, сайдинга, алюкобонда и т.п. При этом между слоем утеплителя и отделкой фасада образуется зазор 20-60 мм. Такие фасады получили название - вентилируемые. Система достаточно дорогостоящая, трудоемкая, но теплоизоляционный материал защищен от атмосферных условий и внешних механических повреждений.

Использование минеральной ваты в качестве утеплителя на стройках Астаны оправдано доступностью, высокими теплозащитными свойствами и низким коэффициентом теплопроводности, однородностью, высокими звукоизоляционными свойствами, экономичностью.

Исследования российских ученых показывают, что стекло-минераловатные плиты на практике при эксплуатации имеют не достаточную долговечность, не высокую огнестойкость и экологическую чистоту / 2,3/

При производстве минераловатных плит в качестве связующего используются органические и минеральные вещества, назначение которых соединить волокна между собой с целью создания волокнистого каркаса, обеспечивающего прочность, упругость и долговечность материала в условиях эксплуатации. В качестве связующего, применяются в основном синтетические клеи и смеси, которые не исследованы на долговечность и морозостойкость в условиях нашего сурового климата

В многослойной конструкции стены, использование материалов сильно отличающихся по теплофизическим свойствам приводит к образованию на границе этих материалов конденсата. Проблема эта для минераловатных плит решается наклейкой фольги, но и она в полной мере не исключает возможность увлажнения. Попадание влаги в минераловатные плиты не только снижает их теплоизоляционные и прочностные показатели, но и вызывают преждевременное разрушение [2]. Абсолютно исключить при эксплуатации увлажнение не возможно, это связано с протечками, возможным механическим повреждением отделки фасада, не качественным выполнением теплоизоляционных работ, образованием мостиков холода и выпадением конденсата. Даже при незначительном увлажнении минераловатных плит в несколько раз снижаются их теплоизоляционные свойства. Так при влажности до 1% коэффициент теплопроводности минеральной ваты равен 0,04-0,16, а при 10% увеличивается до 0,1-0,15 т. е. увеличивается почти в 2,3 раза.

По условиям огнестойкости рассматриваемые конструкции стен, с применением минераловатных плит, имеют в г. Астане печальный опыт. В результате замыкания электрической сети произошло возгорание элементов фасада в доме по ул. Кенесары. Пламя мгновенно распространилось на площади 500 м². По сведениям очевидцев горела минеральная вата так как сработал эффект аэродинамической трубы в вентилируемом пространстве (зазоре). Очевидно, использовался не огнестойкий утеплитель. Сама минеральная вата негорюча, но использование в качестве связующего синтетической смолы, делает ее мало стойкой к огню.

Кроме указанных недостатков, использование минераловатных плит создает сложности в конструктивном решении отделки фасада, так как имеет малую механическую прочность. В такой конструкции стены каркас элементов фасада необходимо крепить непосредственно к несущей стене.

В последние годы ученые сходятся во мнении, что ограждающая стена должна быть либо однослойной из материала, имеющего достаточно высокую механическую прочность, либо выполняться из материалов с близкими теплоизолирующими свойствами.

Все указанные недостатки применения теплоизоляционных материалов на стройках г. Астаны проявятся при эксплуатации примерно через 10-15 лет и потребуют значительных затрат на ремонты фасадов с чем сталкиваются уже на Западе.

Сегодняшняя наука в области создания новых строительных материалов строится на получении материалов многокомпонентных с заданными свойствами. Важным моментом при этом является применение местных материалов, чтобы исключить дополнительные транспортные расходы. В Казахстане до сих пор не налажено производство минеральной ваты и она завозится из России.

Авторами видится такой материал на основе вспученного вермикулита, месторождения которого имеются в Южном Казахстане.

Материал абсолютно инертен, так как представляет собой природную глину, не гигроскопичен, не подвержен старению, не горюч и применяется в качестве наполнителя в огнезащитных штукатурках / 4./ Это природный пенопласт. Необходимо только его связать. Этот материал может стать наполнителем в широко пропагандируемых современными учеными материалах - пенобетон, пено-стекло и т. д. Введение инертного сверхлегкого наполнителя сделает материал с лучшими тепло-звуко-изоляционными свойствами, повысит его огнестойкость и влагостойкость. Прочный каркас самого материала позволит крепить элементы фасада непосредственно к стене и исключит необходимость в многослойности конструкции, но при обязательном решении здания с несущим каркасом.

Необходимо провести исследования свойств местного вермикулита и изучить совместимость с другими материалами. Подобрать состав многокомпонентного материала. Разработать технологию изготовления и номенклатуру изделий из него.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблемы энергосбережения. Газета «Строительство и архитектура» №6 2002 г. Главное управление технического нормирования и новых технологий «Казстройкомитет» К. Баймышев, Вице – президент ОАО «Сантехпроект» В. Силантьев.
2. Калинин О.В. Родионов Б.И. Огнестойкие вентилируемые фасадные системы «Гранитогрес» // Строительные материалы и оборудование, технологии XXI Века. № 3, М., 2002г. –с32
3. Тобольский Т.О, Вобров Ю.А. Минеральные утеплители и их применения в условиях сурового климата Л. Стройиздат, Ленинградское отделение. 1981-176 с.
4. Ахтямов Р.Я., Ахмедьянов Р.М., Трофимов Б.Я. легкие строительные штукатурные растворы с вермикулитовым наполнителем // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. №10, М.:2002г. 16-17с.

УДК 691.11.004.14

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛЬЯ В КАЗАХСТАНЕ

Ж.Н. Оспанова

Казахский государственный аграрнотехнический
университета им. С. Сейфуллина

Мақалада Қазақстандағы тұрын үй құрылысында ағам қолдану азектілігі қаралады. Бұл материал экологиялық жағынан тазалықпен және жылуөткізгіштіктің төмен коэффициентілігімен сипатталады.

В данной статье рассматриваются области применения древесины в строительстве жилья в Казахстане, экологически чистые, высокотеплопроводные коэффициенты данного строительного материала.

The article considers the urgency problem of using timber in housing construction in Kazakhstan. This material is characterized by ecological non aggressiveness and low thermal-conductivity coefficient.

В последние десятилетия в жилищном и гражданском строительстве в высоко развитых странах мира Швеции, Дании, Германии, Финляндия, Канаде широко применяется древесина, так как кроме положительных физических свойств - легкий вес, высокая относительная прочность, легкость обработки возможность воспроизводства этот материал имеет свойства продиктованные современными требованиями - высокая экологическая чистота и низкий коэффициент теплопроводности.

Применение древесины в Казахстане очень ограничено в связи с относительным дефицитом на рынке строительных материалов и дороговизной, а так же полным отсутствием рекламы проектов домов выполненных из древесины. Одной из причин малого применения древесины в строительстве и особенно в малоэтажном жилье: годами навязанное негативное отношение к древесине, низкая информированность населения о достоинствах и положительных сторонах материала, полное отсутствие культуры применения строительных материалов.

Высокий уровень массового строительства, интенсивные темпы развития тяжелой и перерабатывающей промышленности Казахстана в годы Советской власти, привели к внедрению в строительстве в большей степени железобетона, бе-

тона, кирпича и других материалов индустриального производства, вытеснив традиционные для данного региона местные материалы, в том числе и древесину.

Десятилетиями население воспитывалось с доверием к широко применяемым материалам, имея поверхностные сведения о природных материалах. Дерево из строительства было вытеснено из-за таких недостатков как горение, гниение, дороговизна и дефицит. Простоявшие века церкви и памятники деревянного зодчества, без какой либо обработки, служат доказательством долговечности дерева, как конструктивного материала. Причина дороговизны и дефицитности лежит в основном в отсутствии технологий и ограниченности применения.

Развитие химии в 50-60 годы прошлого столетия позволили снизить риски горения и гниения древесины, что и было сделано в зарубежной практике применения древесины в строительстве. В Советском Союзе перестроить не только заводы, но и психологию человека оказалось не возможным. Дерево как строительный материал был предан забвению. В 80-90 годы правительство пыталось начать более широкое внедрение древесины в строительстве, в первую очередь в малоэтажном жилье. В гражданском строительстве в зданиях больших пролетов появились кле-деревянные конструкции. Было приобретено 9 заводов по изготовлению клееных деревянных конструкций, в том числе в Петропавловске (Казахстан), но грянули перемены и сломались связи, прекратились поставки древесины из России.

В настоящее время стало реальностью сочетание высоких конструктивных возможностей современных строительных технологий с материалом, подаренным человеку природой. Современные клеи на основе изолиновых смол применяемые для изготовления дощатоклееных конструкций относятся к экологически чистым материалам. Лаки и пропитки применяемые для защиты древесины от возгорания и гниения в производстве дощатоклееных конструкций имеют водосодержащую основу и являются экологически чистыми и позволяют дереву дышать. В зарубежной строительной практике с применением деревянных конструкций сегодня сооружается до 40-50% общественных зданий и 30% производственных.

Казахстан стал независим, и новый этап строительства начался с возрождения уже апробированных технологий, с существующих наработок.

Массовое строительство, начало которому положил перенос столицы Республики Казахстан в г. Астану, потребовало подойти к процессу строительства в условиях рынка несколько иначе. В строительстве перестали существовать такие понятия как долгострой, простой, аврал. Рынок насытился материалами из ближнего и дальнего зарубежья. На рынке строительных материалов появилось огромное количество новых, в основном отделочных материалов. Дерево в ряду несущих строительных материалов широко не применяется, так как малоэтажное жилищное строительство приобрело в большей степени сопутству-

ющий, а не массовый характер. Массовое строительство коснулось многоэтажного жилья и малых общественных и производственных зданий, где традиционно дерево и не применялось.

Рыночные условия непременно продиктуют применение древесины в малоэтажном жилищном строительстве. Это могут быть не только строительные изделия, но и более сложные конструкции гражданских сооружений, производственные здания выполненные в полном комплекте в заводских условиях т. е. здания «под ключ».

Близость России с ее значительными запасами лесов (1/5 мировых запасов) позволяют Казахстану решать проблемы строительства, в первую очередь жилья из древесины, как экологически чистого материала. В деревянном доме человек дышит чистым и здоровым воздухом, так как дерево естественный полимер, способный дышать-пропускать через себя воздух. В таком доме нет необходимости зимой открывать форточки или включать кондиционер, чтобы легче дышалось. Дом выполненный из древесины имеет оптимальный режим воздуха, деревянный дом не требует внешней и внутренней отделки, хотя при желании стены внутри могут быть отделаны под евроремонт.

Кроме того, все человечество озабочено в последние десятилетия сохранением тепла и энергоресурсов. Задача сбережения энергоресурсов состоит в том, чтобы при устойчивом развитии производства, основываясь на эффективных технологиях, добиваться снижения энергоемкости внутреннего валового продукта страны. Казахстан в 1997 году присоединился к международным организациям по реализации программы сокращения выбросов «Парниковых» газов, которая, предусматривает проведение тематики энергосбережения. Известно, что природные факторы существенно влияют на оптимальную величину энергии на душу населения.

С 2001 года в Казахстане введены новые нормативные требования по теплоизоляции зданий и сооружений. Казахстан расположен в климатической зоне с резко-континентальным климатом и затраты тепловой энергии являются значительными. По сведениям «Казстройкомитета» суммарное потребление тепла в республике составляет около 172 млн. Гкал. ежегодно, что составляет около 30 млн. тонн условного тепла, а в переводе на деньги примерно 600 млн. долларов США ежегодно /1/.

Зарубежная практика строительства в направлении энергосбережения показывает, что наиболее эффективным путем сбережения энергоресурсов является сокращение потерь тепла через ограждающие конструкции зданий и сооружений. К наружным ограждающим конструкциям предъявляется много требований - безопасность, эстетичность, высокий уровень теплозащиты, теплоустойчивость, низкая энергоемкость, высокая степень воздухо-проницаемости и низкая влагоемкость. При этом с учетом сроков морального и физического старения, легкость выполнения ремонтных работ.

Дерево имеет низкий коэффициент теплопроводности, высокую степень воздухопроницаемости и по этим показателям идеальный материал для строительства жилья. Деревянная стена толщиной 45 см сохранит столько же тепла, сколько кирпичная толщиной 2 м. Тонкую кирпичную стену необходимо укутывать утеплителем и защищать от увлажнения, а деревянная справится с морозом сама, при этом такой дом легко протапливается, цельнодеревянные дома имеют высокую относительную стоимость и относятся к серии элитных домов.

Дерево в строительстве малоэтажного социального жилья может быть использовано в виде несущего каркаса с заполнениями из местных материалов в виде соломы, соломенных тюков, камышитов и другие утеплителей. Такие дома могут быть построены на селе и помочь решить проблемы обеспечения сельского населения жильем. За рубежом растет строительство малоэтажных жилых домов с применением деревянных конструкций заводского изготовления и такого рода жилые дома с использованием современных технологий, находят своего потребителя /2/

Деревянный дом легче кирпичного или бетонного, это может сэкономить средства на закладку фундамента. Фундаменты могут быть облегченные, мелкого заглубления.

У натуральной древесины теплый цвет и успокаивающий рисунок, что позволяет широко применять древесину во внутренней отделке интерьеров, жилых и общественных помещений.

На западе в полной мере оценили достоинства древесины как конструктивного и отделочного материала. В Российской архитектурной академии в 2003 году принято решение, активизировать работу по внедрению клееных деревянных конструкций в строительство /3/

В Казахстане необходимо вести пропаганду применения древесины в строительстве жилья, как экологически чистого, долговечного, с низким коэффициентом теплопроводности материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблемы энергосбережения. Газета «Строительство и архитектура» №6 2002 г. Главное управление технического нормирования и новых технологий «Казстройкомитет» К.
2. Воронель ДА. Малоэтажные жилые дома с применением деревянных конструкций заводского изготовления. Деревянные конструкции заводского изготовления. // Обзорная информация. - М. ВНИИТПИ, 1992.
3. Кудрявцев А.П. Градостроительное планирование. Задачи и проблемы. Информационный научно-технический журнал «Строительные материалы оборудование технологии XXI века, №3 2004г.

УДК 536:53

УРАВНЕНИЯ ПЕРВОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ ДЛЯ СИСТЕМ РАБОЧЕЕ ТЕЛО-ПОРШЕНЬ-ОБОЛОЧКА И РАБОЧЕЕ ТЕЛО-ОБОЛОЧКА

В.В. Рындин

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

Пісепктің механикалық энергияның, пісептің механикалық жұмысының, сондай-ақ атмосфераның және пісеп үйкелісінің жұмысының өзгеруін есепке алып жұмыстық деңдеп, пісептен және қабықпадан тұрамын жүйеге арналған термодинамиканың бірінші заңының теңдеулерінің қорытын шығарулары берілді.

Дается вывод уравнений первого закона термодинамики для систем, состоящих из рабочего тела, поршня и оболочки, с учётом изменения механической энергии поршня, технической работы поршня, а также работ атмосферы и трения поршня.

The deduction of the equations of the first law of thermodynamics for systems consisting of a working body, piston and shell, with calculation of change of a mechanical energy of the piston, technical work of the piston, and also works of an atmosphere and friction of the piston is given.

В курсах термодинамики уравнение первого закона термодинамики (ПЗТ) принято записывать в таком виде:

$$dQ = dU + dL, \quad (1)$$

При этом в [1] отмечается, что в случае идеальных процессов (без трения)

$$dL = pdV, \quad (2)$$

а для реальных процессов $dL < pdV$

Поскольку в термодинамике отсутствуют уравнения, связывающие внешнюю (эффективную) работу (её принято обозначать δW^e) с внутренней (индикаторной) работой изменения объёма $\delta W^i = pdV$, то всё внимание стали уделять описанию условий, при которых реальный (необратимый) процесс можно считать обратимым. В частности была выдвинута концепция квазистатичности, когда процессы проте-

кают бесконечно медленно и нет волновых процессов в цилиндре. Однако как показано в работе [2], и при медленном движении поршня нельзя воспользоваться равенством (2), так как медленное движение поршня не устраняет затраты части внутренней работы изменения объема на преодоление трения.

Установить аналитическую связь между внутренней и внешней работами, входящими в уравнение ПЗТ, можно, если конкретизировать состав тел, входящих в систему, на границе которой определяется внешняя работа. В зависимости от выбора границы системы уравнение ПЗТ будет иметь различный вид.

Уравнение ПЗТ для системы рабочее тело-поршень-оболочка (изменения энергии хаотического движения микрочастиц рабочего тела и оболочки и упорядоченного движения поршня). Рассмотрим систему, состоящую из рабочего тела (РТ), подвижного поршня и теплоёмкой оболочки (гильзы, поршня и головки цилиндра). Граница такой системы указана пунктирной линией на рисунке 1

Согласно наиболее общему аналитическому выражению ПЗТ для абсолютного движения (учитывающего как хаотическое, так и упорядоченное движение элементов системы) приращение полной энергии системы $dE = d(E_{\text{max}} + U)$ равно сумме подведённых (отведённых) к системе от окружающей среды (ОС) внешней теплоты и эффективной работы (суммарной работы тел окружающей среды на границе системы):

$$dE = \delta Q^e + \delta W^e = \delta Q^e - \delta W^e, \quad (3)$$

или для рассматриваемой системы

$$\begin{aligned} dE_{\text{РТ-об-пор}} &= dE_{\text{max-пор}} + dU_{\text{РТ-об}} = dE_{k\text{пор}} + dE_{p\text{пор}} + dU_{\text{РТ}} + dU_{\text{об}} = \\ &= \delta Q^e + \delta W_{\text{ОС}} = \delta Q^e + \delta W_{\text{РТ-об-пор}}^e = \delta Q^e + \sum \delta W_i^e = \\ &= \delta Q^e - \delta W'_{\text{ОС}} = \delta Q^e - \delta W^e_{\text{РТ-об-пор}} = \delta Q^e - \sum \delta W_i, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\delta W_{\text{РТ-об-пор}}^e$ - внешняя (штрих) по знаку (положительна при подводе к системе) эффективная (индекс «е») работа системы (или над системой) РТ-оболочка-поршень, равная внутренней по знаку работе ОС $\delta W_{\text{ОС}}$ (работа, совершаемая окружающей средой над системой);

$\delta W'_{\text{РТ-об-пор}}$ - внутренняя по знаку (положительна при отводе от системы) эффективная работа системы (или над системой) РТ-оболочка-поршень, равная внешней по знаку работе ОС $\delta W'_{\text{ОС}}$ (внешняя и внутренняя по знаку работы равны по модулю и противоположны по знаку);

$\delta W'_{\text{ОС}} = -\delta W_{\text{ОС}}$, $\delta W_{\text{РТ-об-пор}}^e = -\delta W^e_{\text{РТ-об-пор}}$;
 $dU_{\text{РТ}}$ и $dU_{\text{об}}$ - приращения внутренней энергии (ВЭ) соответственно рабочего тела и оболочки.

