

ISSN 1680-9165

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ.С.ТОРАЙГЫРОВА



1'2006

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА



ҚАЗАҚСТАН
ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

ПТС

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

С. Торайғыров атындағы ПМУ-дің
академик С.Бейсембаев атындағы ҒЫЛЫМИ
КІТАПХАНАСЫ

Ф.К. Бойко, Е.В. Птицына
Электролиз бен доғалы электротехнологиялық
кондырғыларда төсілдерді талдау мен құбылыстарды
басқару құрылғылары.....5

**А.В. Болдашевский, Ш.Б. Қасенова, Ж.К. Тұхметова,
А. Нұхұлы, С.М. Әдекенов, Б.К. Қасенов, А.М. Газалиев,
С.Д. Фазылов**
Анабазиний О,О-диметилгиофосфаттың термодинамикалық
қасиеттілігі.....14

Г.М. Джаманқұлова
Тігін құралдарының топтау мәселесі.....18

А.К. Джаманқұлов, Е.П. Зыкова
Негізгі жіптің тартыту мәселесі.....23

А. Б. Джолдошова
Матаны орау сапасына технологиялық факторлар әсеріне
талдау.....25

А. Джураев, А.Н. Мукимов
Айналу толқындар тербелісінің ережесі.....29

**К.М. Дүйсенов, М.М. Қабдуалиева, И.А. Қасымов,
Н.К. Кеңжекеев**
Бақыланатын кавитация жолымен сұйықты ысыту
күштілігі.....31

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
- Гамарник Г.Н., д.т.н., проф.
- Глазырин А.И., д.т.н., проф.
- Даукеев Г.Ж., к.т.н., проф.
- Ергожин Е.Е., д.х.н., проф., академик НАН РК
- Кислов А.П., к.т.н., доц.
- 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.
- Сапаров К.Т., к.г.н., доц.
- Сагинов А.С., д.т.н., проф., академик НАН РК
- Сулеев Д.К., к.т.н., проф.
- Сейтахметова Г.Н. (*тех. редактор*)

Адрес редакции:
140008, г. Павлодар,
ул. Ломова, 64.
Тел.: (3182) 45-11-43
(3182) 45-38-60
Факс: (3182) 45-11-23
E-mail: publish@psu.kz

№ 1 2006

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

Н.М. Зайцева, Е.А. Шварцкопф

Сыздыжерді өндірістерде шихталарды дайындау
үлгілеріне статистикалық талдауын
зерттеу.....38

С.Н. Кургузова

Трансформалардағы қатысты жоғалымдар пайдалудың
нормативтік мерзімінің өтілуі.....46

В.В. Рындин

Энтропия және ықтималдылық.....51

В.В. Рындин, Д.В. Рындина

Жылу двигателдер пайдалы әсерінің коэффициенттер
жүйелігі.....61

М.К. Садвақасов, К.А. Мұратов

Шұғыл хирургиядағы аппендикулярлы генитальді
синдром.....71

А.К. Танмурзина

Ақсу феррокорытпа зауытында стоматологиялық
қызметтің қазіргі мүмкіндіктері.....74

Ж.А. Темербаева

Білімдік жүйенің жекеше әдістерін есептей отырып
инженерлік графиканы оқыту 77

В.Н. Украинаец, С.Р. Гирнис

Стационарлы қозғалмалы жүктемеде бекітілмеген терең
қуыстың есебі.....82

Біздің авторлар.....87

Адрес редакции:

140008, г. Павлодар,

ул. Ломова, 64.

Тел.: (3182) 45-11-43

(3182) 45-38-60

Факс: (3182) 45-11-23

E-mail: publish@psu.kz

СОДЕРЖАНИЕ

Ф.К. Бойко, Е.В. Птицына

Анализ способов и устройств управления процессами в электролизных и дуговых электротехнологических установках 5

А.В. Болдашевский, Ш.Б. Касенова, Ж.К. Тухметова, А. Нухулы, С.М. Адекенов, Б.К. Касенов, А.М. Газалиев, С.Д. ФазыловТермодинамические свойства анабазиний α -диметилтиофосфата 14**Г.М. Джаманкулова**

К вопросу классификации швейного оборудования 18

А.К. Джаманкулов, Е.П. Зыкова

К вопросу натяжения нити при основании 23

А. Б. Джолдошова

Анализ влияния технологических факторов на качество намотки ткани в рулон 25

А. Джураев, А.Н. Мукимов

Упругая опора для положения колебаний вращающихся валов 29

К.М. Дюсенов, М.М. Кабдуалиева, И.А. Касымов, Н.К. Кенжекеев

Эффект нагревания жидкости путем контролируемой кавитации 31

Н.М. Зайцева, Е.А. Шварцкопф

Исследование статических характеристик модели приготовления шихты в глиноземном производстве 38

С.Н. Кургузова

Об относительных потерях в трансформаторах, нормативный срок эксплуатации которых истек 46

В.В. Рындин

Энтропия и вероятность 51

В.В. Рындин, Д.В. Рындина

Систематизация коэффициентов полезного действия тепловых двигателей 61

М.К. Садуакасов, К.А. Муратов

Апендикулярно-генитальный синдром в неотложной хирургии 71

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

№ 1 2006

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПАВЛОДАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМ. С. ТОРАЙГЫРОВА

А.К. Танмурзина

Современные возможности стоматологической службы на примере Аксуского завода ферросплавов 74

Ж.А. Темербаева

Учитывание индивидуальных методов системы знаний при преподавании инженерной графики

В.Н. Украинец, С.Р. Гирнис

О расчёте заглубленного неподкреплённого тоннеля при действии стационарной подвижной нагрузки 82

Наши авторы 87

Корректоры:

Г.Т. Бжиханова (каз.)

Н.Р. Омаров (рус.)

Компьютерная верстка

М.А. Ескожинова

УДК 621.4

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ В ЭЛЕКТРОЛИЗНЫХ И ДУГОВЫХ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ

Ф.К. Бойко, Е.В. Птицына

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

Мақалада басқарудың қазіргі тәсілдері мен құрылымдарының келшіліктерін талдау негізінде электролиз мен доғалыпештерде балқыту үрдістерін автоматты басқарудың қазіргі жүйелерін жетілдіруге байланысты мәселелер қарастырылады.

В статье рассматриваются вопросы, связанные с усовершенствованием существующих систем автоматического управления процессами электролиза и плавки в дуговых печах, на основе анализа недостатков существующих способов и устройств управления.

The article considers issues connected with the perfection of the existing systems of automatic control over the processes of electrolysis and smelting in arc furnaces on the basis of the existing ways and control devices drawbacks analysis.

Повышение эффективности электролизных и дуговых электротехнологических установок возможно за счет совершенствования электрического режима с использованием тока сложной формы, обуславливающее необходимость разработки новых способов и систем управления процессами электролиза и плавки в дуговых печах, непосредственно связанных с разработкой программно-технических средств, реализующих алгоритмы оптимального управления.

Необходимость управления процессами электролиза и плавки в дуговых плавильных печах обусловлена рядом причин: системы управления ЭТУ обеспечивают оптимизацию параметров. Поскольку для питания ЭТУ применяются различные источники (постоянного тока, переменного синусоидального, ТСФ), поэтому применяемые системы управления электрическими параметрами многообразны и различаются по роду тока, по принципу действия (аналоговые или цифровые), по структуре (с

суммирующим усилителем или с подчиненным регулированием координат) и т.д.

В процессе электролиза продукцию требуемого качества (плотный мелкокристаллический осадок) можно получить только при определенной плотности тока на катоде. Такие процессы, как выгрузка готовой продукции и шунтирование при этом части электролизных ванн серии, изменение напряжения в сети, вывод части ванн серии в ремонт, изменение сопротивления черновых анодов при их растворении приводят к изменению сопротивления электролизной установки, выпрямленного тока и катодной плотности тока. Большинство электролизных ЭТУ оснащены системами автоматической стабилизации выпрямленного тока (САСТ), необходимые для поддержания заданного значения плотности тока в течение всего процесса электролиза или электроэкстракции. В качестве источников питания (ИП) электролизных ЭТУ применяются преобразовательные агрегаты с управляемыми выпрямителями и неуправляемыми с дросселями насыщения. Структурная схема САСТ, используемая в преобразовательных агрегатах с неуправляемыми выпрямителями и дросселями насыщения, приведена на рис. 1.

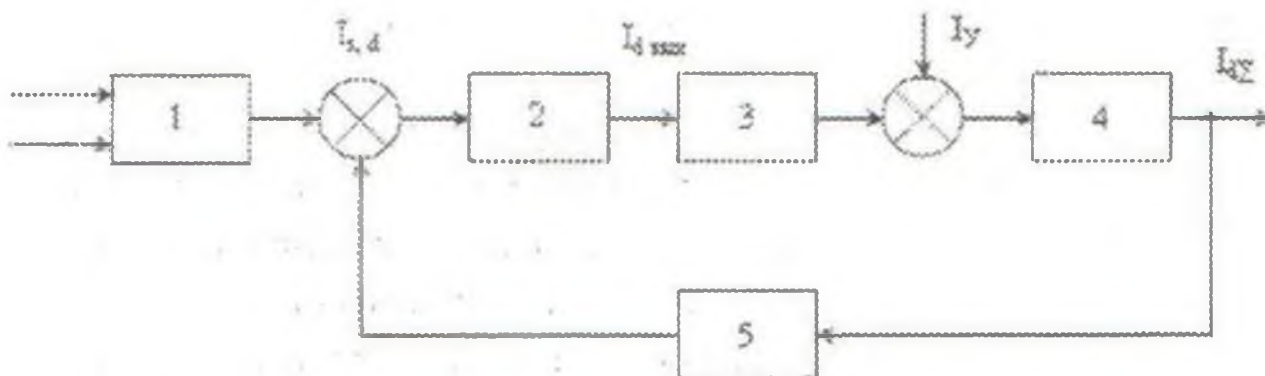


Рис 1 Структурная схема системы автоматической стабилизации выпрямленного тока электролизных ЭТУ

- 1 - задающий элемент,
- 2 - регулятор тока,
- 3 - регулирующий элемент (ДН),
- 4 - объект регулирования,
- 5 - измерительный элемент

В подобных САСТ при появлении сигнала рассогласования на выходе регулятора тока 2 вырабатывается управляющее воздействие, обуславливающее увеличение падения напряжения на рабочей обмотке дросселя насыщения за счет уменьшения тока управления в обмотке подмагничивания, в соответствии с приведенным выражением:

$$I_d = U_d - \frac{E}{R_3} \quad (1)$$

то есть при изменении сопротивления электролизера R_3 для поддержания заданного значения выпрямленного тока I_d изменяют выпрямленное напряжение U_d за счет плавного регулирования падения напряжения в рабочей обмотке дросселя насыщения изменением тока управления. Если источник питания укомплектован управляемыми выпрямителями, то для плавного изменения выпрямленного напряжения регулируют угол открытия тиристорov, например, системой импульсно-фазового управления (СИФУ).

Если диапазон плавного регулирования выпрямленного напряжения исчерпан, то устройством регулирования напряжения под нагрузкой (РПН) силового трансформатора преобразовательного агрегата осуществляется автоматическое ступенчатое регулирование выпрямленного напряжения в сторону увеличения или уменьшения.

Подобные способы регулирования неэффективны в электролизных ЭТУ с криолит-глиноземными расплавами. Такую ванну необходимо балансировать по теплоте в узком интервале температур 950-970°C. Теплота от прохождения постоянного тока через электролит и теплота окисления анода и вторичных реакций должны быть равны теплоте, отдаваемой в окружающую среду. Тепловой баланс, например, самообжигающегося электрода-анода определяет качество анода – его механическую прочность и удельное электрическое сопротивление, и, следовательно, потери электроэнергии в электроде и приэлектродной области. На формирование качественного самообжигающегося анода влияет скорость изменения температуры коксующегося слоя и градиент температуры анода по высоте.

Чтобы поддерживать тепловой баланс электролизеров Q_3 используют комбинированный способ регулирования:

$$Q_3 = I_{d\text{ср}}^2 \cdot R_3 \quad (2)$$

При изменении среднего значения выпрямленного тока серии электролизеров I_d переключают ступени РПН трансформатора преобразовательного агрегата. Диапазон ступенчатого регулирования тока составляет ± 4 кА. Погрешности кон-

трольно-измерительных приборов (измеряющих среднее значение выпрямленного тока) и большой диапазон изменения тока при переключении РПН обуславливает переинтенсификацию процессов в электролизерах: ток на ряде ванн дополнительно увеличивается на 1-2 кА. Это приводит к увеличению числа ванн (до 30%), работающих с повышенной температурой (более 9700С). Это приводит к повышенному износу ванн и увеличению объемов ремонтов.

Для поддержания постоянным теплового баланса ванны при изменении выпрямленного тока необходимо изменять сопротивление электролизеров. Это обеспечивается двумя способами: изменением площади сечения анода (при ремонте ванн); или изменением межплавильного расстояния непосредственно в процессе электролиза. В первом случае, из-за разброса во времени ремонта отдельных ванн и изменении электрических сопротивлений отдельных ее элементов в процессе эксплуатации, невозможно получить одинаковые значения сопротивлений всех электролизеров, даже при одинаковых сечениях анодов. Регулирование межплавильного расстояния является нежелательным, так как при его уменьшении затрудняется удаление анодных газов, ухудшается циркуляция электролита, отмечается усиление взаимодействия анодных газов с алюминием. Это приводит к снижению производительности ванн, повышению удельного расхода электроэнергии, увеличению расхода анодной массы и фтористых солей. Искусственное охлаждение электролита лишь дополнительно увеличивает расход электроэнергии.

Совершенствование систем управления традиционных электролизных ЭТУ связано разработкой новых регуляторов и с заменой аналоговых (непрерывных) систем управления цифровыми (дискретными).

Известно применение адаптивного промышленного АП ПИД регулятора, предназначенного для управления динамическими процессами с изменяющимися параметрами и подверженных воздействию неконтролируемых возмущений. Реализован оптимальный по критерию максимальной степени устойчивости способ регулирования. Автоматическая настройка параметров регуляторов происходит один раз при первом запуске системы управления. Далее регулятор переходит в режим с непрерывной подстройкой параметров пассивно за счет адаптивных свойств регулятора. Способ адаптации основан на использовании линейного динамического преобразования ошибки регулирования и нелинейной статической зависимости выходного регулируемого параметра от управляющего сигнала. За счет непрерывной адаптации система управления обеспечивает устойчивость регулирования во всем диапазоне действующих возмущений. Однако они рекомендуются для задач управления температурой теплового объекта [1, 2].

Использование дискретных систем управления процессами электролиза позволило получить высокие диапазоны регулирования параметров при высокой статической точности 0,001%, которую не дают аналоговые системы управления [3]. Однако добиться существенного снижения удельного расхода электроэнергии и увеличения выхода металла по току при автоматизации управления процессом электролиза на постоянном токе не удалось. Поэтому совершенствование существующих способов и систем управления процессами электролиза является актуальной задачей, не получившей своего окончательного решения.

В отличие от электролизных ЭТУ, технологический процесс в дуговой плавильной печи подразделяется на характерные периоды (расплавление шихты, окисление, рафинирование), а питание от источника синусоидального напряжения промышленной частоты характеризует процесс плавки как быстропротекающий с частыми обрывами дуг и эксплуатационными короткими замыканиями, обусловленных неустойчивостью горения дуг переменного тока и неравномерным распределением мощности по фазам.

Поэтому системы автоматического регулирования дуговых ЭТУ (в частности дуговых сталеплавильных печей (ДСП)) решают сложные задачи: они обеспечивают тепловой баланс печи с учетом износа футеровки и температурного режима; получение металла требуемого качества и химического состава; достижение оптимальных значений продолжительности плавки и удельного расхода электроэнергии; управление значениями вводимой в печь мощности и поддержание ее на оптимальном уровне в разные периоды плавки; осуществление быстрой ликвидации возмущений при обрывах дуг и эксплуатационных коротких замыканиях.

Автоматическая система управления процессом плавки стали в традиционных ДСП содержит: автоматические регуляторы процесса; автоматические регуляторы теплового режима; автоматический регулятор мощности; электропечной трансформатор с устройством автоматического регулирования напряжения.

Особые требования предъявляются к регуляторам мощности ДСП. Для выполнения функций быстрой ликвидации возмущений они должны удовлетворять требованиям чувствительности, быстродействия и устойчивости.

На рис. 2 показана структурная схема автоматической системы регулирования электрических параметров традиционной ДСП.

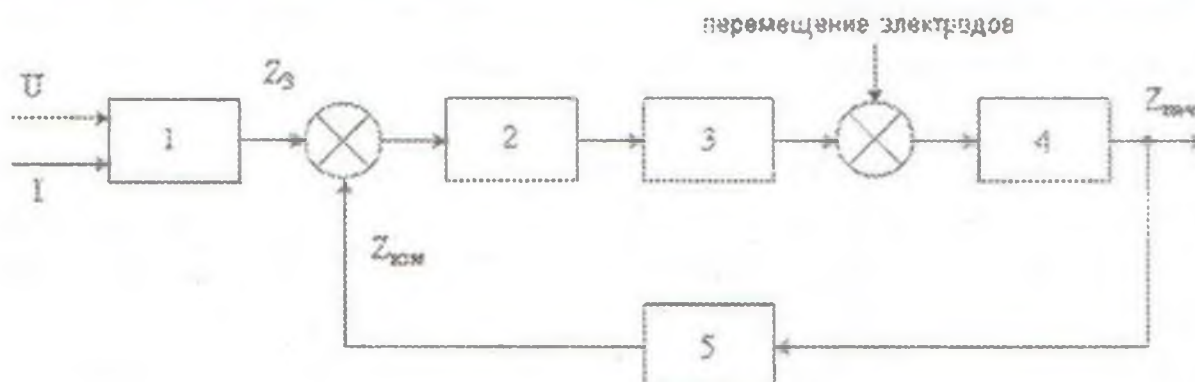


Рис. 2 Упрощенная схема автоматического регулирования мощности ДСП.

- 1-задающий элемент;
- 2-регулятор мощности с усилительным элементом;
- 3-исполнительный механизм (регулирующий элемент);
- 4-объект регулирования;
- 5-измерительный, сравнивающий элемент.

Совмещение всех указанных требований непросто: например, при увеличении быстродействия регулятора снижается его устойчивость. В настоящее время разработаны различные типы и конструкции регуляторов мощности. В традиционных ДСП находятся в эксплуатации электрогидравлические регуляторы дроссельного типа, имеющие зону нечувствительности 3÷6%, и скорость перемещения электродов 4÷6 м/мин. Они оснащены пропорционально интегрально дифференциальными (ПИД) регуляторами, поддерживающими неизменным сопротивление печи, выбранного в качестве параметра регулирования.

В традиционных дуговых сталеплавильных печах реализован комбинированный способ регулирования электрических параметров печи. Автоматическое ступенчатое изменение питающего напряжения устройством РПН (или ПБВ) электропечного трансформатора и плавное изменение сопротивление печи за счет перемещения электродов печи. Применяемые аналоговые системы управления не обеспечивают автономности регулирования мощности по фазам, что приводит к излишним перемещениям электродов, их износу и колебаниям в приводе. В ходе технологического процесса плавления требуется получение информации о характере изменения электроэнергетических параметров, анализ выделения мощности в характерных зонах печи, недоступных для измерения, определение рациональных режимов плавки. Однако практически все разработанные средства автоматизации контролируют только интегральные параметры печи и электродов [4].

Для решения задач управления в ЭТУ внедряют микропроцессорные средства (системы) управления [5, 6]. Они расширяют функциональные возможности систем автоматического управления: облегчают реализацию сложных законов адаптивного и оптимального управления; осуществляют программируемую проверку номинальных режимов работы; контролируют предельные значения сигналов; проводят диагностику и поиск неисправностей; выбирают управляющие алгоритмы (в место жесткой логики в цифровых системах МП СУ реализована гибкая архитектура, обеспечивающая переход с одной программы на другую). В системах управления с управляющими микропроцессорными средствами (МП СУ) появляется возможность реализовать законы управления в виде алгоритмов, которые могут выполняться аппаратными либо программными средствами, обрабатывать дискретные сигналы с помощью АЦП и ЦАП.

В [7] предлагается алгоритмическое и программное обеспечение средств автоматизации, реализующих функции определения внутренних электротехнологических параметров печи с использованием методов идентификации схемных моделей в реальном времени на основе аналого-цифрового преобразования и дискретного преобразования Фурье измеряемых мгновенных значений внешних электрических сигналов тока и напряжения электродов.

Так, в сталеплавильной промышленности с разнообразными условиями работы технологического оборудования разрабатываются интеллектуальные автоматические и автоматизированные системы управления. Для повышения эффективности управления вместо обычных микроконтроллеров используют «интеллектуальные» контроллеры с непосредственным и последовательным управлением: нечеткие контроллеры, нейроконтроллеры, контроллеры мягких вычислений, генетические контроллеры, в которых реализованы интеллектуальные способы управления [8, 9, 10].

Система адаптивного управления ЭТУ имеет заданный критерий качества. Она заставляет работать установку так, чтобы выполнялся экстремум критерия качества, который изменяется в процессе работы установки под воздействием возмущений. В таких системах, как контур регулирования величины тока дуги в ДСП, там, где требуется подстройка выходного значения сигнала регулятора в ходе процесса, предлагается использовать параллельную архитектуру «интеллектуального» управления. В подобной системе управления, кроме «интеллектуального» контроллера используется стандартный контроллер, реализующий ПИД закон регулирования. Такая схема позволяет при изменении технологических условий дополнительно подстраивать выходной сигнал управления. Если в процесс управления включен оператор, который изменяет настройки

ПИД контроллера в целях оптимизации, то рекомендуется схема интеллектуального управления с самонастройкой. Для интеллектуализации задач управления в металлургии предлагаются эффективный способ управления – нейроуправление. Для нейроконтроллеров не требуется большой объем априорной информации. Такие контроллеры пригодны для управления в условиях существенных неопределенностей. Нейроконтроллеры позволяют реализовать все три вида интеллектуального управления: последовательно интеллектуальный способ управления; интеллектуальное управление с самонастройкой; с параллельной архитектурой интеллектуального управления. Применение нейронных сетей ограничивается из-за длительного этапа обучения. Их в основном рекомендуют для управления медленнотекущими процессами в металлургии [10].

Отмеченные выше недостатки способов и систем управления свидетельствуют, что проблема эффективного управления процессом плавки с оптимальными параметрами в ДСП так же не получила окончательного решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шубладзе А.М., Гуляев С.В., Шубладзе А.А. Оптимальные автоматические настраивающиеся общепромышленные регуляторы // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2002.-№-10.
2. Шубладзе А.М., Гуляев С.В., Шубладзе А.А. Адаптивные промышленные ПИД регуляторы // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2003.-№-7.
3. Литовка Ю.В., Елизаров А.М. Система оптимального управления гальваническим процессом хромирования // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика.-2002.-№-5.
4. Свенчанский А.Д., Трейзон З.Л. Автоматизация электротермических установок. М.: Энергия, 1968.
5. Лукошенко А.В. Фомичев А.А. Петрусевич А.А. Компьютерная система автоматизированного контроля электротехнологических процессов в электродуговых печах // Электрометаллургия. 2001.-№-5.
6. Кругляк К. Одноплатные компьютеры для встраиваемых систем // Современные технологии автоматизации. 2003.-№-4.
7. Бармин А. Устройства локальной автоматики. Микроконтроллеры // Современные технологии автоматизации. 2003.-№- 4.
8. Лубенцова Е.В. Синтез адаптивной системы управления технологическим объектом с запаздыванием при неконтролируемых внешних возмущениях // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2003.-№-9.

