



Федеральное агентство по образованию  
Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
Тамбовский государственный технический  
университет

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ ГЛАЗАМИ БУДУЩИХ УЧЕНЫХ**

**Сборник статей магистрантов**

*В ы п у с к 3*

Тамбов  
2005

**УДК 04**  
**ББК Я43**  
**С 56**

Ответственный за выпуск –  
к.х.н., доц., зав. отделом магистратуры и бакалавриата  
Корчагина О. А.

**Современные** проблемы науки глазами будущих ученых.  
Сборник статей магистрантов. Выпуск III. – Тамбов: ТОГУП «Там-  
бовполиграфиздат», 2005. – 120 с.

**ISBN 5-94359-022-6**

В сборник включены научные статьи студентов-магистрантов Тамбов-  
ского государственного технического университета.

Предназначен для преподавателей, аспирантов и студентов с целью  
использования в научной работе и учебной деятельности.

**УДК 04**  
**ББК Я43**

**ISBN 594359-022-6**

© Тамбовский государственный технический университет, 2005

*Направление 150400*

# **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

---

*Магистерская программа 150400.15*

## **Приводы и системы управления технологическими машинами и оборудованием**

**Руководитель программы д.т.н., проф. Ванин В. А.**

*Юркевич А. В.*

### **МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА СТАНКОВ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Фидарова В. Х.*

*ГГТУ, Кафедра «Технология машиностроения,  
металлорежущие станки и инструменты»*

При работе станка под действием сил резания, трения, инерции неуравновешенных вращающихся деталей или узлов, имеющих возвратно-поступательное движение, воздействия на систему приводного двигателя и, наконец, от толчков и колебаний, передаваемых извне через фундамент, возникают деформации упругой системы, вибрации что отрицательно

влияет на точность обработки деталей, шероховатость обрабатываемой поверхности, а также на стойкость инструмента, долговечность деталей станка. Приведённый в движение станок независимо от того, производится ли на нём резание или нет, представляет собой с точки зрения динамики активную энергетическую систему.

Под влиянием сил резания и трения и при воздействии двигателя упругие элементы станка деформируются. Возникшие деформации станка, в свою очередь, изменяют условия резания, трения, или условия работы двигателя. Таким образом, происходит взаимное влияние процессов резания и деформации станка, которое приводит к периодическому изменению относительного положения инструмента и детали, т.е. к колебанию системы. Поэтому динамическую систему станка можно представить как систему с обратной связью, где упругая система станок – приспособление – инструмент – деталь взаимодействуют с рабочими процессами резания, трения и др., происходящими при работе станка.

Динамическую систему станка можно представить в виде замкнутой системы, состоящей из одноконтурных упрощённых систем, которые выражают взаимодействие с упругой системой станка процесса резания, процесса трения в направляющих элементах и процессов, происходящих в двигателе.

Итак, система будет считаться устойчивой, если после нарушения её движения внешними возмущениями она стремится с течением времени вернуться к заданному движению. При колебаниях рассматривается устойчивость в малом, т.е. при весьма малых отклонениях координат от заданных значений.

Замкнутая система (с обратной связью) иначе реагирует на внешние воздействия, чем незамкнутая. Для неё устойчивость некоторых элементов не является гарантией устойчивости системы в целом. И, наоборот, при определенных условиях система в целом может оказаться устойчивой и при наличии неустойчивых элементов. Этим объясняются многие противоречия, возникающие при анализе причин колебаний, когда динамическая система станка рассматривается как разомкнутая.

Далее рассмотрим ряд методов повышающих динамические качества станка.

Одним из основных методов повышения динамических характеристик станка является создание более жестких конструкций.

Следует отметить, что статическая жесткость и виброустойчивость – это разные показатели качества станка.

При изменении жесткости в широких пределах возможны случаи, когда увеличение жесткости, повышая устойчивость по отношению к низкочастотным возмущающим воздействиям, приводит к появлению неустойчивости при высокочастотных возмущениях.

Например, уменьшение вылета расточной борштанги малого диаметра устраняет низкочастотные вибрации с частотой изгибных колебаний. Однако при этом облегчается возникновение высокочастотных вибраций с частотой крутильных колебаний. Дальнейшим уменьшением вылета можно добиться устранения и этих вибраций, т.е. повышения устойчивости системы по отношению к другой форме возмущенного движения. В области перехода от одной формы к другой для стабилизации системы жесткость необходимо увеличить в несколько раз.

Другим методом улучшения динамических характеристик станка является повышение их точности.

Ошибки, допущенные при изготовлении деталей и сборке всех элементов, составляющих упругую систему станка, как правило, вызывают снижение устойчивости системы.

Одой из наиболее распространённых и существенных ошибок при изготовлении станков с вращательным рабочим движением является овальность отверстия под шпindelный подшипник. Жесткость опоры шпинделя в этом случае различна по осям овала. Это создает координатную связь в системе, и устойчивость резко падает.

Иногда искажение формы отверстия появляется в результате деформации корпуса шпindelной бабки при затяжке неудачно расположенных крепежных винтов.

Нелинейности типа зазоров особенно часто возникают при неточном изготовлении и регулировании опор шпинделей, а также в кинематических цепях. Чрезмерные зазоры в шпindelных подшипниках резко снижают виброустойчивость системы.

Повышение виброустойчивости станка возможно также путем целесообразного расположения зон резания, трения, их числа и формы, т.е. изменения точек приложения и направления сил, действующих на упругую систему.

Весьма удобным и эффективным способом в ряде случаев оказывается замена однорезцовой обработки многорезцовой. При этом на упругую систему действует несколько сил, которые при рациональной схеме их относительного расположения могут уравниваться между собой, например, при расточке или обточке.

Взаимодействие элементарных колебательных систем объясняется близостью их собственных частот колебания и усиливается или ослабляется путем изменения соотношения жесткостей, масс и моментов инерции. Примером изменения динамической характеристики системы увеличением массы может служить укрепление на конце консольной расточной борштанги дополнительного груза. Очень часто таким грузом является расточной суппорт.

Жесткость стыков в направляющих станков имеет большое значение для демпфирования колебаний. Для увеличения демпфирования применяют различные виброгасители, рассеивающие энергию или локализирующие ее так, чтобы основная система перестала совершать колебания. В частности используются динамические виброгасители, виброгаситель новатора Д. И. Рыжкова, предназначенный для гашения высокочастотных колебаний резца.

Часто для гашения колебаний используют различные поглотители (пружины, специальные гидроцилиндры, резину и др.), работа которых основана на рассеянии энергии при колебаниях.

Итак, возникновение в станках быстро протекающих колебательных процессов отрицательно влияет на точность и чистоту поверхности обрабатываемых деталей, а также нередко уменьшает долговечность станка и снижает его технологические возможности. Поэтому повышение показателей динамического качества станков и в первую очередь их виброустойчивости является весьма актуальной задачей.

*Шереметьев А. В.*

**ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИВОДА МИКРОПЕРЕМЕЩЕНИЙ  
КОНТУРОШЛИФОВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА  
С ЧПУ МОД. МА396Ф3**

*Работа выполнена под руководством к. т. н., доц. Лучкина В. К.*

*ГГТУ, Кафедра «Технология машиностроения,  
металлорежущие станки и инструменты»*

Для более глубокого и всестороннего изучения процессов, происходящих в исполнительской части привода микроперемещений, и оценки важнейших параметров воспользуемся аналитическим исследованием привода как системы с распределенными параметрами.