В общем случае

$$dU_{об} = dU_{цилиндр} + dU_{поршень} + dU_{головка}$$

В частных случаях изменением внутренней энергии как всей оболочки в целом, так и её составляющих частей (поршня, гильзы или головки цилиндра) можно пренебречь, например, в случае применения теплоизоляционных материалов (керамики) или при быстром протекании процессов (например, за один цикл, протекающий за доли секунды).

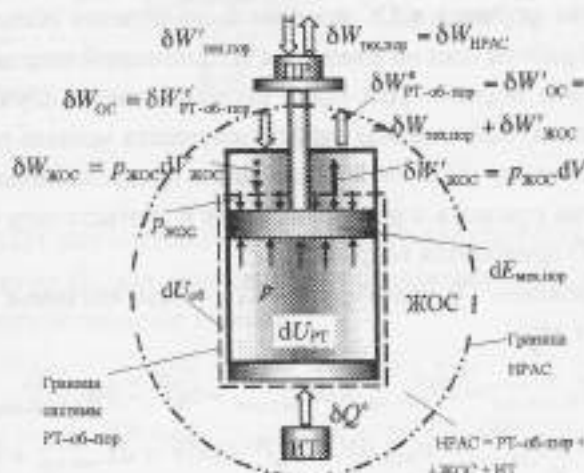


Рис. 1.

В соответствии с рисунком 1 эффективная работа, совершаемая окружающей средой над поршнем (на внешней стороне подвижной границ системы PT-оболочка-поршень), складывается из **технической работы**, подводимой к поршню с помощью шатуна (штока) от источников работы – технических устройств (маховика, груза, пружины и т. п.), – и **работы жидкой ОС**, например, атмосферы:

$$\begin{aligned} \delta W_{PT-об-пор}^* &= \delta W_{OC} = \delta W'_{тех.пор} + \delta W_{ЖОС} = \delta W'_{тех.пор} + P_{ЖОС} dV_{ЖОС} = \\ &= \delta W'_{тех.пор} - P_{ЖОС} dV = -\delta W_{тех.пор} - P_{ЖОС} dV = -\delta W_{PT-об-пор}^* \end{aligned} \quad (5)$$

где $dV_{ЖОС}$ – изменение объема жидкой ОС (атмосферы);

dV – изменение объема рабочего тела (если рассматривать систему PT-оболочка-поршень-ОС изолированной, то $dV = -dV_{ЖОС}$).

Техническую работу поршня можно также определить из уравнения энергии для поршня, полученного в работе [3],

$$dE_{мех.пор} = p dV - P_{ЖОС} dV - \delta W_{тр.пор} - \delta W_{тех.пор} \quad (6)$$

Решая совместно уравнения (5) и (6), установим связь между эффективной (внешней) работой системы РТ-оболочка-поршень и внутренней (индикаторной) работой изменения объема $p dV$, совершаемой внутри системы,

$$\begin{aligned} \delta W^e &= \delta W_{\text{РТ-об-пор}}^e = \delta W_{\text{тех.пор}} + p_{\text{ЖОС}} dV = p dV - dE_{\text{мех.пор}} - \delta W_{\text{тр.пор}} = \\ &= \delta W - dE_{\text{мех.пор}} - \delta W_{\text{тр.пор}}. \end{aligned} \quad (7)$$

Следовательно, только часть работы изменения объема отводится из системы РТ-оболочка-поршень в ОС и может быть полезно использована. Другая же часть этой работы идет на изменение механической энергии поршня и на преодоление трения поршня. Для такой системы даже в случае обратимого процесса (без трения) эффективная работа получается меньше работы изменения объема. Только в случае полной идеализации процесса (поршень невесом и нет трения) можно говорить о равенстве работ в соответствии с выражением (2). Уравнение (7) приводится впервые.

С учетом выражения (7) уравнение ПЗТ (4) для системы РТ-оболочка-поршень примет вид

$$\begin{aligned} dE_{\text{РТ-об-пор}} &= dU_{\text{РТ-об}} + dE_{\text{мех.пор}} = \delta Q^e - \delta W_{\text{РТ-об-пор}}^e = \\ &= \delta Q^e - \delta W_{\text{тех.пор}} - p_{\text{ЖОС}} dV = \delta Q^e - p dV + dE_{\text{мех.пор}} + \delta W_{\text{тр.пор}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Из этого уравнения можно определить техническую работу поршня (полезную работу системы РТ-оболочка-поршень)

$$\begin{aligned} \delta W_{\text{тех.пор}} &= \delta Q^e - dU_{\text{РТ-об}} - dE_{\text{мех.пор}} - p_{\text{ЖОС}} dV = \\ &= p dV - p_{\text{ЖОС}} dV - dE_{\text{мех.пор}} - \delta W_{\text{тр.пор}} = \delta W_{\text{НРАС}} = -dE_{\text{НРАС}}. \end{aligned}$$

Техническую работу поршня можно рассматривать как работу, совершаемую неравновесной адиабатной системой (НРАС), т. е. как убыль энергии НРАС (выделена штрихпунктирной линией на рисунке 1), включающей в себя рабочее тело, оболочку, поршень, жидкую окружающую среду и источник тепла.

Уравнение ПЗТ для системы рабочее тело-оболочка (изменения энергии ХД микрочастиц рабочего тела и оболочки). Рассмотрим систему, состоящую из рабочего тела и теплоемкой оболочки (гильзы, поршня и головки цилиндра). Граница такой системы (указана пунктирной линией на рисунке 2) проходит по внутренней стороне поршня и, следовательно, механическая энергия поршня не входит в состав энергии системы. Энергия системы РТ-оболочка будет складываться из внутренних энергий рабочего тела и оболочки:

$$dE_{\text{РТ-об}} = dU_{\text{РТ-об}} = dU_{\text{РТ}} + dU_{\text{об}}.$$

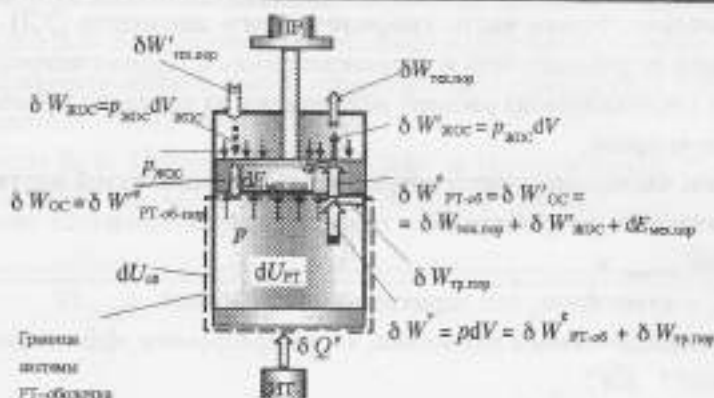


Рис. 2.

Уравнение ПЗТ для системы РТ-оболочка можно получить из более общего уравнения энергии (8) для системы РТ-оболочка-поршень, если из него вычесть механическую энергию поршня,

$$\begin{aligned} dU_{\text{РТ-об}} &= \delta Q^* - \delta W_{\text{РТ-об}}^* = \delta Q^* - \delta W_{\text{рек.пор}} - \\ &- p_{\text{ЖОС}} dV - dE_{\text{мех.пор}} = \delta Q^* - pdV + \delta W_{\text{тр.пор}}. \end{aligned} \quad (9)$$

ИЛИ

$$\begin{aligned} \delta Q^* &= dU_{\text{РТ-об}} + \delta W_{\text{РТ-об}}^* = dU_{\text{РТ-об}} + \delta W_{\text{рек.пор}} + \\ &+ p_{\text{ЖОС}} dV + dE_{\text{мех.пор}} = dU_{\text{РТ-об}} + pdV - \delta W_{\text{тр.пор}} \end{aligned} \quad (10)$$

Эти уравнения являются аналитическим выражением ПЗТ для ХД микро-частиц системы рабочее тело-оболочка относительно их неподвижного центра инерции в случае протекания реального процесса с трением поршня о стенки цилиндра.

В соответствии с этими уравнениями эффективная (внешняя по месту расчёта) работа, совершаемая системой РТ-оболочка над окружающей средой складывается из работы по изменению механической энергии поршня, работы против давления ЖОС и технической работы над приёмником работы:

$$\begin{aligned} \delta W_{\text{РТ-об}}^* &= \delta W'_{\text{ОС}} = dE_{\text{мех.пор}} + p_{\text{ЖОС}} dV + \delta W_{\text{рек.пор}} = \\ &= pdV - \delta W_{\text{тр.пор}} = \delta W - \delta W_{\text{тр.пор}} \end{aligned} \quad (11)$$

Отсюда также следует, что эффективная работа (внешняя по месту расчёта) системы РТ-оболочка меньше внутренней (индикаторной) работы изменения объёма (на работу трения поршня): $\delta W^* < \delta W = pdV$.

Следовательно, только часть упорядоченного движения (УД), получаемого поршнем от рабочего тела и характеризуемого с количественной стороны внутренней (индикаторной) работой $p dV$, уходит из системы РТ-оболочка в окружающую среду:

к поршню, что характеризуется приращением его механической энергии $dE_{\text{мех.пор}}^*$ к техническим устройствам – грузу, что характеризуется технической работой? $\delta W_{\text{тех.пор}}$ и

к ЖОС – атмосфере, что характеризуется работой $p_{\text{ЖОС}} dV$ в виде упорядоченного движения, характеризуемого эффективной (внешней) работой?? $\delta W_{\text{РТ-ос}}^*$.

Другая же часть упорядоченного движения (получаемого поршнем от микрочастиц РТ), характеризуемая работой трения? $\delta W_{\text{тр.пор}}$, в процессе трения преобразуется (диссипирует) в ХД микрочастиц РТ, оболочки и ОС (например, атмосферы)¹, что эквивалентно подводу к системе теплоты трения²:

$$\delta W_{\text{тр.пор}} = \delta Q_{\text{тр.пор}} = \delta Q_{\text{РТтр}} + \delta Q_{\text{ос,тр}} + \delta Q_{\text{ОСтр}}.$$

Из соотношения (11) также видно, что работа системы РТ-оболочка над ОС (поршнем, атмосферой и грузом) $\delta W_{\text{РТ-ос}}^*$, с одной стороны, меньше внутренней (индикаторной) работы изменения объема $p dV$ на работу трения поршня, а с другой стороны, больше технической работы $\delta W_{\text{тех.пор}}$, отводимой к техническому устройству (здесь – грузу), так как в состав окружающей среды входят еще и другие системы (поршень, ЖОС – атмосфера), которые также получают свою долю работы. Заменяя в уравнении (10) работу трения теплотой трения, получим

$$\delta Q = \delta Q_{\text{РТ-ос}} = \delta Q_{\text{РТ}} + \delta Q_{\text{ос}} = dU_{\text{РТ-ос}} + p dV = dU_{\text{РТ}} + dU_{\text{ос}} + p dV, \quad (12)$$

где

$$\delta Q = \delta Q_{\text{РТ-ос}} = \delta Q^e + \delta Q_{\text{тр}} = \delta Q^e + \delta W_{\text{тр.пор}} = \delta Q_{\text{отр}} - \delta Q_{\text{потерь,ОС}} + \delta Q_{\text{тр}} \quad (13)$$

полная (суммарная) теплота, подводимая (отводимая) к системе.

Только в случае обратимого процесса (без трения) теплота, получаемая системой (суммарная теплота), равна внешней теплоте, подводимой из ОС:?

$$\delta Q = \delta Q^e = \delta Q_{\text{вст}} = \delta Q^e = -\delta Q_{\text{ос}} = -\delta Q_{\text{РТ}};$$

в общем случае для реальных процессов эти теплоты не равны.

Уравнение (12), как и уравнение (10), является аналитическим выражением первого закона термодинамики для системы рабочее тело-оболочка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриященко А. И. Основы технической термодинамики реальных процессов: Учеб. пособие для вузов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1975. – 264 с.: ил.

2. Рындин В.В. Концепции равновесности и обратимости как условия перехода от неравенств второго закона термодинамики к равенствам // Наука и техника Казахстана. – 2002. – № 3. – С. 7–16.

3. Рындин В. В. Понятие работы – $идр$ в термодинамике // Энергетика (Изв. высш. учеб. заведений). – 1991 – № 10. – С. 64–68.

УДК 536:53

УРАВНЕНИЕ ПЕРВОГО ЗАКОНА ТЕРМОДИНАМИКИ ДЛЯ РАБОЧЕГО ТЕЛА В ЦИЛИНДРЕ

В.В. Рындин

Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова

«Жұмыстық дене» жүйесінің шекарасында сыртқы жұмыс көлем өзгеруінің жұмысына тең екені, ал сыртқы жылулық – жылу көзінен берілетін сыртқы жұмысының және үйкеліс жұмысының қосындысына тең толық жылулыққа тең екені көрсетілген; «жұмыстық дене – жылу сыйымдылығы емес қабыршаның жіңішке қабаты» жүйеге пайдаланғанда сыртқы жұмыс көлем өзгердінің жұмысынан үйкеліс жұмысына келі болады, ал сыртқы жылулық жылу көзінен берілген жылулықтына тең болады.

Показано, что на границе системы «рабочее тело» внешняя работа равна работе изменения объёма, а внешняя теплота – полной теплоте, равной сумме внешней теплоты от источника тепла и теплоты трения; применительно к системе «рабочее тело-тонкий слой нетеплоёмкой оболочки» внешняя работа меньше работы изменения объёма на работу трения, а внешняя теплота равна теплоте, подведённой от источника тепла.

Was shown, that on boundary of system « a working body » the exterior work is equal to work of change of volume, and exterior heat - complete heat equal total of exterior heat from a radiant of heat and heat of friction; with reference to system « a working body - lamina of a shell » the exterior work is less than work of change of volume on work of friction, and the exterior heat is equal to a heat brought from a radiant of heat.

В курсах термодинамики уравнение первого закона термодинамики (ПЗТ) в самом общем виде (для обратимых и необратимых процессов) принято записывать в таком виде:

$$\delta Q = dU + \delta W. \quad (1)$$

При этом в [1] отмечается, что в случае идеальных процессов (без трения)

$$\delta W = pdV, \quad (2)$$

а для реальных процессов

$$\delta W < pdV. \quad (3)$$

Уравнение (1) даёт математическую формулировку ПЗТ. Оно утверждает, что теплота, подводимая к системе, идёт на изменение её внутренней энергии (ВЭ) и на совершение внешней работы.

Поскольку символом δW принято обозначать и работу изменения объёма pdV , то из (1) сразу следует такое уравнение:

$$\delta Q = dU + pdV \quad (4)$$

При этом одни авторы [2] считают, что уравнение (4) справедливо только для обратимых (без трения) процессов, а другие [3] распространяют это уравнение и на необратимые процессы (с трением). Это создаёт определённые трудности при изучении как первого, так и второго законов термодинамики.

Так, при рассмотрении второго закона термодинамики (ВЗТ) используется неравенство (так называемое объединённое уравнение первого и второго законов термодинамики)

$$TdS \geq dU + pdV \quad (5)$$

При этом отмечается, что знак равенства относится к обратимым (идеальным) процессам, а знак неравенства к необратимым процессам с трением. В то же время при рассмотрении необратимых процессов во многих учебниках используется уравнение

$$TdS = dU + pdV \quad (6)$$

Такое разночтение одних и тех же уравнений объясняется многозначностью используемых буквенных обозначений, а также неоднозначным выбором границ рассматриваемых систем.

С целью конкретизации буквенных обозначений **внешней** теплоты (теплоты, подводимой на границе системы) и **внешней** работы (работы, отдаваемой системой на её границе) к обозначениям теплоты и работы будем добавлять индекс «е» – внешний (*external*), или эффективный (*effective*). Тогда корректная запись уравнения (1) будет иметь вид

$$\delta Q^e = dU + \delta W^e \quad (7)$$

Согласно этому уравнению изменение внутренней энергии системы обусловлено подводом внешней теплоты и совершением внешней работы на её границе. Именно так и следует записывать уравнение ПЗТ в общем виде.

С учётом введённых замечаний соотношения (2) и (3) примут вид:

$$\delta W_{отр}^e = pdV, \quad (8)$$

$$\delta W_{внхр}^e < pdV \quad (9)$$

В соответствии с этими уравнениями внешняя работа в обратимом процессе равна работе изменения объёма (при отсутствии других видов работ), а в необратимом процессе – всегда меньше работы изменения объёма.

Поскольку уравнение (7) является наиболее общей записью уравнения ПЗТ, то согласно уравнению (4) в случае протекания любых процессов (обратимых и необратимых) должно выполняться условие равенства внешней работы и работы изменения объема

$$\delta W_{\text{внеш}}^* = p dV \quad (10)$$

Возникающее противоречие в записи уравнений (9) и (10) для необратимых процессов может быть снято путём дополнительного уточнения состава тел, входящих в термодинамическую систему, а также границ такой системы.