9. Еременко Ю.И. Об интеллектуализации задач управления металлургическими процессами // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2002.-№ -9.

10. Галушкин А.И. Основы нейроуправления // Нейрокомпьютеры: разработка и применение. 2002.- №-9.

УДК 66-971+547.944/945

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АНАБАЗИНИЙ О,О-ДИМЕТИЛТИОФОСФАТА

А.В. Болдашевский, Ш.Б. Касенова, Ж.К. Тухметова,
А. Нухулы, С.М. Адекенов, Б.К. Касенов, А.М. Газалиев,
С.Д. Фазылов

*Институт фитохимии, г. Караганда,

**Павлодарский университет, г. Павлодар

***Институт органического синтеза и углехимии,
г. Караганда

Динамикалық калориметрия әдісімен тәжірибе жүзінде анабазиннің жаңа туындысы-анабазиний О,О-диметилтиофосфаттың 173-323К температуралар аралығында жылу сыйымдылығы зерттеліп, $C_p(T)$ тәуелділігінің теңдеуі қорытылып шығарылды. Жуықталған әдістермен аталған қосылыстың H_0 жану, $H_{балқу}$, $H_{0298,15}$ мәндері есептелді.

Методом динамической калориметрии исследована теплоемкость нового производного анабазина-анабазиний О,О-диметилтиофосфата в интервале 173-323К и выведено уравнение зависимости $C_p(T)$. Приближенными методами вычислены H_0 сгор, $H_{пл}$, $H_{0298,15}$ данного соединения.

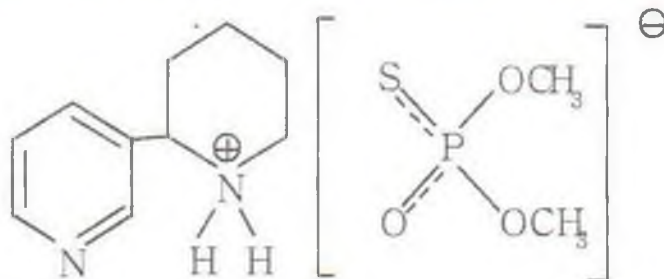
The heating capacity of a new derivative of anabasinine – anabasinium O,O-dimethyl thiophosphate – in the range of 173-323 cal has been investigated by means of dynamic calorimetry method. The dependence equation $C_p(T)$ has been deduced. The $H_{burn}^?$, $H_{melt}^?$, $H_{298,15}^?$ of the given derivative have been calculated by approximate methods.

Алкалоиды привлекают внимание многих химиков-синтетиков как основа для получения разнообразных продуктов, находящих применение в синтезе лекарственных средств.

Анабазин, выделяемый из ежовника безлистного (*Anabasis aphylla*), в настоящее время является самым доступным из числа пиридиновых алкалоидов, а его производные обладают широким спектром биологической активности, ряд которых используются в медицине [1].

Для физико-химического моделирования технологии процесса новых лекарственных препаратов на основе различных производных этого важного в теоретическом и практическом плане алкалоида необходимо знание термохимических и термоди-

намических характеристик. В связи с этим целью данной работы являлось экспериментальное исследование теплоемкости анабазиний О,О-диметилтиофосфата ($C_{12}H_{21}N_2O_3PS$) в интервале температур 173-323К и вычисление его термодинамических свойств, как стандартная энтальпия образования, теплоты сгорания и плавления. Структурная формула исследуемого соединения приведена ниже:



Теплоемкость соединения измеряли на калориметре ИТ-С-400. Измерение удельной теплоемкости согласно техническим характеристикам проводили через 25 К. В качестве хладагента использовали жидкий азот.

Продолжительность измерений с обработкой экспериментальных данных составляла не более 2,5 часа. Предел допускаемой погрешности прибора по паспортным данным 10 %.

Исследуемый образец, на уровне квалификации "х.ч.", синтезированный в Институте органического синтеза и углехимии помещался в металлическую ампулу измерительной ячейки, затем разогревался непрерывно тепловым потоком через тепломер. Через каждые 25К измерялось временное запаздывание температуры ампулы по отношению к температуре основания.

Предварительно проведена градуировка измерителя, заключающаяся в определении тепловой проводимости тепломера Кт [2, 3]. Для этого проводились пять параллельных экспериментов с пустой ампулой и столько же с медным образцом. Аналогично градуировке, для исследуемых соединений при каждой температуре через 25 К проводилось по пять параллельных опытов, полученные результаты усреднялись и обрабатывались методами математической статистики [4].

При каждой измеряемой температуре для усредненных значений удельной теплоемкости рассчитывали среднеквадратичное отклонение σ , а для мольных значений теплоемкости определяли случайную погрешность (δ).

Работа прибора проверена по определению теплоемкости $\alpha-Al_2O_3$: опытное значение $C_{0p}(298,15) - \alpha-Al_2O_3$, равное 76,0 Дж/(моль·К) удовлетворительно согласуется с его рекомендованной величиной 79,0 Дж/(моль·К) [5].

Ниже приведены экспериментальные значения удельной и мольной теплоемкостей соединения.

Экспериментальные значения теплоемкости анабазиний О, О-диметилтиофосфата $C_{12}H_{21}N_2O_3PS$ ($T_{пл} = 1120$ С, М. вес=304,4665)

[C_p , Дж/(г К); C_{op} , Дж/(моль К)]

T, K	$C_p \pm \delta$	$C_{op} \pm \Delta$
173	0,7059±0,0181	215±14
198	0,7949±0,0221	242±16
223	0,8770±0,0256	267±18
248	0,9692±0,0152	295±20
273	1,2719±0,0347	387±26
298,15	1,5270±0,0395	464±31
323	1,6355±0,0292	497±33

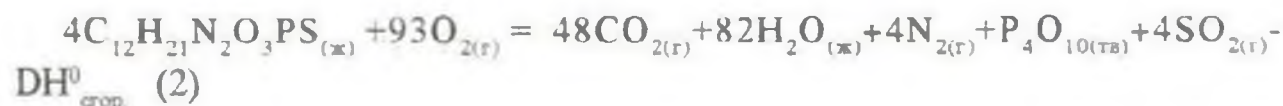
ИЗ ПРИВЕДЕННЫХ ДАННЫХ ТАБЛИЦЫ ВЫВЕДЕНО УРАВНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ТЕПЛОЕМКОСТИ СОЕДИНЕНИЯ, КОТОРОЕ В ИССЛЕДУЕМОМ ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР ОПИСЫВАЕТСЯ СЛЕДУЮЩИМ ПОЛИНОМОМ [Дж/(моль·К)]:

$$C_p^0 = -(599,13 \pm 40,26) + (3161,86 \pm 212,48) \cdot 10^{-3} T + (79,8 \pm 5,36) \cdot 10^{-5} T^2. \quad (1)$$

Для определения погрешностей коэффициентов в уравнениях теплоемкостей использовали величины средних случайных погрешностей для всего температурного диапазона.

Для расчета стандартной энтальпии образования анабазиний О,О-диметилтиофосфата сначала проведена оценка его стандартной теплоты сгорания методами Караша и Фроста [6], как наиболее подходящими для учета вкладов различных групп в теплоту сгорания. Усредненная величина энтальпии сгорания $C_{12}H_{21}N_2O_3PS$ в жидком состоянии по указанным двум методам равна -7493 ± 218 кДж/моль.

Используя усредненное значение энтальпии сгорания на основании цикла Гесса по реакции



вычислили DH_{298}^0 $C_{12}H_{21}N_2O_3PS_{(ж)}$ равную -5106 кДж/моль.

В связи с тем, что данное соединение при 298,15К находится в кристаллическом состоянии, предстояло вычислить его стандартную энтальпию образования в твердом состоянии. Для этого проведена оценка теплоты плавления $C_{12}H_{21}N_2O_3PS$ по уравнению, рекомендованному в [7]:

$$DH_{пл}^0 / T_{пл} = 20,72 \cdot 10^{0,00324} T_{пл}^M \quad (3)$$

Найденная величина $DH_{\text{шт}}^0 \text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_2\text{O}_3\text{PS}$ по уравнению (3) равна 77,32 кДж/моль. Исходя из реакции



вычислена стандартная энтальпия образования кристаллического $\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_2\text{O}_3\text{PS}$, равная -5183 кДж/моль.

Таким образом, впервые методом динамической калориметрии исследована температурная зависимость теплоемкости анабазиний О,О-диметилтиофосфата. Для исследованного соединения в интервале 173-323К выведено уравнение зависимости $C_p^0 \sim \Upsilon(T)$. Впервые с использованием косвенных методов вычислены стандартные энтальпии образования жидкого (расплавленного) и кристаллического анабазиний О,О-диметилтиофосфата, его теплоты сгорания, плавления.

Полученные результаты представляют интерес для физико-химического моделирования технологии процесса получения биологически активных алкалоидов, служат исходными информационными массивами для загрузки в фундаментальные банки данных и справочники физико-химических констант.

ЛИТЕРАТУРА

1. Машковский А.Д. Лекарственные средства.-М.,2000.-Т. 1.-С.130-131.
2. Платунов Е.С. Теплофизические измерения в режиме. М.: Энергия, 1973.-223 с.
3. Техническое описание и инструкции по эксплуатации ИТ-С-400.
4. Спиридонов В.П., Лопаткин А.А. Математическая обработка экспериментальных данных.-М.: МГУ, 1970.-221 с.
5. Robie R.A., Hewingway B.S., Fisher J.K. Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298,15 and (105) Pressure and Higher Temperatures.-Washington, 1978.-P. 456.
6. Казанская А.С., Скобло В.А. Расчеты химических равновесий.-М.: Высшая школа, 1974.-288 с.
7. Викторов В.В. Методы вычисления физико-химических величин и прикладные расчеты.-М.: Химия, 1977.-360 с.
8. Рябин В.А., Остроумов М. А., Свит Т.Ф. Термодинамические свойства веществ. Справочник.-Л.: Химия, 1977.-329 с.

УДК 677.05

К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ ШВЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Г.М. Джаманкулова

*Кыргызский государственный технический университет
им. Исхака Раззакова*

Tigін қуралдарының жіктелуін зерттеуде жүйелі әдістемені қолдану мәселесі қарастырылады.

Рассматривается вопрос применения системного подхода к изучению классификации швейного оборудования.

The issue of applying systemic approach to the study of sewing equipment classification is considered.

Введение. Удовлетворение потребностей населения в разнообразной модной одежде требует мобильных методов её изготовления, что в значительной мере зависит от швейного оборудования.

Промышленные швейные машины конструктивно различаются между собой не только по назначению или виду выполняемой технологической операции, но и по виду материалов, для обработки которых они предназначены, по типу стежка, числу игл и ниток, расстояниями между иглами, способу продвижения прошиваемого материала, а также по конструкции рукавов, платформ, промышленных столов, приводов и органов управления.

Стремительный рост объема патентной и научно-технической информации, используемой в технических и конструкторских разработках, позволил создать большой парк швейного оборудования.

Цель исследования. Применение системного подхода к изучению классификации швейного оборудования.

Методы исследования. В настоящее время более 100 фирм мира выпускают современные высокоскоростные промышленные и бытовые швейные машины. Количество видов промышленных швейных машин, полуавтоматов и автоматов исчисляется тысячами.

Машиностроительные заводы только лишь в странах СНГ выпускают более 108 различных моделей швейных машин, не считая их модификаций.

В этой связи была первая попытка автором работы [1] подразделить швейные машины на следующие типы, т.е. дает конструктивно-технологическую классификацию швейных машин:

1. Универсальные, выполняющие большое количество операций (одноигольные стачивающие 97-А, 597, 697 кл. и др.);

2. Специализированные, предназначенные для выполнения одной или нескольких операций (двухигольные 252, 24 кл. и др., машины зигзагообразной строчки 26, 25, 75 и др., потайной строчки СМ-1, 761, 85 кл. и др., с регулируемой посадкой 206, 202 и т.п., вышивальные машины ВМ-50 и т.д.);

3. Машины полуавтоматического действия для пришивания пуговиц (27, 27-Б, 53, 727, 1095, 1595 и др.), для обметывания петель (25-А, 225, 525 кл ПМЗ, 01179 фирмы "Минерва", ПМ-1 завода легмаш (Ростов-на-Дону), 62761 фирмы "Панония", а также закрепочный полуавтомат 220 кл., короткошовный полуавтомат 229 кл. завода легмаш (Орша) и др.;

4. Машины поузловой обработки полуавтоматического действия: для обработки бортов женских пальто и костюмов 260 ПМЗ, для обработки бортов мужских пальто и костюмов-360 кл. ПМЗ, для обработки прорезных карманов- 596 кл. завода легмаш Орша и др.

Швейные машины различают по конструктивному признаку, по технологическим возможностям, по области применения, в зависимости от обрабатываемых изделий и т.п. И по каждому признаку у разных авторов существует своя классификация машин [1,2,3], четко отражающая указанные выше признаки. Разрозненность информации не позволяет одновременно охватить все характерные признаки швейных машин.

В зависимости от приведенных ранее классификаций швейных машин, попытаемся предложить системный подход к рассмотрению вопроса классификации швейных машин в виде структурной схемы представленной на рис. 1.

Данная схема разбита на пять уровней. I...У уровни отражают конструктивные характеристики швейных машин, зависящие от способов соединения и вида обрабатываемого материала, существенно влияющих на конструкцию машин. Так машины У уровня, в зависимости от их конструктивного различия, имеют различные технологические возможности, например, машины с рукавом обрабатывают детали цилиндрической формы, а колонковые машины стачивают объемные детали. VI...VII уровни – показывают классификацию по технологическому признаку. При этом, машины VII уровня относятся к специализированным машинам, предназначенные только для обработки определенных видов изделий. В свою очередь, уровни II...У применимы к VI уровню, т.е.

классификация швейных машин по технологическому признаку может быть разбита по конструктивному признаку применительно для каждого вида объекта обработки внутри каждого уровня.

Такой системный подход позволяет на одной схеме охватить весь парк швейного оборудования в зависимости от различных конструктивных, технологических и других признаков.

Использование данной классификации позволит быстро ориентироваться во всем ассортименте швейных машин, что особенно актуально при создании швейных производств, цехов и потоков, которые в зависимости от вида объекта обработки (например, легкий ассортимент, верхняя одежда или обувь), применяют различные машины.

При изучении же конструкции швейных машин пользуются различными схемами: Конструктивно-кинематическую схему целесообразно применять для изображения отдельных механизмов при иллюстрациях их описаний, например, в руководстве по эксплуатации швейной машины [4].

При проектировании швейной машины рекомендуется составлять несколько пространственных кинематических схем, включающих различные механизмы, а затем сравнивать их между собой, выбирая наиболее оптимальный и экономичный вариант. На рис.2 в качестве примера показана пространственная кинематическая схема швейной машины 97-А кл. Указанная схема более наглядна и удобна при определении реакций в кинематических парах групп.



Рис. 1

Пространственная кинематическая схема швейной машины 97-А кл.

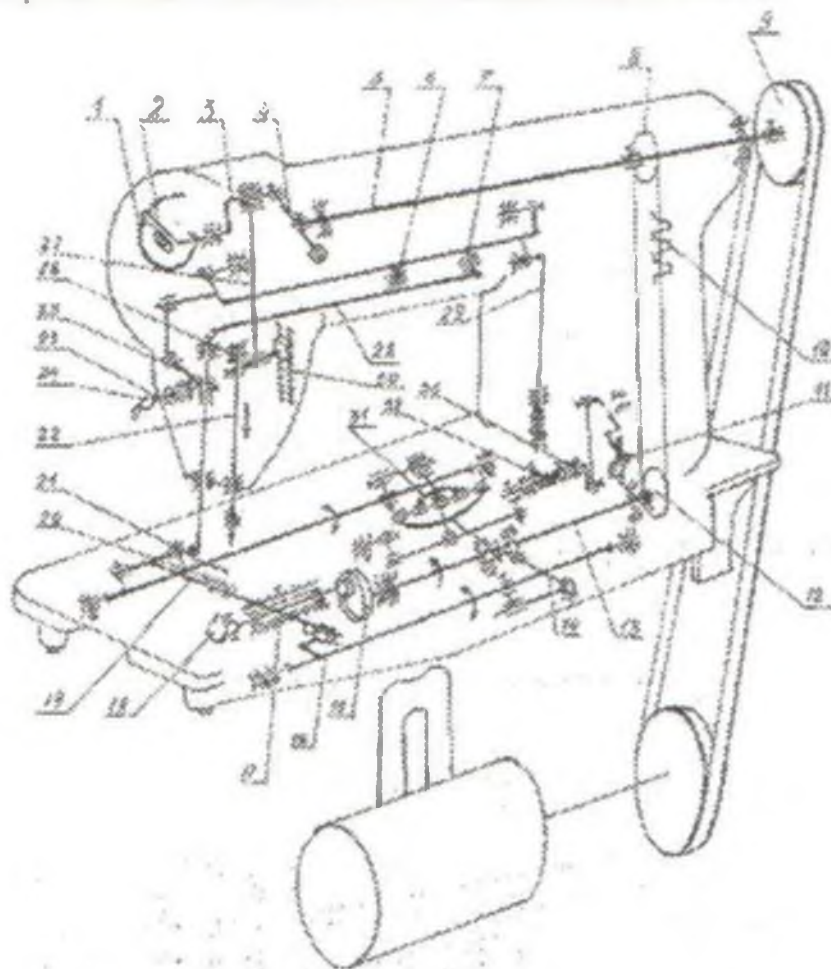


Рис.2

1-интегризатор; 2-держатель; 3-палец; 4,14-кривошип; 5,13,17,19,33-валы;
6-регулятор; 7,25-винты; 8,12-барабан; 9-маховое; 10-ремень; 11-рукоятка;
15-шестерня; 16-штулка; 18-челюк; 20-двигатель ткани; 21-лапка; 22-игловодитель;
23-ось; 24-рычаг; 26-поводок; 27, 31-звенья; 28,32-пружины; 29-тяги; 30-скоба; 34-ролик.

Вывод: Предлагается системный подход, который позволяет на одной схеме охватить весь парк швейного оборудования в зависимости от различных конструктивных и технологических признаков и метод пространственного оформления кинематической схемы швейной машины 97-А кл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Русаков С.И. Направление развития и совершенствования швейных машин // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. -1967. №6, с.81; №4, - с.100.
2. Гарбарук В.Н. Расчет и конструирование основных механизмов челночных швейных машин. - Л.: Машиностроение, 1977. -232с.
3. Скирута М.А., Комиссаров О.Ю. Инженерное творчество в легкой промышленности. - М.: Легпромбытиздат, 1990, -184с.
4. Маракушев Е.А., Русаков С.И., Эпель С.С. Машины швейного производства. Конструкция, расчет и основы проектирования. - Киев: Техника,1967. -322с.

УДК 677.024

К ВОПРОСУ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ ПРИ ОСНОВАНИИ

А.К. Джаманкулов, Е.П. Зыкова

*Кыргызский государственный технический университет
им. Исхака Раззакова*

*Жипти тарту негізін мата сапасында бейнелену мәселеси
қарастырылады.*

*Рассматривается вопрос натяжения нити при их основании которое
отражается на качестве ткани.*

*The issue of thread tension by thread basis, which influences fabric qual-
ity, is considered*

Как известно, натяжение нитей при основании имеет очень большое значение для последующих технологических процессов ткачества и в значительной степени определяет качество ткани. Непостоянное натяжение одновременно снующихся нитей сохраняется при намотке ткацкого навоя, является одной из причин различного натяжения нитей на ткацком станке и отражается на качестве ткани.

Натяжение нитей в процессе сновки складывается из следующих факторов: 1. В зоне сматывания нить получает начальное натяжение, которое в дальнейшем, по мере прохождения нитью натяжного прибора и различных направляющих, увеличивается. 2. Из-за натяжения в самих намоточных устройствах сновальных машин.

Величина начального натяжения нити в зоне сматывания определяется следующими факторами: сцеплением определяемых витков пряжи, трением о намотку сматываемых витков пряжи, действием центробежной силы, сопротивлением воздуха и т.д. Кроме вышеуказанных факторов имеется еще один – влияние на натяжение стросения намотки, формы и величины диаметров по всей высоте бобины.

Величина натяжения нити в процессе намотки, хранения, транспортировки при погрузке и разгрузке мотальной бобины искажается, в частности, бобины

на цилиндрическом патроне не будут иметь строго цилиндрическую форму, а в некоторых сечениях будут принимать эллиптическую (овальную) форму, т.к. в настоящее время бобины транспортируются в полиэтиленовых мешках, либо в картонных коробках.

Для конических бобин также, по указанной выше причине, не будет иметь место форма строго усеченного конуса. В конической бобине по образующей усеченного конуса наблюдаются бугристости намотки мотальной бобины.

Вышеуказанные дефекты бобин являются результатом неэффективной транспортировки их при погрузке и разгрузке.

По данным В.А. Блюера, причинами обрывности при сновании хлопчатобумажной пряжи являются [1] пороки намотки бобин (44 %).

В заключение необходимо отметить, что до сих пор еще не создана простая и надежная тара для транспортировки бобин, где бы бобины размещались без соприкосновения и по образующим, и по торцам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеев В.А., Арефьев Г.И., Волков П.В. Ткачество. – М.: Легкая индустрия, 1970.-с.127
-

УДК 677.02

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА КАЧЕСТВО НАМОТКИ ТКАНИ В РУЛОН

А.Б. Джолдошова

*Кыргызский государственный технический университет
им. И. Раззакова*

*Матаны орау сапасына технологиялык факторлардын эсері
зерттелді.*

*Исследуются влияние технологических факторов на качество намотки
ткани в рулон.*

*The effect of processing factors on the quality of fabric reeling into a roll
is investigated.*

В подготовительном производстве питание машин для промера и разбраковки тканей осуществляется из рулонов.

При измерении линейных размеров кусков ткани существует контактный и бесконтактный метод.

При контактном методе тяговое усилие прилагается непосредственно к полотну ткани, при бесконтактном – тяговое усилие прилагается не к ткани, а к рабочему органу (транспортёру), на котором полотно удерживается за счет сил трения, сцепления и т. д.

Возможные дефекты и, как следствие, погрешности, возникающие при измерении ткани контактными и бесконтактными способами, изучены в работе [1].

Как в браковочно-промерочных машинах, так и при измерении линейных размеров ткани на трехметровых механизированных столах измерительные операции выполняются при неустановившемся режиме и пульсирующем натяжении ткани. Пульсирующее натяжение ткани в браковочно-промерочных машинах обуславливается некоторыми особенностями технологического процесса. Особенно это сказывается в тех машинах, где отсутствует механизм для принудительной размотки ткани из рулона и ткань с рулона сразу поступает в зону контроля.

Неравномерное сматывание (разматывание) и намотка ткани в рулон нежелательны, так как в дальнейшем сказывается на качестве материалов (складки, сборки), на их линейных размерах, т.е. длина куска ткани после промера и далее на этапах хранения, раскроя, пошива будет неодинаковой.

При неравномерности размотки возможны дефекты: слабая или слишком тугая намотка, нецилиндричность рулонов, наличие спадающих витков по торцам рулона.

При слабой намотке рулон легко деформируется в процессе хранения, теряет форму цилиндра. У слабонамотанного рулона легко смешаются слои ткани по отношению друг к другу, образуются конусные рулоны. При последующей размотке слабонамотанный рулон вращается неравномерно с толчками, что вызывает изменение натяжения ткани.