В отношении исследуемого привода аналитический метод позволяет более точно оценить такие параметры исполнительской части: запаздывание по началу движения, зависимость величины запаздывания от фазы колебаний давления в момент очередного включения, влияние жесткости силового и дозирующего сильфонов и т.д. Поскольку многие параметры зависят от конструктивных особенностей привода, необходима математическая модель, содержащая соответствующие параметры. Это позволит оценить нужные параметры на стадии проектирования с целью оптимизации конструктивного решения.

Рассмотрим случай, когда исполнительская часть привода работает без нагрузки, т.е. отсутствует перемещаемый узел.

Запишем уравнение динамики, выражающее движение центральной подвижной стенки 10 (см. рис .1), которая приводит в действие исполнительный узел, в зависимости от разности давлений рабочей жидкости в полостях 7 и 8 сильфонного гидроцилиндра:

$$m \cdot \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = P_8(t) \cdot F_8 - P_7(t) \cdot F_7 - C_g \cdot y(t) \quad (1)$$

где  $m$  – масса центральной подвижной стенки 10;  $y(t)$  – перемещение стенки 10;  $P_7(t)$ ,  $P_8(t)$  - давление рабочей жидкости в полостях сильфонного гидроцилиндра;  $F_7$ ,  $F_8$  - эффективные площади сильфонов 7 и 8;  $C_g$  - осевая жесткость двух последовательно соединенных сильфонов ( $C_g = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}$ ).

Считаем, что питающее давление рабочей жидкости на входе сильфона 8 постоянно, т.е.:

$$P_n = const \quad (2)$$

Давление в рабочих полостях сиффонного гидроцилиндра:

$$P_7(t) = P_{\text{вых}}(t) + V_{\text{вых}}(t) \cdot K_{\text{вых}}; \quad (3)$$

$$P_8(t) = P_n - V_{\text{вх}}(t) \cdot K_{\text{вх}}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{вых}}(t)$ ,  $V_{\text{вых}}(t)$  и  $K_{\text{вых}}$  - соответственно, давление, скорость движения рабочей жидкости и коэффициент местного сопротивления на выходе сиффона 7;  $V_{\text{вх}}(t)$  и  $K_{\text{вх}}$  - скорость движения рабочей жидкости и коэффициент местного сопротивления на входе в сиффон 8.

Расход рабочей жидкости на входе сиффона 8 и на выходе сиффона 7 определяется:

$$V_{\text{вх}}(t) \cdot f_1 = F_8 \cdot \left[ \frac{dy(t)}{dt} + \frac{l_8 + y(t)}{E_8} \cdot \frac{dP_8(t)}{dt} \right]; \quad (5)$$

$$V_{\text{вых}}(t) \cdot f_2 = F_7 \cdot \left[ \frac{dy(t)}{dt} + \frac{l_7 - y(t)}{E_7} \cdot \frac{dP_7(t)}{dt} \right], \quad (6)$$

где  $f_1$  - площадь сечения питающего трубопровода к сиффону 8, а  $f_2$  - трубопровода, соединяющего выход сиффона 7 со входом дозирующего сиффона 11;  $l_7$  и  $l_8$  - длина сиффонов 7 и 8 в исходном положении;  $E_7$  и  $E_8$  - приведенные модули упругости полостей сиффонов 7 и 8.

Для учета волновых процессов в приводе воспользуемся системой волновых дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial P(x,t)}{\partial x} &= -\rho \cdot \frac{\partial V(x,t)}{\partial t} \\ \frac{\partial P(x,t)}{\partial t} &= -\rho \cdot c^2 \cdot \frac{\partial V(x,t)}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

И, наконец, опишем процессы, происходящие в дозирующем сиффоне 11:

$$P_\delta(t) = P_{\delta,\text{вх}}(t) - V_{\delta,\text{вх}}(t) \cdot K_{\delta,\text{вх}}; \quad (8)$$

$$V_{\delta,\text{вх}}(t) \cdot f_2 = F_\delta \cdot \left[ \frac{dz(t)}{dt} - \frac{l_\delta + z(t)}{E_\delta} \cdot \frac{dP_\delta(t)}{dt} \right], \quad (9)$$

где  $P_\delta(t)$ ,  $K_{\delta,\text{вх}}$ ,  $F_\delta$ ,  $l_\delta$ ,  $E_\delta$  - характеристики и параметры дозирующего сиффона 11, соответственно, давление, коэффициент местного сопротивления на входе, эффективная площадь, длина в исходном положении и приведенный модуль упругости;  $z(t)$  - перемещение кронштейна 13.



При работе шагового двигателя на участках с постоянной рабочей частотой в формуле (9) можно сделать замену:

$$\frac{dz(t)}{dt} = \delta \cdot f_0 \quad \text{и} \quad z(t) = \delta \cdot f_0 \cdot t,$$

где  $f_0$  - частота управляющих импульсов,  $t$  - время.

Уравнения (1) – (9) представляют собой динамическую модель привода микроперемещения для случая, когда дозирующий сильфон осуществляет слив. Аналогично, с учетом естественных особенностей, составляется динамическая модель и для всех случаев работы привода.

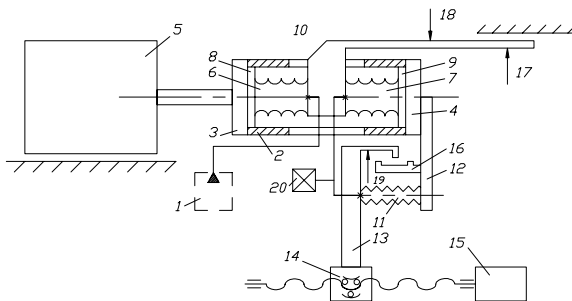


Рис. 1. Привод микроподач и микроперемещений

### Список литературы

1. Патент РФ №2073128. Лучкин В.К. Гидропривод микрошаговых перемещений. -1996. – БИ №8.
2. Шереметьев А.В. Повышение точности контуршлифовального полуавтомата с ЧПУ мод. МА396Ф3: Сборник статей магистрантов. Выпуск 2. – Тамбов: ТОГУП «Тамбовполиграфиздат»,2005. – с.11-13.
- 3.Тарко Л.М. Волновые процессы в трубопроводах гидромеханизмов. – М.: Машгиз, 1963. – 184 с.

*Караганов А. С.*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЗУБОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Лучкина В. К.*

*ГГТУ, Кафедра «Технология машиностроения,  
металлорежущие станки и инструменты»*

К числу факторов, влияющих на всю кинематику зубошлифовальных станков, относятся:

1) компоновка станка; 2) форма шлифовальных кругов и соотношение скоростей движений продольной и обкатной подач; 3) структура цепи обката; 4) средства осуществления способов соединения групп обката и деления; 5) структура группы деления; 6) способы вывода круга из зоны обката.

Компоновка станка зависит от расположения оси вращения заготовки (вертикальная или горизонтальная) и от распределения элементарных движений подач между заготовкой и кругом.

В станках средних типоразмеров применяются горизонтальная и вертикальная компоновки. Трудно отдать предпочтение какой-либо из них. В тяжелых станках (для шлифования колес диаметром более одного метра) чаще встречается вертикальная компоновка.

Возможны три варианта форм поперечных сечений кругов, схемы их установки на станке, применяемые соотношения скоростей продольной и обкатной подач и получаемые формы следов шлифования на боковой поверхности зуба.

В первом случае при быстрой продольной и медленной обкатной подаче дискового обкатного конусного круга, когда боковая поверхность зуба образуется методом касания и обката, следы на боковой поверхности получаются продольными с небольшим наклоном. Станок в этом случае обладает большой производительностью, так как путь шлифования, проходимый кругом по профилю зуба с медленной обкатной подачей, имеет меньшую длину, но поддержание точной формы круга, а следовательно, получение точного профиля зуба здесь сложнее, чем в других случаях. Возможно одновременное шлифование сразу двух профилей при беззазорном зацеплении круга и заготовки, когда толщина круга равна ширине впадины.