В зависимости от выбора границы системы значения внешней теплоты и внешней работы будут различными, а следовательно, и получаемые уравнения будут иметь различный вид. Так, в работе [4] были получены различные уравнения ПЗТ для систем «рабочее тело-поршень-оболочка» и «рабочее тело-оболочка».

В данной работе рассматривается вывод уравнения первого закона термодинамики только для одного рабочего тела (РТ) в цилиндре (изменения энергии хаотического движения микрочастиц рабочего тела относительно их неподвижного центра инерции).

Рассмотрим несколько подробнее вопрос о выборе границы рабочего тела в цилиндре. Границу между термодинамической системой и окружающей средой называют **контрольной поверхностью**. Как отмечается в [5], это условное понятие; лишь в ряде случаев контрольная поверхность может совпадать с некоторой реальной физической поверхностью, например, для газа в цилиндре она совпадает с внутренней поверхностью поршня и цилиндра. Такая контрольная поверхность, выделяющая рабочее тело в цилиндре, на рисунке 1 изображена в виде пунктирной линии.

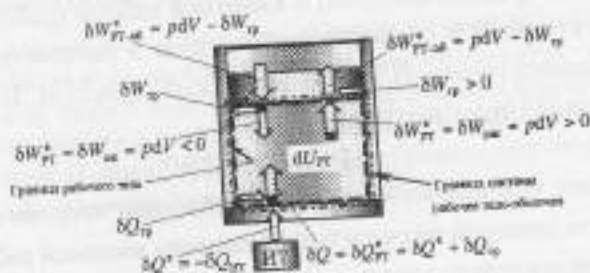


Рис. 1.

При таком выборе границы рабочего тела теплота и работа, определяемые на этой границе, будут внешними для газа в цилиндре. Следовательно, полная теплота, подводимая к рабочему телу от стенок, будет складываться из внешней теплоты δQ^* от источников тепла и теплоты трения δQ_{tr} .

$$\delta Q = \delta Q_{PT}^e = \delta Q^e + \delta Q_{TP}, \quad (11)$$

а внешняя работа, отводимая от рабочего тела к поршню, будет равна работе изменения объёма

$$\delta W^e = \delta W_{PT}^e = p dV \quad (12)$$

С учётом выражений (11) и (12) для полной теплоты и внешней работы рабочего тела уравнение ПЗТ (7) примет вид

$$\delta Q = \delta Q_{PT}^e = \delta Q^e + \delta Q_{TP} = dU + \delta W_{PT}^e = dU + p dV \quad (13)$$

Следовательно, если под теплотой δQ в уравнении (4) понимать полную теплоту, равную сумме внешней теплоты от источников тепла и внутренней теплоты трения, то это уравнение, действительно применимо для реальных процессов, протекающих с трением, и справедливы также соотношения (10) и (12) для внешней работы рабочего тела.

Уравнение ПЗТ для рабочего тела (13) можно получить из более общего уравнения энергии для системы рабочее тело-оболочка [4]

$$\delta Q = \delta Q_{PT-об} = \delta Q_{PT} + \delta Q_{об} = dU_{PT-об} + p dV = dU_{PT} + dU_{об} + p dV, \quad (14)$$

если из него вычесть уравнение энергии для оболочки

$$\delta Q_{об} = dU_{об} = dU_{гильза} + dU_{поршень} + dU_{гильза \times}$$

согласно которому теплота, подводимая к оболочке (гильзе, крышке цилиндра и поршню), идёт на изменение её внутренней энергии,

$$\delta Q = \delta Q_{PT}^e = \delta Q^e + \delta Q_{TP} = dU_{PT} + p dV = dU + \delta W_{PT}^e = dU + \delta W \quad (15)$$

Откуда следует

$$\delta W = \delta W_{PT}^e = p dV \quad (16)$$

Остается открытым вопрос, для какой же системы справедливо неравенство (9). Решить этот вопрос можно лишь в том случае, если границу системы представить в виде тонкого слоя материальной нетеплоёмкой оболочки, охватывающей рабочее тело, и записать общее уравнение ПЗТ (7) для системы рабочее тело-тонкий слой оболочки. Граница такой системы на рисунке 1 изображается штрихпунктирной линией.

Тонкий слой оболочки толщиной, соизмеримой с диаметром молекул стенки, обладает малым запасом ВЭ и поэтому влиянием его на изменение ВЭ системы можно пренебречь. Роль тонкого слоя заключается в преобразовании упорядоченного движения поршня в хаотическое (тепловое) движение молекул этого слоя. В результате такого преобразования **внешняя** (эффективная) работа, отводимая от системы рабочее тело-тонкий слой оболочки (на наружной стороне границы) $\delta W^e = \delta W_{PT-об}^e = \delta W_{в.с.т.}$, получается меньше **внутренней** (индикаторной) работы, совершаемой рабочим телом **внутри системы** PT-оболочка (на внутренней стороне границы) $\delta W^i = \delta W_{в.с.т.} = p dV$, на работу трения поршня (см. рисунок 1)

$$\delta W^c = \delta W_{PT-05}^c = \delta W_{н.с.г} = \delta W_{в.с.г} - \delta W_{тр} = \delta W^i - \delta W_{тр} = pdV - \delta W_{тр}. \quad (17)$$

Уравнение (17) устанавливает связь между эффективной (внешней) работой системы РТ-оболочка и индикаторной (внутренней) работой, совершаемой рабочим телом. Интегрируя уравнение (17) по всем процессам цикла, можно установить связь между эффективной и индикаторной работами в необратимом цикле

$$W_c = W_u^c = W_i - W_{тр.ц} = \int pdV - W_{тр.ц}.$$

Упорядоченное движение поршня, диссипированное в хаотическое движение тонких слоёв поршня и стенки, в результате теплообмена далее отводится к рабочему телу и в окружающую среду. Если стенки адиабатные (например, керамические) или подвод тепла осуществляется с наружной стороны цилиндра (двигатели внешнего сгорания), то всё диссипированное движение (характеризуемое работой трения $dW_{тр}$) возвращается к РТ в виде хаотического движения (характеризуемого теплотой трения $dQ_{тр}$). В результате подвода тепла трения рабочее тело получает на внутренней стороне границы (тонкого слоя оболочки) больше количества тепла

$$\delta Q = \delta Q_{н.с.г} = \delta Q_{рт}^c = \delta Q^c + \delta Q_{тр},$$

чем его подводится с наружной стороны оболочки (границы) от источников тепла

$$\delta Q_{н.с.г} = \delta Q_{PT-05}^c = \delta Q^c. \quad (18)$$

С учётом выражений для внешней работы (17) и внешней теплоты (18) общее уравнение энергии (7) для системы РТ-тонкая нетеплоёмкая оболочка на её наружной стороне примет вид

$$\delta Q^c = \delta Q_{н.с.г} = \delta Q_{PT-05}^c = dU + \delta W^c = dU + \delta W_{PT-05}^c = dU + pdV - \delta W_{тр}. \quad (19)$$

Именно из этого уравнения следует неравенство (9)

$$\delta W^c = \delta W_{н.с.г} = \delta W_{PT-05}^c = \delta W_{необр}^c = pdV - \delta W_{тр} < \delta W_{в.с.г} = \delta W^i = pdV.$$

Внешняя работа, совершаемая на наружной стороне границы системы $\delta W^c = \delta W_{н.с.г}$, и будет **внешней работой**, которую можно полезно использовать при расширении рабочего тела. Как показано в [4], она идёт на изменение механической энергии поршня, на преодоления давления окружающей среды (атмосферы) и на совершение технической (полезной) работы поршня.

Вернёмся к обсуждению вопроса о справедливости записи неравенства (5) для необратимых процессов в виде равенства (6). В соответствии с общим выражением для дифференциала энтропии

$$dS = \delta Q / T = (\delta Q^c + \delta Q_{тр}) / T = (-\delta Q_{нт} + \delta Q_{тр}) / T,$$

где dS – изменение энтропии рабочего тела в цилиндре;

T – температура рабочего тела;

δQ – полная (суммарная) теплота, подведённая к рабочему телу (эффективная теплота на внутренней стороне границы системы);

δQ^e – внешняя теплота (эффективная теплота на наружной стороне границы системы), равная теплоте источника тепла, взятой с обратным знаком, уравнение первого закона термодинамики (4) примет вид

$$\delta Q = \delta Q^e + \delta Q_{тр} = TdS = dU + pdV. \quad (20)$$

Уравнение (20) является аналитическим выражением ПЗТ (а не второго закона термодинамики, как иногда считают) как для РТ в цилиндре, так и для подвижного элемента среды в потоке, в общем случае протекания **реальных процессов с трением** и идеальных процессов без трения. Следовательно, при записи ПЗТ через энтропию (такое уравнение ПЗТ иногда называют **термодинамическим тождеством**) **знак неравенства** в этом уравнении для **необратимых процессов не появляется** (знак неравенства говорит о росте энтропии изолированной системы – именно в этом заключается суть ВЗТ).

Как уже отмечалось, в выражении (5) знак равенства относится к обратимым (идеальным) процессам, а знак неравенства к необратимым процессам с трением, что можно истолковать так:

$$\begin{aligned} TdS_{обр} &= (dU + pdV)_{обр}; \\ TdS_{необр} &> (dU + pdV)_{необр}. \end{aligned} \quad (21)$$

Последнее неравенство вступает в противоречие с равенством (20) для необратимых процессов. Следовательно, неравенство (5) нельзя трактовать в виде (21) и требуется дополнительное пояснение правой части неравенства (5), что часто не делается. Проблема неравенств рассматривается в монографии [6], где в соответствии с сутью ВЗТ неравенство (5) даётся в таком виде:

$$TdS_{необр} > TdS_{обр} = (dU + pdV)_{обр}.$$

В заключение отметим следующее:

1 В общем случае для обратимых и необратимых процессов балансовое уравнение изменения энергии термодинамической системы (ПЗТ) должно записываться в виде (7)

$$\delta Q^e = dU + \delta W^e.$$

2 Уравнение ПЗТ (4) $\delta Q = dU + pdV = dU + \delta W$ справедливо для любых процессов и выводится из уравнения (7) применительно к рабочему телу. Здесь в случае необратимого процесса под теплотой следует понимать полную теплоту $\delta Q = \delta Q^e + \delta Q_{тр}$.

3 Для системы рабочее тело-тонкий слой оболочки уравнение (7) принимает вид

$$\delta Q^e = \delta Q_{рт-об}^e = dU + \delta W_{рт-об}^e = dU + pdV - \delta W_{тр}.$$

Для такой системы внешняя (эффективная) работа в необратимом процессе получается меньше внутренней (индикаторной) работы изменения объёма

$$\delta W^e = \delta W_{рт-об}^e = pdV - \delta W_{тр} < \delta W^i = pdV,$$

что подтверждает справедливость неравенства (9). Именно эту часть работы изменения объёма можно полезно использовать. Поэтому её называют эффективной работой.

4 Уравнение (6)

$$TdS = dU + pdV$$

является аналитическим выражением ПЗТ для рабочего тела при протекании любых процессов (обратимых и необратимых). Его не следует путать с аналитическим выражением ВЗТ для необратимых процессов

$$TdS = TdS_{\text{необр}} > TdS_{\text{обр}} = (dU + pdV)_{\text{обр}}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1 Андриюшенко А. И. Основы технической термодинамики реальных процессов: Учеб. пособие для вузов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1975. – 264 с.: ил.

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

3 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.

4 Рындин В.В. Уравнение первого закона термодинамики для систем рабочее тело-поршень-оболочка и рабочее тело-оболочка //Наука и техника Казахстана. – 2005. – № 1. – С. –

5 Техническая термодинамика: Учеб. для машин. спец. вузов /В. И. Крутов, С. И. Исаев, И. А. Кожинов и др.; Под ред. В. И. Крутова. – 3-е изд. – М.: Высш. шк., 1991. – 384 с.: ил.

6 Рындин В. В. Второе начало термодинамики и его развитие (монография). – Павлодар: ПГУ им. С.Торайгырова, 2002. – 448 с.: ил.

УДК 666.3.015.4:548.517

ANALYSIS OF CRYSTALLIZATION PROCESSES DURING FIRING OF CERAMIC TILE MADE FROM COAL OUTPUT WASTE

V.T. Stanevich, M.K. Kuderin, Sh.K. Torpischev,
Pavlodar State University after S. Toraigyrov

Екібастұз бассейнінің көміралуының қалдық жыныстан тұратын қиыи черепцаның күйдіруі және құрастуы қалыптастыру кезінде құрылымдық құрылыстың сұрақтарына мақала арналған.

Қалдық жыныстың жату тереңдігі мен литологиялық типтерінен байланысуы органикалық тұтқырғыш заттардың кинетикасы күйіп кетуі және балқығыштың өзгеруі туралы жұмыста сұрақтар қарастырылған.

Статья посвящена вопросам структурообразования при формировании, сушке и обжиге керамической черепицы из вскрышных пород угольного Экибастузского бассейна.

В работе рассмотрены вопросы изменения плавкости и кинетики выгорания органических веществ в зависимости от литологических типов и глубины залегания вскрышных пород.

The article is about the problems of structure formation during shaping, during and firing of ceramic tile made from coal mining rock waste in Ekibastuz coal basin.

In this article there are shown the problems of viscosity and kinetics changing in the powder of organic materials in depend on lithological types and depth of coal mining rock placing.

Firing of ceramic tile is a main limit influencing the formation of crystallization structure, physicomachanical qualities and the quality of finished articles.

Coal output wastes according to their mineral composition belong to kaolin-hydromicaceous materials and differ from traditional clays by having organic substance. The processes of phase transformation during firing are mostly studied for the systems on clay basis, and the changes of phase content of coal output wastes at different firing temperatures are not studied well enough.

For the purpose of optimizing the firing regime and studying the process of minerogenesis investigations on defining meltability characteristics were held in conditions of intensive

burning out of organic substances, and also differential-thermal analysis, petrographical, diffract-metrical analyses of the samples fired at different temperatures were made [1].

On heating microscope MHO-2 there are set the temperatures corresponding the deformation of samples, their maximum shrinkage and swelling-up during which the samples make a semi-sphere and turn into liquid-meltable condition.

The analysis of the data acquired shows that the beginning of deformation of samples from "Stepnoi" pit argillites is seen at 1000-1080 °C with increasing of the temperature mentioned from horizon + 150 m to the horizon + 50 m. Deformation of "Maikubenskiy" pit samples from argillites begins at 1050 °C.

The beginning of samples caking is noted at 1240-1250 °C, caking interval made 210-230 °C. According to caking temperature 1240-1250 °C the rocks being studied can be attributed to the group of average-temperature caking. At 1450-1470 °C samples swelling-up is seen. When studying meltability characteristics, softening temperature at which the sample turns into semi-sphere can be considered as an indicator of rock refractoriness, so as samples melting is not performed at this temperature. Argillites belong to the group of high-heat materials with the refractoriness indicator of 1500-1580 °C. The temperature of 1550-1590 °C corresponds to liquid-meltable condition of argillites.

Analyzing meltability characteristics of argillites from "Stepnoi" and "Maikubenskiy" pits it is essential to point out that the most changes in samples structure happen during their thermal processing with temperature interval corresponding the deformation with maximum shrinkage and maximum swelling-up, when caking processes are identical for all the bedding horizons.

On the grounds of above-mentioned it is possible to draw a conclusion about expediency of firing the articles made of argillites at maximum temperature up to 975-1025 °C in conditions of organic substances burning out with minerals formation that encourage ceramic tile formation.

Firing the samples from coal output wastes of optimal fractional composition was performed up to maximum temperature of 950, 975 and 1000 °C with firing interval of 100 degrees/hour and at the time minerals formation processes were studied (table 1).

In the samples fired at temperature of 450 °C quartz, feldspars, ferric oxides and hydroxides and clayey minerals remain unchanged. The samples have black coloring in the middle and dark-red coloring on the edges that is an evidence of organic substance beginning to burn out. Radiograms prove the presence of reflexes of quartz, feldspars and clayey minerals, presented by kaolin, hydromica and montmorillon [2].

When firing at temperature up to 550-800 °C kaolin reflexes disappear from the radiograms that signify clayey minerals dehydration and kaolin turning into metakaolin. Under microscope quartz partial melted granules in samples edge area are seen. Samples get more dense structure in light edge area. In central part samples have dark area with not burnt out organic substance.

At 900 °C firing temperature clayey minerals amorphization takes place and liquid phase appear. On radiograms there are reflexes of quartz, feldspar and hematite.

At 950 °C samples represent a fired tile with burnt out area, but there is a small central area of a dark color with not burnt out organic substance. Quartz and feldspar granules are partial melted. Quartz reflexes ($d/n=0.425; 0.334; 0.228; 0.212$ nm) and feldspar reflexes ($d/n=0.366; 0.181; 0.154$ nm) remain on radiograms. Reflexes of hematite ($d/n=0.27; 0.22$ nm) and crystoballite ($d/n=0.251$ nm) appear.

Rising of the firing temperature up to 975 °C leads to further tile structure tightening, accompanied by liquid phase quantity increase. Total burning out of organic structure takes place and black core disappears. Partial melted granules of quartz and feldspar are seen, mullite crystals are present in light-brown areas. Reflexes of quartz, feldspar, hematite, mullite and crystoballite are recorded on radiograms.