Тугая намотка вызывает остаточные деформации. При хранении тяжелой шерстяной ткани в тугосвернутых рулонах изменение их длины может происходить до 1,5 % от установленной при первичном контроле. Растяжение ткани при намотке в рулон вызывает последующую ее релаксацию в свободном состоянии. Релаксация ткани может происходить как в настиле, крае, так и в изделии. В зависимости от плотности намотки ткани в рулон, в последнем создаются условия для возникновения в ткани или остаточных деформаций удлинения, или усадки ее в процессе хранения в намотанном состоянии.

Для определения факторов, влияющих на плотность намотки ткани в рулон при различных условиях наматывания, были проведены специальные исследования. При этом, исследовалось влияние на плотность намотки ткани в рулон натяжения ткани, поступающей на намотку, линейного давления рулона на намоточные барабаны и некоторых конструктивных особенностей намоточных устройств.

Исследование способа намотки ткани в рулон на одном или двух барабанах показывает, что плотность намотки зависит от линейного давления в месте контакта рулона с барабанами, натяжения ткани, физико-механических свойств ткани и конструктивных особенностей наматывающих устройств (соотношение диаметра намоточных барабанов и наматываемого рулона ткани, расстояние между ними, состояние их поверхности и т. д.).

Опыты подтвердили, что плотность намотки ткани в рулон определяется как линейным давлением, так и натяжением ткани до намоточных барабанов.

С увеличением линейного давления и натяжения ткани плотность намотки в рулоне возрастает. В зависимости от соотношения между собой величин предварительного натяжения наматываемой ткани и линейного давления рулона на наматываемые барабаны, влияние указанных технологических факторов на плотность намотки изменяется. С увеличением линейного давления рулона на намоточные барабаны вли-

яние предварительного натяжения ткани на плотность намотки уменьшается.

Предварительное натяжение намотанной ткани оказывает незначительное влияние на плотность намотки. Плотность намотки ткани в рулон на данных механизмах определяется линейным давлением в зоне контакта рулона с намоточным барабаном. Натяжение ткани в рулоне создается, главным образом, за счет линейного давления.

Изменение линейных размеров ткани после хранения в рулонах оказывает существенное влияние на плотность и качество выполнения ряда операций подготовительно-раскройного производства.

Разница в окружных скоростях намоточных барабанов оказывает некоторое влияние на качество намотки.

Усилие прижатия P рулона ткани к намоточным барабанам зависит не только от веса рулона, но и от угла захвата, последний оказывает влияние на качество намотки ткани в рулон.

В первоначальной стадии, когда наматываемый рулон имеет небольшой диаметр и лежит во впадине между намоточными барабанами, имеет место заклинивающий эффект. Он ослабляется по мере увеличения диаметра рулона, оказывает положительное влияние на формирование центральной части рулона.

Поверхность намоточных барабанов оказывает существенное влияние на качество намотки ткани. При использовании барабанов, имеющих на своей поверхности спирально расположенные канавки, снижается скольжение рулона при намотке, улучшается ее качество, полотно ткани наматывается без складок и морщин.

Режим работы намоточных устройств необходимо выбирать с таким расчетом, чтобы влияние деформации ткани, смотанной в рулон, было минимальным.

Таблица 1

Факторы, влияющие на возникновение дефектов

№	Факторы	Возможные технологические дефекты
1	Неравномерное сматывание	Складки, сборки, несоответствие длины первоначальной
2	Слабая намотка	Нецилиндричность формы рулона, смещение слоев ткани относительно друг друга, сборки
3	Тугая намотка	Возникновение пластических составляющих остаточных деформаций
4	Усилие прижатия рулона ткани к намоточным барабанам	Нарушение плотности намотки, возникновение пластических составляющих остаточных деформаций
5	Поверхность барабанов	Складки, морщины, нецилиндричность формы рулона

Изучение причин, вызывающих погрешности в измерении длины куска, показало, что на погрешность измерения будут оказывать влияние следующие факторы:

метод измерения и конструктивные особенности машины;
физико-механические свойства ткани.

Погрешности, обусловленные физико-механическими свойствами ткани, включают погрешности:

А) от удлинения ткани в процессе ее измерения;

Б) от колебания ширины ткани в зависимости от артикула;

В) от вида поверхности ткани;

Г) от жесткости;

Д) от отклонения атмосферных условий в помещении от нормальных температуры (20°C) и влажности ($65 \pm 2\%$).

Анализ погрешностей измерения длины ткани показал, наиболее существенным фактором, влияющим на точность измерения, является ее удлинение при действии на нее растягивающих нагрузок в процессе измерения. Этот фактор как главный должен быть учтен при определении наиболее рационального способа измерения длины ткани и принципиальной схемы машины.

Сравнивая способы и средства, применяемые для контроля ткани, Е.П.Брылиной сделан вывод о том, что для обеспечения точности определения линейных размеров ткани в соответствии с требованиями стандарта целесообразно:

А) применять бесконтактный метод при измерении линейных размеров куска ткани;

Б) выполнять измерительные операции и проверять качество ткани в различных зонах машины, не зависящих друг от друга. В зоне измерения должно быть обеспечено постоянство натяжения ткани оптимальной величины.

Учитывая вышеизложенные факторы, можно заключить, что при разбраковке и промере рулоны ткани должны разматываться с минимальным технологически необходимым и постоянным натяжением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галынкер И. И. Подготовка и настиление тканей. – Легиздат, 1969.- 348 с.
2. Брылина Е. П., Капустин И. И. Об изменении линейных размеров тканей в рулонах.- Научно-исследовательские труды ЦНИИШП.-М.: Легкая индустрия, 1972.-сб.19.-С. 49.

УДК 677.054.3

УПРУГАЯ ОПОРА ДЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ

А. Джураев, А.Н. Мукимов

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Толқындар тербесін төмендету мақсатында күшті тіреудің жаңа құрылысын қолдану мәселесі.

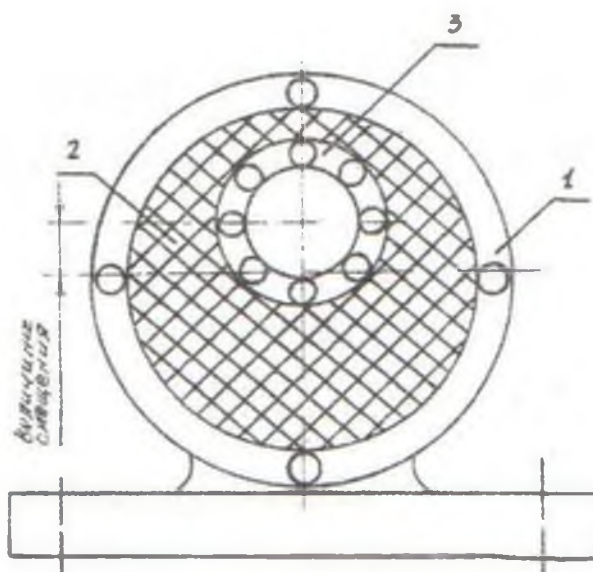
Рассматривается проблема применение новой конструкции упругой опоры с целью снижения вибрации валов.

The issue of using a new design of elastic support for the purpose of decreasing arbor vibration is considered.

Известно, что из-за неуравновешенности валов их опоры быстро выходят из строя. Абсолютное уравновешение валов не представляется возможным. При этом возникают всегда определенные изгибные колебания валов. С целью снижения вибраций валов нами рекомендуется новая конструкция упругой опоры.

В данной конструкции гашение колебаний решается тем, что опора для поглощения колебаний вращающихся валов содержит корпус со смонтированным в нем подшипником и размещенный между его наружной и корпусом упругий элемент, выполненный в виде втулки. Втулка выполнена, например, из резины круглого сечения, при этом ось отверстия втулки смещена относительно ее центральной оси в направлении, противоположном направлению действия равнодействующей силы нагружения на величину не более 15% от внутреннего радиуса втулки.

Опора для поглощения колебаний вращающихся валов содержит корпус 1, в котором установлен неподвижно упругий элемент в виде втулки 2, выполненный, например, из резины круглого сечения, при этом ось отверстия втулки смещена относительно ее центральной оси в направлении, противоположном направлению действия равнодействующей силы нагружения на величину не более 15% от внутреннего радиуса втулки. В отверстие упругого элемента 2 устанавливается подшипник 3.



В процессе работы на вращающийся вал (на фиг. не показан) действуют следующие силы: движущий вращательный момент, сила тяжести, силы инерции от неуравновешенных масс, силы трения, технологические нагрузки и др. равнодействующая сила вышеперечисленных сил циклически действует на корпус 1 через подшипник 3 и упругий элемент 2. Наличие упругого элемента 2 значительно уменьшает действие вышеперечисленных сил на корпус 1. Для уменьшения действия инерционных сил на корпус 1 соответственно выбирают необходимые параметры, обеспечивающие упругодиссипативные свойства упругого элемента. Причем для повышения эффекта виброзащиты ось отверстия втулки смещают относительно ее центральной оси в направлении, противоположном направлению действия равнодействующей силы нагружения на величину не более 15% от внутреннего радиуса втулки.

Данное смещение (эксцентриситет) оси упругого элемента выполненного, например, из резины, совпадает с направлением минимальной нагрузки, действующей на опору от неуравновешенности вала.

Применение подобного рода опоры валов позволит за счет поглощения колебаний вращающихся валов уменьшить передачу колебаний рамам (корпусам) соответствующих машин и механизмов, следовательно, уменьшатся в значительной степени виброшумовые характеристики данных машин и механизмов.

Предложенную опору можно рекомендовать к применению в качестве вибропоглощающей опоры в основных машинах первичной обработки хлопка (очистителей хлопка и волокна, сепараторах, линтерах валичных и пыльных джинах и др.)

УДК 621.1:621.313.1

ЭФФЕКТ НАГРЕВАНИЯ ЖИДКОСТИ ПУТЕМ КОНТРОЛИРУЕМОЙ КАВИТАЦИИ

К.М. Дюсенов, М.М. Кабдуалиева, И.А. Касымов,
Н.К. Кенжекеев

Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова

Мақалада жылу физикасында, жылу өндірістерінің кавитациялық тәсілінің кейбір аспектілері қарастырылады. Сонымен қатар бірнеше физикалық анықтамаларға шолу жасалған, кавитацияның термодинамикалық әсеріне көзқарастары баяндалған. Термодинамика және жылу айырбастау көзқарасымен бақыланатын кавитация бойынша алғашқы тәжірибелерге талдау жасалған.

В статье рассматриваются некоторые аспекты развития кавитационного способа производства тепла в тепловой физике. Также сделан обзор нескольких физических справочников, в которых изложены точки зрения на термодинамический эффект кавитации. Проведён анализ первоначальных экспериментов по контролируемой кавитации с точки зрения термодинамики и теплового обмена.

In article considered some thermal physics and power aspects of development the cavitation way of heat generation. The review is given also of some references with physical treatments and views on thermodynamic effect of cavitation. Some data analyzed of initial experiments controlled cavitation from the point of view of hydrodynamics and heat exchange.

Контролируемый способ - это искусственно созданный кавитационный эффект, который позволяет добиться высоких параметров преобразования электрической энергии на приводе насоса в тепловую энергию для нагревания воды. Проанализированы выводы и гипотезы о физических механизмах репродукции данного эффекта. Искусственно созданная кавитация в тепловом генераторе позволяет начать распределение энергии до адекватного внутреннего теплообразования из воды пара. Для производства (генерации) кавитационного эффекта была применена комбинация суженных и расширяющихся насадок, включая закрученные лопатки. Размер суженной вставки подающего патрубка, углы вывляющего диффузора и конфузора (сужающегося патрубка), а также конфи-

гурация и параметрические характеристики закрученных лопаток были отобраны экспериментальным путём и методом вычислений с использованием инженерных уравнений. Эксперименты проводились в широком диапазоне нагрузок и давления воды в контуре при измеряемой электрической мощности на приводе трёх усовершенствованных центробежных насосов.

В настоящее время гидродинамические генераторы тепла находят всё более широкое применение. Промышленные компании, известные на Украине ("Текмаш") и в США ("Hydro Dynamics, Inc."), продуктивно реализовали это использование эффекта кавитации на базе патентов [1,2], включая самостоятельные нагревательные системы. Реальные результаты по промышленному использованию кавитации показывают, что стало возможным использовать тепловой потенциал энергии кавитации, который позволяет преобразовывать механическую энергию в тепловую. Эффективное смешивание с использованием гидродинамической кавитации нашло применение, например, в организации сжигания тяжёлых минеральных масел при частичной их смеси с водой [3].

Один из основателей гидродинамики и теории подобия, хорошо известный английский учёный Осборн Рейнольдс, в 19 веке [4] описал экспериментально полученный эффект "холодного кипения" как часто называемое явление кавитации. Эффект закипания воды при числах Re более 1900 сопровождался характерным звуком начинающей закипать воды, а различие температур в ёмкости, где конец стеклянной пробирки был перемещён, достигал 260 К при начальном давлении в пробирке около 10 5 Па.

В нескольких докладах Степанофф [5,6,7] после тщательного анализа влияния термодинамического эффекта доказывает прямую взаимосвязь между процессами теплового обмена и фазы разрушения или "микрочоллапсовых" полосей. Распределение количества тепла, включая потенциал внутреннего теплообразования из воды пара (внутренняя энергия парообразования), сопровождается резким ростом температуры и эффектов разрушающего действия кавитации. В работах [8,9] ярко проявленная тенденция прямой передачи действия термодинамического эффекта на разрушающее действие кавитации отражается при достаточно низких температурах различных исследуемых жидкостей.

В насосах для исследований криогенных жидкостей [10, 11], где местонахождение и влияние градиента температур на физические параметры жидкостей экспериментально подтверждено, посвящено изучению влияния теплового или термодинамического эффекта. Местонахождение кавитационных микрополостей возле стенок лопаток насосов сопровождается увеличением разницы температур жидкости, а нагретые жидкости увеличиваются при интенсификации эффекта кавитации.

Эта искусственно созданная кавитация в тепловом генераторе [12], схематически изображённая на Рисунке 1, позволила начать распределение энергии до адекватного внутреннего теплообразования из воды пара. Эта комбинация была применена к созданию эффекта кавитации сужающимся и расширяющимся соплом. Размеры суженной вставки подающего патрубка, углы выявляющего диффузора и конфузора (сужающегося патрубка), а также конфигурация и параметрические характеристики закрученных лопастей были отобраны экспериментально.

"Схлопывание" полостей происходило в контролируемой части "медленного взрыва" в центре диффузионной части генератора. Поверхности были защищены от разрушения слоем воды на стенках трубы. Вероятно, что основной вклад в производство тепла вносится скрытой теплотой парообразования, теплотой фазового перехода, а также энергией разрушения внутриядерных связей, которые имеют величину, как известно, 400–600 кДж/моль. В начале диффузионной части генератора кавитации был источник объёмного выделения теплоты, так как территория сосредоточила микрополости, которые "схлопывались" под воздействием увеличения давления, распределяя таким образом определённое количество тепла.

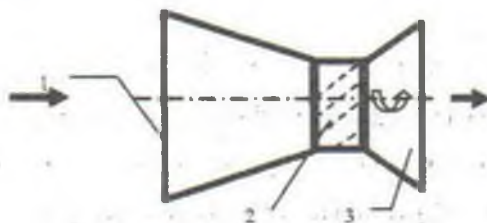


Рисунок 1. Разрез кавитационного генератора тепла.

1-конфузор, 2 – переходная точка с закруженными лопатками, 3 – диффузор.

Тепло, переданное жидкости при «схлопывании» полостей, нагрело стенки генератора тепла и воды в ёмкостях резервуара. На созданной экспериментальной установке стало возможным получение некоторых данных на преобразовании энергии фазы «схлопывания» в тепловую энергию. На Рисунке 2 представлена общая схема (цепь) экспериментальной установки. Подача воды под давлением осуществлялась при помощи насоса 1 через регулирующий вход 2. Массовый расход воды регистрировался через счётчик воды 3, а разница давления фиксировалась манометрами 4. Вода, будучи нагреваемой в кавитационном генераторе тепла 5, действовала в трубопроводе 6 в резервуарной ёмкости 7.

Применялись резервуары, объём которых равнялся 0.08 м³, 0.15 м³ и 0.5 м³, таким образом, массовый расход воды составил от 0.4 до 19.7 м³/час. Итоговый

тепловой поток или тепловая ёмкость была определена по известным измеренным расходам воды и различия температур в ходе каждого эксперимента. Время эксперимента составляло 1 час для каждого режима расхода и скорости.

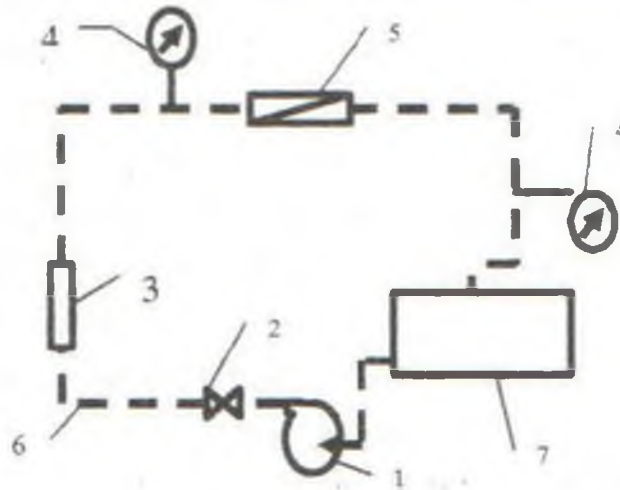


Рисунок 2. Цепь экспериментальной установки.

1 – насос, 2 – задвижка, 3 – счётчик воды, 4 – манометры, 5 – кавитационный генератор тепла, 6 – трубопровод, 7 – резервуар.

Как известно, число кавитации, выведенное из уравнения Бернулли, определяется следующей формулой:

$$\sigma = \frac{(P_0 - P_v)}{0,5\rho V_0^2}$$

где: σ - кавитационное число; $(P_0 - P_v)$ - разница давления жидкости и насыщенного пара; V_0 - скорость потока.

Для сравнения экспериментальных данных, полученных авторами по термодинамическому эффекту кавитации, были выбраны результаты работы [13, 14], в связи с тем, что геометрия канала, как структура трубы Вентуры и область высокоскоростных режимов на некотором участке были соизмеримы. Как видно из Рисунка 3, сравнение данных экспериментов с числами Рейнольдса и кавитационным числом σ показывает удовлетворительное схождение.

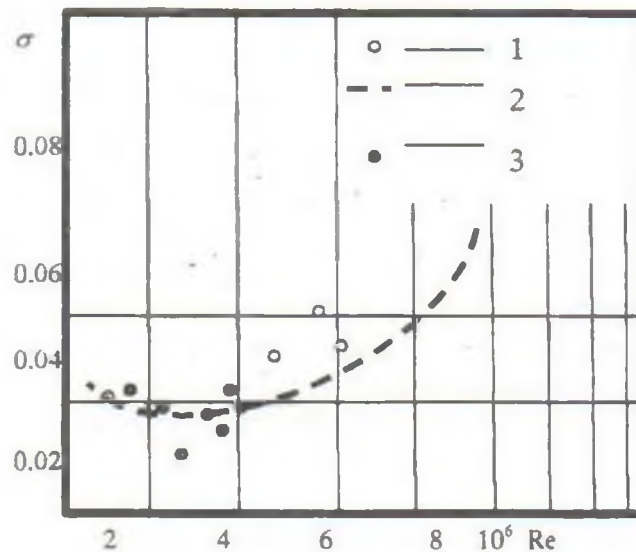


Рисунок 3. Зависимость числа Re от кавитационного числа σ

1.2 – экспериментальные данные доклада [13], 3 – данные автора.

Эксперименты проводились при широкой шкале нагрузок и давления воды в контуре при измеряемой электрической мощности на приводе трёх усовершенствованных центробежных насосов. В нашем случае был создан закрытый гидравлический контур с постоянным объёмом циркулирующей жидкости. Ёмкость резервуара одновременно играла роль аккумулятора тепла. Разница температур в резервуаре перед осуществлением эксперимента менялась от 20 К до 95 К и выше в течении несколько минут или часов, в зависимости от расхода и давления воды.

Производительность тепла или количество энергии при нагревании воды в контуре было определено из передаточного числа:

$$Q = c_p \cdot V \cdot \Delta t$$

где Q - производительность тепла; c_p - тепловая ёмкость воды; V - объём воды в контуре; Δt - разница температур.

Важным фактором, влияющим на интенсивность и характер теплового обмена при сужении и последующем расширении потока жидкости, является его скорость. Массовая скорость потока была определена по известному передаточному числу:

$$G_m = \gamma \cdot F_0 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P_1 - P_2)}$$

где F_0 - участок сужающегося устройства; $\gamma = 0.75$ - фактор загрузки; ρ - плотность; $(P_1 - P_2)$ - разница давления.

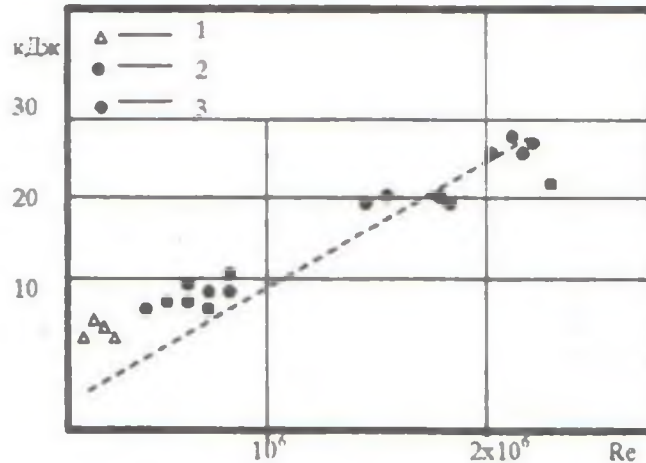


Рисунок 4. Зависимость количества тепла Q , кДж, от числа Рейнольдса Re и электрических мощностей на привод насосов: 1 - $N = 1.5$ кВт, 2 - $N = 3.2$ кВт, 3 - $N = 9.5$ кВт.

Расход воды G был измерен счётчиком воды и уравнением:

скорость потока на входе в конфузурную часть генератора тепла была определена – U . Дальнейшие числа Рейнольдса были определены:

, где d – диаметр входного патрубка, соответствующего внутреннему диаметру трубопровода, ν – вязкость кинематическая. Зависимость числа Re от производительности тепла показано на Рисунке 4.

Как видно из рисунка, ярко выраженная зависимость скорости потока от интенсивности выделения теплоты подтверждается. На входе в конфузур происходит рост скоростного увеличения внутреннего выделения теплоты и выработки тепла. Происходящее в диффузоре отделяет резкое падение скорости, сопровождающееся значительным повышением давления, результатов и, как известно, разрушением парогазовых микрополостей. Этот процесс, протекающий не только на поверхности стенок диффузора, но и в центре потока, также является причиной выделения теплоты. Пробные эксперименты без закрученных лопаток привели к образованию эрозивного повреждения стенок диффузора, зафиксированного при помощи металлографии. Зависимость имеет практически линейный характер, что заметно сказывалось и на влиянии оценок давления на входе в конфузур.

Наиболее вероятно, что при такой организации процесса происходит распределение нескольких основных видов внутренней энергии воды: внутреннее тепло парообразования при «схлопывании» паровой полости, энергии расщепления внутримолекулярных связей, энергии рассеивания турбулентных вращающихся вихрей и эффекта сдавливания (сжимания).