Во втором и третьем случаях шлифование ведется двумя тарельчатыми кругами с подачей обката по скорости значительно большей, чем скорость продольной подачи. Поэтому такие станки обладают меньшей производительностью по сравнению с предыдущими станками. Эти случаи

отличаются между собой прежде всего различием методов геометрического образования.

Во втором случае профиль зуба образуется, как и в первом случае, методом обката прямолинейной режущей кромкой круга при качении делительной окружности по начальной прямой. Таким образом, для получения боковой поверхности зуба заготовки используют методы обката и касания; так как оси вращения кругов устанавливают наклонно к оси заготовки, то поверхность шлифуемого зуба имеет своеобразную перекрестную форму следов шлифования. Путь движения продольной подачи здесь такой же, как в первом случае.

В третьем случае профиль зуба образуется методом следа одной профилирующей точки на режущей кромке круга. Эта точка, лежащая на прямой линии, очерчивает эвольвенту при перекатывании (без скольжения) прямой по основной окружности заготовки. Следовательно, боковая поверхность зуба заготовки образуется методами следа и касания. Следы шлифования на поверхности зуба составлены из малых участков дуг. Путь продольной подачи здесь меньше, чем во втором случае, и поэтому производительность шлифования больше. В третьем случае круг изнашивается быстрее, но зато легче контролировать и восстанавливать правильное положение профилирующей точки, особенно при шлифовании фланкированного зуба.

Цепь профилирования в зубошлифовальных станках создает траекторию движения обката, сохраняя заданную относительность параметров элементарных движений: перемещение каретки стола и вращение заготовки. Поэтому во всех профилирующих цепях имеется механизм трансформирования вращательного движения в поступательное (или обратно). Цепи профилирования разных зубошлифовальных станков отличаются друг от друга в основном конструкцией этого механизма, а также числом звеньев и кинематических пар. От точности работы цепи профилирования зависит точность получения профиля шлифуемого зуба. Так как измерение профиля зуба на отшлифованном колесе является весьма длительной операцией, то конструкторы стремятся сделать цепь профилирования точной и надежной.

Для трансформирования движений в цепях профилирования чаще всего применяют два механизма: барабан с лентами и ходовой винт с гайкой. Реже используют кулак с толкателем и реечную передачу.

В некоторых случаях вся цепь профилирования состоит только из одного механизма трансформирования движения. Такая короткая цепь работает точно, но настройка ее затрудняется необходимостью иметь барабан, реечный механизм и кулак сменными, что очень дорого.

В зубошлифовальных станках, как и в ряде других станков, имеется общее подвижное исполнительное звено - шпиндель заготовки, которое

одновременно принадлежит группам движения обката и деления. Процессы формообразования и деления, обеспечиваемые этими движениями, неодновременны и поэтому для соединения групп применяют все три возможных способа соединения: параллельный, последовательный и смешанный.

Из рассмотрения кинематических схем существующих зубошлифовальных станков с параллельным способом соединения групп обката и деления видно, что соединение групп осуществляется с помощью суммирующего механизма (дифференциала), так как во время процесса деления заготовка совершает одновременно два исполнительных движения — обката и деления, но размещение его в группе обката не одинаково. В одном случае дифференциал размещен в цепи профилирования. Во втором случае в дифференциал превращена передача винт — гайка; во время деления гайке сообщают вращение, синхронное с вращением ходового винта, что вызывает дополнительное перемещение гайки в противоположном движению направлению с такой же скоростью. Каретка стола останавливается и происходит процесс деления. Здесь дифференциал размещен на исполнительном звене, вне цепи профилирования.

Возможны варианты структур зубошлифовальных станков с последовательным способом соединения групп обката и деления: с нарушением работы механизма обката, с разрывом цепи профилирования при помощи дифференциала и с разрывом связи между выходным звеном цепи профилирования и заготовкой

Структуры групп движения деления отличаются тем, что они бывают с отдельным или с общим двигателем, и тем, имеется ли у них гитара настройки на время деления.

Установить какие-либо закономерности, связанные с необходимостью применения в группе деления отдельного двигателя, весьма трудно и, по-видимому, конструкторы больше руководствуются в этом вопросе экономическими соображениями, поскольку стоимость двигателей еще довольно значительная.

Настройка на время деления, т. е. настройка на скорость движения деления, пока встречается лишь в крупных станках, в которых недостаточно иметь одну скорость движения деления для колес с малым и большим числом шлифуемых зубьев. В малых моделях станков фактор скорости движения деления не оказывает заметного влияния на точность шлифования. И все же, в последнее время, в некоторых малых моделях станков стали устанавливать органы настройки на скорость движения деления, но упрощенной конструкции, лишь на две фиксированные скорости.

Способы вывода круга из зоны обката перед делением в зубошлифовальных станках также имеют немаловажное значение. Время вывода и

вывода круга из зоны и в зону обката, как и время деления, холостое время и поэтому оно должно быть как можно меньшим. Значительное увеличение скорости разобшения круга и заготовки привело бы к большим динамическим нагрузкам и возможно снизило бы точность работы станка. Поэтому стремятся сократить путь этого движения. Практически на станках были осуществлены четыре разных способа. Вывод круга из зоны обката движением продольной подачи с периодическим прекращением этого движения и остановкой ползуна с кругом вне впадины шлифуемого зуба применяется редко, так как из-за большой инерционности ползуна механизм остановки ползуна не обладает необходимой работоспособностью. Чаще всего вывод круга осуществляют движением обката, но производимым с большей скоростью, чем при шлифовании. В этом случае большие скорости вывода оказывают отрицательное влияние на точность работы механизмов профилирования и поэтому время вывода круга остается все еще значительным.

Возможен отвод круга отдельным вспомогательным движением в радиальном направлении, но это требует отвода всей стойки, имеющей довольно большую массу.

Более рациональным является применение отдельного движения для вывода круга вдоль зуба без остановки возвратно-поступательного движения ползуна. Этот способ вывода круга позволяет достичь наименьшего времени, не оказывая вредного влияния на работоспособность других механизмов. Правда, следует отметить, что он требует создания отдельного, довольно сложного по конструкции механизма и, следовательно, дополнительных затрат.

Из приведенного сравнительного анализа видно, что все эти отклонения оказывают некоторое влияние на общую структуру станка, не затрагивая типовой структуры формообразующей части станка.

## **Информационные системы технологических машин**

Руководитель программы д.т.н., проф. Малыгин Е. Н.

*Распутин А. О., Мокрозуб В. Г.*

### **ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Мокрозуб В. Г.*

*ГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование  
технологического оборудования»*

Процессы теплообмена имеют большое значение в химической, энергетической, металлургической, пищевой и других отраслях промышленности. Существует много типов теплообменников, из которых наиболее распространены кожухотрубчатые.

Сейчас трудно представить себе современное промышленное предприятие или специализированную организацию без компьютеров и специального программного обеспечения, предназначенного для проектирования различных технических объектов.

В настоящее время на кафедре АПТО разрабатывается информационная система для автоматизированного проектирования химического оборудования и его элементов.

Частью этой системы является подсистема автоматизированного проектирования кожухотрубчатых теплообменников, основные элементы которой рассматриваются в настоящей работе.