Table 1

Temperature intervals of physicochemical processes taking place while firing the samples from coal output wastes

Main physicochemical changes	Temperature, °C			
	"Stepnoi" pit argillite			"Maikubenskiy" pit argillite
	Horizon +50	Horizon +100	Horizon +150	
Low-temperature water exudation	90-100	90-190	90-200	100-190
Ignition and burning of inflammable substance volatile components	250-380	250-380	270-390	290-400
Average-temperature constitutional water exudation	540-620	480-630	520-630	530-640
Ignition and burning of organic substance	430-700	450-780	450-790	480-800
High-temperature water exudation	760-800	720-810	740-800	670-730
Organic substance burning out	850-950	910-950	920-975	850-950
Liquid phase formation	860	910	930	840
New formations crystallization with the participation of liquid phase	960-990	970-990	980-1000	960-990

When firing the samples at temperature up to 1000 °C clayey minerals full amorphization happens, accompanied by further increase of liquid phase and tile tightening with samples

linear sizes lessening. Samples edge area has light-brown coloring but the middle of a dark color remains not faded. This thing happens because of edge area intensive caking and in the central area organic substance fails to burn out because of limited access of oxygen. Radiograms keep reflexes of quartz, feldspar, hematite, mullite and cristoballite.

Petrographical, diffract-metrical studies of samples from coal output wastes of different bedding horizons showed that beginning with the temperature of 950 °C intensive amorphization of clayey minerals with liquid phase quantity increase takes place. At firing temperature rising up to 975 °C organic substances full burning out and black core disappearance occur. The process of clayey minerals recrystallization comes to its end with new hematite, mullite, cristoballite crystalline phases formation. The appearance of these new formations in the samples structure provides optimal physicomachanical indices of finished articles from coal output wastes.

When heating up the articles up to 700-800 °C due to organic substances burning out the quantity of releasing gaseous components from coal output wastes is 10-15% more than that from clays. At high temperature rising speed in furnace during firing, deformation and considerable changes in tile size take place. Temperature rising speed while firing tiles from coal output wastes should not make more than 100 degrees/hour.

At the stage of caking the articles the speed of firing temperature rising depends on duration of carbon burning out from coal output wastes. For the purpose of defining the maximum temperature and isothermal soaking at maximum temperature there were studied the changes of physicomachanical qualities of ceramic tile made from coal output wastes, fired in three regimes. Maximum firing temperature was changed from 975 °C (the temperature of not full burning out of organic substances) to 975 °C (the temperature of maximum strength of samples and full carbon burning out) and further up to 1000 °C (the temperature of strength decreasing). Isothermal soaking duration at maximum firing temperature was changed from minimal possible one, taking into account temperature gradient by furnace section (2 hours), to maximum one while firing tiles of clay (6 hours).

Formation of crystallization structure of coal output ceramic materials during firing proceeds in conditions of constant changing composition of gaseous medium inside the semi-finished product with organic substances burning out. For figuring out the peculiarities of ceramic tile crystallization structure-formation the kinetics of burning out of organic substance from coal output wastes of different metamorphism stages with 10-15 % content of organic substances was studied.

Duration of carbon burning out process while firing the ceramic materials from coal output wastes increases with the increase of thickness and density of a semi-finished product. That is why for the purpose of studying the kinetics of carbon disks-samples with 15 mm diameter and 10mm depth were used. Fractional composition of coal output wastes corresponded to earlier limited compositions, optimal by structure-mechanical and drying qualities.

Investigation of dependence of carbon burning out speed on samples firing temperature and time was carried out by thermo-gravimetric method on the plant the kind of A.V. Shlykov's construction. For mass-losses excluding at the expense of physicommechanical processes in mineral constituent with liberation of gaseous products and burning out of organic constituent gaseous components, the samples were preliminarily fired in a coal stocking at 800 °C during 5 hours. Calcinated samples were fired at heating speed of 3 degrees/minute with additional air supply into the furnace (0.05 m/sec), continuously recording mass changes.

The results of the experiment demonstrate that the maximum speed of mass-losses begins in the interval from 600 till 700 °C and makes 2-3 % per hour. With the increase of firing temperature up to 1000 °C mass-losses speed reduces to 0.3 % per hour. At such temperature reduction of mass-losses intensity is noted, that can be explained by formation of considerable amount of liquid phase in samples, which changes porosity and hampers diffusion processes. At temperature of 600-700 °C mass-losses are connected with dehydration of clayey minerals, which content is 35-50 %, and with carbon combustion processes.

When firing up to 600-700 °C thermal expansion of samples is noted, at 800°C and more samples tightening is recorded. At temperature of 1000 °C maximum shrinkage of samples from coal output wastes with organic substances content of 10 and 15 % is registered that comprises 3 and 3.8 % accordingly.

With the aim of defining the optimal temperature of carbon full burning out the samples were fired to the maximum temperature of 850, 900, 950, 975 and 1000 °C with soaking during 2 hours. Temperature rising speed in the furnace comprised 100 degrees/hour. The fired samples were visually studied in cross-section. When firing according to regime, accepted for the articles made of traditional clayey raw materials, zoning is formed in the samples (table 2).

In the samples with the organic substances content of 10 %, fired at 850 °C edge light burnt out and central dark not burnt out areas are distinguished. In edge area some not burnt out particles of organic substances are noted. In the samples fired at temperature of 900-975 °C the sizes of black core considerably lessened, light area expands to the center and finish of organic substances burning out process is observed. While isothermal soaking during 2 hours and firing up to 1000°C insignificant samples deformation and black core are noted. As a result of outer layers caking the diffusion of gases to the central part of the samples and organic substances burning out become difficult. In the samples with the content of organic substances of 15 % kinetics of organic substances burning out is identical, but for the argillite of horizon +50 m the temperature interval change of full burning out of organic substances with an insignificant shift to the area of much higher temperatures is a characteristic feature that is supported by the results of meltability characteristics investigations: the beginning

of deformation of samples of argillite of horizon +50 m is observed at 1080 °C, and argillites of +100 m and +150 m horizons from "Maikubenskiy" pit – at 1000-1050 °C.

On the grounds of the carried out investigations on studying the kinetics of organic substances burning out it is possible to draw a conclusion that the most burning out of organics at lessening the black core occurs in the temperature interval of 950-975 °C.

Remanent black core of the samples fired at 950-975 °C does not influence the performance characteristics of the articles. Regularities of strength changes of the samples fired to maximum temperature of 950-1000 °C are studied with their alternate freezing and defrosting.

Table 2

Content of not burnt out organic substances in the samples fired at different temperatures.

Name of the raw material	Firing temperature, °C	Content of not burnt out black core, %
"Stepnoi" pit Argillite Horizon +100 m	950	10-25
	975	0-10
	1000	15-20
"Maikubenskiy" pit Argillite	950	10-25
	975	0-10
	1000	15-20

Note: the content of not burnt out "black" core is given in percents on the area of samples cross-section.

For the samples, fired at 950-975 °C with water saturation their strength reduction for 18-20 % is a characteristic feature. When testing the samples for cold-resistance after 100 cycles of alternate freezing and defrosting strength reduction makes 4-6 %.

The researches on identifying the water-absorption were done, as a result of which it was defined that during firing the samples of argillite with the content of organic substances of 10 % to maximum temperature of 950 °C water-resistant ceramic tile with water-absorption of 8.9-10.5 % is formed, when firing at 975 °C water-absorption makes 7-10 %, the tile is also water-resistant. When rising the temperature of firing to 1000 °C water-absorption decreases to 6.4-8.6 %.

During firing the samples of argillite of +50 m horizon containing 15 % of organic substances a tile with water-absorption of 9.8-13.6 % and insignificant water-resistance when firing up to 950 °C is formed.

So, as a result of carried out investigations the processes of formation of crystallization structure of samples of argillite during their firing are studied, and the kinetics of organic substances burning out for the purpose of thermal processing regimes optimization is investigated [3].

LITERATURE

1. Guide on study and evaluation of passing solid minerals and components at coal field and combustible shales exploration. – Moscow: Nauka, 1987. 65 p.
 2. Methods of mineralogical explorations: Reference book under Editorship of A.N. Ginsburg. – Moscow: Nedra, 1985. – 480 p.
 3. TY (specifications) 21 YCCP (USSR) 463-89 “Ceramic Tile” Specifications. – Standards publishing, 1989. – 12 p.
-
-

УДК 666.972.16 (088.8)

БЕТОН МОЖЕТ ТВЕРДЕТЬ И ПРИ - 37 °С

Торпицев Ш.К. Билалов М.А., Торпицев Ф.Ш.

Жұмыста өндірістік онімнің бірі диметилдиоксанның қысқы бетондау үшін аяға қара тиімділігі мен қосынды сапасының нәтижелері ұсынылады. Оның ішінде диметилдиоксон ректификациясынан триметилкарбинолды фракцияның кубтік қалдығы қарастырылады. Бетон қоспасына қосындының берілуі - 37° С температураға дейінгі бетон беріктігін қамтамасыз етеді.

В работе представлены результаты исследований по использованию в качестве эффективной противоморозной добавки для зимнего бетонирования - побочного продукта производства диметилдиоксана, в частности, триметилкарбинольной фракции кубовых остатков от ректификации диметилдиоксана. Введение добавки в бетонную смесь обеспечивает интенсивный набор прочности бетона при температуре до - 37° С.

The work represents main data span of investigations on using anti-freeze concrete admixtures as the effective agent for winter concreting. The antifreeze agent is a by-product of dimethyl-dioxane particularly trimethylcarbinol fraction of cubic residua resulted by dimethyl-dioxane rectification. The admixture incorporation guarantees intensive concrete strength development up to - 37°С.

Резко возросшие в последние годы темпы строительства инициируют создание принципиально новых технологий производства бетонных работ при низких отрицательных температурах.

Известно, что твердение бетона сопровождается совокупностью чрезвычайно сложных явлений, еще недостаточно изученных и не поддающихся в полной мере управлению путем различных воздействий из-за многообразия активных составляющих исходного вяжущего, сложной системы синтезируемых новообразований, многокомпонентности материала и т.д.

Процессы гидратации зависят от температуры смеси, они интенсифицируются при ее повышении, слабеют при понижении, вследствие чего температурный фактор отнесен к категории наиболее мощных воздействий на процесс твердения минеральных вяжущих веществ.

Известно, что понижение температуры до 0°С резко замедляет процесс твердения бетона. Это особенно заметно в раннем возрасте твердения, так как

уменьшается скорость взаимодействия воды с минералами цемента. Иначе сказывается понижение температуры на формирование структуры бетона: вследствие температурного сжатия составляющих, более полного прохождения процесса седиментации, формируется более плотная структура бетона.

Экспериментально установлено, что гидратация цемента и структурообразование при отрицательных температурах определяются наличием жидкой фазы, частичное или полное замерзание которой приводит к резкому замедлению, либо к полному прекращению гидратации. В тяжелом бетоне, не содержащем противоморозных добавок, основное количество воды переходит в лед при температурах до -5°C (для высоких марок цемента эта температура ниже). Так как и пористость, и удельная поверхность бетона изменяются во времени, то и температура замерзания также непостоянна и во многом определяется этими факторами.

Исследования показали, что основная масса льда образуется при понижении температуры до -5°C , когда льдистость составляет 78% у тяжелого бетона, твердевшего 24 ч в нормальных условиях, и 94% у замороженного сразу после приготовления. Если же прочность бетона к моменту замерзания составляет 50 или 70% от R_{28} , то количество незамерзшей воды резко возрастает, т.е. на льдистость бетона значительное влияние оказывает продолжительность твердения до начала замерзания.

В процессе охлаждения и выделения теплоты при кристаллизации льда происходит переохлаждение воды и изменение объема льда при различных отрицательных температурах.

Структура бетона претерпевает изменения из-за концентрации льда внутри бетона и увеличения объема замерзшей воды на 9%, а также роста кристаллов и линз льда. Увеличение срока выдерживания бетона до замораживания уменьшает его расширение, в меньшей мере нарушается структура, т.е. на эти процессы оказывает влияние начальная прочность бетона.

Водорастворимые химические добавки понижают температуру замерзания жидкой фазы в бетоне, оказывают влияние на растворимость вяжущего и продуктов его гидратации и обеспечивают его гидратацию при температуре до -20°C за счет систематического таяния льда. При введении добавок важен температурный диапазон их применения – назначение предельно низких температур твердения бетона и возможность использования одних и тех же добавок и как ускорителей твердения, и как противоморозных. Так же как и для обычных бетонов, на последующее твердение бетонов с добавками оказывает влияние момент замораживания. Например, при замораживании бетона с добавкой поташа и содо-поташной смеси сразу после изготовления потери прочности составляют до 30% от проектной, и степень нарушения структуры бетона определяется в основном количеством воды и видом цемента.

Авторами получены весьма обнадеживающие результаты при использовании добавки – побочного продукта производства диметилдиоксана, в частности, триметилкарбинольной фракции кубовых остатков от ректификации диметилдиоксана.

Продукт производства диметилдиоксана характеризуется следующим химическим составом, в масс. %:

-триметилкарбинол/трет-бутиловый спирт	73,25
-4,4-диметилдиоксан-1,3	7,20
-метилловый спирт	3,74
-неспредельные спирты (в основном аллиловый)	2,44
-2-метил-3,4-дигидропиран	0,17
-неидентифицируемые соединения	0,22

По характеру воздействия на цементное тесто указанная добавка содержит компоненты:

-не вступающие в реакцию с минералами цемента, но повышающими их растворимость и снижающими температуру замерзания воды;

-активизирующие процессы гидратации вяжущего посредством диспергации его зерен, разрушения силикатной фазы и повышения ее растворимости и снижающие температуру замерзания воды;

-ускоряющие процессы гидратации за счет реакций обмена, которые приводят к образованию гелей гидрооксидов кальция и снижающие температуру замерзания воды;

-способствующие выделению тепла при гидратации и понижающие температуру замерзания воды.

При растворении триметилкарбинольной фракции кубовых остатков от ректификации диметилдиоксана в воде происходит химическое взаимодействие ее частиц с молекулами воды с образованием сольватных оболочек, которые способствуют резкому понижению температуры замерзания воды в порах. Поскольку компоненты добавки длительное время находятся в несвязном состоянии в поровой жидкости, они повышают ионную силу раствора, что значительно ускоряет гидратационные процессы, а вследствие этого и твердение силикатных фаз цемента. Вышеприведенные данные подтверждаются результатами определения удельного тепловыделения цементно-песчаных растворов и контракции бетона в присутствии добавки. В первые сутки твердения она почти вдвое повышает удельное тепловыделение.

Изучение кинетики роста пластической прочности цементно-песчаных растворов с добавками показало, что во всех случаях она характеризуется наличием индукционного периода, после которого наступает интенсивное

структурообразование. Повышение концентрации добавки приводит к сокращению индукционного периода. Полученные данные по кинетике роста пластической прочности хорошо согласуются с результатами определения степени гидратации методом прокаливания и количественным рентгеновским анализом.

Бетонная смесь готовится следующим образом: в бетономешалке перемешиваются отдозированные сухие компоненты смеси (цемент, заполнители), после чего вводится вода затворения, содержащая расчетное количество добавки. Смесь перемешивается в течение 3-4 мин. и укладывается в опалубку.

Составы бетонных смесей с предлагаемой добавкой (с предельным и оптимальным соотношением ингредиентов), прототипа и контрольных (без добавок) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Компоненты	Контрольный состав	Прототип	Предлагаемые составы				
			1	2	3	4	5
Цемент	18,99	18,99	13,43	18,99	18,99	18,99	23,10
Песок	21,97	21,97	25,20	21,97	21,97	21,97	22,28
Щебень	51,65	51,88	54,70	51,15	51,88	50,85	44,73
Добавка 1	-	0,19	-	-	-	-	-
Добавка 2	-	-	1,21	1,71	0,19	2,56	2,08
Вода	ОСТАЛЬНОЕ						

Добавка 1 – эмульсия нефтепродуктов

Добавка 2 – триметилкарбинольная фракция кубовых остатков от ректификации диметилдиоксана

Твердение бетонных смесей осуществлялось без тепловлажностной обработки при температурах $+20^{\circ}\text{C}$, 0°C , а также -5 , -24 , -37°C в многокамерной морозильной установке. Образцы помещались в морозильную камеру непосредственно после формования, распалубливались через 2 сут и оставались твердеть еще на 26 сут. Через 28 сут. твердения и оттаивания при комнатной температуре в течение не менее 12 час. образцы (вместе с остальными, твердевшими при $+20^{\circ}\text{C}$, 0°C) испытывались на прочность при сжатии и водонепроницаемость. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

Составы сырьевых смесей	Температура твердения сырьевых смесей	Снижение водопотребности сырьевых смесей, %	Прочность при сжатии, % от контрольного, в возрасте					
			3 суток	7 суток	14 суток	28 суток		
Контроль-ный	+20	-	62	84	91	100		
	0		6	18	42	62		
	-5		-	2	5	5		
Прототип	-10	3,4	5	22	41	65		
	-25		3	7	12	16		
	-37		1	4	6	7		
Предлагаемые составы	1	-25	13,4	34	-	102	132	
				-37	22	-	38	58
	2	-25	13,5	36	-	106	130	
				-37	25	-	36	56
	3	-10	5,5	37	-	93	113	
				-25	25	-	45	73
				-37	14	-	18	28
	4	-25	16,0	48	-	114	134	
				-37	33	-	52	67
	5	-25	13,6	44	-	106	136	
				-37	31	-	44	59

Как видно из результатов, приведенных в таблице 2., бетонная смесь - прототип не позволяет получить расчетную марочную прочность бетона при твердении ее при температурах ниже 0° С. Введение в бетонную смесь триметилкарбинольной фракции кубовых остатков от ректификации диметилдиоксиана обеспечивает интенсивный набор прочности бетона при температуре до - 37° С.

УДК 666.972.16(088.8)

METHODS OF CONCRETE DURABILITY DEVELOPMENT

SH.K. Torpichshev, F.SH.Torpichshev

Pavlodar State University after named S. Toraygirof

Разработана комплексная химическая добавка для бетонных смесей, позволяющая получать бетоны повышенной прочности и долговечности при относительно высокой подвижности смеси.

Қоспаның жоғары күшті қозғалысы кезіндегі бетонның жоғары беріктігі мен ұзақтығын жасау үшін бетонды қоспаға кешенді химиялық қоспа беру нәтижелері қарастырылды.