ЛИТЕРАТУРА

1. Осипенко С. Устройство для воздействия на поток текучей среды, Международный Патент ПКТ/УА97/00003, 1997.
2. Генератор мощности на ударной взрывной волне, США, Патент № 5188090, 1993.
3. Булгаков А.Б., Преснов Г.В., Крестов В.Б., Романенко А.Н., Булкин Ю.П., Доброногов В.Г., Булгаков Б.Б. Улучшение свойств жидкого топлива путём гидромеханической обработки в кавитационном поле. Энергетик.-2002-том 7,-С. 29-34.
4. Рейнольдс Осборн. Эксперименты, показывающие кипение воды в открытой пробирке при обычных температурах. Собрание документов по механическим и физическим предметам, Кэмбридж, стр.578-587, 1901.
5. Стахл Х.А. и Степанов А.Ж.: Термодинамические аспекты кавитационных насосов, том 78, стр.1691-1693.
6. Степанов А.Ж.: Кавитация в центробежных насосах с различными жидкостями, кроме воды, том 83, стр. 79-90, 1961.
7. Степанов А.Ж.: Кавитационные свойства жидкостей, том 86, стр.195-200, 1964.
8. Хаммит Ф.Г. : Предсказуемая способность к кавитационному повреждению, 6-8 сентября 1977, Университет Стирлинга, Шотландия, также в наличии в Университете Мичигана, ноябрь, 1976.
9. Персалл И.С. Эффект температуры на кавитацию в насосе. М В Монография, Лондон, 1995, стр. 45-53.
10. Кабрера Е., Эсперт В. и Мартинез. Влияние парообразования и полостной динамики на оценку теплового эффекта в кавитации. Симпозиум по гидравлическому оборудованию и кавитации, том 1, стр. 584-593.
11. Лекофр Ивес е. Кавитационные пузыри. А.А. Балкема/Роттердам/Брукфилд, стр. 34-364, 1999.
12. Кавитационный тепловой насос, К. Дюсенов, Е.Сергиевский. Российский Патент полезной модели № 37548, 2004.
13. Боннин Ж.Р.: Термодинамический эффект в кавитации. Кавитационная Международная конференция, для Института Механической Инженерии. Лондон и Нью Йорк. стр. 355-362, 1974.
14. Бэйли А.Б., Патрик Уайкс: Термодинамические аспекты кавитации: научно-исследовательский проект, для Института Механической Инженерии. Лондон и Нью Йорк.С. 321-328, 1974.

УДК 669.712: 658.52

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ШИХТЫ В ГЛИНОЗЕМНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Н.М. Зайцева, Е.А. Шварцкопф

Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова

Шихта компоненттерінің араласуы мен сыздыжерөндірісінде математикалық үлгілердің статистикалық сипаттамасы алынған. Мінезқұлық қаралған және негізгі компоненттердің негізгі шығыс және сапалы көрсеткіштердің ықпалын жасау дәрежесі шихта модульдік мінездемегері және спексы.

Получены статические характеристики математической модели процесса смешения компонентов шихты и спекания в глиноземном производстве. Рассмотрен характер и степень влияния основных расходных и качественных показателей исходных компонентов на модульные характеристики шихты и спека.

Statistic characteristics of mathematical model for mixing process for components of charge and of alumina production agglomeration are founded. Influence of basic use and quality significant of initial components at modul characteristics of charge and agglomeration are considered.

Современные технологические процессы - это нелинейные многосвязные системы, имеющие несколько входов и выходов, взаимно влияющих друг на друга. Для качественного управления технологическим процессом необходимо знать связи (закономерности) между его входными и выходными величинами.

Для изучения и исследования многосвязного технологического процесса можно проводить пассивные и активные эксперименты, результаты которых подвергать статистической обработке, выполнять технологические расчеты, эксплуатировать и обслуживать систему длительный промежуток времени. Другим инструментом, позволяющем определять зависимости между одними переменными и характер воздействия других, является имитационное моделирование технологических процессов.

Модель реальных технологических процессов производства и управления можно рассматривать как некоторое универсальное средство решения задач, диагностики нестандартных ситуаций, получения приемлемого решения.

Знание природы технологического процесса приготовления шихты и спекания, а также законов сохранения вещества и энергии позволило математически описать процесс смешения и разработать статическую модель смешения компонентов шихты и спекания. Статическая модель смешения компонентов шихты и спекания разработана в среде программирования MatLab.

Математическая модель смешения компонентов шихты и спекания позволяет фиксировать взаимосвязь и интенсивность изменения выходных параметров при изменении входных, проводить диагностику ситуаций и получать различного рода статические характеристики. По существу до выполнения анализа модели неизвестна значимость отдельных выходов для функционирования системы, неопределимо влияние входов на выбранные выходы (технологические параметры).

В данной работе в результате математического моделирования стационарных процессов смешения компонентов шихты и спекания были получены статические характеристики зависимости выходных величин от входных.

В разработанной математической модели технологический процесс приготовления шихты и спекания рассматривается упрощенно с определенной точки зрения.

Постановка задачи. Общая постановка задачи исследования статических характеристик модели смешения компонентов шихты и спекания включает построение и анализ статических характеристик трех видов:

- зависимости модульных характеристик шихты от управляющих воздействий (дозировок кальцинированной соды и боксита - известковой смеси);
- зависимости модульных характеристик шихты от отношений расходов исходных материалов (белого шлама, боксита);
- зависимость модульных характеристик шихты от химического состава исходных материалов (красного шлама, белого шлама, кальцинированной соды, известняка, боксита).

С точки зрения технологии к шихте предъявляются следующие основные требования: шихта должна иметь заданный щелочной модуль α (отношение концентрации Na_2O к концентрации Al_2O_3 , с этой целью в шихту дозируется кальцинированная сода Na_2CO_3) и известковый модуль μ (отношение концентрации CaO к концентрации SiO_2 , с этой целью в шихту дозируется известняк, периодически шихтуемый бокситом).

Для получения шихты заданного состава и качества красный шлам, обратная сода и белый шлам смешивают с известняком и кальцинированной содой, а вся смесь подвергается измельчению в шаровых мельницах. Все сырьевые

компоненты вводятся в процесс в определенной пропорции с учетом их химического состава. Эти пропорции определяют дозировки исходных веществ. Дозировка есть отношение расхода одного из компонентов к расходу основного потока. Так, например, дозировка боксито-известковой смеси определяется отношением ее расхода к сумме расходов содошламовой пульпы и усредненного шлама, а дозировка содошламовой пульпы есть отношение расхода содошламовой пульпы к расходу шлама.

В процессе приготовления шихты не происходят химические реакции, технологический процесс представляет собой смешивание указанных выше компонентов. Таким образом, основу всех вычислений, производимых в модели, составляют уравнения стационарных материальных балансов процессов смешения (в нашем случае смешения компонентов шихты).

Математическая модель стационарных процессов смешения компонентов шихты и спекания адекватна структуре графов технологических потоков была идентифицирована под реальный режим работы участка приготовления шихты на Павлодарском алюминиевом заводе.

Исследование статических характеристик.

Анализ №1. Модульные характеристики шихты - функция от изменения управляющих воздействий: дозирок боксито-известковой смеси и кальцинированной соды в установившемся режиме.

При исходных данных, адекватных реальным расходным и качественным показателям ведения технологического процесса, был определен характер влияния дозирок кальцинированной соды и боксито-известковой смеси на модули шихты, а также получены статические характеристики, отображенные на рисунке 1 и 2.

Условные графические обозначения: щелочной модуль α - сплошная линия, известковый модуль μ - штриховая линия.



Рисунок 1

Изменение щелочного модуля большей скоростью вызвано изменением на входе системы дозировки кальцинированной соды в процесс, а известкового модуля – изменением дозировки боксито – известковой смеси. Следовательно, система стабилизации щелочного и известкового модулей должна иметь два контура регулирования, где дозировка кальцинированной соды в процесс и дозировка боксито – известковой смеси – регулирующие величины.

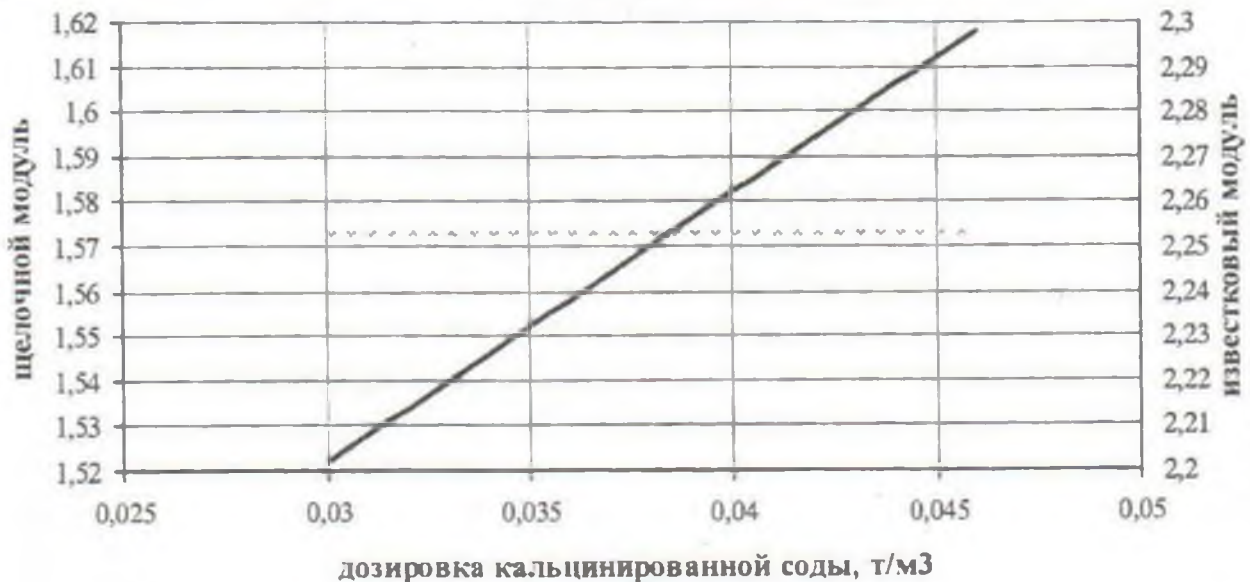


Рисунок 2

Необходимо учесть, что изменение дозировки боксито – известковой смеси также вызывает изменение щелочного модуля, но в меньшей степени. При этом реакция щелочного модуля находится в противофазе с реакцией известкового модуля на идентичное входное отклонение.

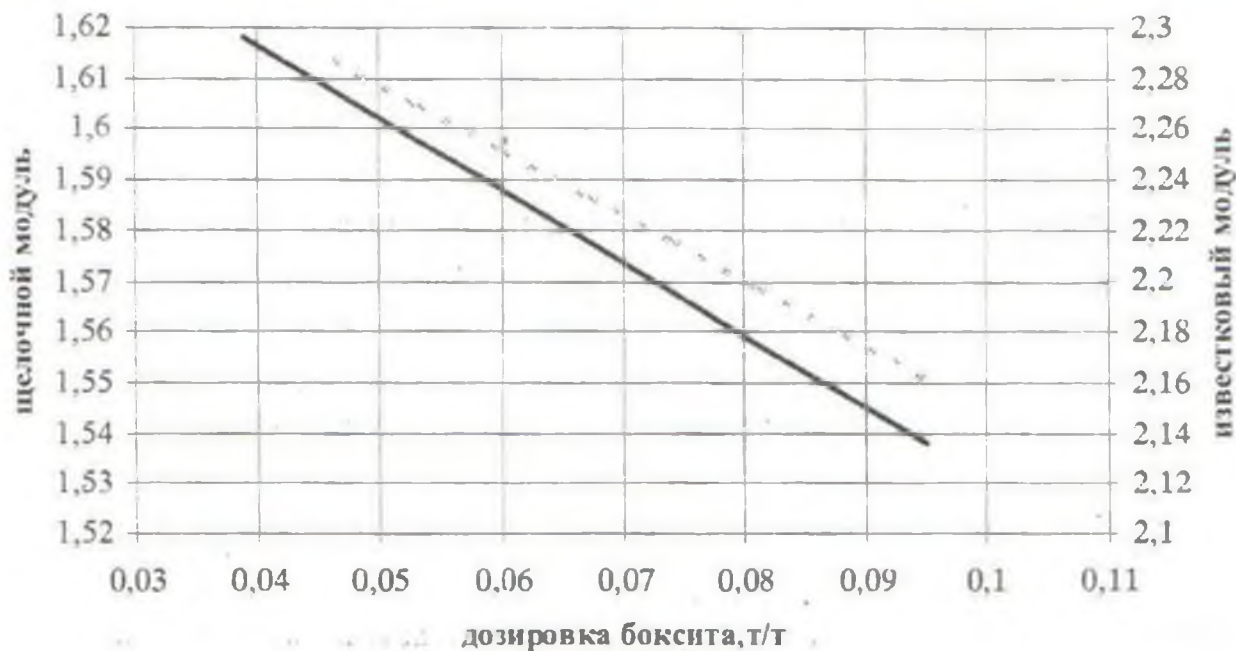
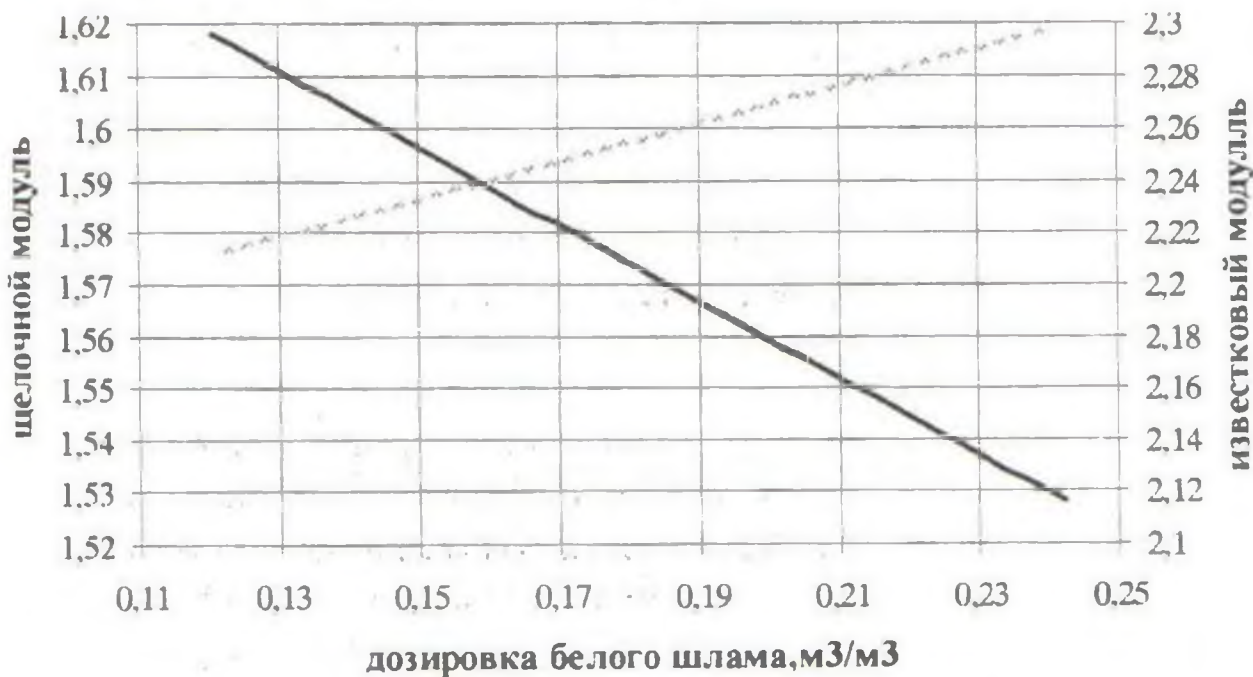


Рисунок 3

Анализ №2. Модульные характеристики шихты - функция от изменения дозировок исходных материалов (белого шлама, боксита)

Исходными потоками для исследования, как наиболее возмущающие, были выбраны - боксит и белый шлам, статические характеристики которых приведены на рисунке 3 и 4.



Из приведенных выше статических характеристик можно заметить, что при изменении дозировки боксита реакция изменения щелочного и известкового модулей одинакова.

Обратная картина наблюдается при изменении дозировки белого шлама: изменение дозировки белого шлама вызывает уменьшение щелочного модуля и увеличение известкового.

Анализ №3. Модульные характеристики шихты – функция от изменения химического состава исходных материалов (красного шлама, белого шлама, боксита).

Статические характеристики, полученные в результате изменения химического состава исходных потоков, показаны на рисунках 5 и 6.

Для более наглядного отображения интенсивности изменения выходных технологических параметров (модульных характеристик) при изменении расходов и химических составов исходных материалов на входе, статические характеристики были разбиты на две группы:

-статические характеристики, влияющие на изменение щелочного модуля (рисунок 5);

-статические характеристики, влияющие на изменение известкового модуля (рисунок 6).

На рисунке 5 приняты следующие графические обозначения:

- 1 – дозировка кальцинированной соды, т/м³;
- 2 – дозировка боксита – известковой смеси, т/м³;
- 3 – дозировка боксита, т/т;
- 4 – дозировка белого шлама, м³/м³;
- 5 – концентрация Na₂O в красном шламе, %;
- 6 – концентрация Al₂O₃ в красном шламе, %;
- 7 – концентрация Al₂O₃ в боксите, %;
- 8 – содержание твердого в белом шламе, г/л.

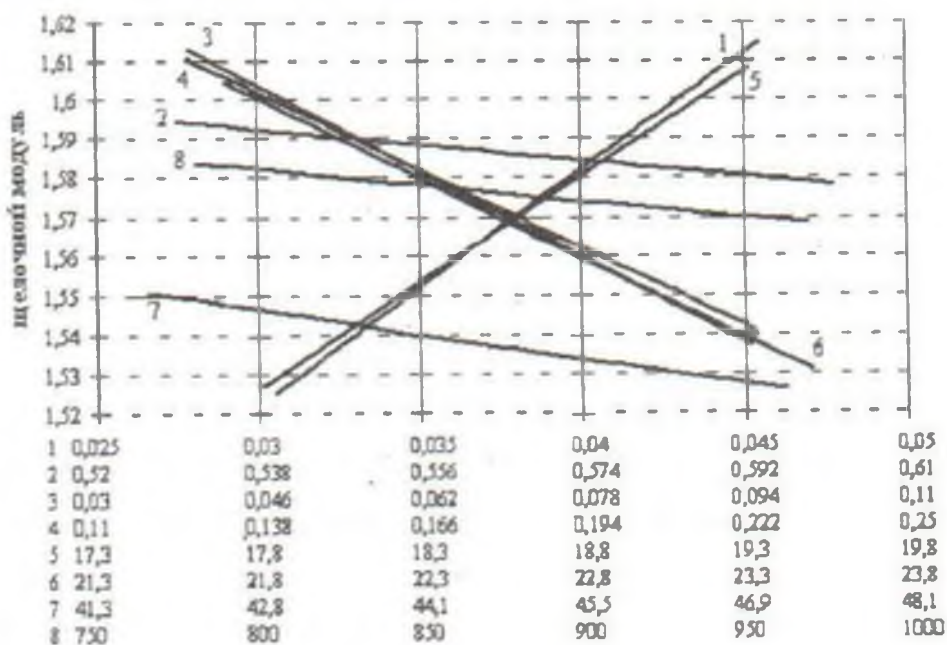


Рисунок 5

Перечень графических обозначений, принятых на рисунке 6:

- 1 – дозировка кальцинированной соды, т/м³;
- 2 – дозировка боксита – известковой смеси, т/м³;
- 3 – дозировка боксита, т/т;
- 4 – дозировка белого шлама, м³/м³;
- 5 – концентрация SiO₂ в красном шламе, %;
- 6 – содержание твердого в белом шламе, г/л.

Статические характеристики модели стационарных процессов смешения компонентов шихты и спекания, полученные в результате моделирования, отображают линейную зависимость между входными и выходными величинами. В качестве входных величин были рассмотрены как дозировки различных материалов в процесс, так и химический состав этих материалов. Выходные величины – основные характеристики шихты – щелочной и известковый модуль.

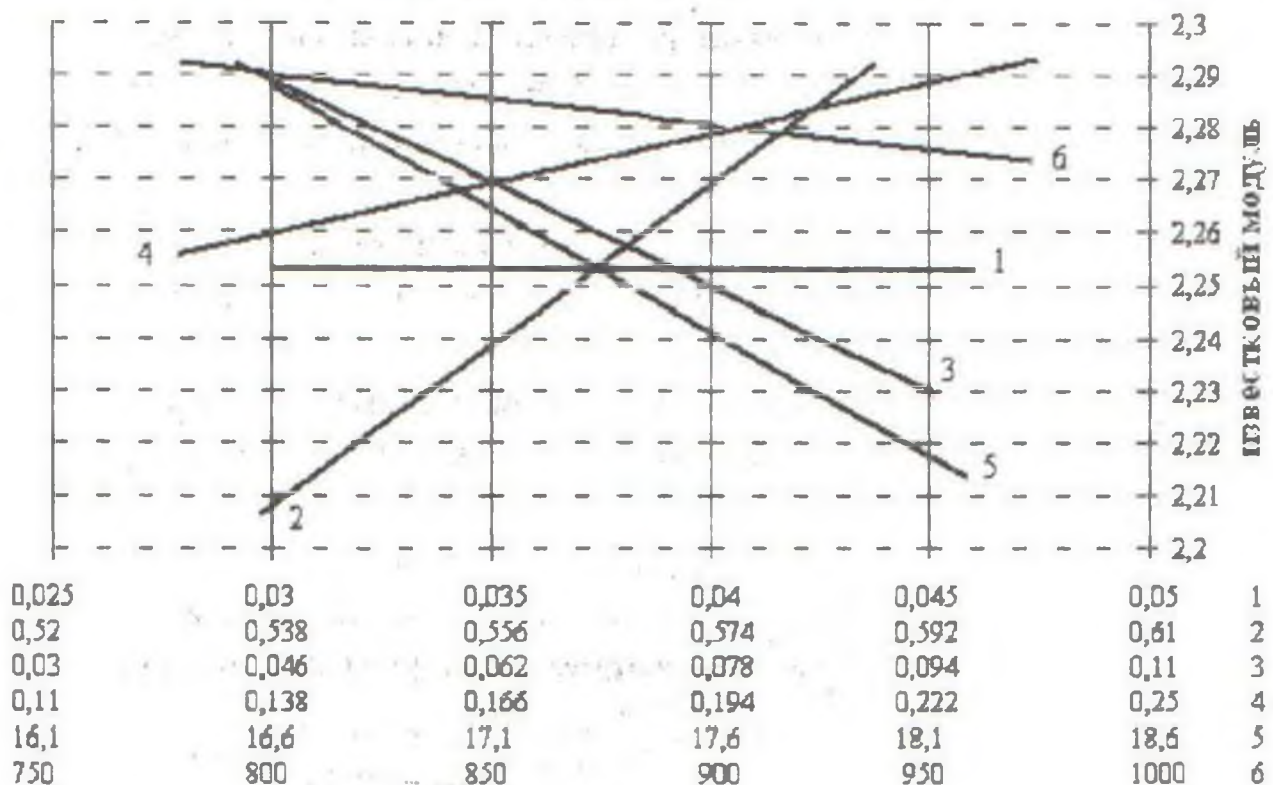


Рисунок 6

Из анализа характеристик видно, что щелочной модуль является более возмущенной величиной, что необходимо учитывать при организации качественного управления.