Информационная система проектирования предназначена для выполнения расчетов кожухотрубчатых теплообменников, разработки сборочного чертежа и составления спецификации на детали теплообменника. В основе ее лежит управляющая программа, которая обрабатывает исходные данные (температуры теплоносителей, расходы, давления, данные о веществах и др.), выполняет расчеты и передает результаты (геометрические размеры деталей) в среду пара-

метрического проектирования для построения чертежей. В ходе расчета программа обращается к различным базам данных (свойства веществ, свойства сталей и др.).

Структура информационной системы проектирования кожухотрубчатых теплообменников представлена на рис.1.

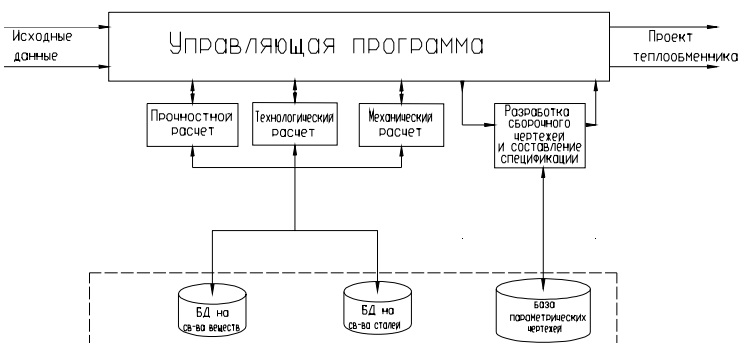


Рис.1. Структура информационной системы проектирования кожухотрубчатых теплообменников

Все расчеты выполняются по известным методикам.

Основой построения чертежей сборочных единиц и деталей является информационно-логическая модель, которая состоит из множества конструктивных элементов теплообменника и связей между ними.

Для генерации возможных моделей теплообменных аппаратов удовлетворяющих требованиям технологического процесса необходимо выявить условия выбора необходимых элементов аппаратов, взаимосвязь размеров, сопрягаемых деталей, друг с другом и правила сопряжения этих деталей. Итак,  $E = \{e_i\}$  – множество элементов кожухотрубчатого теплообменника,  $P = \{p_{i,j}\}$  – признаки отдельного элемента (характеристики формы),  $Z = \{z_{i,j,k}\}$  – значение признаков.

Элементы кожухотрубчатого теплообменника:

- кожух
- днище
- трубная решетка
- труба
- перегородка
- компенсатор
- устройства ввода\вывода
- фланцы
- отбойник
- опоры
- устройства для строповки

*Краснянский М. Н., Чаукин Ю. В.*

## **ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ АДсорбЕНТОВ МЕТОДАМИ СКАНИРУЮЩЕЙ ЗОНДОВОЙ МИКРОСКОПИИ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Краснянского М. Н.*

*ГТУ, Кафедры «Автоматизированное проектирование  
технологического оборудования»*

На текущий момент существуют установки, позволяющие прямыми измерениями получить поле поверхностных сил [1,2,3,4]. Принцип действия подобных установок описан в [5].

Общей чертой всех сканирующих зондовых микроскопов (и определяющей их название) является наличие микроскопического зонда, который находится в контакте (не всегда механическом) с исследуемой поверхностью и, в процессе сканирования, перемещается по некоторому участку поверхности конечного размера.

Родоначальником этих методов была туннельная сканирующая микроскопия (STM), созданная в самом начале 1980-х в Цюрихской исследовательской лаборатории ИВМ Г. Биннигом и Х. Рохером. В 1986 г. они получили за это Нобелевскую премию, хотя саму идею STM предложил еще в 1960 г. И. Джавер. Идея состоит в том, что при наложении некоторой разницы потенциалов между двумя проводящими элементами, разделенными тонким зазором шириной до 10 нм, должен течь так называемый туннельный ток, возникающий при преодолении электронами потенциально непроводящего барьера. Для плотности туннельного тока (в приближении плоских металлических электродов и вакуумного туннелирования) справедлива формула [3]:

$$j_t = \frac{3 \cdot e^2 \cdot k_0}{4ps} U_t \exp(-2k_0s) \quad (1)$$

где  $e$  - заряд электрона,  $h$  - постоянная Планка,  $s$  - расстояние зонд – образец,  $U_t$  - разность потенциалов на туннельном контакте,  $k_0$  - константа затухания волновых функций электронов в контакте.

Из анализа формулы (1) следует, что при изменении расстояния зонд – образец на один ангстрем величина туннельного тока изменяется на порядок.

STM применим для исследования поверхности только электропроводящих материалов. Но уже в 1985 г. Г. Бинниг создает микроскоп атомных сил (AFM), позволяющий измерять ультрамалые (менее 1 мкН) силы взаи-



модействия между иглой и исследуемым объектом, который может быть как проводником, так и изолятором.

Важнейшим узлом этого микроскопа является консоль (рычаг) с иглой, имеющие настолько ультрамалые массу и жесткость, что при взаимодействии кончика иглы с элементами поверхности исследуемого образца консоль изгибается, и эта деформация точно измеряется датчиками, основанными на токе туннелирования электронов, электрической емкости или оптике. Изгиб измеряется с погрешностью не более  $\pm 0,02$  нм, что позволяет измерять силы взаимодействия порядка  $0,2 \cdot 10^{-9}$  Н или поверхностное натяжение образца с погрешностью  $\sim 10$  Н/м. Строго контролируемое перемещение образца (или иглы) осуществляется, например, с помощью пьезоэлектрического сканера. По способу движения иглы относительно поверхности можно выделить две основные разновидности сканирующий зондовой микроскопии (СЗМ).

- Если зонд движется над поверхностью при постоянной координате  $Z$ , то говорят, что сканирование осуществляется по способу постоянной высоты. В этом случае в каждой точке из множества  $\{X_i, Y_j\}$  измеряется интенсивность рабочего взаимодействия  $F_{ij}|_{Z=const}$ . Результатом исследования является массив  $\{F_{ij}|_{Z=const}, X_i, Y_j\}$ , описывающий зависимость функции двух переменных  $F|_{Z=const}(X, Y)$ .

- Если же система обратной связи фиксирует в процессе сканирования на заданном уровне величину рабочего взаимодействия  $A(X, Y, Z)$  вариацией вертикальной  $Z$  координаты зонда, то говорят, что сканирование осуществляется по способу постоянного взаимодействия. Результатом работы СЗМ в этом режиме будет массив  $\{Z_{ij}|_{A=const}, X_i, Y_j\}$ , коррелирующий с топографией исследуемой поверхности. Помимо "топографического" массива, можно, проводя в каждой точке измерения какого-либо дополнительного параметра (или нескольких), получать зависимости вида  $G_{ij}|_{A=const}(X_i, Y_j)$ .

Таким образом, результатом СЗМ-исследования является получение функциональных зависимостей двух типов: по способу постоянной высоты:  $F|_{Z=const}(X, Y)$  и по способу постоянного взаимодействия:  $Z|_{A=const}(X, Y)$  ("топография"), плюс какая-либо дополнительная зависимость  $G|_{A=const}(X, Y)$ . С помощью компьютерного программного обеспечения можно проводить анализ полученных зависимостей (анализ характерных латеральных и вертикальных размеров поверхностных особенностей, построение сечений, Фурье-анализ, оценка шероховатости и т.п.), отображать полученные зависимости на экране монитора и выводить их на принтер.