The work deals with complex chemical concrete/oriented/aimed admixtures, established to elaborate concretes of high durability and endurance under high concrete mobility.

Periodically, many researchers have been focusing a great deal of attention on the issue of concrete strength development. Moreover the prevailing aim of this very sphere of investigations is considered to be the elaboration of various structure modifying methods, optimum in the way the void space arranged, if possible less expensive than the ones already known.

Authors present the complex chemical admixture due to which concretes of extra high water- and frost resistance, at relatively slump of 10 -12 cm, can be obtained.

The complex concrete-oriented admixture, contains sulfite-leavenous brew, natrium/sodium salt of non-organic acid, and additional emulsified mixture of mineral oils in terms of following masses ratio,%:

sulfite-leavenous brew	13-24;
natrium salt of non-organic acid (sodium nitrite, sodium nitrate, sodium sulphate)	19-29;
emulsified mixture of mineral oils	47-68.

In this very suggested composition of complex admixture, the emulsified admixture of oil minerals is applied to be the plasticizing and air-entertaining agent containing by

weight % synthetic residues of thermal polymerization 90-99, the post proceeding of an acetylation process 1-10.

The contribution of the emulsified oil minerals incorporation to the concrete mix can be explained in focus of various chemical reactions taking their place. Particularly indene, fulvene and stilbene forming the admixture and easily interacting with original portland cement (OPC) hydration products, on their hand form sparingly soluble doubled hydrate salts which exert gas-like H_2 . Fluorene after being oxidized with atmospheric O_2 , transfers to fluorenone or participating in similar displacement reactions, forms resistant compounds generating H_2 respectively. The very hydro-carbon molecules provide concrete mixture with entertaining of non-polar air vials, determine their dispersion and stabilization in the cement paste, for hydrocarbons plus H_2 plasticize the mixture. Having uniformly spread in the concrete mixture and being conventionally isolated (actually air vials are not totally isolated, but less penetrative for water and solutions from without) pores act as peculiar absorbers and contribute the concrete frost-and water-resistance dramatically.

Since the prevailing distinguishing attribute of emulsified hydrocarbon compounds occurs to be their utter molecules' asymmetry, which is balanced to provide their pronounced unwettability, thus chemical adsorption is the first stage only, and can be followed by chemisorptions or chemical reaction in the volume/medium of particles. There is a good reason to believe that admixture declines the interphase energy and facilitates disaggregation (deflocculation) of the particles. At the same time great amount of immobilized water is being disengaged and this very water is to provide the plasticizing effect. Moreover the adsorption layers themselves have capacity for flattening the surface roughness of particles thus declining the mutual friction coefficient. Due to this dramatically decreases the surface tension between mediums of liquid and air thus declining the effect of additional airentertaining.

The following components were used as constituents/source materials for the complex admixture:

sulfite-leavenous brew (SLV), meeting the requirements of Branch Standard -3-183-83, the by-product of sulfite waste liquor processing into nutrient or average yeast;

sodium/sodium salt of non-organic acid represented by one of the following admixtures: sodium chloride [all-Union State standard 13830-84], sodium sulfate [all-Union State standard 4166-66], sodium nitrite [all-Union State standard 4197-74];

emulsified mixture of mineral oils resulted via homogenization of gas-oil-kerosene fraction pyrolysis intermediates, synthesized at $t^{\circ} 670\text{ C}^{\circ}$ over a superheated up to 610°C steam.

To compare the effect of represented and yet known admixtures standard concrete mixes were made with slump of 10 cm. Specimens were tested in terms of/ according to current standards/norms of durability [all-Union State standard 10180-

78], frost resistance [all-Union State standard 10060-87], and water [non-]permeability [all-Union State standard 12730.0-78]

The emulsion is made in a certain amount of mixing water in electric mixers (2000 – 3000 rpm), providing its high dispersity and stability. Sulfite-leavenous brew maintains the function of emulsifier/emulgator. (The) emulsion-mixing water ratio is incorporated to a dry mix of binding material and fillers during the process of concrete mixture elaboration on continuous/non-stoppable mixing for 1.5 -2 minutes.

The suggested issue is supposed to be solved via following solutions represented in Table 1.

Table 1

№	Complex admixture/agent content and admixture-incorporated concrete properties	Suggested contents(ratios)			Prototype
		1	2	3	
1.	- sulfite-leavenous brew (SLV)	13	19	24	61
	- sodium salt of non-organic acid	19	24	29	15
	-sodium salt of oil-sulfite acids	-	-	-	24
	-emulsified mixture of oil products	68	57	47	-
2.	Compressive strength breaking point, MPa				
	-at 28 days of moist curing	37,3	38,6	35,5	34,3
	-at 180 days of moist curing	40,5	41,6	39,8	35,5
	Flexure strength breaking point, MPa				
-at 28 days of moist curing	3,8	3,98	3,76	3,55	
-at 180 days of moist curing	4,3	4,54	3,99	3,69	
3.	Water resistance, MPa	1,4	1,3	1,1	0,7

As it is seen from the Table 1 at 28 days of moist-curing, samples, made of concrete mixes and incorporated with the admixture of suggested content, as a fact reveal the compressive strength 21% higher than of the ones being planned for concretes of this class/type and 9% higher than the prototype. One can see the dynamics of compressive strength development further, at the age of 180 days. The compressive strength development at 180 days of moist curing was about 13%. The frost resistance of concrete incorporated with suggested complex admixture was 19% higher respectively and the water resistance was almost twice more then the ones of prototype.

Concretes incorporated with the suggested admixture can be successfully applied to industrial, civil, hydrotechnical and land-improvement engineering. Moreover they can be used in the following spheres of construction:

- 1) facing the canalization;
- 2) transport engineering;
- 3) establishing the bridge constructions and props;
- 4) monolith and prefabricated/combined tunnels.

Thus such incorporated concretes are to be of a great demand in constructions having high water- and frost-resistance requirements. The very admixture incorporated concrete mixes are of a great plasticity thus capable for being moved via pneumatic pavers and concrete pumps.

УДК 666.972.16(088.8)

КОМПЛЕКСНАЯ МОДИФИЦИРУЮЩАЯ ДОБАВКА ДЛЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Ш.К. Торпицев, Ф.Ш. Торпицев, М.К. Бейсембаев,
А.К. Жетписов

Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова

Бетонға модификациялық қоспалармен кешенді қоспа қосу жолы арқылы эксплуатациялық сапаты, беріктігі мен ұзықтығы және өзіндік құнын төмендету нәтижесі жері ұсынылады. Қоспаның қатуы мен гидратация үрдісіне қоспаның жері етудің механизмі қарастырылады.

Представлены результаты исследований бетонов, модифицированных введением комплексной добавки, позволяющей снизить их себестоимость, улучшить эксплуатационные характеристики и повысить долговечность. Рассмотрен примерный механизм влияния добавки на процессы гидратации и твердения смесей.

The results of examination of concrete modified by a composite agent are represented. The use of the agent provides for decrease of cost price, improvement of field-performance data and longevity. Approximate mechanism of agent's influence on mixture aqutation and curing processes is examined.

Одним из способов улучшения реологических характеристик бетонных смесей и повышения эксплуатационных свойств бетонов для изготовления монолитных и сборных конструкций зданий и сооружений гражданского и промышленного назначения является применение различных химических добавок-модификаторов. Особенно перспективно использование в этом качестве побочных продуктов различных производств, поскольку существенно расширяет сырьевую базу производства этих добавок и открывает возможность снижения его себестоимости.

Комплексные добавки для бетонных смесей, имеющие в своем составе вещества ионогенной природы (содержащие или не содержащие одинаковые с вяжущим ионы) давно известны. Например, введение в бетонную смесь композиции [1], включающей алюминат натрия (40-50 масс.%) и карбонат натрия (50-60 масс.%) обеспечивает достаточно быстрое схватывание при незначительном снижении марочной прочности бетона.

При этом при затворении смеси с добавкой в ней протекает ряд параллельных реакций между гидроксидом кальция, образующимся в процессе гидролиза алитовых и белитовых составляющих цемента, компонентами добавки и продуктами гидратообразования. В частности, происходит относительно быстрое связывание ионов Ca^{+2} за счет образования гидросульфалюмината (эттрингита) и карбоната кальция, что и обуславливает ускоренное твердение бетона.

Однако образование кристаллов эттрингита лимитируется скоростью гидrolитического растворения гипса содержащегося в составе цемента и сопровождается увеличением объема твердой фазы. Поэтому уже в процессе твердения наблюдается микротрещинообразование, снижающее прочность, водонепроницаемость и морозостойкость бетона.

Достаточно хорошо зарекомендовала себя комплексная добавка для бетонов, эксплуатируемых в условиях агрессивных сульфатных сред, включающая золу-унос, карбонат и хлорид натрия, ацетат алюминия и сульфат алюминия при соотношении солей натрия и алюминия 3:1 [2]. Введение ее обеспечивает достаточно высокие темпы набора прочности бетона, особенно в начальные сроки твердения, повышение его сульфатостойкости и водонепроницаемости, уменьшение трещиноватости структуры.

Однако известно, что гидросульфалюминат кальция трехсульфатной формы (ГСАК-3), игольчатые кристаллы которого составляют основу микроармирующего каркаса твердеющего бетона, обладает низкой термической и химической устойчивостью. При изменении температуры ГСАК-3 легко теряет и присоединяет молекулы воды и разлагается в присутствии карбоната и сульфата магния. Последнее приводит к разрушению структуры микроармирующего каркаса, что, в конечном итоге, существенно ухудшает механические и долговечностные характеристики бетона.

Авторами разработан состав комплексной модифицирующей добавки для бетонных смесей, обеспечивающей повышение основных эксплуатационных качеств (прочности, водонепроницаемости и морозостойкости, коррозионной стойкости) бетонов, а также снижение их себестоимости.

В ее состав, включающий нитрат натрия, хлорид и карбид кальция дополнительно введены шлам-осадок производства сульфата алюминия (отход производства АО «Алюминий Казахстана») и гипохлорит кальция – отход хлорного производства (АО «Химпром»). Расход добавки в составе бетонной смеси составляет 2,5 – 4,5% от массы вяжущего.

Водная пульпа гипохлорита кальция, являющаяся отходом хлорного и хлорперерабатывающего производств, получается из электролитического хлора и абгазов хлорпотребляющих переделов путем поглощения его известковым молоком.

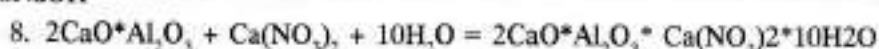
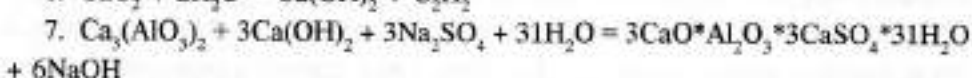
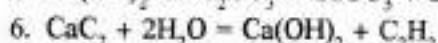
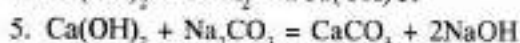
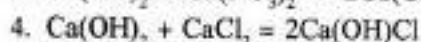
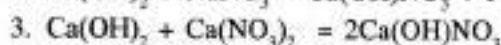
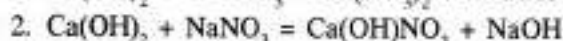
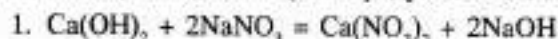
Пульпа гипохлорита кальция содержит, %: гипохлорит кальция - 7-15; гидроксид кальция - 3-5; карбонат кальция - 2-3; полуторные окислы железа и алюминия - 1-3; оксид кремния 1-2; оксид магния - 2-3 и дополнительно до 100% воды. До настоящего времени эти отходы промышленности в производстве строительных материалов не применяли.

Шлам-осадок образуется на предприятиях, перерабатывающих бокситы в глинозем и сульфат алюминия и включает в себя, в масс. %: вода - 18-24; Al_2O_3 - 0,4 - 0,6; Na_2O - 9,4; Na_2CO_3 (карбонаты) - 7-8; Na_2SO_4 (сульфаты) - 1,6 - 1,9; SO_3 - 36,5.

Фазовый состав шлама - осадка: Na_2SO_4 - 70,3%, Na_2CO_3 - 13,3%, вода - остальное.

По внешнему виду он представляет собой сильно увлажненный тонкодисперсный порошок кремового или светло-коричневого цвета с характерным белым налетом после высыхания.

Введение комплексной добавки обуславливает протекание ряда последовательных и параллельных обменных реакций между компонентами добавки и составляющими цемента (или продуктами его гидратации).



Гидроксид кальция при затворении, вступая в обменные реакции с нитратами натрия и кальция (реакция 1,2,3) и хлоридом кальция (реакция 4), образует малорастворимые гидроксосоли в виде игольчатых кристаллов гидроксонитрата и гидроксохлорида.

Таким образом, уже на стадии схватывания смеси формируется первичный армирующий каркас из игольчатых кристаллов гидроксонитрата и гидроксохлорида кальция. В этот же период происходит кристаллизация труднорастворимых двойных солей гидратов сульфалюмината кальция, имеющих вид гексогональных пластинок. Образование их лимитируется скоростью растворения клинкерного алюмината кальция (реакция 7), в связи с чем, ранее сформированный каркас из гидроксосолей обрастает кристаллами этtringита.

Менее растворимый гидрат сульфалюмината кальция в начальной стадии гидратообразования вступает в реакцию присоединения с нитратом кальция с образованием малорастворимых двойных солей гидронитросульфалюмината кальция (реакция 8), кристаллизующихся в виде гексогональных пластинок на первичном каркасе.

Введение карбида кальция обеспечивает постепенное насыщение твердеющей системы ионами кальция (реакция 6). Это способствует образованию гидроксосолей и гидросульфалюмината кальция в условиях, приближенных к равновесным (тогда в кристаллической структуре формируется минимальное количество дефектов). Выделяющийся в реакции газообразный ацетилен, заполняя поры бетона, оказывает значительное сопротивление жидкости, увеличивая водонепроницаемость бетона (эффект Жамена [5]).

Таким образом, в результате эстафетного характера реакций на стадии схватывания бетонной смеси происходит быстрое образование первичного каркаса из игольчатых кристаллов гидроксосолей кальция, обрастающего на стадии созревания и твердения бетона пластинчатыми кристаллами гидрата сульфалюмината, нитроалюмината и гидросиликатов кальция. Полифазный конгломерат труднорастворимых новообразований микроармирует цементный камень, формирует более плотную структуру в поровом пространстве, что повышает плотность и прочность бетона. Кроме того, заявляемая добавка обеспечивает короткие сроки схватывания смеси и высокую сульфатостойкость бетона. Эти эффекты обусловлены теми же причинами, что и в прототипе. Короткие сроки схватывания определяются увеличением скорости гидратации алита и белита вследствие связывания ионов Ca^{2+} . Сульфатостойкость обеспечивается тем, что имеющийся в системе алюминат практически полностью связывается в сульфалюминат в процессе схватывания смеси благодаря хорошей растворимости компонентов добавки, приводящей к образованию сульфалюмината, а также высокой концентрации сульфат-иона. Уже в процессе твердения сульфалюминат не образуется, что исключает возможность трещинообразования.

Каждый компонент комплексной добавки выполняет свою функцию, а количественное соотношение масс в указанных пределах обеспечивает эстафетность взаимодействия одной группы компонентов с другой и с продуктами промежуточных реакций.

Карбонат натрия выполняет роль пластификатора и уплотняющего ускорителя твердения, обеспечивающего прочность бетона. Уменьшение его расхода в составе смеси не позволяет удержать коллоидные фазы цементного геля от раннего структурообразования, а увеличение – вызывает избыточное гелеобразование и удлинение сроков формирования кристаллической фазы цементного камня.

Сульфат натрия выступает как пластификатор высокодисперсных продуктов реакций, обеспечивая однородность свойств и фазовое равновесие полифазного массива бетона. Уменьшение количества компонента не обеспечивает пластифицирующего влияния на бетонную смесь и получаемые структуры отличаются неоднородной плотностью. Повышение расхода добавки недопустимо сдерживает структурообразование, что в результате приводит к получению рыхлых бетонов.

Карбид кальция обеспечивает блокирование пор бетона выделяющимся газом и повышение его влагозащитных характеристик. Уменьшение его количества в составе смеси не позволяет получить максимальный эффект кольматации, а увеличение – вызывает преждевременное высыхание и растрескивание поверхности бетона.

Щелочные соединения в составе шлама-осадка производства сульфата алюминия способствуют резкому увеличению скорости гидролитического разложения клинкерных минералов, в первую очередь трехкальциевого силиката (от чего процесс набора прочности бетона существенно прогрессирует). Гидролиз активных фаз цементного клинкера значительно ускоряется также в присутствии веществ, реагирующих с гидроксидом кальция, выделяющимся при твердении, с образованием труднорастворимых или нерастворимых продуктов. Таким образом, быстрое выведение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из реакции и уменьшение концентрации ионов кальция в растворе, в конечном счете, приводят к существенному уплотнению структуры бетона и повышению его прочности.

Образование двойных солей – гидратов (т.е. более стойких, чем традиционные продукты гидратации цементных минералов, структурных составляющих) также определяет рост морозостойкости получаемого бетона. За счет значительно большей полноты реакций гидратообразования в присутствии электролитов дальнейшая (через 28 сут после пропаривания) гидратация минералов цемента замедляется, что понижает внутренние напряжения в гетерогенной структуре «микробетона» и в местах контакта его с заполнителем. Это также способствует повышению морозостойкости бетонов, содержащих предлагаемую комплексную добавку.

Для реализации предполагаемого изобретения готовилась тяжелая бетонная смесь на гранитном щебне фракции 5 – 20 мм и кварцевом песке с модулем крупности $M_{\text{кр}} = 1,11$ с использованием бездобавочного (без минеральных добавок) портландцемента ПЦ М400 (Д-0) (для чистоты эксперимента). Оптимальный расход комплексной добавки, определенный эмпирически составлял 2,5% от массы цемента. Для сравнения результатов готовились также бетонные смеси без добавок (контрольный состав) и составы аналога и прототипа. Консистенция всех испытываемых смесей характеризовалась $J = 10$ сек.