Полученные в результате исследования статические характеристики могут быть использованы оперативным технологическим персоналом как универсальный инструмент для ситуационного анализа и диагностики управления технологическим процессом приготовления шихты.

Анализ модели смешения компонентов шихты и спекания выполнен в среде программирования MatLab.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петерсон И.Л. Статистический анализ и оптимизация систем автоматического управления. М.: 1964
 2. Такер Г.К., Уиллс Д.М. Упрощенные методы анализа систем автоматического регулирования. Л.: 1963
 3. Зайцева Н.М., Щварцкопф Е.А. Разработка структуры математической модели стационарных процессов смешения компонентов шихты и спекания глиноземного производства // Вестник ПГУ, 2006, №1
-
-

удк 621.314.222.6

ОБ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПОТЕРЯХ В ТРАНСФОРМАТОРАХ, НОРМАТИВНЫЙ СРОК ЭКСПЛУАТАЦИИ КОТОРЫХ ИСТЕК

С.Н. Кургузова

ПГУ им. С. Торайгырова

Күш трансформаторларының қызмет мерзімі мен жүктеме коэффициентінің трансформаторлардағы қатысты жоғалымдардың көлеміне ықпалына талдау келтірілген.

Проведен анализ влияния срока службы и коэффициента загрузки силовых трансформаторов на величину относительных потерь в трансформаторах.

The effect of the operation life and load factor of a line transformer on the rate of relative losses in transformers

В структуре потерь мощности и электроэнергии по элементам электрической сети около 30% составляют потери в силовых трансформаторах, из них примерно 50% - потери в магнитопроводах [1]. Потери электроэнергии в электрических сетях являются важнейшим показателем экономичности их работы [2], и поэтому вопросам их планирования и учета должно уделяться особое внимание. По мнению международных экспертов, относительные потери электроэнергии в электрических сетях считаются удовлетворительными, если они не превышают 4 – 5% электроэнергии, отпущенной в сеть [2].

Исходя из этого, в процессе эксплуатации силовых трансформаторов должен обеспечиваться экономически оправданный и целесообразный режим его работы с заданным графиком нагрузки [3]. Экономичность работы силового трансформатора, как известно, может быть оценена как по величине относительных потерь активной мощности в трансформаторе, так и по величине его коэффициента полезного действия (КПД), при всех возможных изменениях его нагрузки.

Резкое снижение объемов потребления электрической энергии (особенно в сельском хозяйстве) в процессе реформирования энергетической и других отраслей хозяйства в России, Казахстане, других странах СНГ, привело к резкому снижению величин коэффициентов загрузки силовых трансформаторов (в ряде случаев они уменьшились до значений меньше 30%).

Современный этап характеризуется также значительным «старением» парка силовых трансформаторов не только на электростанциях, но и в электрических сетях и на промышленных предприятиях. «Старение» парка трансформаторов характерно для энергетических предприятий не только стран – членов СНГ. В США, например, на конец 20-го века число силовых трансформаторов, отработавших нормативный срок (25 лет), составляло около 60% [4, 5].

При решении вопроса о возможности дальнейшей эксплуатации таких силовых трансформаторов или целесообразности их замены, в том числе на трансформаторы меньшей мощности, следует учитывать, что с увеличением срока эксплуатации трансформаторов происходит увеличение активных потерь холостого хода (XX) [4, 6, 7]. В ряде практических случаев, различие между фактическими $\Delta P_{\text{XX, факт}}$ и каталожными ΔP_{XX} данными потерь мощности в магнитопроводах силовых трансформаторов может достигать двух - четырехкратного значения [4]. Увеличение потерь XX сверх нормативного значения, когда $\Delta P_* = \Delta P_{\text{XX, факт}} / \Delta P_{\text{XX}} > 1$, связано с тем, что длительный нагрев сердечников силовых трансформаторов, находящихся под напряжением, приводит к структурным изменениям в стали сердечников и ухудшению ее магнитных свойств [8].

Рассмотрим влияние коэффициента нагрузки и фактических потерь XX на величину относительных потерь в силовых трансформаторах. Анализ проведем на примере силовых трансформаторов с высшим напряжением 35 кВ, фактические потери в которых могут превышать нормируемые значения в 1,5 – 3 раза [4].

Относительные потери активной мощности в силовом трансформаторе рассчитаем по известному выражению, учитывающему значение коэффициента мощности нагрузки:

$$\Delta P_{\Gamma^*} = \frac{\Delta P_{\Gamma}}{P_1} = \frac{\Delta P_{\Gamma}}{P_2 + \Delta P_{\Gamma}} = \frac{\Delta P_{\text{XX}} + k_{\text{нг}}^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}}}{k_{\text{нг}} \cdot S_{\Gamma, \text{ном}} \cdot \cos \varphi + \Delta P_{\text{XX}} + k_{\text{нг}}^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}}}$$

- где P_2 - полезная мощность, отдаваемая трансформатором в сеть нагрузки, кВт;
- P_1 - мощность, потребляемая трансформатором из первичной сети, кВт.
- $S_{ном,т}$ - номинальная мощность силового трансформатора, кВА;
- $k_{нз}$ - коэффициент нагрузки трансформатора;
- ΔP_{XX} - потери мощности XX в трансформаторе, кВт;
- $\Delta P_{КЗ}$ - потери мощности КЗ в трансформаторе, кВт.

По этому выражению, но учитывающему фактические, а не нормативные потери XX, были рассчитаны относительные потери в силовых трансформаторах с высшим напряжением 35 кВ средней и малой мощности.

На рис. 1 - 3 приведены расчетные кривые зависимостей $\Delta P_{т, \%} = f(k_{нз}, \Delta P_*)$ для трансформаторов трех ступеней мощности.

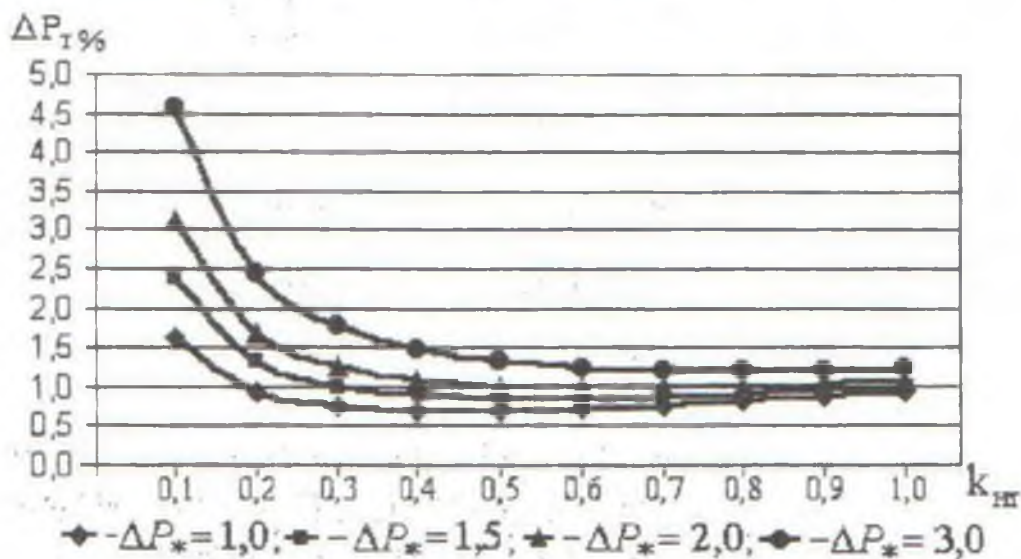


Рисунок 1 – Зависимость относительных потерь в трансформаторе ТМ-6300/35 от коэффициента нагрузки и фактических потерь XX

Анализ кривых, приведенных на рис. 1, показывает, что наибольшие относительные потери мощности имеют место при низких значениях коэффициента нагрузки трансформатора. Существенное влияние оказывает и срок службы трансформатора. Так, например, в новом трансформаторе, с номинальными потерями XX ($\Delta P_* = 1,0$), при значениях $k_{нз} = 0,3 + 0,1$ относительные потери в трансформаторе составляют $0,8 + 1,6\%$. В трансформаторе, отслужившем свой срок и имеющем повышенные значения фактических потерь XX

($\Delta P_* = 3,0$), относительные потери в трансформаторе при тех же нагрузках силового трансформатора возрастают до значения $1,8 \div 4,6\%$.

Еще большие потери имеют место в трансформаторах меньшей мощности (рис. 2, 3). Для новых трансформаторов мощностью 1600 кВА относительные потери находятся в пределах от 2,5% до 1,4% (с минимумом 1,1%) во всем диапазоне нагрузок, а для трансформаторов, отслуживших свой срок, - от 6,8% до 1,9% (с минимумом - 1,8%). Для новых трансформаторов мощностью 630 кВА относительные потери находятся в пределах от 3,2% до 1,6% (с минимумом 1,3%), для трансформаторов, нормативный срок эксплуатации которых истек, - от 8,8% до 2,2%.

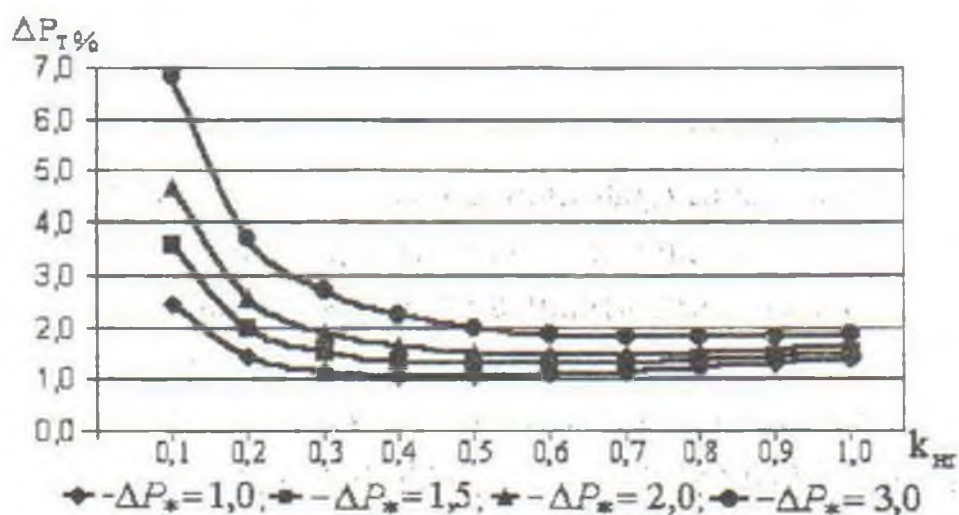


Рисунок 2 – Зависимость относительных потерь в трансформаторе ТМ-1600/35 от коэффициента нагрузки и фактических потерь XX

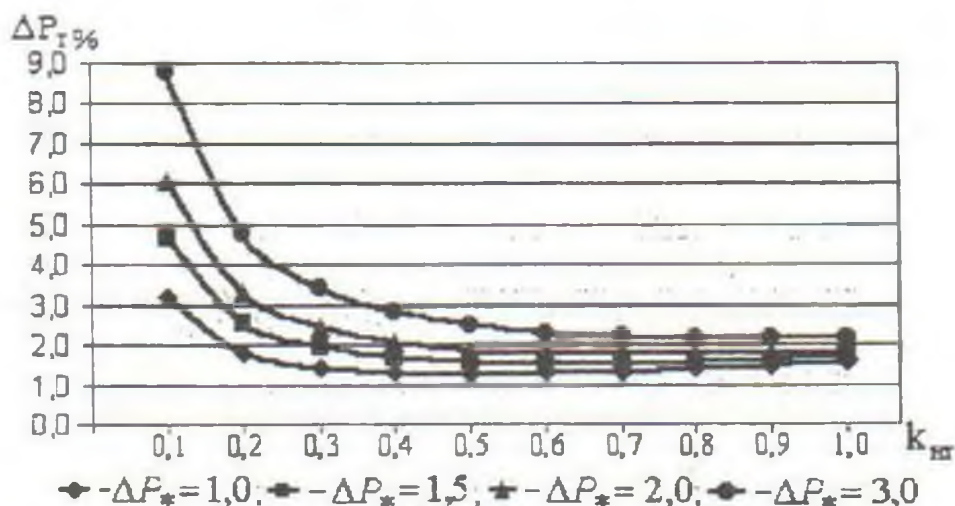


Рисунок 3 – Зависимость относительных потерь в трансформаторе ТМ-630/35 от коэффициента нагрузки и фактических потерь XX

Проведенный анализ показывает, что на относительные потери в силовых трансформаторах существенное влияние оказывает не только степень его загрузки, но и фактические потери ХХ.

При решении вопросов о возможности дальнейшей эксплуатации силовых трансформаторов, отслуживших нормативный срок, а также о возможной замене значительно недогруженных силовых трансформаторов на трансформаторы меньшей мощности, необходимо учитывать результаты проведенных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электротехнический справочник: в 3- т. Т. 2. Электротехнические устройства/Под общ. ред проф. МЭИ В.Г. Герасимова, П.Г. Грудинского, Л.А. Жукова и др. – М.: Энергоиздат, 1981. – 640 с.
 2. Воротницкий В.Э., Калинин М.А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях: Учебно-методическое пособие. 2-е изд. – М.: ИПК гос. службы Российской академии гос. службы при Президенте РФ, 2001. – 63 с.
 3. Федоров А.А., Бушуева О.А. Эксплуатация силовых трансформаторов/ Под ред. А.А. Шутьпина. – М.: МЭИ, 1984. – 64.
 4. Киреева Э.А. К вопросу о старении силовых трансформаторов// Промышленная энергетика. 2004, № 2, С. 14-16.
 5. Алексеев Б.А., Мамикянц Л.Г., Савваитов Д.С. Основное электрооборудование электростанций и сетей//Электрические станции. – 2005. – № 2. – С. 48-57.
 6. Могузов В.Ф. Обслуживание силовых трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 192 с.
 7. Кургузова С.Н. К вопросу о старении магнитных систем силовых трансформаторов//Вестник ПГУ им. С. Торайгырова. Серия энергетическая. – 2005. – № 1. – С. 117-120.
 8. Дружинин В.В. Магнитные свойства электротехнической стали. – 4-е изд., перераб. – М.: Энергия, 1974. – 240 с.
-

УДК 536:53

ЭНТРОПИЯ И ВЕРОЯТНОСТЬ

В.В. Рындин

Павлодарский государственный университет
им. С.Торайгырова

Энтропия түсінігінің орнығу тарихы, оның жүйе жағдайының ықтималдылығымен байланыстылығы және термодинамиканың екінші заңдылығы баяндалады. Сонымен қатар, термодинамикалық жүйелерде энтропия трактовкасының шамасын қолдану шегінің ықтималдылығы көрсетілген.

Приводится история становления понятия энтропии и её связи с вероятностью состояния системы и вторым законом термодинамики. Показана также ограниченность трактовки энтропии как вероятностной величины применительно к термодинамическим системам.

The history of becoming of concept of entropy and its connection with probability of a condition of system and the second law of thermodynamics is resulted. Limitation of treatment of entropy as probabilistic of magnitude with reference to thermodynamic systems is shown also.

Энтропия системы – по-видимому, самое знаменитое и внушающее благовейный трепет термодинамическое свойство.

П. Эткинс

Одной из важнейших термодинамических величин, играющих большую роль в расчётах различных термодинамических процессов, является энтропия. Понятие энтропии было первоначально введено одним из основоположников термодинамики Р. Клаузиусом в 1865 г. лишь с целью более удобного описания работы тепловых двигателей. Наименование введённой величины Клаузиус связывал с превращением теплоты в работу. Термин «энтропия» (от греч. entropia – поворот, превращение) он выбрал как созвучное термину «энергия».

В дальнейшем энтропия, введённая в термодинамике, привлекла к себе пристальное внимание не только термодинамиков, но и всех учёных и мыслителей (философов, теологов, писателей и др.) в связи с философским аспектом второго начала термодинамики (ВНТ), записываемого через эту физическую величину.

Как отмечает П. Эткинс в своей книге [1]: «Пожалуй, ни один из разделов физики не способствовал в такой мере возвышению человеческого духа, как термодинамика, особенно её второе начало. Вместе с тем немногие области знания столь мало понятны неспециалистам и трудны для изучения. Упоминание о втором начале термодинамики немедленно связывается в памяти с громоздкими и шумными паровыми машинами, сложными математическими расчётами и совершенно недоступным восприятию понятием энтропии».

История открытия ВНТ представляет собой одну из самых замечательных, полную драматизма глав общей истории науки, последние страницы которой еще далеко не дописаны. Потребовалось усилия не одного, а многих национальных гениев, для того чтобы приоткрыть завесу над сокровенной тайной природы, которую мы называем сейчас вторым началом термодинамики. Имена французского ученого Сади Карно, немецких ученых Рудольфа Клаузиуса и Макса Планка, австрийца Людвиг Больцмана, англичанина Вильяма Томсона (Кельвина) и многих других неразрывно связаны с открытием и развитием этого фундаментального закона.

С термодинамикой второе начало связывает утверждение, что при протекании реальных процессов энтропия изолированной системы возрастает и достигает максимума при достижении системой полного равновесия, т. е. неравенство

$$dS \geq 0 \quad (1)$$

Второе начало термодинамики устанавливает наличие в природе фундаментальной асимметрии, т. е. однонаправленности всех происходящих в ней самопроизвольных процессов. Об этой асимметрии свидетельствует всё окружающее нас: горячие тела с течением времени охлаждаются, однако холодные сами по себе не становятся горячими; прыгающий мяч, в конце концов останавливается, однако покоящийся мяч самопроизвольно не начнет подскакивать. Здесь проявляется то свойство природы, которое Клаузиус смог отделить от свойства сохранения энергии. Это свойство состоит в том, что, хотя полное количество энергии должно сохраняться в любом процессе, распределение имеющейся энергии изменяется необратимым образом. ВНТ указывает естественное направление, в котором происходит изменение распределения энергии, причём это направление совершенно не зависит от её общего количества.

Энтропия оказалась той величиной, изменение которой указывает направление протекания процессов в изолированной системе. В связи с этим её иногда называют "стрелой времени". Вот почему понятие энтропии, до настоящего времени вызывает повышенный интерес. За истекший период энтропии было посвящено множество работ, в том числе и монографий [1, 2, 3 и др.].

Учитывая, что запись второго начала термодинамики (1) даётся через энтропию, многие авторы стали называть ВНТ законом о существовании энтропии. Поскольку энтропия является физической величиной (именованным числом – продуктом человеческой мысли), то доказывать её существование не имеет смысла: любая производная величина должна выводиться из комбинации основных величин.

С философией второе начало термодинамики связывает утверждение, что эволюция неравновесной изолированной системы протекает всегда строго в одном направлении – в сторону установления равновесия в системе, после достижения которого в ней прекращаются все макроскопические процессы, в том числе и получение работы. Основоположники второго начала термодинамики Р. Клаузиус и В. Томсон распространили это утверждение на мир в целом и сделали вывод о неизбежности выравнивания температуры во всей Вселенной и, следовательно, к её "тепловой смерти". В таком состоянии энергия (движение) Вселенной хотя и сохранится количественно, но потеряет способность превращаться (преобразовываться) в другие виды энергии (движения). Образно говоря, энергия исчезнет в качественном отношении, в результате чего прекратятся все жизненные процессы, и наступит "конец света".

Второе начало нередко таким же образом истолковывают и в наши дни, на него охотно любят ссылаться и некоторые философствующие естествоиспытатели, и церковные деятели. Так, папа римский Пий XII в качестве одного из основных аргументов в пользу бытия бога усмотрел именно во втором начале термодинамики: "Если учёный, отводя свой взор от настоящего состояния Вселенной, обернётся к будущему, он будет вынужден признать, что мир стареет. ... Всё указывает на то, что Вселенная ранее приобрела могучий начальный взлёт, зарядилась обилием энергии. Таким образом, творение во времени, а потому и творец; и, следовательно, бог". Критика "теории" тепловой смерти, начатая Энгельсом, не прекращается до наших дней как философскими, так и термодинамическими методами.

Часто проводят аналогию между первым и вторым началами термодинамики: если первое начало термодинамики вводит понятие энергии (внутренней), то второе – энтропии. Однако если с открытием величины энергии – количественной характеристики как упорядоченного, так и хаотического движения – стало возможным сформулировать закон сохранения движения в виде балансового уравнения для изменения энергии системы, то суть второго закона оставалась не ясна – на изменение какого свойства материи указывает рост энтропии изолированной системы.

В качестве такого свойства Л. Больцман выдвинул вероятность состояния системы и предложил знаменитую формулу, которую сейчас принято записывать в виде

$$S = k \ln W, \quad (2)$$

где W – вероятность состояния системы – мера неупорядоченности системы.

Постоянную k в это уравнение ввёл М. Планк и предложил её назвать постоянной Больцмана. Как показано в работе [4], постоянная Больцмана есть не что иное, как молекулярная газовая постоянная R_N (отношение газовой постоянной тела $R_{\text{тела}}$ к числу молекул N):

$$\begin{aligned} k &= R_N = R_{\text{тела}} / N = \mu R_{\mu} / N = R_{\mu} / k_A = 8,31451 / 6,0221367 \cdot 10^{23} = \\ &= 1,380658 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К,} \end{aligned}$$

где μ – количество вещества (молярность), моль;

$R_{\mu} = R_{\text{тела}} / \mu$ – молярная (универсальная) газовая постоянная, Дж / (моль·К);

$k_A = N_{\mu} = N / \mu$ – молярное число частиц (постоянная Авогадро), моль – 1.

Больцман всю свою жизнь посвятил установлению связи между микроскопическими величинами, характеризующими состояние движения отдельных молекул, и макроскопическими величинами, характеризующими состояние всей макросистемы. Ход его рассуждений, приведших к формуле (2), приблизительно таков. Поскольку молекулы совершают хаотическое движение, то их скорости и энергии изменяются произвольным образом, но в пределах сохранения их суммарной энергии (внутренней энергии изолированного тела). Очевидно, что состояние, которое может быть получено большим числом способов распределения молекул по скоростям (энергиям), и будет наиболее вероятным, или равновесным. Следовательно, термодинамическая вероятность, входящая в выражение (2), характеризует осуществимость данного распределения молекул по энергиям, или вероятность данного молекулярного состояния.

В результате беспорядочного движения молекул могут устанавливаться маловероятные состояния с иным распределением молекул по скоростям, на что указывают отклонения различных макровеличин. Случайные отклонения различных физических величин от состояния равновесия принято называть флуктуациями.

В случае необратимых процессов конечное состояние изолированной системы (ИС) отличается от начального состояния большим значением энтропии.

Следовательно, каждое из состояний ИС при необратимых процессах неравноценно любому другому состоянию её: последующее состояние является как бы более вероятным, т. е. обладает большей вероятностью, чем предшествующее. С этой точки зрения энтропию ИС можно считать мерой термодинамической вероятности данного состояния системы, а само содержание ВНТ рассматривать как утверждение о существовании меры этой термодинамической вероятности.

¹ Не следует путать постоянную Авогадро k_A – размерную величину с числом Авогадро N_A – безразмерной величиной.