Многочисленные модификации микроскопа типа АФМ в комбинации с STM обеспечивают одновременные измерения энергетического и геометрического профилей на уровне атомного разрешения, отдельные измерения разных типов взаимодействия (за счет наложения электрического

или магнитного поля, измерения взаимодействия в зависимости от расстояния, вибрации консоли с измерением резонансной частоты и т. д.). Такие приборы, выпускаемые рядом фирм США, Японии, Франции, Швейцарии, Германии и т. д., позволяют измерять поверхностное натяжение твердой фазы, силы адгезии разных материалов, трение и износ, влияние адсорбции и модификации поверхности на взаимодействие. Существуют модификации, предназначенные для измерений в растворах, при довольно высоком давлении инертного или адсорбирующегося газа и т. д. [6]

Основным потребителем таких приборов пока является микроэлектроника, где они уже широко применяются в разработке и производстве микропроцессоров (микроконтроллеров), микросхем памяти и микроэлектромеханических систем (MEMS). Но их использование и в других направлениях науки и техники, связанных с поверхностными явлениями и дисперсными системами, включая синтез и исследования катализаторов, адсорбентов, многими задачами экологии, биологии и т.д. и т.п., может привести к мощному (даже взрывообразному) развитию этих направлений. Возможности, которые открывает использование такой техники, особенно с учетом крайне интенсивного ее развития (все вышеперечисленные приборы созданы за последнее десятилетие), невозможно переоценить, так как в этом случае реальность может превзойти самые буйные фантазии.

В нашем случае интерес представляет изучение адсорбентов. Наличие точных топографических полей поверхности и срезов адсорбента позволяют получить представления об их реальной структуре, а поля поверхностных сил – распределение по поверхности и потенциальную энергию активных центров адсорбции. Вся полученная информация может носить, как чисто теоретический характер, вывод эмпирических (теоретико-эмпирических) уравнений зависимости поверхностных сил от координат ( $F(X, Y)$ ), так и практический, т.е. может быть использована как входные данные для математического моделирования динамики и изотерм адсорбции, например методом вероятностного клеточного автомата (ВКА) [7].

### Список литературы

1. Компания “Shimadzu” // <http://www.shimadzu-sng.ru>
2. Компания “Аналит” // <http://www.analit-spb.ru>
3. Научно-исследовательское предприятие “Элемент”  
// <http://www.element.ur.ru>
4. Нижегородский государственный университет / Физический факультет // <http://spm.unn.runnet.ru>
5. Scanning Probe Microscopy Group page  
// <http://www.spm.genebee.msu.su>

6. Фенелонов В.Б. Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов.// Новосибирск: Издательство СО РАН, 2002 г., -414 с.

7. Агафонов А.Н., Коньгин С.Б., Попова О.И. Моделирование процессов адсорбции методом вероятностного клеточного автомата (ВКА). / Агафонов А.Н., Коньгин С.Б., Попова О.И. // <http://nit.miem.edu.ru/2003/tezisy/articles/284.htm>

*Краснянский М. Н., Ширококих С. П.*

## **ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ХТС**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Краснянского М. Н.*

*ГТУ, Кафедры «Автоматизированное проектирование  
технологического оборудования»*

Процесс проектирования ХТС состоит из множества этапов и носит итерационный характер. Т.е. получая результат какого-либо расчета зачастую необходимо вернуться на несколько этапов назад и внести корректировки в исходные данные. Вследствие этого схожие расчеты приходится проделывать многократно с незначительно изменяющимися начальными параметрами. На данный момент времени существует большое количество программных средств, позволяющее автоматизировать определенные виды расчетов. Недостатком большинства из них является отсутствие общего формата данных, который позволил бы упростить взаимодействие между программами.

При выполнении расчетов с помощью различных программных продуктов необходимо сформировать единую модель, содержащую информацию о всех параметрах ХТС требующихся на различных этапах разработки. Это позволит организовать автоматическую передачу информации между различными программными средствами и обеспечит целостное представление всех имеющихся данных о разрабатываемой ХТС в любой момент времени.

Основное требование к модели: модель должна быть применима для всех этапов проектирования ХТС и включать помимо основных данных, характеризующих систему также метаданные, описывающие работу приложений. Модель должна описывать химико-технологическую систему, т.е. в полностью заполненном варианте модель должна содержать всю информацию, которую содержит выполненный проект. При этом модель должна быть построена таким образом, что заполнение ее происходит поэтапно, начиная с данных технологического регламента, постепенно наращивая содержание по мере выполнения расчетов.

Функциональное применение модели не ограничивается этапом разработки, поскольку модель может содержать произвольные данные ее можно использовать на протяжении всего жизненного цикла ХТС. На этапе эксплуатации основное применение модели заключается в сборе статистических данных о функционировании оборудования и системы в целом, которые можно использовать для повышения надежности и работоспособности системы и выявления недоработок допущенных при проектировании ХТС и аппаратурного оформления. В случае выхода из строя

какого-либо аппарата использование модели позволит в максимально короткие сроки подобрать ему замену.

Поскольку при смене ассортимента выпускаемых продуктов реконструируемая химико-технологическая система содержит часть ранее используемого оборудования целесообразно сохранять статистические данные об аппаратурном оформлении с целью учета индивидуальных особенностей оборудования при составлении графика планово-предупредительных ремонтов.

Модель ХТС состоит из описания следующих основных групп данных:

1. Используемые аппараты
2. Используемые химические вещества
3. Точки ввода/вывода веществ
4. Трубопроводная арматура

Указанные элементы соединяются между собой трубопроводами, каждый из которых имеет начало, конец (выбираются из группы аппаратов, элементов трубопроводов или точек ввода/вывода). На ранних этапах детализации указываются только начало и конец трубопровода, после выбора расположения оборудования задаются координаты начала и конца трубопровода.

Для каждого продукта создается описание технологических этапов, включающее перечень используемого оборудования (с указанием последовательности работы), химических преобразований проводимых в каждом аппарате. Выделяются все используемые в производстве данного продукта трубопроводы и каждому из них сопоставляются транспортируемые ими химические вещества.

Помимо данных о физической структуре ХТС модель содержит информацию используемую при проектировании: химизм, стадии по лабораторному регламенту, стадии по технологическому регламенту.

При описании оборудования указываются не конкретные параметры аппаратов, а ссылки на их описание в базе оборудования. Это сделано с целью объединения данных обо всех аппаратах предприятия в единое информационное пространство. Все параметры работы, не зависимо от схемы в которой функционирует аппарат накапливаются в одной базе, таким образом информация об аппарате накапливается в течении всего жизненного цикла.

Модель оборудования уникальна для каждого класса аппаратов. Модель представлена в виде блоков данных сформированных из параметров наиболее часто употребляемых совместно. Например, для описания вакуумного насоса используются следующие блоки данных:

1. Вид, принадлежность, габариты и местоположение

2. Реализуемые процессы
3. Ремонтные характеристики
4. Связи аппарата
5. Характеристики среды
6. Характеристики насоса

Первые пять блоков данных характерны для большей части оборудования и присутствуют во всех моделях. Шестой блок описывает характеристики присущие только насосам, поэтому он присутствует только у насосов. Часть параметров содержащихся в данном блоке будет лишней для конкретного типа насоса и не заполняется, за счет внесения избыточных данных наиболее важная информация о любом из насосов содержится в одной группе данных.

Если насос содержит ряд данных редко используемых в расчетах и не характерных для большей части другого схожего с ним оборудования: эта информация выносится в отдельный блок. Например для описания винтового насоса помимо выше описанных групп данных необходимо внести блок “Характеристики винта”.

Таким образом, большая часть информации необходимой для расчетов содержится в первых пяти блоках и не зависит от типа оборудования. Для специфических расчетов используются дополнительные блоки, общие для какого либо класса аппаратного оформления или для одного вида оборудования.