Приготовление бетонных смесей осуществлялось в следующей последовательности: в смеситель загружались цемент, песок и комплексная добавка и перемешивались в течение 3-4 мин., затем вводился крупный заполнитель при продолжении перемешивания еще в течение 2-3 мин. После этого формовались образцы – кубы 100x100x100мм для определения прочности на сжатие и морозостойкости, образцы – цилиндры диаметром 150 мм и высотой 300мм для определения водонепроницаемости и водопоглощения, образцы гантелевидной формы – для определения проч-

ности на разрыв. Коррозионные испытания проводили на образцах – балках 150x150x500 мм. Твердение образцов осуществлялось в нормальных условиях в течение 7 и 28 суток. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Согласно полученным данным, можно утверждать, что комплексная добавка предложенного состава является высокоэффективным модификатором свойств как бетонной смеси, так и бетона. Так, прочность при сжатии образцов бетонов через 7 суток нормально-влажностного твердения возросла в среднем на 20-34% по сравнению с известными прототипами, морозостойкость – на 76%, водонепроницаемость – на 8 марок.

Добавка позволяет существенно снизить себестоимость бетона, резко повысить эксплуатационные характеристики и долговечность.

№ п/п	Наименование добавки, свойства бетонной смеси и бетона	Предлагаемые остатки				Прогноз	Контроль в май
		1	2	3	4		
1	- нитрат натрия	19	21	22	23	-	-
	- карбонат натрия	-	-	-	-	21	-
	- сульфат натрия	-	-	-	-	-	-
	- шлам-осадок производства сернокислого алюминия	Остатков				-	-
2	- хлорид кальция	2,2	3	3,5	4	-	-
3	- гидроксид кальция	-	-	-	-	-	-
4	- карбид кальция	15	14,3	13,7	13	-	-
5	- хлорид натрия	-	-	-	-	1	-
6	- ацетат алюминия	-	-	-	-	3	-
7	- сульфат алюминия	-	-	-	-	5	-
8	- зола -унос	-	-	-	-	70	-
9	- гидроксид кальция	5	4	3,4	3	-	-
10	Сроки схватывания, мин	11	9	13	16	75	112
	-начало -окончание	27	28	38	49	125	240
11	Водонепроницаемость, атв	15	15	13	10	8	6
12	Предел прочности при сжатии, МПа						
	-через 7 сут. н.в.т. -через 28 суток н.в.т	48,3 58,7	43,6 56,5	40,5 51,3	36,1 41,3	35,8 46,3	31,5 44,3
13	Предел прочности на разрыв, МПа						
	-через 28 суток н.в.т	7,7	7,5	4,4	3,6	2,3	2,1
14	Морозостойкость, циклов	367	320	290	250	200	75
15	Сульфатостойкость, МПа	42	41	38	33	21	15
16	Кислотостойкость, МПа	34	34	24	21	18	11

ЛИТЕРАТУРА

1. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон М., Стройиздат, 1989, с.152-153
 2. Чеховский Ю.В. Понижение проницаемости бетона. - Энергия, 1968, с. 66, 126-129.
-

УДК 666.972.16 (088.8)

БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЕ БЕТОНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Ш.К. Торпищев, М.К. Бейсембаев, А.К. Жетписов,
Ф.Ш. Торпищев

Бетон беріктігімен ұзақтығының жиынтығын қантамасыз етудегі бетон қоспасы үшін кешенді модификациялық қосымша құрамын жасаудың нәтижелері ұсынылады.

Представлены результаты исследований по разработке составов комплексной модифицирующей добавки для бетонных смесей, обеспечивающей ускоренный набор прочности бетонов и повышение их долговечности.

Here given the research results for working out composite modifying agents for concrete mixtures, that provides for rapid durability set and longevity of concretes.

При изготовлении бетонных и железобетонных конструкций одной из вечных проблем является обеспечение ускоренного твердения бетонных смесей и набора прочности бетонов. В последнее время все шире для этого стали использовать эффективные химические добавки-ускорители процессов гидратации цемента. Довольно эффективна для модификации бетонных смесей, например, добавка уксуснокислого кальция, представляющая собой водный раствор состава 1: 4-5. [1]

Однако известно, что быстрый набор прочности негативно отражается на структуре, а следовательно, свойствах бетона (например, водонепроницаемости, морозостойкости). Для нейтрализации указанного действия ускорителей твердения обычно прибегают к пластификации бетонной смеси с помощью добавок (например, молочной сыворотки) [2]. Использование уксуснокислого кальция в отличие от других известных ускорителей твердения позволяет увеличить плотность бетонов и несколько улучшить прочностные характеристики, однако несущественно влияет на показатели долговечности бетонов - водонепроницаемость и морозостойкость. Существенным недостатком пластификаторов, в

частности молочной сыворотки, является сильное замедление твердения бетонных смесей и резкое снижение темпов набора прочности.

Авторами предпринята попытка совместного использования уксуснокислого кальция и молочной сыворотки, которое в известной степени устраняет недостатки их индивидуального применения, а также введения в качестве дополнительного модифицирующего компонента - шлама-осадка производства сернокислого алюминия (побочный продукт глиноземного производства).

Шлам-осадок производства сернокислого алюминия образуется на предприятиях перерабатывающих бокситы в глинозем и сульфат алюминия и включает в себя, в масс. %: вода - 18-24; Al_2O_3 - 0,4 - 0,6; Na_2O - 9,4; Na_2O (карбонаты) - 7-8; Na_2O (сульфаты) - 1,6 - 1,9; SO_3 - 36,5.

Фазовый состав шлама: Na_2SO_4 - 70,3%, Na_2CO_3 - 13,3%, вода - остальное.

По внешнему виду он представляет собой сильно увлажненный тонкодисперсный порошок кремового или светло-коричневого цвета с характерным белым налетом после высыхания.

Сыворотка молочных заводов является побочным продуктом производства и характеризуется следующим составом (%): вода 94,2-93,4; сухое вещество 5,8-6,7 (жиры 0,02-0,4; молочный сахар 4,5-4,9; белок 0,8-1,1; минеральные вещества 0,52-0,6) [3].

Молочную сыворотку, входящую в состав комплексной добавки, можно отнести к классу ионогенных ПАВ, диссоциирующих в воде на поверхностно-активный анион и неактивный катион. Механизм действия ионогенных ПАВ заключается, как известно, в адсорбировании их своими полярными группами на гидрофильных поверхностях зерен цемента, создании мономолекулярных пленок, уменьшающих коэффициент внутреннего трения между зёрнами вяжущего. Пластифицирующий эффект определяется тем, что их молекулы состоят из электростатических зарядов противоположных знаков, которые отталкивают цементные частицы друг от друга, создавая вокруг них водную оболочку и препятствуя тем самым их слипанию. Однако эти же адсорбционно-сольватные слои, обеспечивающие гидродинамическую смазку между частицами цемента, относительно затрудняют доступ воды к минералам цемента, существенно замедляя процессы гидратации и твердения. (что наблюдается при автономном применении молочной сыворотки в процессе приготовления бетонных смесей). Замедление гидратации цемента приводит к снижению прочности цементного камня в начальные сроки твердения. Наряду с этим стабилизирующий эффект добавки молочной сыворотки способствует образованию более мелкодисперсной кристаллической структуры, вследствие чего происходит интенсивное нарастание прочности в более поздние сроки твердения. Существенным

фактором, повышающим прочность бетона в поздние сроки можно считать снижение водопотребности бетонной смеси при введении сыворотки.

Кроме этого, поверхностно-активная составляющая комплексной добавки способствует увеличению морозостойкости бетона в результате:

- повышения содержания воздуха и уменьшения количества, так называемой, свободной воды
- образования тонкопористой и тонкокапиллярной структуры цементного камня и бетона и уменьшения миграции влаги
- адсорбционного модифицирования и образования волокнистой структуры
- увеличения прочности сцепления в контактах между цементным камнем и заполнителем
- увеличения влагоотдачи из бетона

Содержание в составе комплексной добавки компонентов – электролитов позволяет нейтрализовать негативное замедляющее влияние сыворотки на процессы гидратации. Щелочные соединения в составе шлама-осадка производства сульфата алюминия способствуют резкому увеличению скорости гидролитического разложения клинкерных минералов, в первую очередь трехкальциевого силиката (от чего процесс набора прочности бетона существенно прогрессирует). Гидролиз активных фаз цементного клинкера значительно ускоряется также в присутствии веществ, реагирующих с гидроксидом кальция, выделяющимся при твердении, с образованием труднорастворимых или нерастворимых продуктов. Таким образом, быстрое выведение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ из реакции и уменьшение концентрации ионов кальция в растворе, в конечном счете, приводят к существенному уплотнению структуры бетона и повышению его прочности.

Образование двойных солей – гидратов (т.е. более стойких, чем традиционные продукты гидратации цементных минералов, структурных составляющих) также определяет рост морозостойкости получаемого бетона. За счет значительно большей полноты реакций гидратообразования в присутствии электролитов дальнейшая (через 28 сут после пропаривания) гидратация минералов цемента замедляется, что понижает внутренние напряжения в гетерогенной структуре «микробетона» и в местах контакта его с заполнителем. Это также способствует повышению морозостойкости бетонов, содержащих предлагаемую комплексную добавку.

Для реализации предложения готовилась тяжелая бетонная смесь на гранитном щебне фракции 5 – 20 мм и кварцевом песке с модулем крупности $M_{\text{кр}} = 2,31$ с использованием бездобавочного (без минеральных добавок) портландцемента ПЦ М400 (Д-0) (для чистоты эксперимента). Оптимальный расход комплексной, определенный эмпирически составлял 2,5% от массы цемента.

Для сравнения результатов готовились также бетонные смеси без добавок (контрольный состав) и составы аналога и прототипа. Консистенция всех испытываемых смесей характеризовалась ОК= 10 см.

Комплексная добавка готовилась путем введения уксуснокислого кальция и молочной сыворотки в шлам-осадок производства сульфата алюминия с добавлением до 40% расчетного количества воды затворения и подогрева полученной пульпы до температуры не менее 25 °С.

Испытания образцов проводили в соответствии с действующими нормативами по прочности (ГОСТ 10180-78), морозостойкости (ГОСТ 10060-87), водонепроницаемости (ГОСТ 12730.0-78).

Результаты реализации предложенного решения приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование или состав добавки и свойства бетонной смеси бетона, содержащего добавку	Предлагаемые составы			Прото тип	Ана лог	Контрольный
		1	2	3			
1	-уксуснокислый кальций	13	16	19	-	+	-
	-молочная сыворотка	45	38	31	+	-	-
	-шлам-осадок производства сернокислого алюминия	42	46	50	-	-	-
2	Сроки схватывания, мин	63	55	41	122	45	52
	-начало	116	102	93	232	125	106
	-окончание	2370	2345	2337	2110	2148	2130
	Плотность в сухом состоянии, кг/м ³						
Предел прочности при сжатии, МПа	-после пропаривания	24,5	25,6	26,5	20,1	21,5	18,5
	-через 28 сут	28,3	29,5	32,3	23,3	25,3	21,3
3	Водонепроницаемость, МПа	0,8	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4
4	Морозостойкость, циклов	367	320	350	300	230	150

По результатам, приведенным в таблице 1 можно утверждать, что комплексная добавка предложенного состава устраняет недостатки индивидуального применения ее компонентов. Она позволяет уменьшить водопотребность (в среднем на 13,5%) и улучшить удобоукладываемость бетонной смеси, повысить прочность (в среднем на 33% по сравнению с прототипом), плотность (в среднем на 11%), водонепроницаемость (на 26%) и морозостойкость (на 21%). При этом достигается экономия цемента (до 13%) и не требуется изменения технологических параметров приготовления смесей и последующей их тепло-влажностной обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федин Г.П. Разработка и внедрение оптимальных составов бетонных смесей и режима виброобработки изделий с целью повышения качества и экономии цемента. Горький, ГИСИ, 1975, с.7-14
 2. Таубе П.Р. и др. Эффективная добавка для цементных растворов и бетонов. Строительные материалы, №11, 1974, с. 21.
 3. Коваленко М.Н. Переработка побочного молочного сырья. М., «Пищевая промышленность», 1965
-
-

УДК 338.2

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МАЛЫХ ГОРОДОВ КАЗАХСТАНА

Б.К. Шахметов

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

В данной статье определены перспективы развития малых городов, с учетом функций каждого города. Рассмотрены развитие городов промышленного направления, агропромышленного направления, развитие городов других направлений. Представлены приоритетные направления и механизм поддержки малых городов.

Осы мақалада орбір қаланың есепке ала отырып, шағын қалаларды дамыту келешегі анықталған. Өнеркәсіптік бағыттағы, аграрлық өнеркәсіп бағытындағы қалалардың дамуы, басқа бағыттағы қалалардың дамуы қарастырылған. Шағын қалалардың басым бағыттар мен оларды қолдау тетіктері көрсетілген.

The outlooks of the towns development with the registration /unctions of every town are determined in this article. The development of towns of industrial, agroindustrial directions, the development of another directions are considered in it. The main directions and the mechanism of support of towns are presented here.

Политика развития малых городов должна исходить из их типологии, наличия целого ряда городов, связанных однородными функциями, необходимости различных решений для городов разного типа.

При определении перспектив развития малых городов необходимо точно определить функции каждого города, разделив их на внешние, связанные с приоритетами развития всей страны, и внутренние, относящиеся только к данному городу и району. Кроме того, необходимо учитывать изменение значений отдельных градообразующих факторов для развития отдельно взятого города.

Промышленное производство уже не является единственным путем развития малых городов. Есть немало городов, где главную роль играют непромышленные функции - организационно-хозяйственные, торгово-распределительные, социально-культурные, рекреационные, транспортные. Важнейшее направление

развития малых городов -расширение состава функций, что повышает эффективность и устойчивость развития городов.

Одной из основных задач развития малых городов становится территориальная организация социальной инфраструктуры в целях повышения доступности населению основных видов услуг.

При определении перспектив малых городов необходимо учитывать благоприятные для развития и ограничивающие развитие факторы.

На основании анализа социально-экономического положения малых городов, их функциональной структуры к ним можно отнести: наличие или отсутствие в окрестностях городов полезных ископаемых; численность населения и трудовых ресурсов;

транспортное положение города по отношению к железной дороге, трубопроводам, магистральным автодорогам;

ограниченность ресурсов для развития города (территориальных, водных, трудовых и т.д.), загрязнение окружающей среды; техническое состояние городского коммунального хозяйства и жилищного фонда.

Большую функциональную группу образуют города, специализирующиеся на добывающей промышленности. Эти города ориентированы на внешние рынки, зависимы от конъюнктуры мирового рынка. Наиболее перспективные из них по наличию и объемам запасов сырья, емкости рынка, развитости экономической базы и инфраструктуры могут пойти по пути формирования на их основе промышленного узла.

Основные направления развития этой группы городов связаны с проблемой смягчения моноспециализации, дополнения отраслями промышленности другого профиля. Здесь могут быть построены заводы по первичной переработке нефти и газа, подготовке сырья для нефте- и газохимического производства, обогащению металлических руд, переработке отходов основного производства.

В угольных городах, а также в других добывающих городах, где добыча сырья уже неэффективна, целесообразно развивать новые производства, которые компенсировали бы сокращение рабочих мест в основном производстве. Одним из источников средств для переспециализации таких городов могут быть специальные фонды, созданные предприятиями, эксплуатирующими эти месторождения, за счет отчислений в период подъема жизненного цикла.

Повышаются требования современного промышленного производства к технологии, оборудованию, наличию квалифицированной рабочей силы, инфраструктуре. В связи с этим малые города с обрабатывающей промышленностью, как правило, не располагают условиями для организации крупного современного промышленного предприятия. В этих городах могут развиваться небольшие предприятия с высо-

ким уровнем подетальной и технологической специализации, а также филиалы крупных предприятий при наличии хорошей транспортной сети, позволяющей осуществлять эффективные производственные связи с главным предприятием, расположенным в крупном городе. На небольших предприятиях могут производиться стандартизированные узлы и детали, трикотажные и швейные изделия, строительные материалы из местного сырья, товары народного потребления.

В процессе разработки Программ развития малых городов промышленного направления необходимо исходить из Концепции индустриального развития Республики Казахстан.

Наиболее многочисленную группу малых городов составляют города агропромышленного направления, центры сельскохозяйственных районов. Малые города этой группы не имеют объективных условий для ускоренного промышленного развития, они являются местом размещения отраслей местного назначения. Развитие промышленного

производства, направленного вовне, сдерживается неразвитостью сферы переработки сельскохозяйственной продукции.

Районоорганизующая роль этой группы малых городов - объективная реальность, с которой надо считаться. Здесь размещены районные административные, общественные, хозяйственные, социальные учреждения, обслуживающие тяготеющий к данному городу сельский район.

Активизация их экономического развития должна идти по пути укрепления этой роли, то есть расширения сети учреждений и предприятий обслуживания населения и хозяйства, как самих городов, так и тяготеющих к ним сельских районов.

В малых городах - районоорганизующих центрах целесообразно размещать различные отрасли промышленности, перерабатывающие местное сельскохозяйственное сырье (мясная, молочная, плодоовощная, мукомольная и др.), а также предприятия, обслуживающие сельское хозяйство и строительство (по ремонту сельскохозяйственной техники, элеваторы, холодильники, склады и т.д.).

Отставание развития агропромышленных районоорганизующих городов в значительной степени вызвано отставанием сельского хозяйства. Меры, принимаемые по стимулированию развития сельского хозяйства в республике, положительно скажутся на их развитии. В связи с этим, разрабатываемые Программы развития малых городов агропромышленного направления должны быть взаимосвязаны с Государственной агропродовольственной Программой. Малые города - транспортные центры обслуживают преимущественно железнодорожный транспорт. Проблемы этой группы малых городов связаны со снижением интенсивности и изменением направления грузоперевозок, закрытием локомотивных депо, сокращением работающих на транспорте.