Формула (2), устанавливающая связь между энтропией отдельного тела, находящегося в состоянии близком к равновесному, и вероятностью распределения молекул по энергиям, была в дальнейшем обобщена и на совокупность тел, входящих в состав неравновесной системы. Вот как описывает П. Эткинс изменение вероятности состояний горячего и холодного тел при протекании цикла Карно [1]:

«Согласно Больцману, величина W есть не что иное, как число различных распределений возбуждённых атомов, которые может осуществить его демон. В результате совершения замкнутого цикла возникает больше беспорядка, чем порядка. Упорядоченный подъём груза, с которым жёстко скреплён поршень, – это процесс, в котором полностью отсутствует производство энтропии (до тех пор, пока этот процесс можно считать квазистатическим). Мы отбираем энергию от нагревателя, тем самым уменьшая его неупорядоченность: дело в том, что при этом уменьшается число возбуждённых атомов и «демон» остаётся меньше возможностей для перестановок. В холодильник возвращается лишь часть отобранной энергии. При условии, что температура холодильника достаточно низка (т. е. мало отношение числа возбуждённых атомов к числу невозбуждённых), «демон», обитающий в холодильнике, приобретает больше благоприятных возможностей для размещения состояния возбуждённых атомов, чем их потеряет «демон», пребывающий в нагревателе. Поэтому даже малая добавка к энергии холодильника резко увеличивает степень его хаотизации. Поэтому, возбудив несколько атомов в холодильнике, мы создаём в мире больше беспорядка, чем в нём существовало ранее, – и это произойдёт, несмотря на некоторое снижение беспорядка, обусловленное отбором энергии от нагревателя. Таким образом, действие двигателя и совершение им работы за счёт теплоты есть самопроизвольный, естественный процесс».

Исходя из записи второго начала термодинамики в виде (2), Больцман дал такую формулировку его: природа стремится к переходу от менее вероятных состояний к более вероятным. Согласно этой формулировке второе начало термодинамики не является точным законом природы, подобным законам сохранения импульса и энергии. Второе начало термодинамики имеет статистический характер и поэтому выполняется лишь «в среднем».

Формулировка Больцмана, указывающая на вероятностный характер протекания процессов в системе, была с воодушевлением встречена многими учёными, так как давала, как им казалось, естественнонаучное опровержение тепловой смерти Вселенной – поскольку Вселенная бесконечна, то ни одно из состояний её не является наиболее вероятным и, следовательно, не может быть каким-либо конечного равновесного состояния Вселенной.

¹ Демон Больцмана – крохотное, бестелесное, озорное и вечно занятое существо.

Так как Больцман получил уравнение (2), как уже отмечалось, для системы близкой к состоянию равновесия, то он считал, что наблюдаемое неравновесное состояние доступной нам части Вселенной является результатом произошедшей здесь флуктуации гигантского размера, причём в остальных частях Вселенной имеет место тепловое равновесие. Отсюда он заключал, что равновесная Вселенная всегда за счёт флуктуаций будет иметь возможность отклоняться от состояния равновесия.

Однако дальнейшие исследования показали, что флуктуационные процессы, приводящие к переходу системы из равновесного состояния в неравновесное (создающие неравновесность в равновесной изолированной системе), имеют место только в микроскопических системах, содержащих относительно малое число молекул. Так, если взять объём воздуха равным 0,008 кубического микрона, то изменение плотности воздуха в этом объёме на 1 % будет происходить очень часто – около миллиарда раз в секунду [5]. Однако если мысленно выделить в неподвижном воздухе контрольную поверхность объёмом 1 см³, то для наблюдения внутри неё повышения плотности на 1 % за счёт флуктуаций (случайного изменения числа молекул в этом объёме) потребуется 10¹⁴⁰ лет. Если бы даже подобное состояние и было когда-нибудь достигнуто системой, то время пребывания системы в этом состоянии оказалось бы настолько малым, что ни один прибор не смог бы его зарегистрировать.

Более того, неправомерно обобщение вероятностного (флуктуационного) закона отклонения микросистемы от состояния равновесия в результате хаотического движения молекул на изменение состояния неравновесной системы, состоящей из двух или более макротел, взаимодействия между которыми не носят случайный характер, обусловленный хаотическим движением молекул этих тел. Все процессы между макротелами происходят не в соответствии с вероятностными законами (тепло от горячего чайника может быть передано воздуху в комнате, а может и воздух нагреть чайник, всё дело случая), а в соответствии с так называемыми градиентными законами – теплопроводности Фурье, диффузии Фика и др. – в сторону убыли температуры, концентрации и т. п. Очевидно, что и изменение энтропии для системы взаимодействующих тел нельзя отождествлять с флуктуационными изменениями энтропии отдельного тела, находящегося в состоянии близком к равновесию. Для макроскопических систем второй закон термодинамики, согласно которому неравновесная изолированная система стремится к равновесному состоянию, выполняется всегда, т. е. он является достоверным (а не вероятностным) законом.

Придание энтропии неких особых свойств, выделяющих её среди других величин, обусловлено тем, что до последнего времени другие величины не ис-

пользовались для записи ВНТ. Как показано в работах [6, 7], энтропия является лишь одной из физических величин, количественно характеризующих неравновесность системы.

Причиной всех процессов является неравновесность – свойство материи, обусловленное неодинаковостью распределения концентрации движения в пространстве. При протекании реальных процессов в неравновесной изолированной системе (НРИС) происходит уменьшение неравновесности системы, что характеризуется потерей упорядоченного движения (УД) в ней. Поскольку мерой УД является работа, то, следовательно, и мерой неравновесности будет потерянная работа (потенциально возможная) в ИС, а в адиабатной системе – максимальная, работа, совершаемая системой при переходе её в равновесное состояние.

Поскольку максимальную работу неравновесной системы можно определить по убыли термодинамического потенциала или эксергии системы, то, следовательно, эти величины также являются мерами неравновесности системы. Если ввести общий символ для обозначения различных количественных характеристик неравновесности (работы, эксергии, потенциала), то новая запись второго начала термодинамики будет иметь вид

$$d\Lambda \leq 0; \quad \Delta\Lambda = \Lambda_2 - \Lambda_1 \leq 0. \quad (3)$$

В соответствии с выражением (3) новая формулировка ВНТ может быть такой: эволюция неравновесной изолированной системы такова, что рост неравновесности в системе невозможен (в необратимых процессах она уменьшается, а в обратимых не изменяется).

Связь между энтропией (точнее изменением энтропии) – одной из мер неравновесности ИС – и числом молекул можно установить, используя уравнение Гюи-Стодола, связывающего потерянную работу (равную убыли неравновесности) с приращением энтропии изолированной системы,

$$-\Delta\Lambda = L_{\text{пот}} = T_{\text{ог}} \Delta S, \quad (4)$$

где $T_{\text{ог}}$ – температура тела неравновесной системы с наименьшей температурой (окружающей среды).

Как следует из (4), чем больше рост энтропии, тем больше потеря (убыль) неравновесности системы. Следовательно, изменение энтропии системы традиционно остаётся мерой неравновесности изолированной системы.

Потерянной (потенциально возможной) работе $L_{\text{пот}}$ (положительная величина) можно сопоставить внутреннюю энергию условной системы, содержащей число молекул $N_{\text{усл}}$ одноатомного идеального газа при температуре $T_{\text{ог}}$,

$$L_{\text{пот}} = U_{\text{усл}} = E_{\text{км}} N_{\text{усл}} = (3/2)kT_{\text{ог}} N_{\text{усл}}, \quad (5)$$

где – кинетическая энергия одноатомной молекулы.

Решая совместно уравнения (4) и (5), получим следующее выражение для расчёта изменения энтропии НРИС при переходе последней от менее равновесного к более равновесному состоянию:

$$\Delta S_{\text{НРИС}} = L_{\text{пот}}/T_{\text{ос}} = (3/2)kN_{\text{усл}} . \quad (5)$$

Таким образом, приращению энтропии НРИС можно придать такой физический смысл: приращение энтропии неравновесной ИС характеризует (пропорционально) число молекул $N_{\text{усл}}$ условной системы (ими могут быть и реальные молекулы ОС), внутренняя энергия которой при температуре самого холодного тела системы равна потерянной (потенциально возможной) работе. Чем больше потерянная работа и чем ниже температура самого холодного тела ИС, тем больше потребуется молекул условной или действительной системы (например, молекул атмосферы, воспринявших энергию рассеянного, диссипированного упорядоченного движения) для представления потерянной работы в виде внутренней энергии, а значит больше рост энтропии ИС и потеря неравновесности системы.

Выражение (5), связывающее изменение энтропии с числом молекул ОС, воспринимающих потерянную (возможную) работу (УД), наглядно показывает причину, по которой энтропию (правильнее изменение энтропии ИС) называют мерой диссипации (рассеяния): чем больше рост энтропии системы тело-ОС, тем больше число молекул, воспринявших потерянную работу при температуре окружающей среды.

Больцман разрабатывал теорию, согласно которой макроскопические процессы являются результатом хаотического движения молекул в то время, когда не было убедительных доказательств существования самих молекул. Многие из современников Больцмана сомневались в правомерности его предположений и рассуждений. Уже при жизни Больцмана стало ясно, что предложенная им трактовка энтропии неравновесной макросистемы, как вероятностной величины, и второго закона, как вероятностного закона, не «спасает» Вселенную от тепловой смерти. Всё это, несомненно, сказалось на его душевном состоянии. Больцман очень страдал от насмешек своих противников, совершенно потерял душевный покой, впал в бедность и, в конце концов, покончил с собой.



Рисунок 1 – Надгробие Больцмана на Центральном кладбище Вены (Вены).

На надгробии Больцмана в Вене выгравирована формула $S = k \log W$ (рис. 1). Эта формула, по словам Эткинса, – мост, соединяющий мир доступных нашему восприятию событий и скрытый за их «кулисами» основополагающий мир.

В 1906 г., когда скончался Больцман, его идеи уже носились в воздухе. Были развиты и методы, позволяющие победить противников Больцмана и восстановить его репутацию как одного из крупнейших физиков-теоретиков. После опытов Ж. Перрена (1906–1908 гг.) все труды Больцмана были объявлены классическими.

Исследование свойств идеальных газов с учётом их микроструктуры привело Больцмана к созданию статистической термодинамики (её основное соотношение выгравировано на его надгробии).

Дальнейшее развитие его трудов шло в направлении разработки не только физических идей, но и математических методов, вследствие чего появились статистическая физика и математическая статистика. Затем на их основе сформировались кибернетика и теория информации.

Слова, однажды сказанные Л. Больцманом, в полной мере относятся и к нему самому: *«То, на что жалуется поэт, верно и для теоретика: творения его написаны кровью его сердца, и высшая мудрость граничит с высшим безумием».*

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Эткинс П. Порядок и беспорядок в природе: Пер. с англ. / Предисл. Ю. Г. Рудого. – М.: Мир, 1987. – 224 с.:
- 2 Шамбадаль П. Развитие и приложение понятия энтропии. – М.: Наука, 1967. – 280 с.:
- 3 Фен Дж. Машины, энергия, энтропия: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 336 с.: ил.
- 4 Рындин В. В. Газовые постоянные и их физический смысл // Наука и техника Казахстана. – 2001. – № 3. – С. 107–118.
- 5 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.

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

7 Рындин В. В. Количественные характеристики (меры) неравновесности системы в данном состоянии и её изменения при протекании процессов // Наука и техника Казахстана. – 2002. – № 4. – С. 12.–21.

УДК 536.7:621.311

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.В. Рындин, Д.В. Рындина

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

Газды және булы қозғалтқыштарының тиімді жұмысын талдауға қолданатын пайдалы әсер коэффициенттерінің (ПӘК) белгіленуі мен аталуын келісім жүргізледі. Адиабаталық жүйемен жасалған жұмыстың осы жүйенің теңсіздігінің осуіне қатысты жұмысының теңсіз ПӘК-і түсінігі енгізіледі.

Проводится согласование наименований и обозначений коэффициентов полезного действия (кпд), используемых для анализа эффективности работы газовых и паровых двигателей. Вводится понятие неравновесного кпд как отношение работы, совершённой адиабатной системой, к убыли неравновесности этой системы.

The coordination of names and the designations of coefficients of efficiency, used for the analysis of an effectiveness of performance of gas and steam engines is carried out. The concept of nonequilibrium coefficient of efficiency as the relation of the work accomplished by adiabatic system to the loss nonequilibrium of this system is entered.

Представления о коэффициенте полезного действия как универсальной мере термодинамического совершенства широко используется и в технической термодинамике, и в связанных с ней областях. Как отмечается в работе [1], несмотря на важность и широкое распространение этого понятия, до сих пор в научной литературе и в инженерной практике встречаются самые разнообразные и не имеющие научного обоснования трактовки кпд, не согласующиеся между собой.

Кроме того, в учебниках по термодинамике и в теории двигателей внутреннего сгорания используются, зачастую, различные обозначения и наименования однотипных коэффициентов полезного действия, применяемых для характеристики эффективности работы тепловых машин. Это же касается и самой термодинамики при рассмотрении циклов газовых и паровых двигателей. Целью данной работы является систематизация видов кпд и унификация их обозначений.

Коэффициентом полезного действия какого-либо устройства принято называть отношение полезно использованной энергии к затраченной энергии

$$\eta = \frac{E_{\text{полез}}}{E_{\text{затрач}}}$$

Применительно к теплосиловым установкам, преобразующим тепло в работу при совершении цикла, полезной энергией будет получаемая работа – работа цикла $W_{\text{ц}}$ ($w_{\text{ц}}$), а затраченной энергией – подведённая в цикле теплота Q_1 (q_1).

Поэтому такой КПД, равный отношению работы цикла к подведённой теплоте, принято называть *тепловым* КПД, или *термическим*¹

$$\eta_{\text{T}} = \frac{W_{\text{ц}}}{Q_1} = \frac{w_{\text{ц}}}{q_1} = \frac{q_1 - |q_2|}{q_1} = 1 - \frac{|q_2|}{q_1}, \quad (1)$$

где $W_{\text{ц}}$ – работа цикла, Дж; $w_{\text{ц}} = W / m$ – удельная работа, Дж / кг; Q_1 – подведённая теплота, Дж; q – удельная теплота, Дж / кг.

Термический КПД цикла характеризует степень совершенства того или иного цикла: чем больше значение η_{T} , тем совершеннее цикл; при подводе к рабочему телу одного и того же количества тепла Q_1 в цикле, у которого η_{T} больше, производится большая работа $W_{\text{ц}}$.

Отличительной особенностью тепловых двигателей является то, что для длительного преобразования тепла в работу рабочее тело должно совершать цикл (круговой процесс), для замыкания которого хотя бы один процесс должен быть с отводом тепла. Поскольку в любом цикле нужно отводить тепло, то возникает вопрос, нет ли такого цикла, в котором доля отводимого тепла была бы наименьшей, а работа наибольшей, т. е. какой цикл, протекающий в заданном интервале температур, имеет наибольший КПД.

Такой цикл предложил и проанализировал Садик Карно в 1824 г. Предложенный Карно цикл (цикл Карно) состоит из двух изотермических и двух адиабатных (изоэнтропных) процессов (рис. 1). Все процессы осуществляются без трения (следовательно, адиабатный процесс является идеальным адиабатным процессом – изоэнтропным), а изотермические процессы подвода и отвода тепла протекают при бесконечно малом перепаде температуры между рабочим телом (РТ) и источниками тепла (ИТ) – горячим (ГТ) и холодными (ХТ) телами. Такой цикл будет идеальным (обратимым), т. к. в действительности все процессы протекают с трением и при конечной разности температур.

Итак, особенностью идеального цикла Карно (ИЦК) является не только наличие двух изотермических и двух изоэнтропных процессов, но и равенство в

пределе температур рабочего тела и источников тепла: $T_1 = T_{1н} = T_{ГТ}$; $T_2 = T_{2н} = T_{ХТ}$ при $\Delta T = (T - T_{ГТ}) \rightarrow 0$. В sT -диаграмме цикл Карно изображается в виде прямоугольника $abcd$ (рис. 1, а).

1. Термическим, или тепловым, так как он характеризует эффективность преобразования тепла (хаотического движения микрочастиц рабочего тела) в работу (упорядоченное движение поршня).

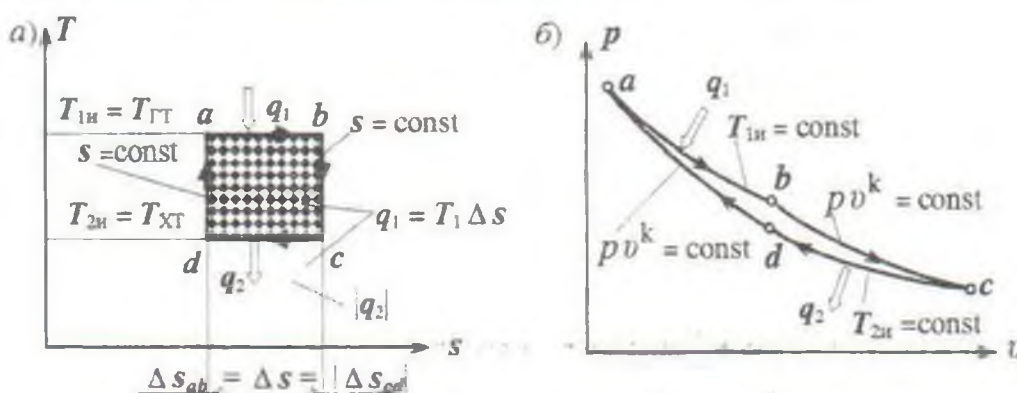


Рисунок 1 – Цикл Карно

Выражение для КПД ИЦК получается из общей формулы термического КПД (1) путём подстановки в неё удельных теплот q_1 и $|q_2|$, определяемых как площади прямоугольников с высотами соответственно

$$T_{1н} = T_{ГТ} \text{ и } T_{2н} = T_{ХТ} \text{ и основанием } \Delta s$$

$$\eta_{ИЦК} = 1 - |q_2| / q_1 = 1 - T_{2н} \Delta s / (T_{1н} \Delta s) = 1 - T_{2н} / T_{1н} = 1 - T_{ХТ} / T_{ГТ}. \quad (2)$$

Как оказалось, идеальность цикла Карно проявляется в двух аспектах:

1) термический КПД ИЦК является наибольшим для всех возможных циклов, протекающих в заданном интервале температур, и, следовательно, своего рода эталоном, по сравнению с которым можно определить степень эффективности любого цикла, осуществляемого в том же интервале температур, что и ИЦК;

2) только при протекании ИЦК изменение энтропии РТ в соответствующем процессе соответствует изменению энтропии источников тепла, или, иначе, изменение энтропии ГТ равно по модулю изменению энтропии ХТ, что в итоге обеспечивает неизменность энтропии изолированной системы (ИС).

Последняя особенность ИЦК легла в основу концепции идеальности, или обратимости процессов. В соответствии с выражением для расчёта изменения удельной энтропии в изотермическом процессе $\Delta s = q / T$ изменение энтропии РТ будет соответствовать изменению энтропии ИТ, если $q_1 = -q_{ГТ}$; $q_{ХТ} = -q_2$ ($q_{ГТ}$ и $q_2 < 0$, так как эти теплоты отводятся от соответствующих систем) и $T_{РТ} = T_{ИТ}$. Отсюда стремление приблизить температуру РТ к температуре ИТ и

требование протекания процессов без трения (лишь при отсутствии трения подводимая к РТ теплота q_1 будет равна по модулю отводимой от ГТ теплоте $|q_{ГТ}|$). Только при соблюдении этих требований (условий идеальности, обратимости) не происходит роста энтропии ИС, состоящей из источников тепла и рабочего тела, а значит и потери (диссипации) упорядоченного движения (работы).

Все другие циклы тепловых машин характеризуются кпд, меньшими термического кпд ИЦК, и при протекании таких циклов энтропия ИС растёт.

В зависимости от вида рассматриваемых работ различают следующие виды термического (теплого) кпд: *теоретический* кпд η_1^1 , *внутренний (индикаторный)* η_i и *эффективный (внешний)* η_e^1 кпд цикла. Для характеристики установки (двигателя) в целом используется понятие *эффективного (внешнего) кпд установки* $\eta_e^{уст}$.

Все термодинамические процессы действительного цикла, осуществляемого в реальном двигателе, в той или иной степени необратимы. Необратимость процессов в цилиндре ДВС вызывается, например, отдачей теплоты от РТ в стенки. Необратимость процессов газообмена связана с наличием трения в потоке газа. Потерями на трение сопровождается действительный процесс расширения в турбине. В реальных двигателях изменяется и состав газов при сгорании, и масса газов при газообмене; изменяется и теплоёмкость газов.

Для облегчения выяснения основных закономерностей преобразования тепла в работу и наглядности изображения на диаграммах реальные циклы идеализируются, в результате чего каждому реальному циклу сопоставляется упрощённый, так называемый теоретический² цикл. В основу идеализации газовых циклов положены следующие допущения:

- в качестве РТ принимают идеальный газ неизменного состава, масса которого во всех процессах остаётся неизменной;
- теплоёмкость газа и показатель адиабаты k постоянны;
- процессы сжатия и расширения принимают без теплообмена и трения, т. е. изоэнтропными (идеальными адиабатными);
- процесс сгорания заменяется процессом подвода тепла от горячего тела;
- процессы газообмена заменяют процессами отвода тепла при постоянном объёме (поршневые ДВС) или при постоянном давлении (газовые турбины).

Исследование и анализ теоретических циклов позволяет установить ряд важных характеристик, знание закономерностей изменения которых позволяет наметить пути совершенствования реальных тепловых машин.

Теоретический кпд (термический кпд теоретического цикла) определяется как отношение работы теоретического цикла к подведённой теплоте

$$\eta_t = \frac{W_t}{Q_1} = \frac{w_t}{q_1}. \quad (3)$$

Работу, совершаемую рабочим телом внутри установки в результате действия сил давления на подвижные элементы (поршень или лопатки турбины), принято называть внутренней работой W_i . В поршневых машинах внутренняя работа определяется с помощью диаграммы изменения давления РТ в цилиндре – индикаторной диаграммы (записываемой с помощью специального прибора – индикатора). Поэтому здесь внутреннюю работу называют «индикаторной» работой:

$$W_i = \oint p dV; \quad w_i = \oint p dV.$$

Внутренний, или индикаторный КПД – отношение внутренней (индикаторной) работы цикла к подведённой теплоте

$$\eta_i = \frac{W_i}{Q_1} = \frac{w_i}{q_1}. \quad (4)$$

Внутренний (индикаторный) КПД характеризует экономичность действительного цикла; в отличие от теоретического КПД цикла внутренний КПД учитывает не только отвод теплоты Q_2 к холодному телу, но и потери, связанные с неполнотой сгорания, диссоциацией, утечками РТ через неплотности, отводом тепла в стенки и с отработавшими газами, а также со сменой РТ, если последние не учитываются с механическими потерями.

В результате трения при движении поршня в цилиндре или газа в межлопаточных каналах турбины внутренняя работа частично преобразуется в теплоту трения, которая подводится к рабочему телу, наряду с внешней теплотой, и, следовательно, влияет на протекание самого цикла. Таким образом, в цикле возникают внутренние потери трения. Разность между внутренней работой РТ и внутренней работой трения (работой трения поршня за цикл или работой трения при течении газа в межлопаточных каналах турбины) называется внешней, или эффективной работой цикла:

$$W_e^{\text{II}} = W_i - W_{\text{тр.ц}} = \oint p dV - W_{\text{тр.ц}}.$$

Отношение внешней (эффективной) работы цикла к подведённой теплоте принято называть внешним (эффективным) КПД цикла

$$\eta_e^{\text{II}} = \frac{W_e^{\text{II}}}{Q_1} = \frac{w_e^{\text{II}}}{q_1}.$$

Помимо необратимых потерь, имеющих место в процессах, осуществляе-

мых собственно рабочим телом в цикле, работа реальной тепловой установки сопряжена с рядом механических потерь, обусловленных необратимостью тепловых, механических и электрических процессов в отдельных элементах всей установки. К ним относятся в поршневых машинах потери внутренней (индикаторной) работы на преодоление трения между движущимися деталями двигателя (трение поршня, трение в подшипниках, трение в распределительном механизме и т. п.); на привод агрегатов и устройств двигателя (топливного, масляного и водяного насосов, вентилятора, генератора и т. п.); на очистку и наполнение цилиндров (насосные потери) и другие. В теплосиловой установке (газо- или паротурбинной) работа механических потерь расходуется в турбине на преодоление трения в подшипниках, на привод масляного насоса и системы регулирования турбины, а в электрогенераторе – на преодоление электрических и механических потерь в нём.