Данный вид модели позволяет гибко описывать технологическое оборудование, поскольку позволяет в любой момент времени добавить новые блоки данных и это не требует изменения кода функционирующих программных средств. Модель ХТС также позволит добавлять произвольные данные, что не будет сказываться на работоспособности имеющихся приложений.

## **Машины и агрегаты пищевой промышленности**

**Руководитель программы д.т.н., проф. Дворецкий С. И.**

***Юрина О. А., Плотникова О. А., Солопова О. В.***

### **К РАЗРАБОТКЕ СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА ИЗ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

*Работа выполнена под руководством д.т.н., доц. Иванова О. О.*

*ТГТУ, Кафедра «Технологическое оборудование  
и пищевые технологии»*

Основной отход спиртовых заводов, работающих на растительном сырье, в частности на мелассе - послеспиртовая мелассная барда. Большая часть барды вообще нигде не используется и отводится в бардонакопители или подвергается естественному разложению на полях фильтрации, что неприемлемо.

До сегодняшнего дня в России не существует опробованной эффективной технологии утилизации жидких органических отходов бродильных производств. Существующие технологии отличаются низкой эффективностью и высокой затратностью.

Из-за подорожания энергоносителей и нестабильной работы мелассных спиртзаводов разработку процессов утилизации барды свернули. Но проблема отходов никуда не исчезла – регионы со спиртовым производством продолжают оставаться одними из самых неблагоприятных в экологическом отношении.

Нами рассматривается возможность использования послеспиртовой барды как сырьём для производства биогаза.

Процесс получения биогаза известен очень давно: в Китае - более 5 тысяч лет, в Индии - более 2 тысяч лет. Современные биогазовые технологии широко используются как в развитых (Дания, Германия, Англия,

Франция, Италия, Австрия и др.), так и развивающихся странах (Китай, Индия, Индонезия, страны Южной Америки, некоторые страны африканского континента).

Биогаз - возобновляемый источник энергии, газообразный продукт, получаемый в результате анаэробной, ферментации органических веществ самого разного происхождения. Типичный состав биогаза приведён в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Состав биогаза

Комп-ты	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H	H <sub>2</sub> S
Содерж.,%	55-70	28-43	10-5	8-3	5-3	3-1,5

Биогаз может успешно быть применён как топливо. Его можно сжигать для получения тепла, использовать в холодильных установках абсорбционного типа, инфракрасных излучениях и автотракторных двигателях.

В основе биогазовых технологий лежат сложные природные процессы биологического разложения органических веществ в анаэробных условиях под воздействием особой группы анаэробных бактерий, сопровождающиеся минерализацией азотсодержащих, фосфорсодержащих и калийсодержащих органических соединений с получением минеральных форм азота, фосфора и калия, наиболее доступных для растений, с полным уничтожением патогенной микрофлоры, яиц гельминтов, семян сорняков, специфических фекальных запахов, нитратов и нитритов. [1]

Процесс образования биогаза осуществляется в специальных реакторах-метантенках. Ниже проанализированы существующие конструкции для производства биогаза.

Установка для производства биогаза (рис. 1) имеет две камеры: внутреннюю камеру аэробной обработки, служащую источником тепла для подогрева сбраживаемой биомассы, и внешнюю камеру анаэробного сбраживания. Внутренняя камера имеет пеногаситель, крышку, мешалку, люк выгрузки аэрированной биомассы, дренажную трубу с отверстиями. Внешняя камера имеет патрубки загрузки исходной и выгрузки сброженной биомассы с крышками, патрубок отбора биогаза с вентилем [2].

К недостаткам этой конструкции можно отнести: необходимость одновременного осуществления аэробного (во внутренней камере) и анаэробного (во внешней камере) сбраживания, металлоёмкость низкую удельную производительность.



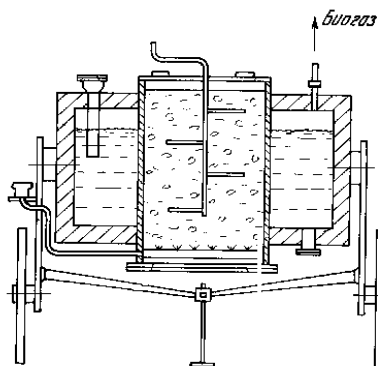


Рис.1. Установка для производства биогаза

Анаэробный биореактор для переработки жидких отходов (рис. 2) может быть использован в бродильном производстве для утилизации жидких органических отходов, а именно на спиртовых заводах. Он содержит в верхней части отделитель биомассы и биогаза, в нижней части - коллектор распределения жидких отходов. Отделитель биомассы и биогаза расположен в насадке, которая содержит камеру сбора биогаза и отделения пены. Это позволяет повысить эффективность утилизации жидких отходов, отделения биогаза и предотвратить вынос активного ила [3]. Недостатками конструкции являются: сложность подачи исходного материала и невозможность повторного использования активного ила с содержанием сухих веществ 80-85%, увеличенное время протекания процесса из-за отсутствия перемешивания.

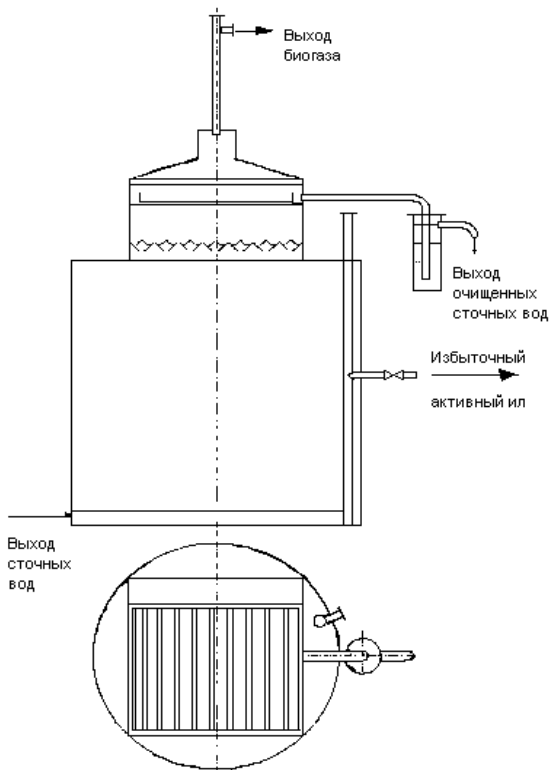


Рис.2. Анаэробный биореактор для очистки сточных вод.

Биогазовая установка (рис. 3) работает следующим образом: сначала осуществляется подача во внешнюю камеру метантенка разжиженных органических отходов с последующим их анаэробным сбраживанием во внешней и внутренней камерах метантенка, подогрев и перемешивание сбраживаемой массы, вывод из метантенка сброженного осадка и отбор биогаза из внешней и внутренней камер метантенка. Биогаз, отбираемый из внешней камеры метантенка, вводят во внутреннюю его камеру, для чего устройство содержит компрессор [4]. Высокие энергозатраты, металлоёмкость и дороговизна конструкции ограничивают её применение.

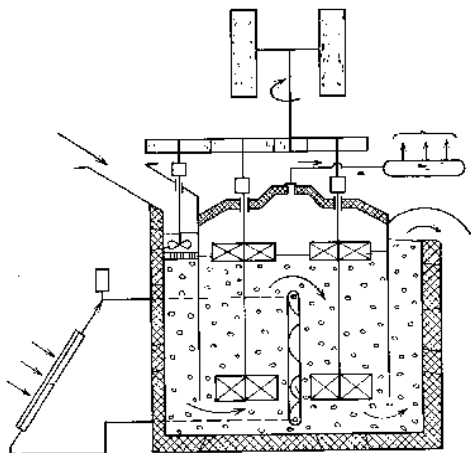


Рис. 3. Биогазовая установка.