В таких городах, в соответствии с мерами по развитию инфраструктуры транспорта, предусмотренными в Стратегическом плане развития Республики Казахстан до 2010 года, целесообразно развивать небольшие мастерские по ремонту подвижного состава, производству запасных частей, сопутствующий сервис, а также градообслуживающие производства и предприятия по переработке сельскохозяйственного сырья.

Малые города - рекреационные центры республиканского значения располагают природными ресурсами, позволяющими предоставлять оздоровительные услуги не только местным жителям, но и всему населению республики. Перспективы развития данной группы малых городов связаны с расширением номенклатуры и улучшением качества услуг. Здесь должны быть реализованы проекты по строительству туристической инфраструктуры.

Перспективы малых городов научно-экспериментального направления зависят от востребованности в обществе и экономике научной продукции, общего повышения уровня инновационной деятельности в стране. Основным направлением развития наукоградов является соединение науки и производства, организация экспериментальных малых предприятий по внедрению научных достижений в производстве.

Для малых городов, потерявших свои прежние функции, актуальным становится поиск новых отраслей специализации при условии наличия соответствующего потенциала, выполнение функций по обслуживанию населения прилегающих районов.

Особо следует рассмотреть перспективы развития малых городов находящихся в зонах экологического бедствия. Невозможность в короткие сроки устранить причины экологического неблагополучия, высокая заболеваемость населения, неэффективность мер текущей социальной поддержки населения диктуют необходимость принятия мер по постепенному переселению населения в районы, благополучные в экологическом отношении.

Разработка механизма поддержки развития малых городов исходит из постулата сохранения и развития малых городов как центров системы расселения, территориальной организации производства и социальной инфраструктуры, необходимости управления процессом развития малых городов.

Решение проблем малых городов во многом зависит от научной разработки и решения более общих вопросов развития и размещения производительных сил и расселения населения, экономики и культуры страны.

Основными приоритетными направлениями инвестирования правительством республики и акимата области являются развитие производственной и социальной инфраструктуры, туризма, а также реализации проектов и программ, направленных на решение республиканских, межрегиональных и регионально-отраслевых проблем.

Инфраструктура в немалой степени обуславливает характер развития, территориальные и отраслевые пропорции размещения производства. Производственная инфраструктура является предпосылкой формирования новых поселений, а также фактором расширения и дальнейшего развития существующих поселений.

Решение ряда проблем малых городов связаны с необходимостью внесения в существующие нормативно-правовые акты изменений и дополнений, предусматривающие:

приведение статуса малых городов в соответствии с требованиями Закона Республики Казахстан «Об административно-территориальном устройстве Республики Казахстан»;

повышение ответственности собственников градообразующих предприятий за дальнейшее развитие малого города в случае ликвидации предприятия, создание альтернативных производств и рабочих мест, взамен выбывающих за счет градообразующего предприятия; внесение изменений в жилищное законодательство в отношении изменения прав собственности на брошенное и длительно пустующее жилье.

Все малые города не могут быть объектами государственной помощи и поддержки. Неизбежно возникает вопрос отбора малых городов, нуждающихся в первоочередной поддержке. Механизм государственной поддержки распространяется только на малые города с депрессивной экономикой, отобранные по объективному, заранее установленным критериям.

Определение критериев отбора и отбор их должно осуществляться Межведомственной комиссией по вопросам региональной политики, утвержденной Постановлением Правительства Республики Казахстан №581 от 28 мая 2002 года.

Для вывода указанных городов из депрессивного состояния по каждому городу должна быть разработана целевая комплексная программа его социально-экономического развития, предусматривающая разносторонние меры поддержки, осуществляемые при помощи центральной и областной властей. Ее разрабатывают и осуществляют все заинтересованные стороны: правительство, акиматы области и города, руководство предприятий. В программе должны быть четко определены ответственность каждого из них и принципы их взаимодействия.

Контуры этих мер по каждой из решаемых задач могут быть следующими:
Задачи модернизации и оздоровления производства

На основе анализа выявляются причины продолжения кризисного состояния, простоя или недостаточно успешного функционирования основных или градообразующих предприятий;

Оцениваются возможности их реанимирования путем привлечения инвестиций или реструктуризации и перепрофилирования с диверсификацией производства или их закрытия;

Разрабатываются меры по развитию новых видов конкурентоспособных производств, соответствующих местным условиям и совпадающих с нуждами развития с условием вывоза выпускаемой продукции за пределы города, а также требующих нетрадиционных технологий и имеющих серьезные рыночные перспективы. При этом главный упор делается на развертывание сети малых и средних предприятий, бизнес единиц.

Определяются возможные рынки сбыта продукции и возможности выхода на эти рынки, оцениваются конкурентоспособность выпускаемой продукции и пути её повышения.

Задача создания новых рабочих мест предусматривает реализацию таких мер, как:

- широкое информирование о потребности работодателей в кадрах, создание единой информационной сети о спросе на рабочую силу и предложений;

- профессиональное консультирование и переобучение высвобождаемых и высвобожденных работников различных категорий;

- развитие и поддержка малого и среднего бизнеса;

- развитие производственной и рыночной инфраструктуры;

- организация общественных работ.

задача развития производственной инфраструктуры предполагает:

- оценку уровня развития железнодорожного, автомобильного и воздушного транспорта;

- оценку стоимости энергии и надежности источников энергоснабжения;

- оценку состояния коммуникационной инфраструктуры;

- разработку и обоснование путей и проектов развития транспорта и коммуникационных инфраструктур, энерго - и водообеспечения города, обеспечивающие доступность к рынкам сбыта продукции и ресурсов, конкурентоспособность продукции и условий жизнеобеспечения населения.

Задача развития производственных и торговых связей с другими регионами республики и соседними государствами предполагает следующие меры:

- разработку и реализацию проектов развития межрегиональных инфраструктурных систем: транспорта, связи, энергетики, водоснабжения, информации и др.;

- поиск и обоснование ускоренного развития конкурентных преимуществ города, особенно в приграничной торговле с регионами соседних государств;

- развитие экономически эффективных и целесообразных, технологически обусловленных производственных связей с предприятиями приграничных регионов соседних стран.

Задача привлечения инвестиций предусматривает:

- создание благоприятного инвестиционного климата в городе: строгое соблю-

дение установленных Законами Республики Казахстан защиты прав собственности и права собственников, защиты интересов и прав инвесторов, отказ от каких-либо форм предела собственности в городе;

обеспечение условий для привлечения ресурсов частных инвесторов (казахстанских и иностранных) к созданию и эксплуатации малых и средних предприятий в городе для развития производства продукции, в которой заинтересовано государство или продукция которых находит спрос за пределами города;

создание условий для привлечения инвестиций других регионов и иностранных инвесторов в развитие инфраструктуры;

создание надежной системы энерго- и водообеспечения, транспортной, коммуникационной и информационной инфраструктуры;

оздоровление экологической обстановки;

продажу земельных участков под строительство предприятий на льготных условиях;

поддержание в городе правопорядка, решительную борьбу с коррупцией, организованной преступностью и другими противозаконными явлениями;

разработку и конкурсный отбор инвестиционных проектов и программ для города.

Задача по социальной защите определенных групп населения предусматривает:

обеспечение мониторинга производств и технологий, видов экономической деятельности, опасных для природной среды и на этой основе прогнозирования, планирования и программирования эколого- и экономической ситуации в малых городах;

подготовки проектных предложений, отбора приоритетных с эколого-экономических позиций проектов технико-технологического обновления промышленности малого города;

развитие инновационной инфраструктуры (технопарков, инновационных центров, технологических бизнес-инкубаторов), обеспечивающих переход промышленных предприятий на производство экологически чистых продуктов, ресурсосберегающие, безотходные технологии;

широкое использование экономических инструментов для предотвращения аварийных, залповых выбросов, сбросов вредных веществ в воздушный и водный бассейны.

Как уже отмечалось, в разработке и осуществлении программ социально-экономического развития малых городов с депрессивной экономикой, направленной на возобновление экономического роста и вывода их из депрессивного состояния, участвуют правительство республики и акиматы областей и городов, предприятия, находящиеся в депрессивных городах.

Финансовая поддержка государства должна осуществляться преимущественно в инвестиционной форме.

За счет бюджетных средств должны инвестироваться проекты, направленные на: обновление основных фондов предприятий, обеспечивающих город теплом; обеспечение населения питьевой водой; развитие инфраструктуры, образования, здравоохранения; охраны окружающей среды; строительство и эксплуатация дорог; софинансирование строительства и модернизации отдельных предприятий с последующим их акционированием и продажей доли участия государства в установленном порядке.

Финансирование инвестиционных проектов, связанных с реальным сектором экономики, должно осуществляться в приоритетном порядке за счет средств ЗАО «Банк развития Казахстана» и ЗАО «Фонд развития малого предпринимательства».

В числе мер поддержки малых городов могут использоваться и такие, как: предоставление налоговых преференций предприятиям для инвестирования производства;

формирование государственных заказов на поставку продукции для общегосударственных нужд;

продажа земли на льготных условиях для застройки предприятий и жилья; выделение субсидий и предоставление гарантий на льготные кредиты.

Кроме того, для осуществления важнейших программ и проектов, направленных на развитие малых городов, могут привлекаться иностранные инвестиции.

Субсидии и гарантии на льготные кредиты, налоговые преференции могут представляться тем, кто будет производить новые виды товаров, требующих нетривиальных технологий, реализуемых преимущественно за пределы города и тем самым создающих дополнительные доходы для города. Под эту поддержку может быть включена и поддержка частных предпринимателей, занятых развитием туризма. Подобные формы поддержки могут быть оказаны и на создание НИОКР, информационных и коммуникационных центров, профессиональную переподготовку и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Концепция региональной политики Республики Казахстан на 2002 - 2006 годы // Постановление Правительства Республики Казахстан от 7 декабря 2001 года № 1598.
2. Концепция развития малых городов // Одобрена Правительством Республики Казахстан от 24 декабря 2002 года.
3. Концепция разграничения полномочий между уровнями государственного управления и совершенствования межбюджетных

отношений // Постановление Правительства Республики Казахстан от 10 февраля 2003 года № 147.

4. Гранберг А., Масакова И., Зайцева Ю. Валовой региональный продукт как индикатор дифференциации экономического развития регионов // Вопросы статистики. - 1988. - № 9.

5. О миграции населения Республики Казахстан: Аналитическая записка от 1 марта 2000 года. - Алматы: Агентство Республики Казахстан по статистике.

6. Краткий статистический справочник. - Алматы: Агентство Республики Казахстан по статистике, 2003. - 104с.

7. Экономическая статистика: Статистический сборник / Под ред. А.А.Смаилова. - Алматы: Агентство Республики Казахстан по статистике, 2002. - 104с.

8. Демографический ежегодник Казахстана 2000: Статистический сборник / Под ред. А.А. Смаилова. - Алматы: Агентство Республики Казахстан по статистике, 2002. - 108с.

9. Краткие итоги переписи населения 1999 года в Республики Казахстан: Статистический сборник / Под ред. А.А. Смаилова. - Алматы: Агентство Республики Казахстан по статистике, 1999. - 211с.

10. Уровень жизни населения. Статистический сборник / Под ред. А.А. Смаилова. - Алматы, 2002. - 268с.

УДК 537.311.33

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕХОДНОГО СЛОЯ ПОЛУПРОВОДНИК- ДИЭЛЕКТРИК

А.Д. Тулегулов, Т.А. Кокетайтеги

Карагандинский государственный университет

им. Е.А. Букетова

Мақалада жартылай өткізгіш-диэлектрик өтпелі қабатының электр физикалық сиппатамалары қорсетілінген. Электр физикалық сиппатамаларын алу үшін қажетті тәжірибелік установкасы қарастырылады. Айтылған установканың блок схемасы келтірілінген.

В работе представлены электрофизические характеристики переходного слоя полупроводник-диэлектрик. Приводится описание установки для исследования электрофизических характеристик. Приведены зависимости температур поверхности столбика и поверхности обрзаца при нагреве тремя различными напряжениями переменного тока частотой 50 Гц.

MDP (the metall-dielectric-semiconductor) of the structure form the base an instrument with chargely by relationship, discovering broad using in microelectronics from element of the memories of the computing machines before photoreceiveres distant IK (infrared) of the range. In spite of reached successes, studies in this area not only do not fade, but on the contrary, increase. Herewith change not only our beliefs about physical proceses "s run" s mechanism in these structure, but also technology of the experiment.

МДП (металл-диэлектрик-полупроводник) структуры составляют основу приборов с зарядовой связью, нашедших широкое применение в микроэлектронике от элементов памяти вычислительных машин до фотоприёмников дальнего ИК (инфракрасного) диапазона [1,2]. Несмотря на достигнутые успехи, исследования в этой области не только не затухают, а наоборот, возрастают. При этом изменяются не только наши представления о механизмах протекания физических процессов в этих структурах, но и техника эксперимента [3,4].

Особый интерес в МДП-структурах представляют электрофизические характеристики переходного слоя полупроводник-диэлектрик. Для получения этих характеристик нами создана установка, которую без труда можно воспроизвести в лабораториях ВУЗов или НИИ. Установка отличается простотой и точностью измерений и состоит из блока электроники и контактного устройства. Блок-схема установки показана на рис. 1.

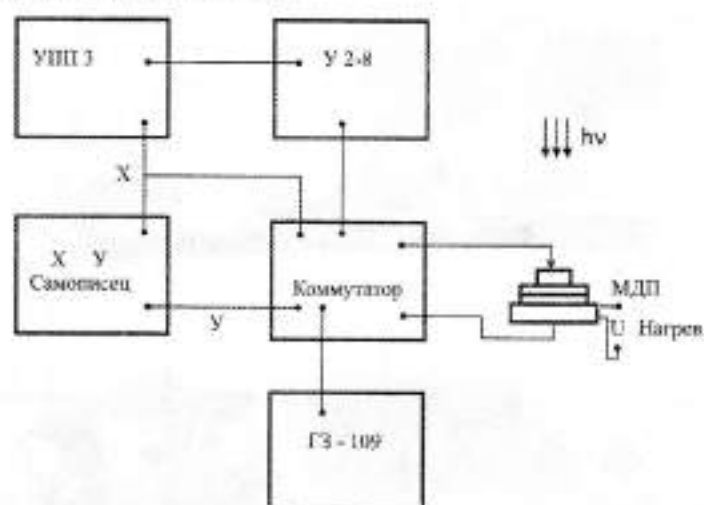
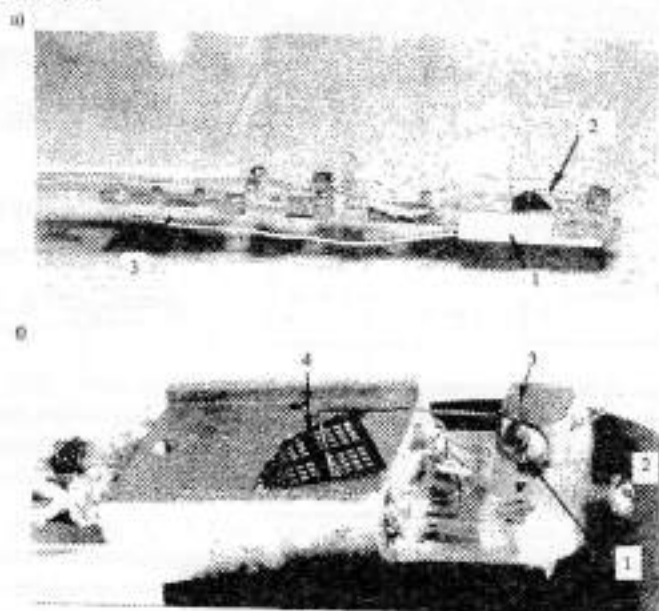


Рис. 1. Блок-схема установки

Рассмотрим более подробно контактное устройство.

Контактное устройство состоит из дюралюминиевого столика и зонда, укрепленных на плане из органического стекла (рис. 2, а). Зонд изготавливается из гитарной струны (ре) и фиксируется на основании из плексигласа (рис. 2, б) с помощью винтов 1 и 2. Возможно перемещение и укрепление зонда так, что он будет касаться любой заданной точки столика. Силу прижима зонда к столику также можно регулировать, перемещая держатель «3» по вертикали (рис. 2, б). Внутри столика высверлены два отверстия диаметром 5 мм с осями, параллельными рабочей поверхности столика. В отверстия вставлены нагревательные элементы, с помощью которых можно нагревать столик. Столик представляет собой следующее: на медный стержень диаметром 1,5 мм намотано 2-3 слоя стеклоткани. Сверху на стеклоткань накручена спираль из нихрома. Затем по обим краям стержней намотано еще 2-3 слоя стеклоткани, для электрической изоляции спирали от столика. Нагрев столика происходит как за счет теплопроводности воздуха в зазоре между спиралью и внутренней поверхностью отверстия в столике, так и непосредственно за счет излучения спирали при нагреве ее электрическим током.

Образец прижимается к столику как зондом, так и специальной пружиной, укрепленной на столике. Столик с образцом погружается с помощью планки в дьюар с жидким азотом, вручную. Температура поверхности столика и внешней поверхности образца, укрепленного на ней, может быть измерена хромель-алюмелевой термопарой, прижимаемой либо к поверхности столика, либо к поверхности образца.