Разность между внутренней (индикаторной) работой цикла и работой механических потерь в установке принято называть эффективной (внешней) работой установки: $W_e = W_e^{уст} = W_i - W_{м.п.}$.

Показателем экономичности работы теплосиловой установки (двигателя) в целом служит эффективный (внешний) КПД установки – отношение внешней (эффективной) работы, отданной теплосиловой установкой внешнему потребителю, к подведённой теплоте

$$\eta_e = \eta_e^{уст} = \frac{W_e^{уст}}{Q_1} = \frac{w_e^{уст}}{q_1}. \quad (5)$$

Рассмотренные выше виды КПД (η_t , η_i , η_e) циклов называются абсолютными тепловыми (термическими) КПД: все они непосредственно характеризуют эффективность преобразования тепла в работу. Для сравнения между собой различных КПД вводится понятие относительного КПД в виде отношения сравниваемых КПД или отношения соответствующих работ.

Сравнение внутреннего (индикаторного) КПД с теоретическим КПД сходного с действительным термодинамического цикла даёт возможность оценить совершенство действительного цикла. Для этого используют внутренний относительный КПД в виде отношения внутреннего КПД к теоретическому (внутренней работы цикла к теоретической)

$$\eta_{oi} = \frac{\eta_i}{\eta_t} = \frac{w_i}{w_t}. \quad (6)$$

Все потери, связанные с осуществлением действительного цикла достигают 10 – 30 % полезно используемой теплоты в сходном теоретическом цикле,

что говорит о достаточно больших возможностях дальнейшего его совершенствования [4].

Для учёта дополнительных механических потерь в двигателе, несвязанных с необратимостью цикла, вводится механический КПД как отношение эффективного и внутреннего КПД (эффективной и индикаторной работ)

$$\eta_{\text{м}} = \frac{\eta_{\text{е}}}{\eta_{\text{і}}} = \frac{w_{\text{е}}}{w_{\text{і}}} \quad (7)$$

Для оценки эффективности реального цикла и установки в целом вводится понятие внешнего (эффективного) относительного КПД

$$\eta_{\text{о.п}} = \frac{\eta_{\text{е}}}{\eta_{\text{т}}} = \frac{w_{\text{е}}}{w_{\text{т}}} \quad (8)$$

Термический (тепловой) КПД оценивает эффективность теплосиловой установки несовершенно, так как здесь достигнутое (полученная полезная работа) сравнивается не с достижимым (не с максимальной работой), а с теплотой, которая в цикле не может быть полностью превращена в работу. Поэтому целесообразно оценивать совершенство ТСУ по КПД, определяемому как отношение полученной (внешней, эффективной) работы к максимально возможной работе

$$\eta_{\text{о.п}} = W_{\text{е}} / W_{\text{max}} \quad (9)$$

Такой КПД можно назвать полным (общим) относительным КПД.

В качестве максимальной работы можно взять работу идеального цикла Карно, протекающего в том же интервале температур (максимальной $T_1 = T_{\text{max}}$ и минимальной $T_2 = T_{\text{min}}$), что и реальный цикл,

$$W_{\text{max}} = W_{\text{ицк}} = Q_1 \eta_{\text{ицк}} = Q_1 (1 - T_{\text{min}} / T_{\text{max}}). \quad (10)$$

С учётом выражений (5) и (10) полный относительный КПД (его можно назвать относительным КПД Карно) запишется в виде

$$\eta_{\text{о.к}} = W_{\text{е}} / W_{\text{ицк}} = \eta_{\text{е}} / \eta_{\text{ицк}} = \eta_{\text{е}} / (1 - T_{\text{min}} / T_{\text{max}}).$$

Если в качестве минимальной температуры цикла Карно берётся постоянная температура окружающей среды $T_{\text{min}} = T_{\text{oc}}$, то максимальная работа, которую можно получить за счёт подводимой теплоты Q_1 в произвольном процессе 1-2, будет равна сумме работ идеальных циклов Карно, совершаемых в интервале температур $T - T_{\text{oc}}$. Эту работу принято называть эксергией теплоты Q_1 :

$$W_{\text{max}} = E_Q = (E_Q)_{12} = \int (1 - \frac{T_{\text{oc}}}{T}) \delta Q = Q_{12} - T_{\text{oc}} \int \frac{\delta Q}{T} = Q_{12} - T_{\text{oc}} \Delta S_{12}.$$

Отношение внешней (эффективной) работы к эксергии подведённой теплоты принято называть эксергетическим КПД

$$\eta_{\text{экс}} = W_{\text{е}} / E_{Q_1} = w_{\text{е}} / e_{q_1},$$

где e_{q1} – удельная эксергия подведённой теплоты.

Отклонение от максимального значения $\eta_{\text{экс}} = 1$ служит мерой принципиально устранимых потерь эксергии, уменьшение которых возможно при более рациональном проведении процессов и использовании более совершенного оборудования.

Существует множество разнообразных процессов, где совершается работа в отсутствие видимого увеличения объёма и при постоянной температуре. Сюда относится большой класс явлений в растворах, а также работа в электрическом и магнитном полях, работа гальванического элемента, механические деформации и т. д. Для расчёта этих видов работ в термодинамике вводятся специальные функции – термодинамические потенциалы, убыль которых даёт максимальную внешнюю работу, получаемую в такой системе при протекании обратимых процессов.

Если термодинамический потенциал в общем случае обозначить символом Π («пи» греческое), то работа неравновесной адиабатной системы в обратимом процессе определится в виде убыли термодинамического потенциала $W_{\text{max}} = -\Delta\Pi$. В связи с этим можно ввести понятие полного относительного КПД для неравновесной адиабатной системы (потенциального КПД системы) в виде отношения внешней работы системы к убыли её термодинамического потенциала

$$\eta_{\text{пот}} = W_e / (-\Delta\Pi).$$

В соответствии с концепцией неравновесности, положенной в основу второго закона термодинамики в монографии [5], неравновесность изолированной системы в реальных процессах уменьшается, а в обратимых (идеальных) не изменяется. Получить работу можно только в неравновесных системах. Максимальная работа, которую можно получить при переходе системы в полностью равновесное состояние и будет мерой (количественной характеристикой) неравновесности системы в данном состоянии: $\Lambda = W_{\text{НРС} \rightarrow \text{РС}}$. Максимальная работа, которую может совершить неравновесная адиабатная система при переходе её из неравновесного состояния в более равновесное состояние в обратимом процессе, будет равна убыли неравновесности системы $W^0 = W_{\text{max}} = -\Delta\Lambda$. В реальных процессах происходит диссипация упорядоченного движения (работы), в результате чего внешняя работа получается меньше максимальной, т. е. меньше убыли неравновесности системы $(-\Delta\Lambda)$ на работу потерь $W_{\text{пот}}$:

$$W^e = W_{\text{max}} - W_{\text{пот}} = (-\Delta\Lambda) - W_{\text{пот}}.$$

Поскольку и изменение эксергии, и убыль термодинамического потенциала характеризуют максимальную работу в обратимых процессах, то, следовательно, они также являются мерами изменения неравновесности системы. В связи с этим можно ввести понятие общего относительного КПД для неравновесной системы (неравновесного КПД системы), производящей любой вид работы, в виде отношения внешней работы системы к убыли её неравновесности

$$\eta_{\text{нер}} = W_e / (-\Delta\Lambda) = 1 - W_{\text{пот}} / (-\Delta\Lambda).$$

Все виды коэффициентов полезного действия можно наглядно представить в виде структурной схемы (рис. 2).



Рисунок 2 – Структурная схема абсолютных и относительных КПД

ЛИТЕРАТУРА

1 Бродянский В. М. Принципы определения КПД технических систем преобразования энергии и вещества // Энергетика (Изв. высш. учебных заведений). – 1985. – № 1. – С. 60–65.

2 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.:

3 Андрущенко А. И. О показателях эффективности циклов теплоэнергети-

ческих установок //Энергетика (Изв. высш. учебных заведений). – 1981. – № 9. – С. 36–39.

4 Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учеб. для вузов /Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Крутлова. – М.: Машиностроение, 1983. – 372 с.:

5 Рындин В. В. Второе начало термодинамики и его развитие //Монография. – Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2002. – 448 с.: ил.

УДК 616.381:346.2-002:612.36

АППЕНДИКУЛЯРНО-ГЕНИТАЛЬНЫЙ СИНДРОМ В НЕОТЛОЖНОЙ ХИРУРГИИ

М.К. Садвакасов, К.А. Муратов

г. Ерейментау ЦРБ заведующий хирургическим отделением

г. Ерейментау ЦРБ хирургическое отделение

Мақала тақырыбы - "Шұғыл хирургияның Аппендикулярно - генитальный синдром " орталық аудандық аурухана хирургиялық айырылулары күндізгі бөлімде операция жасалған ауру мақалада талдау туындатылған үшін 10 жыл ,1995-2005 жыл қайсылардың операция уақытына өткір соқыр ішек жөнінде өткір гинекологиялық ауруларды табылған болатын . Ауру мына топ тексеруінде жетіспеушіліктер және клиника ағым ерекшеліктері белгіленген .

Тема статьи "Аппендикулярно - генитальный синдром в неотложной хирургии". В статье произведен анализ оперированных больных в стационаре хирургического отделения центральной районной больницы за 10 лет, 1995-2005 годы, у которых во время операций по поводу острого аппендицита были обнаружены острые гинекологические заболевания. Отмечены недостатки в обследовании этой группы больных и особенности клинического течения.

Theme of clause - " Аппендикулярно-генитальный синдром in urgent surgery ". In clause the analysis оперированных of the patients in стационаре of surgical branch of the central regional hospital for 10 years is made, 1995-2005 years at which during operation concerning sharp аппендицита were found out sharp гинекологическое of disease. The lacks of inspection of this group of the patients and feature of clinical current are marked.

Известно, что среди заболеваний органов брюшной полости самым распространенным является острый аппендицит. Наиболее часто ошибочный диагноз аппендицита ставят у женщин с заболеваниями гениталий.

В хирургическом отделении Ерейментауской ЦРБ данные взяты за 10 лет с 1995-2005 годы.

Нами изучены 128 историй больных, у которых во время операций по поводу острого аппендицита были обнаружены острые гинекологические заболевания. За этот период в хирургическом отделении г. Ерейментау было

произведено 1756 аппендэктомии. Процент ошибок в дифференциальной диагностике острого аппендицита и гинекологических заболеваний составил 6%. У 128 больных выявлены следующие гинекологические заболевания: апоплексия яичника - 56 (44%), воспалительные заболевания внутренних половых органов - 41 (32%), перекрут кисты яичника - 12 (9%), нарушенная внематочная беременность - 8 (6%), пельвиоперитонит неясной этиологии - 11 (8%). Диагностические затруднения чаще возникали у молодых женщин 17-40 лет, которые составляли 90%. Наиболее часто за острый аппендицит принимали апоплексию яичника, перекрут кисты и внематочную беременность - у 64 (50%), где истинное заболевание не было распознано до операции.

Среди клинических симптомов не выявлялось патогномоничных признаков для этих заболеваний. По частоте на первом месте находился болевой синдром. У всех боли локализовались внизу живота или мезогастральной области. Нередко боли сопровождались диспепсическими явлениями: тошнотой и рвотой. Головокружение отмечено у 9 пациенток. Напряжение мышц передней брюшной стенки и сомнительные симптомы раздражения брюшины наблюдались у 42 больных, но не четко. Температура тела оставалась нормальной, реже (17 пациентов) субфебрильной, количество лейкоцитов умеренное, осмотр гинекологом у половины больных не проводился.

Оперативные вмешательства выполнены в первые часы под общим наркозом, разрезом по Волковичу-Дьяконову с продлением в последствии с низу, с привлечением дежурного гинеколога. Оперативное вмешательство сводилось к ушиванию яичника, клиновидной резекции и их удалению у больных с кистозными перерождениями последних. Отросток удален, как вторично измененный, в 53 случаях, гистологически у 33 обнаружено катаральное воспаление.

Из 41 больных с острыми воспалительными заболеваниями внутренних половых органов, которые были оперированы по поводу предполагаемого острого аппендицита, у 35 гинеколог исключил патологию, а у 27 хирург диагностировал острый аднексит, сальпингоофорит с явлениями пельвиоперитонита, но нельзя было исключить острый аппендицит. Больные этой группы поступили в стационар спустя 6-10 и более часов после начала заболевания.

Анализ симптомов заболевания позволили отметить нехарактерное начало для острого аппендицита, схваткообразный ноющий характер болей с локализацией их в низу живота и над лоном, выраженные диспепсические расстройства, повышение температуры до субфебрильной, нередко озноб. При объективном обследовании выявлялась более типичная картина острого аппендицита, положительный симптом Щеткина-Блюмберга, симптом Промптова у трети больных, лабораторные данные - повышение лейкоцитоза и СОЭ.

Большинство пациентов оперированы под общим наркозом косым доступом, только у 7 больных выполнена нижне-срединная лапаротомия. Отросток удален во всех случаях, брюшная полость дренирована, гистологически - воспалительно-дистрофические изменения.

Таким образом, частая гипердиагностика острого аппендицита при наличии острой гинекологической патологии и отсутствие ошибочных диагнозов острого аппендицита в хирургических стационарах обусловлены повышенной настороженностью в отношении аппендицита. Большинство диагностических ошибок при острых гинекологических заболеваниях можно было избежать при тщательном сборе анамнеза и осмотре, а также интерпретации полученных данных (пункция заднего свода, пальцевое исследование кишки, лапароцентез, лапароскопия). Лучше выполнять один удлиненный косой разрез, чем два разреза (косой и срединный), особенно с учетом пола и возраста. Аппендэктомия при этих заболеваниях не только не ухудшает течения послеоперационного периода, но и разрывает цепь аппендикулярно-генитального синдрома.

УДК 616.31

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ НА ПРИМЕРЕ АКСУСКОГО ЗАВОДА ФЕРРОСПЛАВОВ

А.К. Танмурзина

*ТОО Медицинский центр Евразия при Аксуском заводе
ферросплавов*

Аксу феррокорытпа зауытында шипалы және емдік шараларын қаржыландырудың жанаша экономикалық механизмін еңгізуде тіс дәрігері стоматологтың талабы мен жұмысының нәтижелерін елеулі өзгертті.

Внедрение нового экономического механизма финансирования оздоровительных и лечебных мероприятий на Аксуском заводе ферросплавов существенно изменило условия и результаты работы врача - стоматолога.

Introduction of the new economic mechanism of financing of improving and medical actions on Aksu-the Factory of Ferroalloys has essentially changed conditions and results of work of the doctor - stomatologist.

Здоровые зубы - это залог хорошего здоровья, красивая улыбка, ясная речь, правильные черты лица, и, конечно же хорошее настроение в течение рабочего дня.

По Приказу Министерства здравоохранения Республики Казахстан от 12.03.04 г., №243 «Об утверждении перечня вредных производственных факторов, профессий, при которых обязательны предварительные и периодические медицинские осмотры и инструкции по проведению обязательных и периодических медицинских осмотров работников, подвергающихся воздействию вредных, опасных и неблагоприятных производственных факторов», работники Аксуского завода ферросплавов по направлению цеховых терапевтов, лор - врача обязаны проходить профилактический осмотр стоматолога.

Еще два года назад устаревшее оборудование, недоснащенность стоматологическими материалами, боязнь перед стоматологическим вмешательством отпугивал больного, который откладывал посещение врача на более поздний срок, «см самым, уменьшая возможность благоприятного исхода заболевания.

Создание и развитие вневедомственной стоматологической службы на базе Аксуского завода ферросплавов филиала «Медицинский центр Евразия» доказало успешность сотрудничества с работодателем. Изменение в налоговом законодательстве позволило работодателю ежегодно выделять до 70 МРП (месячный расчетный показатель) на каждого рабочего, что существенным образом изменило систему взаимоотношений врач-пациент. Труд врача стал экономически мотивирован, зарплата стала напрямую зависеть от объема и качества оказанных услуг.

Обобщая практику стоматологической помощи за период 2002-2004 гг. можно установить следующую тенденцию: количество посещений за 2004 г. возросло по сравнению с 2002 годом в 3 раза. Количество пациентов прошедших профилактический осмотр увеличилось за этот же период в 8 раз. Улучшилось количество предоставляемых услуг: если в 2002 г. обращений по поводу осложненного кариеса составило около 18%, то в 2003 г.-15,2%, в 2004 г.-11,8%. Количество зубов подлежащих удалению уменьшилось в 2004 г. на 6,5% по сравнению с 2002 г.

В настоящее время все стоматологические кабинеты на заводе оснащены совершенной стоматологической установкой Sirona-8 (производство Германия) с турбинным наконечником, слюноотсосом, пылесосом, ультразвуковым скайлером для снятия твердых зубных отложений, в практику внедрена передовая технология радиовизиограф по R-диагностики заболеваний зубочелюстной системы, на практике не заменим лазерный аппарат «Оптодан», апекс-локатор, аппарат депофореза. Для хранения стерильных инструментов используется камера «Панмед-1». Принцип работы основан на бактерицидном действии бесстенового ультрафиолета. Большую лепту вносят всемирно известные зарубежные компании «Dentsply», «3M ESPE», «KERR», «HERAEUS KULZER» и др. по поставке пломбировочных материалов последнего поколения, широкий выбор анестетиков и медицинского инструментария.

Среди работников данного предприятия одним из распространенных патологических процессов является кариес зубов и его осложнения. Лечение поверхностного, среднего и глубокого кариеса проводится оперативно, путем препарирования и пломбирования кариозной полости. После препарирования кариозная полость обрабатывается нераздражающими антисептиками и высушивается, затем происходит наложение изолирующей прокладки (фосфат-цемент или стеклоиномерный цемент). С целью оказания противовоспалительного действия на пульпу и стимуляции функции одонтобластов по усилению Выводы:

1. Полное финансирование затрат на стоматологическую помощь работникам АЗФ способствовало увеличению обращаемости в 3 раза.

2. Экономическая мотивация труда врача-стоматолога значительно улучшило качество оказанной помощи.

3. Внедрение новых методов лечения и современных материалов снизило обращаемость по поводу осложнений кариеса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровский Е.В. Тералевтическая стоматология. - М.: ТОО «Тех лет». - 1997г.-514 с.
 2. Проблемы стоматологии. - 2001 №1 (11).
 3. Коволевский А.М. Комплексное лечение парадонтита. - С.-П.: Нордмед-Издат. - 1999г.-136 с.
-
-

УДК 744: 378. 147

БІЛІМДІК ЖҮЙЕНІҢ ЖЕКЕШЕ ӘДІСТЕРІН ЕСЕПТЕЙ ОТЫРЫП ИНЖЕНЕРЛІК ГРАФИКАНЫ ОҚЫТУ

Ж.А.Темербаева

*С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік
университеті*

В статье рассматриваются особенности проблемного обучения курса инженерная графика.

Мақалада графика курсының оқыту мәселелерінің ерекшелігі қарастырылады.

The article touches upon some spheres of problematic teaching of «Engineering Graphics» course

Білім жүйесінің мақсаты – ол халықтың парасаттық құрылымы үрдісіндегі белсенді қатысуы, оның ішкі сезімдік өркендеуі, қоғамның өркендеу әсеріне өтуіне, осы және болашақты байланыстырушы түйінінде. Бүгінгі күнде орта және жоғарғы мектеп өркендеуші және өркендетуші болғандықтан, оқыту әдісін міндетті түрде тек қана білімді меңгеруге ғана емес, сонымен қатар тұлғалықты өркендетуге де бағыттау.

Өркендеуші оқудың мақсаты – оқу субъектісінің әр оқушысынан өзіндік өмірінің субъектісін тәрбиелеу, яғни сезімді таңдау жасауға дайын адам, өз бетімен өзінің алдына сол немесе өзге тапсырмаларды қоя алатын, ыңғайлы құралдарды тауып, оны шешу әдістері. Былайша айтқанда, оқу құжаттарымен іс-қимылдар тұлғалықты қамтитын құраушы сипат тасуы керек, ал меңгеру жолы “оқытушыдан” емес, “оқушыдан” құралады. Егер мектеп – ол білімнің алғашқы түйіні болса, онда жоғарғы мектеп – білімі жоғары адам, маман және тұлғалардың құрылуының аяқтаушы кезеңі.

Студенттер оқитын әр пән, өзінде білім және машықтың анықталған зарядын, өзінің ерекшеліктері және оны үйренуі болып табылады. “Инженерлік графика” курсы негізгі бөліктері: инженерлік графика және сызу кіреді. Инженерлік графика геометрияның бір бұтағы болып табылады, оның толық мақса-

ты геометрия секілді, ал дәлірек айтқанда заттардың үлгісін зерттеу, осы әлемдегі бізді қоршаған орта мен олардың арасындағы қарым-қатынас, сәйкес заңдылықтарды орнату және оларды тәжірибелік тапсырмаларды шешуде қолдану. Академик А. Д. Александров айтқандай “өзіне тән геометрия логика жағынан тірі қиялдың үздіксіз органикалық жалғануында жатыр”. Графика, ол стереометриялық тапсырманы шешу үшін әртүрлі үлгінің және заттың құрамын сызба бойынша танытын, геометриялық жолды таңдайтын жағдайды бөледі. Қазіргі кезде адамның қайраткерлігінің, сызбаның көмегіне келуге аз немесе көп дәрежеде тура келмейтін түрін көрсету қиын. “Сызба техника тілі болып табылады” - деді инженерлік графиканы, негізін қалаушылардың бірі Госпар Монж.

Инженерлік графиканы оқытудың өзіндік ерекшеліктері бар. Міндетті түрде студенттерге берілген пән бойынша анықталған білім потенциалын хабарлап қою ғана емес, сондай-ақ кеңістікті қиялды мүмкіндігінше кеңінен өркендету, студентті сызбаны әдемі және дұрыс құру машықтарына үйрету, сонымен қатар әдістерін қатаң ережеде және анықталған тәсілдерде орыну керек. Инженерлік графиканы оқыту бірінші курста жүретінін ұмытпау керек, оқушының орта мектепте қабылданған оқу жүйесінен, жоғары оқу орнында қабылданған оқу жүйесіне өту кезеңі жүріп жатқандай. Ол үйрену кезеңін жаңа жоғары оқу орнының шартына неғұрлым ерте өтсе, соғұрлым тез ғылым әлеміне енеді. Оқытушыға қиын тапсырма жүктеледі, оқушыға бұл кезеңді өтуге көмектесу. Жоғарғы мектепте оқу үрдісінің оқытудың өзге үлгілері қарастырылған. Бірінші курс студенті дәстүрлік сабақтан оқудың мына үлгілеріне, дәріс, тәжірибе және өзге сабақтар секілділерге өтуге тура келеді.