Таким образом, анализ приведённых конструкций показывает, что проблема разработки новых технологий и оборудования для производства биогаза является актуальной. Требуется дальнейшее совершенствование существующих конструкций и создание математического аппарата для их проектирования и оптимизации.

#### Список литературы

1. <http://www.esco-ecosys.narod.ru>
2. Патент РФ № 2082682. Установка для производства биогаза, Осмонов О.М., Ковалёв А.А., Ножевникова А.Н., Мельник Р.А., 1997 г.
3. Патент РФ № 2065408. Биогазовая установка, Ильин А.К., Ковалёв О.П., Тимошенко В.А., 1996 г.
4. Патент РФ № 2198853. Анаэробный биореактор для переработки жидких отходов, Каранов Ю.А., Кошель М.И., 2003 г.

*Пешкова Е. В., Щекочихин Е. Г.*

## **К ВОПРОСУ О ТОЧНОСТИ РАСЧЁТА ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СИСТЕМЕ «CHEMCAD»**

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Дворецкого С. И.*

*ТГТУ, Кафедра «Технологическое оборудование  
и пищевые технологии»*

В связи с постоянным увеличением конкуренции и развитием химических технологий, возрастают требования к точности расчёта оборудования, т.к. при этом обеспечивается достижение заданного качества выпускаемой продукции, уменьшаются издержки, возникающие из-за потерь и капитальные затраты.

Традиционными методами эта задача не может быть решена на достаточном уровне, потому что повышение точности расчета влечёт за собой увеличение сложности и объёма вычислений.

Также традиционные методы не позволяют прогнозировать поведение объекта при изменении каких-либо параметров, а соответственно и работу объекта в неустановившемся режиме (динамике). Чтобы решить эту задачу, прежде требовалось проводить либо эксперимент на готовом оборудовании, либо строить физическую модель, что не способствовало увеличению точности, при этом возрастали время разработки и стоимость оборудования.

Выходом из этой ситуации может быть математическое моделирование технологического объекта: на основе построенной математической модели можно без всяких затрат проводить вычислительные эксперименты, выявляя реакции на те или иные возмущения и оптимизировать конструкцию аппарата.

Существует множество программ, решающих эти задачи. Остановимся на рассмотрении программного продукта "ChemCAD" (разработчик фирма «Chemstations Inc.», США). Эта универсальная моделирующая программа (УМП) распространена благодаря тому, что включает в себя большое количество моделей различных процессов и аппаратов, а так же имеет гибкую модульную структуру. В настоящее время с помощью этой программы можно смоделировать/рассчитать такие типы теплообменников: пластинчатые, кожухотрубчатые, труба в трубе и множество их модификаций. "ChemCAD" позволяет проводить как проектный, так и поверочный расчёт. Результатами расчёта являются: конструктивные размеры, вес аппарата, гидродинамика потоков и приблизительная стоимость. Недостатками этого программного комплекса являются, во-первых, закрытость алгоритмов и исходных кодов – это не позволяет нам прямым путём ис-

следовать его на предмет нахождения ошибок. Мы можем лишь догадываться на основе анализа работы программы, что расчёт ведётся по каким-то дискретным, итеративным методикам и "верить на слово" разработчикам, утверждающим, что они проводили большое количество экспериментов на реальном оборудовании. Точность расчётов можно оценить только косвенно: или сравнивая с аналитическим решением какой-либо задачи, или с экспериментальными данными. Оба этих варианта неполноценны: первый, в связи с невозможностью аналитически решить сложную задачу и, как следствие, упрощением; второй – так же связан с точностью постановки эксперимента и большими затратами.

Исходя из этого была поставлена задача оценить точность расчёта УМП "ChemCAD", проведя поверочный расчёт по методике, разработанной д.т.н. Е.Н. Туголуковым.

Сущность его методики состоит в представлении как стационарных, так и нестационарных полей определяющих параметров производственно-оборудования как совокупности полей пространственно-временных элементарных областей, моделируемых аналитическими решениями систем линейных дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими условиями однозначности.

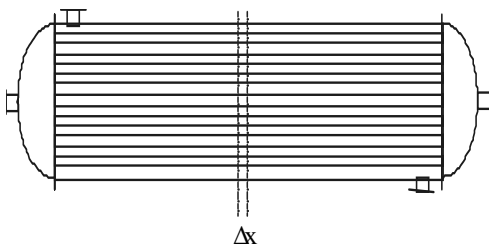


Рис. 1. Элементарная область кожухотрубчатого теплообменника

В общем случае под элементарной областью понимается область заданных размеров, рассматриваемая в течение заданного интервала времени и охватывающая как конструкционные элементы аппарата, влияющие на поля определяющих параметров, так и некоторые объемы заполняющих аппарат

сред (продукты, теплоносители и хладагенты, насадки, сорбенты, катализаторы).

Моделирование кожухотрубчатого теплообменника - есть моделирование температурного поля для теплоносителя, движущегося в режиме идеального вытеснения по каналу, образованному конструктивными элементами оборудования, и самих этих элементов на основе совместного решения системы дифференциальных уравнений. В этом случае температурное поле внутри теплоносителя может быть описано одномерным дифференциальным уравнением первого порядка в частных производных:

$$\frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} + W \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial x} + K t(x, \tau) = F(x, \tau)$$

Граничные условия этого уравнения взаимосвязаны с граничными условиями задачи теплопроводности для элементов оборудования, контактирующих с теплоносителем.

При этом граничные условия задачи теплопроводности для элементов оборудования становятся переменными по длине зоны теплообмена.

Это, в общей постановке, практически исключает возможность прямого аналитического решения такой системы и требует использования итерационных алгоритмов.

Поэтому, за исключением ряда частных случаев, целесообразно рассчитывать температурное поле теплоносителя на основе элементарных тепловых балансов дискретных областей.

С учетом вышеизложенного, моделирование температурных полей в производственном оборудовании возможно осуществлять на основе решения систем линейных дифференциальных уравнений теплопроводности для теплопередающих элементов оборудования. Эти уравнения допускают аналитические решения.

Пространственная и временная дискретизация области осуществления теплового процесса как способ линеаризации задачи лишь внешне напоминает пространственную и временную дискретизацию, лежащую в основе численных конечно-разностных методов решения дифференциальных уравнений. Во-первых, моделирование температурного поля элементарной области системой дифференциальных уравнений в частных производных позволяет получить непрерывное температурное поле, в отличие от дискретного поля при использовании численных методов. При этом резко повышается качество расчетов тепловых характеристик процесса. Во-вторых, согласование элементарных областей через граничные и начальные условия задач теплопроводности позволяет избежать накопления систематических погрешностей, присущих даже консервативным численным схемам.

Для проведения эксперимента, решим в системе "ChemCAD" такую задачу (пример взят с ОАО "Пигмент"): нужно подобрать теплообменник для подогрева продукта, вторичным водяным паром. Температура продукта на выходе должна быть как можно большей.