а) 1 – столик, 2 – зонд; 3 – планка из органического стекла;

б) 1, 2 – винты для крепления зонда, 3 – держатель зонда, 4 – пластина InAs с МДП-структурами $0,5 \times 0,5 \text{ мм}^2$

Рис. 2. Контактное устройство

На рис. 3, б приведены зависимости температур поверхности столика (пунктирными линиями) и поверхности образца (сплошной линией) при нагреве тремя различными напряжениями переменного тока частотой 50 Гц. Эксперимент выполняется следующим образом. В начале столик опускается в дьюар с жидким азотом. Через 5-10 секунд температура столика становится равной 77 К. Затем столик вынимается из жидкого азота, оставаясь при этом в дьюаре. Через 5-10 секунд включаются нагревательные элементы столика. Отсчет времени начинается в момент включения тока. Из рисунка 3, б видно, что при всех скоростях нагрева существует заметная разница между температурой поверхности столика и температурой поверхности образца. Эта разница растет с ростом времени нагрева. Связано это с тем, что образец имеет конечную толщину, сравнимую с размерами столика (толщина пластины арсенида индия 0,28 мм, толщина столика - 6 мм).

После включения тока через нагревательный элемент поверхность пластины некоторое время продолжает нагреваться по инерции, как это показано на рис. 3 д.

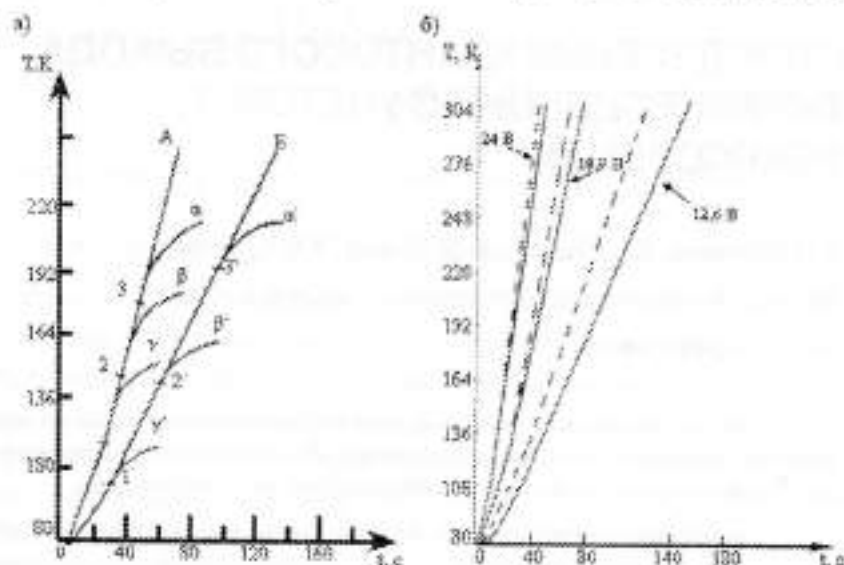


Рис.3. Зависимости температур от времени для разных напряжений

Из рис.3 следует, что при включенных нагревательных элементах можно с хорошей точностью сказать, что пленка диэлектрика на поверхности пластины арсенида индия греется линейно со временем. Продолжает она греться линейно со временем и первые 5-6 секунд после выключения нагревательных приборов. На рис. 3, а показаны графики нагрева элементов напряжением 18,6 В и аналогичные данные при нагреве элементов напряжением 12,6 В (обозначены как б, в, г).

ЛИТЕРАТУРА

1. Караханян Э.Р., Шилин В.А. Динамические интегральные схемы памяти с МДП структурой. М.: Радио и связь, 1984, 246с.
2. Носов Ю.Р., Шилин В.А. Основы физики приборов с зарядовой связью. М.: Наука, 1986, 319 с.
3. Гольдман Е.И., Ждан А.Г., Кухарская Н.Ф. Эффекты нейтрализации ионов у границы раздела полупроводник-диэлектрик при объемно-зарядовой термоде-поляризации МДП структур //ФТП, 1999. Т.33, № 3, 306 с.
4. Колобаев В.В. Возникновение генерационно-рекомбинационной неустойчивости в тонкопленочных структурах //ФТП, 1999. Т.33, № 4, 423 с.

УДК 535.37

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КВАНТОВОГО ВЫХОДА ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ С УЧЕТОМ РЕАБСОРБЦИИ

А.Н.Ещанов, Б.У.Садык, В.М.Юров, Т.А.Кукетаев

*Карагандинский государственный университет**им.Е.А.Букедова*

Реабсорбция является основным фактором, влияющим на квантовый выход люминесценции. В работе описаны методы определения квантового выхода люминесценции с учетом реабсорбции. Разработана методика определения квантового выхода люминесценции люминофоров с учетом реабсорбции. Методика может быть использована при определении абсолютного квантового выхода люминесценции.

Разработана методика определения квантового выхода свечения люминофоров с учетом реабсорбции. Методика может быть использована при определении абсолютного квантового выхода люминесценции.

The technique of definition of a quantum output of a luminescence luminescence with the account of absorption is developed. The technique can be used at definition of an absolute quantum output of a luminescence.

Квантовый выход люминесценции является основной характеристикой, определяющей практическое использование люминофора. Нами разработана методика определения квантового выхода с учетом реабсорбции.

В фотометрический шар, напротив выходного отверстия помещался экран, покрытый окисью магния, чтобы предотвратить попадание на ФЭУ прямых лучей. Стенки шара также были покрыты окисью магния (как известно MgO обладает коэффициентом диффузного отражения, близким к 1 и, практически, независимым от длины волны излучения [1]).

Таким образом, ФЭУ регистрировал интегральную освещенность, устанавливающуюся в фотометрическом шаре после многократного отражения, пропорциональную числу квантов, попавших внутрь шара за единицу времени.

Подобная методика для определения технического выхода люминесценции (т.е. без учета перепоглощения) описана в [2], где квантовый выход определялся из выражения:

$$\eta = \frac{\int I_2^{\text{изл}} d\lambda}{\int I_\lambda^* d\lambda - \int (I_\lambda^{\text{сп}} + I_\lambda^{\text{отп}}) d\lambda}. \quad (1)$$

Здесь интеграл $\int I_\lambda^{\text{изл}} d\lambda$ пропорционален площади под спектральной кривой излучения объекта, $\int I_\lambda^* d\lambda$ - пропорционален площади спектра возбуждающего излучения, который измеряется при отсутствии объекта и $\int (I_\lambda^{\text{сп}} + I_\lambda^{\text{отп}}) d\lambda$ - остаточное излучение возбуждения, не поглощенное образцом.

Для учета реабсорбции нами были проделаны следующие расчеты.

Рассмотрим излучения тонкого слоя dx , расположенного на расстоянии x от одной из поверхности образца (рисунок 1). Вначале определим долю излучения I_0 , поглощенную в этом слое. Учтем, так называемый, эффект внутреннего фильтра [2], т.е. тот факт, что до выделенной области образца I_0 дойдет уже ослабленным в слое x :

$$dI_n = I_0 e^{-\alpha x} (1 - e^{-\alpha dx}), \quad (2)$$

где dI_n - свет, поглощенный в слое dx ;

α - натуральный показатель поглощения.

Применяя разложение экспоненциальной функции $e^{-\alpha dx}$ в ряд и пренебрегая степенными членами, начиная с квадратичного (следствие малости dx), преобразуем предыдущее выражение к следующему виду:

$$dI_n = I_0 \alpha e^{-\alpha x} dx. \quad (3)$$

Интенсивность люминесценции прямо пропорциональна числу поглощенных квантов

$$dI_{\text{изл}} = \eta I_0 \alpha e^{-\alpha x} dx. \quad (4)$$

Исходя из равной вероятности излучения света объектом по всем направлениям пространства, можно предположить, что в левое и в правое полупространства (относительно плоскости, в которой лежит слой dx), излучается одинаковое число квантов. С учетом того, что при выходе из образца люминесценция слоя dx перепоглощается, запишем

$$\begin{aligned} \text{для левого полупространства} \quad dI &= 1/2 dI_{\text{изл}} \cdot e^{-\alpha' x} \\ \text{для правого полупространства} \quad dI &= 1/2 dI_{\text{изл}} \cdot e^{-\alpha'(d-x)} \end{aligned}$$

где α' - натуральный показатель поглощения на длине волны люминесценции.

Тогда суммарная интенсивность излучения, покинувшего образец, равна

$$dI = 1/2 \eta I_0 \cdot \alpha e^{-\alpha x} (e^{-\alpha' x} + e^{-\alpha'(d-x)}) dx. \quad (5)$$

Интегрирование выражения (5) от 0 до d дает значение, пропорциональное регистрируемому сигналу

$$I_{\text{рег}} = 1/2 \eta \alpha I_0 \cdot \left[\frac{1 - e^{-(\alpha + \alpha')d}}{\alpha + \alpha'} + \frac{e^{-\alpha d} - e^{-\alpha' d}}{\alpha - \alpha'} \right], \quad (6)$$

а интегрирование выражения (4) дает величину, пропорциональную числу актов излучения, происходящих в образце за единицу времени, не принимая во внимание эффект переизлучения, учет которого связан с дополнительными трудностями и который не приводит к заметному искажению истинного спектра люминесценции

$$I_{\text{ист}} = \eta I_0 (1 - e^{-\alpha d}). \quad (7)$$

Из сравнения (6) и (7) определяем вид поправки на реабсорбцию

$$\frac{I_{\text{ист}}}{I_{\text{рег}}} = \frac{2(1 - e^{-\alpha d})}{\alpha} \cdot \left[\frac{1 - e^{-(\alpha + \alpha')d}}{\alpha + \alpha'} + \frac{e^{-\alpha d} - e^{-\alpha' d}}{\alpha - \alpha'} \right]^{-1}. \quad (8)$$

Выражением (8) удобно пользоваться при возбуждении люминесценции монохроматическим светом, т.е. когда $\alpha = \text{const}$. Исправление спектра излучения производится в этом случае по точкам для каждого значения λ . В случае широкополосного возбуждения α можно задать для λ , соответствующей положению центра тяжести спектра возбуждающего излучения.

Нетрудно заметить, что поправка на реабсорбцию равна единице в случае $\alpha' = 0$, т.е. в области, где отсутствует перекрытие спектров поглощения и люминесценции исследуемого вещества.

После исправления спектров люминесценции возбуждающего и непоглощенного (остаточного) излучений они переносились на миллиметровую бумагу, вырезались и взвешивались на торсионных весах с точностью до 1 мг ($\sim 0,5\%$).

Квантовый выход определялся как отношение:

$$\eta = \frac{m_{\text{ист}}}{m_{\text{в}} - m_{\text{ост}}}, \quad (9)$$

где m – масса соответствующих спектров, пропорциональная их площади.

Исследовались эпоксиполимеры, окрашенные родамином 6Ж, содержащие ДБФ (1935, 1938) и диалласт (1936, 1937). Кроме того, образцы 1937, 1938 содержали ДГЭКК – диглицидэтиловый эфир камфорной кислоты. Других различий в составе полимеров не было.

Квантовый выход люминесценции измерялся по методике, описанной выше. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ образца	1935	1936	1938	1937
η , %	98	88	72	63

Сопоставление полученных результатов приводит к выводу, что диапласт и ДГЭКК снижают квантовый выход люминесценции красителя. В процессе формирования структуры полимера все посторонние примеси, не включающиеся в полимерную сетку, вытесняются в междуузельное пространство. Если предположить, что молекулы родамина 6Ж не «подшиваются» к полимерной сетке, тогда они должны находиться в окружении модификатора и непрореагировавших исходных продуктов. Принимая во внимание, что спектральные характеристики красителей в большей степени зависят от окружения, становится понятной зависимость выхода люминесценции от типа применяемого модификатора. После выдержки образцов 1935, 1936, 1937, 1938 при 140 °С в течение 6 часов квантовый выход люминесценции не изменился.

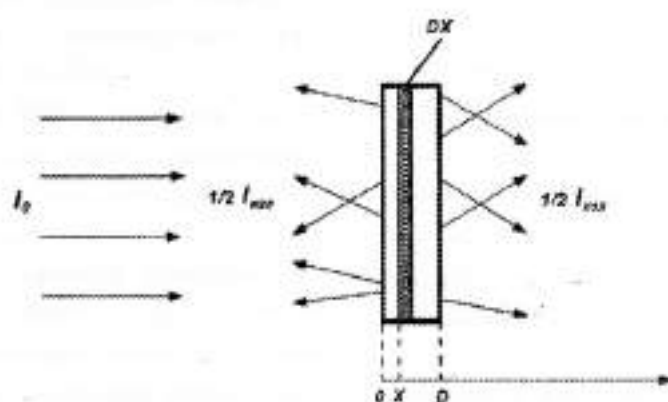


Рис. 1. К расчету поправки на реабсорбцию

Таким образом, оптическая однородность матрицы зависит от типа введенного модификатора. Низкомолекулярные модификаторы, например, ДБФ, повышают структурную и оптическую однородность. Высокомолекулярные (диапласт) – наоборот, снижают. Квантовый выход люминесценции красителей в эпоксиполимерной матрице зависит от ее химического состава. Присутствие в полимере диапласта или ДГЭКК снижает квантовый выход. Отверждение при температурах, меньших температуры стеклования, не изменяет оптических и спектральных характеристик эпоксидных полимеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меланхолин Н.М. Методы исследования оптических свойств кристаллов. М.: Химия, 1970, 150 с.
 2. Эйнштейн М.И. Спектральные измерения в электровакуумной технике. М.: Энергия, 1970, 160 с.
-
-

ИНФОРМАЦИЯ

НАШИ АВТОРЫ

Балтабаев Сунгат – ученик 11 класса школы “Жас дарын”, г.Павлодара.

Бейсембаев М.К. - Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Билалов М.А. - Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

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

Борисенко Александр Васильевич - член-корр. Международной Инженерной академии, руководитель научного проекта ТОО «URECOLOGY».

Гаецкая М.Э. - старший преподаватель, Казахский государственный агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Астана.

Грузин Алексей Васильевич - к.т.н., Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет.

Грузин Владимир Васильевич - заведующий кафедрой информационных систем, д.т.н., Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Ельмуратов Сембай Кайкенович - старший научный сотрудник кафедры промышленного и гражданского строительства, к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Ешанов А.Н. - Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова.

Жетписов А.К. - Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Зайцева Наталья Михайловна - доцент кафедры вычислительной техники и программирования, к.т.н., Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Зайцев Дмитрий Сергеевич – старший преподаватель кафедры информатики, университет «Кайнар».

Сидореня Ю.С. - Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова.

Каракаев Абылхан Космурзаевич - заведующий кафедрой двигателей и организации дорожного движения, д.т.н., профессор, директор научно-практического центра двигателей при Павлодарском государственном университете им. С.Торайгырова.

Кознонов Валерий Александрович - к.т.н., доцент кафедры инженерных систем и геотехнических сооружений, Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Кокетайтеги Темиргали Абилюдинович - д.ф.-м.н., профессор, КГУ им. Е.А.Букетова.

Кудерин Марат Крыкбаевич - директор архитектурно-строительного института, к.т.н., доцент, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Кукетасв Т.А. - Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова.

Кулумбаев Нурбулат Калиевич - инженер кафедры металлургии, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Лозинский Д.М. - Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова.

Оспанова Ж.Н. - доцент кафедры архитектуры, к.т.н., Казахский государственный агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г. Астана.

Пронин Вячеслав Викторович - Магистрант кафедры двигателей и организации дорожного движения Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова, оператор товарный, Павлодарский нефтехимический завод.

Птицына Елена Витальевна - доцент кафедры электроэнергетики, к.т.н., Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Рындин Владимир Витальевич - к.т.н., профессор кафедры двигателей и организации дорожного движения, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Садьк А.Н. - Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова.

Станевич Виктор Талеушевич - к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Инженерные системы и геотехнические сооружения», Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Торпищев Шамиль Камильевич - к.т.н., доцент, кафедры промышленного и гражданского строительства, зам. директора архитектурно-строительного института по НИР и МС Павлодарского государственного университета им. С.Торайгырова.

Торпищев Ф.Ш. - Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Тулегулов Аманос Дабысович - старший преподаватель кафедры физики твердого тела физического факультета, КарГУ им. Е.А.Букетова.

Шахметов Б.К. - Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

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

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнал принимаются рукописи статей по всем направлениям естественных и технических наук в двух экземплярах, набранных на компьютере, напечатанных на одной стороне листа с полуторным межстрочным интервалом, с полями 3 см со всех сторон листа, и дискета со всеми материалами в текстовом редакторе "Word 7.0 ('97, 2000) для Windows" (кегель – 12 пунктов, гарнитура – Times New Roman/KZ Times New Roman).

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

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

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

- УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;

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

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

- аннотация на казахском, русском и английском языках: кегель – 10 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), курсив, отступ слева-справа – 1 см, одинарный межстрочный интервал;

- текст статьи: кегель – 12 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), по-

лудорный межстрочный интервал;

- список использованной литературы (ссылки и примечания в рукописи обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1-84. – например:

ЛИТЕРАТУРА

1. Автор. Название статьи //Название журнала. Год издания. Том (например, Т.26.) – номер (например, № 3.) – страница (например, С. 34. или С.15-24.)

2. Андреева С.А. Название книги. Место издания (например, М.) Издательство (например, Наука), год издания. Общее число страниц в книге (например, 239 с.) или конкретная страница (например, С. 67.)

3. Петров И.И. Название диссертации: дисс. канд. биол. наук. М.: Название института, год. Число страниц.

4. С.Christopoulos, The transmission-Line Modelling (TML) Method, Piscataway, NJ: IEEE Press, 1995.

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

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

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

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

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

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

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

7. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи и дискеты не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

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

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

Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,

«Научный издательский центр ПГУ».

Тел. (3182) 45-11-23, 45-11-43,

факс: (3182) 45-11-23.

E-mail: publish@psu.kz

Подписано в печать 04.08.2004 г.

Формат 297x420/2. Бумага книжно-журнальная.

Объем 6,1 уч.-изд. л. Тираж 300 экз.

Заказ № 0585.

Научный издательский центр

Павлодарского государственного университета

им. С. Торайгырова

637034, г. Павлодар, ул. Ломова 64.