Оқудың әртүрлі түрлерінің ішінде ерекше орынды дәріс алады. Ол оқытылып жатқан пәннің негізгі түсінігін беріп, оны қай бағытта тереңірек қарастыру керектігін көрсетуі керек. Әр дәрісте, қарапайымдылықты көру жөн және жоғарғы ғылым деңгейімен материалдың жеткілікті мазмұндалуының өркендеуімен бір басты тақырып, болуы керек. Ең маңызды рөл дәріс берушінің шеберлігіне жатады, оның аудиторияның назарың өзіне аудару әдіскерлігі, мазмұндалып жатқан тақырыпқа қызығушылық тудыру. Қызығушылық, егер дәрісте бізді қоршаған әлеммен олардың байланысы жөніндегі жаңа туындылар, мәліметтер жайлы хабарланса ғана туындайды. Студенттерге дәріс жүргізуші үлгі болады, курсты конспектіден оқымай, оның құрылымға, шешімге келтіретін, ақпаратты үлгіні бере алатын, ойды бекітпейтін, ал керісінше студенттің теориялық және тәжірибелік мәселелерге шығармашылық көзқарасын өркендеуі. Дәріс жүргізушімен аудиторияның арасында байланыс сезім құрылуы керек. Бұл байланыс неғұрлым мықты болса, соғұрлым аудитория дәрісті жақсы қабылдап, одан студенттің миында қалатын із тереңірек болады.

Инженерлік графика бойынша дәрістер құрамында тек қана тексттік құжаттар ғана емес, сондай-ақ олардың өзге пәндерден ерекшеленетін графикалық бейне де кіреді. Оларды тақтада дұрыс сауатты және әдемі орындай алуы – ол осы пәнді түсінудің маңызды шарттардың бірі. Графикалық құрылымды тұрғызу кезінде, міндетті түрде квалификациялы сызбашы машығы болып, нәтижесін алдың ала айта алатын болуы керек. Инженерлік графиканың сапалы оқып шығып, тақтаға салынған сызбаны қысқаша, бірақта әрбір қимылды нақтылап түсіндіріп, кенестіктегі фигура мен жазықтықтығы бейне мен байланысын көрсету. Мұндай дәрістің нәтижесі жуан сызықпен және кенестікті үлгі белгілері мен олардың құрылу заңдарын студенттердің көруі керек. Дәрістен алынған теориялық білім қадірлі ұсыныс табу үшін оларды өркендету керек.

Тәжірибелік сабақ – оқытушылар барлық мүмкіндіктерді, білімді терең және маңызды меңгеру үшін, студенттің тұлғалылығын өркендету үшін, оның белсенді және шығармашылық өсуі үшін қолданатын сабақ. Қарапайым оқытудың оқыту ойы, тәрбиелеу өркендеу бірлігінде жатыр. Мұндай оқуды іске асыру, үшін оқытушы ақпараттандырушыдан оқыту үрдісін ұйымдастырушыға өтіп кетсе, ал студент- объектіден субъектіге кетуі керек. Тәжірибелік сабақты өзара сыйласымдықты, мейірімлікті көрсететін сәлемдесуден бастаған жөн. Ол – қызметтестіктің бірінші кілті. Ары қарай оқушылардың назарын ұйымдастырып, оларды меңгерілетін пәнді оқуға дайындау. Оқытушының жаңа тақырыпты жазуды ұсынып алдыңғы сабақта не өткенін қысқаша еске түсіре кеткені жөн.

Келесі кезеңде дәріс құжаттарынан қысқаша сұрау жүргізуге болады. Ережеге сай, бұл барлық аудиторияның жұмысын ұйымдастыратын ұжымдық қимыл болуы керек. Мұндай сұрау білімді тексеру оқу үрдісіне ұнамды көрсетіледі. Дәрісте алынған білім, бекітілгендей, неғұрлым терең және мағыналы бола бастайды, сұрау кезінде неғұрлым маңыздысын таңдап бұл таңдауда тәжірибелік ұстанымды іске асырумен жүргізіледі. Жан – жақты әртүрлі қисын әдістер іске асырылады. Керісінше, жеткілікті ұзақ уақыт созылатын жеке жауап, өзге студенттердің барлығын қимылсыздыққа әкеліп, олардың белсенділігін төмендетіп, аудитория назарын әлсіздендіреді. Сұраудан кейін міндетті түрде берілген тәжірибелік сабақтың мақсатын құрастырып, тапсырманы шешуге кірісу керек. Тапсырманы жасағанда студенттер қиындықтарды жөніп шығу қажеттігін түсінуі керек етіп, жасау керектігін міндетті түрде сақтау керек. Алдымен өздік жұмыс үшін тапсырма беріп, осы кезде үлгеріп жүрген студенттерді міндетті түрде бағалауы керек. Тапсырманы орындай алмағандар, міндетті түрде талдау және тақтада шешімін қорытындылау керек. Кейде, оны үлгеріп жүрген студентке істеткен жөн, ол алынған білімінде маңыз-

дысын шығара алуын өркендетеді, негізгіні шығарып алуы, тура және жанама сұрақтарға жауап бере алуы, алғашқыда өткен материалмен байланыс орналастыру. Инженерлік графика бойынша тәжірибелік сабақ дәріс материалын тапсырманы шешудің көмегімен ғана бекітуді емес, сондай-ақ графикалық тапсырманы орныдаудың көмегімен қарастырылады.

Оқытушы студентті әртүрлі заттарды сауатты және әдемі бейнелеуге және көрсетілген сызбадағы үлгілерді оқу, қарапайым геометриялық дененің қарастырылған қисындастыру секілді қабылдауды үйретуге міндетті. Берілген мақсатқа жету үшін міндетті түрде кеңістікті қиялды өркендету және ояту, кез келген геометриялық үлгіні оның жеке элементтерін қорытындылауға үйрету керек. Оқу үрдісін іске асыра отырып ғылымның және техниканың өркендеуін тұрақты жөндеуді талап ететінің және жұмыс бағдарламасы растай түсуін әр уақытта да есте сақтауымыз керек. Қазіргі кезде қарапайым электронды есептеуіш техникасын қолдану дәстүрлік құраудан жана технологияларға өтуіне мүмкіндік береді. Автоматтандыру жүйесін құруға мүмкіндік береді және құрастырушы құжаттарды орындау, БСКҚ стандартты қанағаттандыратын, құжаттың орындалу сапасы бойынша да және стандарт талаптарын сақтауда. Құрастырушы құжаттарды жана қарапайым деңгейде орындау компьютерлік графика тудырады. Компьютерді құрылыстық қайраткерлікте қолдану бұйымның дайындалуымен байланысты өзге графикалық және құрастыру құжаттарын мәнді жеңілдетті, олардың өндеу уақытын қысқартады және сапасын жақсартады. Компьютерлік графика құрастырылымдық қызметкерліктің жаңа бағытына жетуге еркін өркендеуіне мүмкіндік береді – негізінде сызба емес, ал кеңістіктік геометриялық бұйым моделі жатқан геометриялық модельдеу. Жаңа құрылымдық технологиясына өту тапсырмасы қазіргі заманға сай оқытуды талап етеді: инженер – студенттерді, компьютерлік графиканың әдістері маңызды емес орын алады. С.Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің инженерлік графика оқытушыларының оқыту бағдарламасына графиктік бағдарлама «Компаст» қолданудың теориялық компьютерлік графигі енгізілді. 050420 «Саулет», 050421 «Дизайн», 050729 «Құрылыс» академиялық топтар үшін ол өте маңызды. Бірақта жана теориялар ИГ пәнінің негізін қолданудан мүлдем шығармаған, өйткені барлық жана технологиялар фундаментальді білімде қаланған.

ӘДЕБИЕТ

1. Жоғары білім беру туралы Қазақстан Республикасы Заңы / Қазақстан Республикасы Жоғарғы Кеңесінің жаршысы. 1993, № 9
2. Әбубакиров С.С. Қазақстан инженерлік-техникалық интеллигенциясы (құрамы мен қызметі). -А.: Ғылым, 1989

-
-
3. Дербес компьютерлер Бейсик тілінде программалау /Құрат.Б.Бәрібаев, С.М.Кенесбаев,Б.Ж.Молдахалықова.-А.: РБК, 1992
 4. Ж.М. Есмұханов Сызу: Оқу орындарына арналған оқу құралы.-А.:Рауан, 1990
 5. Ж.М. Есмұханов Студенттердің сызба геометрия және техникалық сызу пәндерінен үлгерімін арттыру жолдары/Беріктік пәндерін қазақ тілінде оқытудың проблемалары: ШІ Республикалық ғылыми-методикалық конференцияның тезистері.-А., 1993
-
-

УДК 539.3

О РАСЧЁТЕ ЗАГЛУБЛЕННОГО НЕПОДКРЕПЛЁННОГО ТОННЕЛЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ СТАЦИОНАРНОЙ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ

В.Н. Украинец, С.Р. Гирнис

Павлодарский государственный университет
им. С. Торайгырова

Терең орналасқан қуыстың маңындағы жердің кернеу-деформациялық күйін анықтау үшін есептеу моделін қолданамыз. Қуысты шексіз цилиндр деп, ал қуысты қоршайтын ортаны: серпемді, біртекті, изотропты жарты-кеңістік деп есептейді. Қуыстың сыртқы бетімен тұрақты жылдамдықпен жүктеме жылжиды. Жүктеме-функции. Бұл функцияны, бұрыштың координата бойынша Фурье ретіне, остік координата бойынша Фурье интегралына жіктеуге болады деп жорамалдаймыз. Жартыкеңістік қозғалысы, серпімділік теориясының Ламе потенциалындағы динамикалық теңдеулермен сипаттамады. Бұл теңдеуді шешу үшін, Фурьенің түрлендіріп интегралдау әдісін қолданамыз. Жүктеме қозғалысының жылдамдығы дыбыс жылдамдығынан кем болғанда, есептің стационар шешуі анықталған..

Для расчёта напряжённо-деформированного состояния массива пород в окрестности тоннеля глубокого заложения используется модельный подход. Тоннель представляется как бесконечная круговая цилиндрическая полость, расположенная в упругом, однородном и изотропном пространстве. Вдоль полости с постоянной скоростью движется произвольно приложенная по её поверхности нагрузка. Предполагается, что функция нагрузки может быть разложена в ряд Фурье по угловой координате и интеграл Фурье по осевой координате. Движение упругого пространства описывается динамическими уравнениями теории упругости в потенциалах Ламе, для решения которых предложен метод интегрального преобразования Фурье. При дозвуковых скоростях движущейся нагрузки получено стационарное решение задачи.

For calculation tense-deformed conditions of the array of the sorts in vicinities of the subway of the deep pawning is used model approach. The Subway introduces as endless circular cylindrical cavity, located in elastic, uniform half-space. Along cavity with constant velocity moves arbitrarily attached on its surfaces load. Relies on that function of the load can be distributed in row Furie on angular coordinate and integral Furie on axial coordinate. Motion

elastic space is described by dynamic equations to theories to bounce in potential to Lama, for decision which is offered method of the integral transformation Furie. Stationary decision of the problem is received Under subsonic velocity of the moving load.

Используя для исследований модельный подход, представим тоннель как бесконечную круговую цилиндрическую полость радиуса R расположенную в упругом, однородном и изотропном пространстве с параметрами Ламе λ , μ и плотностью ρ .

В направлении оси Z полости по её внутренней поверхности движется с постоянной скоростью c нагрузка P :

$$\sigma_{rj} \Big|_{r=R} = P_j(\theta, \eta), \quad j = r, \theta, \eta, \quad (1)$$

где σ_{rj} – компоненты тензора напряжений в среде, $P_j(\theta, \eta)$ – составляющие интенсивности подвижной нагрузки P в подвижной цилиндрической системе координат $(r, u, z=z-ct)$.

Движение упругого пространства описывается динамическими уравнениями теории упругости:

$$\left(\frac{1}{M_p^2} - \frac{1}{M_s^2} \right) \text{grad div } u + \frac{1}{M_s^2} \nabla^2 u = \frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2}, \quad (2)$$

где u – вектор смещения упругой среды; $M_p = c/c_p$, $M_s = c/c_s$ – числа Маха; $c_p = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\rho}$, $c_s = \sqrt{\mu/\rho}$ – скорости распространения волн расширения – сжатия и сдвига в среде.

Преобразуем уравнение (2), выразив вектор смещения упругой среды через потенциалы Ламе [1]:

$$u = \text{grad } \psi + \text{rot } \omega. \quad (3)$$

Потенциал ω можно представить в виде:

$$\omega = \psi_2 e_3 + \text{rot}(\psi_3 e_3),$$

где e_η – орт оси η .

Из (2) и (3) следует, что потенциалы φ_j удовлетворяют видоизменённым волновым уравнениям:

$$\nabla^2 \varphi_j = M_j^2 \frac{\partial^2 \varphi_j}{\partial \eta^2}, \quad j = 1, 2, 3. \quad (4)$$

Здесь $M_1 = M_p$, $M_2 = M_3 = M_s$.

Применив к (4) преобразование Фурье по h , находим:

$$\nabla_2^2 \varphi_j^* - m_j^2 \xi^2 \varphi_j^* = 0, \quad j = 1, 2, 3. \quad (5)$$

Здесь ∇_2^2 — двумерный оператор Лапласа, $m_j^2 = 1 - M_j^2$, $m_1 \equiv m_p$, $m_2 = m_3 \equiv m_s$,

$$\varphi_j^*(r, \theta, \xi) = \int_0^\infty \varphi_j(r, \theta, \eta) e^{-i\xi\eta} d\eta.$$

Выразив компоненты напряжённо-деформированного состояния среды через потенциалы Ламе и применив преобразование Фурье по z , можно получить выражения для трансформант напряжений σ_{ij}^* и перемещений u_i^* в цилиндрической ($i=r, \theta, z$, $j=r, \theta, z$) системе координат как функции от φ_j^* .

Предположим, что скорость нагрузки меньше скорости распространения волн сдвига в окружающей полости среде («дозвуковой» случай). В этом случае

$$M_s < 1 \quad (m_2 = m_3 = m_s > 0)$$

и решения уравнений (5) можно представить в виде

$$\varphi_j^* = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} K_n(k_j r) e^{in\theta}, \quad (6)$$

где $K_n(k_j r)$ — функции Макдональда, $k_j = m_j \xi$; a_{nj} — неизвестные коэффициенты, подлежащие определению.

Подставляя (6) в выражения для трансформант НДС среды, получим:

$$u_l^* = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 [T_{lj} (K_n(k_j r)) a_{nj}] e^{in\theta},$$

$$\frac{\sigma_{lm}^*}{\mu} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 [S_{lmj} (K_n(k_j r)) a_{nj}] e^{in\theta},$$

$$l = r, \theta, \eta, \quad m = r, \theta, \eta.$$

$$\text{Здесь } T_{r1} = k_1 K_n'(k_1 r), \quad T_{r2} = -\frac{n}{r} K_n(k_2 r), \quad T_{r3} = -\xi k_3 K_n'(k_3 r);$$

$$T_{\theta 1} = \frac{n}{r} K_n(k_1 r) \cdot i, \quad T_{\theta 2} = -k_2 K_n'(k_2 r) \cdot i, \quad T_{\theta 3} = -\frac{n}{r} \xi K_n(k_3 r) \cdot i;$$

$$T_{\eta 1} = \xi K_n(k_1 r) \cdot i, \quad T_{\eta 2} = 0, \quad T_{\eta 3} = -k_3^2 K_n(k_3 r) \cdot i;$$

$$S_{rr1} = 2 \left(k_1^2 + \frac{n^2}{r^2} - \frac{\lambda M_p^2 \xi^2}{2\mu} \right) K_n(k_1 r) - \frac{2k_1 K_n'(k_1 r)}{S_{rr2} r} \frac{K_n(k_2 r)}{r^2} - \frac{2k_2 K_n'(k_2 r)}{r},$$

$$S_{rr3} = -2\xi \left(k_3^2 + \frac{n^2}{r^2} \right) K_n(k_3 r) + \frac{2\xi k_3 K_n'(k_3 r)}{r};$$

$$S_{\theta\theta 1} = -2 \left(\frac{n^2}{r^2} + \frac{\lambda M_P^2 \xi^2}{2\mu} \right) K_n(k_1 r) + \frac{2k_1 K'_n(k_1 r) n K_n(k_2 r)}{S_{\theta\theta 2} r^2} + \frac{2nk_2 K'_n(k_2 r)}{r},$$

$$S_{\theta\theta 3} = \frac{2\xi n^2 K_n(k_3 r)}{r^2} - \frac{2\xi k_3 K'_n(k_3 r)}{r};$$

$$S_{\eta\eta 1} = -2\xi^2 \left(\frac{1 + \lambda M_P^2}{2\mu} \right) K_n(k_1 r), \quad S_{\eta\eta 2} = 0, \quad S_{\eta\eta 3} = 2m_3^2 \xi^3 K_n(k_3 r);$$

$$S_{r\theta 1} = \left(-\frac{2nK_n(k_1 r)}{r^2} + \frac{2nk_1 K'_n(k_1 r)}{r} \right) \cdot i,$$

$$S_{r\theta 2} = \left(-\left(k_2^2 + \frac{2n^2}{r^2} \right) K_n(k_2 r) + \frac{2k_2 K'_n(k_2 r)}{r} \right) \cdot i,$$

$$S_{r\theta 3} = \left(\frac{2n\xi K_n(k_3 r)}{r^2} - \frac{2n\xi k_3 K'_n(k_3 r)}{r} \right) \cdot i;$$

$$S_{\theta\eta 1} = -\frac{2n\xi K_n(k_1 r)}{r}, \quad S_{\theta\eta 2} = \xi k_2 K'_n(k_2 r), \quad S_{\theta\eta 3} = \frac{n\xi^2 (1 + m_3^2) K_n(k_3 r)}{r};$$

$$S_{r\eta 1} = 2\xi k_1 K'_n(k_1 r) \cdot i, \quad S_{r\eta 2} = -\frac{\xi n K_n(k_2 r) \cdot i}{r}, \quad S_{r\eta 3} = -\xi^2 k_3 (1 + m_3^2) K'_n(k_3 r) \cdot i;$$

$$K'_n(kr) = \frac{dK_n(kr)}{d(kr)}.$$

Для определения коэффициентов a_{nj} воспользуемся граничными условиями (1), представив их в виде

$$\sigma_j^*|_{r=R} = P_j^*(\theta, \xi), \quad j = r, \theta, \eta, \quad (8)$$

где $P_j^*(\theta, \xi) = p_j(\theta) p_j^*(\xi)$, $p_j(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_{nj} e^{in\theta}$, $p_j^*(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} p_j(\eta) e^{-i\xi\eta} d\eta$, $j = r, \theta, \eta$.

Подставляя в (8) соответствующие выражения из (7) и приравнявая коэффициенты рядов Фурье-Бесселя при $e^{in\theta}$, получим бесконечную систему линейных алгебраических уравнений с определителем нормального типа:

$$\mu \sum_{j=1}^3 [S_{rmj} (K_n(k_j R)) a_{nj}] = P_{nm} p_m^*(\xi), \quad (9)$$

$$m = r, \theta, \eta; \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

После определения коэффициентов a_{nj} , применяя к (7) обратное преобразование Фурье, можно вычислить компоненты НДС среды. Окончательное решение будет зависеть от вида движущейся нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новацкий В. Теория упругости. – М.: Мир, 1975. – 872 с.

ИНФОРМАЦИЯ

НАШИ АВТОРЫ

Адекенов С.М.-Институт фитохимии, г. Караганда.

Бойко Федор Константинович – д.т.н., профессор кафедры электро-энергетики, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Болдашевский А.В.-Павлодарский университет.

Газалиев А.М.-Институт органического синтеза и углекислотной химии, г. Караганда.

Гирнис Светлана Римонтасовна-старший преподаватель кафедры «Вычислительная техника и программирование».

Джаманкулова Г.М. -Кыргызский государственный технический университет им. Исхака Раззакова.

Джаманкулов А.К.-Кыргызский государственный технический университет им. Исхака Раззакова.

Джолдошова А.Б.-Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

Джураев А.-Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности.

Дюсенов Канат Махметович-кандидат технических наук, доцент Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Зайцева Наталья Михайловна-к.т.н., доцент, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Зыков Е.П.-Кыргызский государственный технический университет им. Исхака Раззакова.

Кабдуалиева Майраш Мажитовна- доцент Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, заместитель декана по учебной работе энергетического факультета, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Касенова Ш.Б.-Институт фитохимии, г. Караганда.

Касенов Б.К.-Институт фитохимии, г. Караганда.

Касымов Ильшат А.шамысович-аспирант Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Кенжекеев Нурлан Кабылбайулы- аспирант Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Кургузова Светлана Николаевна- аспирантка кафедры «Электроэнергетика» Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Мукимов А.Н.-Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности.

Муратов Кайрат Ануарбекович- г. Ерейментау ЦРБ хирургическое отделение врач-ординатор.

Алтынбек Нухулы-д.х.н., профессор, Павлодарский университет.

Птицына Елена Витальевна – к.т.н., доцент кафедры электроэнергетики, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Рындина Диана Владимировна-магистр, старший преподаватель кафедры «Теплоэнергетика» Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Рындин Владимир Витальевич-к.т.н., профессор кафедры «Двигатели и организация дорожного движения», Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Садвакасов Марат Кабидулович - ЦРБ заведующий хирургическим отделением врач-хирург первой категории г. Ерейментау.

Танмурзина А.К. -ТОО Медицинский центр Евразия при Аксуском заводе ферросплавов.

Темербаева Жанна Амангелдиевна-ст. преподаватель кафедры «Технология продовольственных продуктов и защита окружающей среды» Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова.

Тухметова Ж.К. -Институт фитохимии, г. Караганда.

Украинец Виталий Николаевич- к.ф.м.н., доцент, кафедры «Архитектура и дизайн» Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Шварцкопф Елена Александровна-магистрант, Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова.

Фазылов С.Д.-Институт органического синтеза и углекислотной химии, г. Караганда.

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: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman Cyr (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), заглавные, жирные, абзац центрованный;

– инициалы и фамилия(-и) автора(-ов), полное название учреждения: кегль – 12 пунктов, гарнитура – Arial (для русского, английского и немецкого языков), KZ Arial (для казахского языка), абзац центрованный;

– аннотация на казахском, русском и английском языках: кегль – 10 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), курсив, отступ слева-справа – 1 см, одинарный межстрочный интервал;

– текст статьи: кегль – 12 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка), полуторный межстрочный интервал;

– список использованной литературы (ссылки и примечания в рукописи обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1-84. – например:

ЛИТЕРАТУРА

1. Автор. Название статьи //Название журнала. Год издания. Том (например, Т.26.). – номер (например, № 3.). – страница (например, С. 34. или С.15-24.)

2. Андреева С.А. Название книги. Место издания (например, М.:) Издательство (например, Наука), год издания. Общее число страниц в книге (например, 239 с.) или конкретная страница (например, С. 67.)

3. Петров И.И. Название диссертации: дисс. канд. биолог. наук. М.: Название института, год. Число страниц.

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

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

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

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

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

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

5. Математические формулы должны

№ 1, 2006 г.

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:

140008, 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 13.12.2006 г.
Формат 297×420/2. Бумага книжно-журнальная.
Объем 5,34 уч.-изд. л. Тираж 300 экз.
Заказ № 0127

Научный издательский центр
Павлодарского государственного университета
им. С. Торайгырова
140008, г. Павлодар, ул. Ломова 64.