Исходные данные:

Состав смеси:

Вода: 3.5%

Метанол: 1.5%

ММА: 95%

Расход смеси: 2500 кг/час

Температура смеси: 30 °С

Расход воды из колонны на подогрев смеси: 780 л/час

Температура воды: 90 °С

Решая эту задачу в программе "ChemCAD" мы получаем такую конфигурацию:

Поверхность теплообмена:	46.62 м <sup>2</sup>
Коэффициент теплопередачи:	88.82 Вт/м <sup>2</sup> *К
Запас:	0.2 %
Число труб:	338
Длина труб:	2.44 м
Внутренний диаметр:	1.575 см
Толщина:	0.165 см
Расстояние между трубами:	3 см
Диаметр кожуха:	59.06 см
Температура смеси на выходе:	62.6 °С
Температура воды на выходе:	55 °С

Проведя поверочный расчёт по методике Е.Н. Туголукова, т.е. задавшись этими конструктивными параметрами и найдя конечную температуру смеси, мы получаем результаты, представленные на рис. 2.:

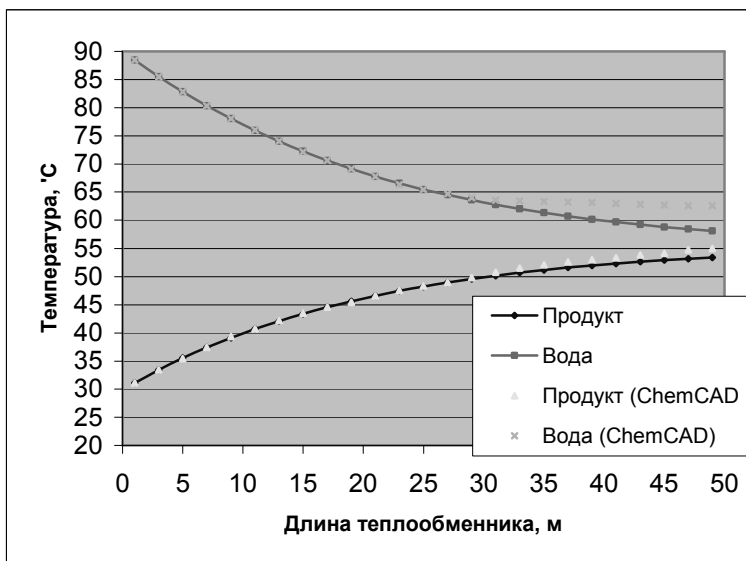


Рис. 2. Температурные кривые

Ось X представляет собой длину рабочей части теплообменника, разбитую на элементарные участки (в данном примере длина участка равна 0.05 м.)

Температура смеси на выходе: 58.11 °С  
Температура воды на выходе: 53.39 °С

Как можно видеть, результаты немного различаются, но это можно объяснить тем, что "ChemCAD" не позволяет рассчитать потери тепла в окружающую среду, которые учтены в методике Е.Н. Туголукова, поэтому с большой долей уверенности можно сказать, что в целом расчёт верен.



*Власюк А. А.*

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ОТРАСЛИ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Куди А. Н*

*ПГТУ, Кафедра «ТОиПТ»*

По количеству предприятий, объему производства и значимости выпускаемой продукции хлебопекарная отрасль является одной из ключевых в пищевой промышленности нашей страны. В настоящее время в России насчитывается около 1500 хлебозаводов и свыше 5000 мелких предприятий, ежегодно производящих более 16 млн тонн продукции. Однако, по оценкам специалистов, на сегодняшний день только 20-30% российских хлебопекарных предприятий имеют технологическое оснащение, соответствующее современному мировому уровню. При этом, следует отметить, что большое количество хлебобулочных производств работает в непрерывном трехсменном режиме, что с одной стороны определяет более высокую стабильность технологических параметров, а с другой - предъявляет повышенные требования к надежности оборудования.

Кроме того, как правило, высокотехнологичное оборудование иностранного производства ориентированно на стабильно высокие хлебопекарные свойства муки, в то время как на российских предприятиях ежегодно перерабатывается до 50% сырья с пониженными хлебопекарными свойствами. Однородность сырья, в зависимости от помольной партии, также может иметь существенные расхождения по свойствам.

Основная проблема всей хлебопроизводящей цепочки - от зерна до готового хлеба - заключается в следующем. Хлеб в России является главным социальным продуктом: на продукты переработки зерна приходится до 40% общей калорийности пищевого рациона населения. Соответственно, существует установка о сохранении низкой цены на этот продукт. В результате такой политики многие предприятия хлебопекарной отрасли становятся убыточными, не обеспечивается даже простое воспроизводство фондов.

Если рассматривать российский рынок промышленного оборудования как совокупность социальных и экономических взаимосвязей между потребителями, производителями и посредниками, то можно с полной уверенностью сказать, что в действительности процесс взаимодействия участников рынка пока еще и не начинался. При большом числе компаний-посредников и компаний - производителей оборудования, предназначенного для выпуска хлебобулочных и кондитерских изделий, рынок не обладает достаточным количеством предложений, способных

удовлетворить все запросы потребителей. Такая ситуация способствует довольно легкому входу на рынок и выходу из него. При этом, практически каждый новый участник рынка может найти здесь собственную потребительскую нишу и организовать эффективную работу.

Доля сегмента оборудования для производства хлебобулочных изделий составляет около 4% российского рынка пищевого и сельскохозяйственного оборудования.

Можно отметить, что современное хлебопечение России создавалось как единая отрасль пищевой промышленности и развивалось по общей концепции. В течение многих десятилетий ее научное сопровождение осуществлял Всесоюзный научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, теперь ГОСНИИХП.

На финансово-хозяйственную деятельность хлебозаводов негативно влияют неустойчивые цены на сырье и материалы, нестабильное качество муки, ограничение рентабельности производства, административное вмешательство в экономику предприятий. В большинстве регионов не решается вопрос о создании необходимых запасов зерна для хлебопечения, что свидетельствует об отсутствии четкой политики в деле устойчивого обеспечения населения хлебом.

Хлебопекарная отрасль резко сократила свое участие в финансировании и освоении научно-исследовательских работ, используя лишь разработки прошлых периодов. Результаты научной деятельности ГОСНИИХП из-за слабой информированности крайне недостаточно используются на Российских хлебозаводах.

Для развития хлебопекарной отрасли необходимо ориентировать научный, производственный и кадровый потенциал Российского хлебопечения на решение актуальных проблем по следующим направлениям:

*1. Технологии хлебобулочных изделий:*

- внедрение ресурсосберегающих технологий пшеничного и ржаного хлеба с направленным культивированием микроорганизмов на заквасках, позволяющих повысить микробиологическую чистоту продукции, создать условия для выпуска изделий с лечебными свойствами, более широко использовать ускоренные способы тестоведения;

- внедрение новых технологий приготовления жидких дрожжей, в том числе по ускоренным схемам с улучшенными биотехнологическими свойствами;

- внедрение методов направленного изменения технологических свойств сырья и повышения качества хлебобулочных изделий путем применения улучшителей направленного или комплексного действия с учетом конкретных условий производства, технологий, ассортимента и свойств сырья;

- внедрение технологий хлебобулочных изделий с удлиненными сроками хранения;

- внедрение ассортимента хлебобулочных изделий с учетом профессионального, демографического состава населения и экологических особенностей регионов.

### *2. Техника хлебопекарного производства:*

- внедрение гибкого транспорта муки и другого сырья на базе разработок ГОСНИИХП в качестве альтернативы аэрозоль - и пневмотранспорту, шнекам и нориям;

- внедрение современных систем в складах бестарного хранения муки с использованием вибродрищ, новых типов просеивателей и дозаторов;

- внедрение новой техники для приготовления теста взамен агрегатов непрерывного тестоприготовления и устаревшего парка тестомесильных машин;

- внедрение тестоделителей и других формующих агрегатов, обеспечивающих высокую точность деления и щадящий режим обработки теста;

- внедрение шкафов расстойки и систем автоматического регулирования температуры и влажности;

- внедрение расстойно-печных агрегатов и хлебопекарных печей нового поколения;

- внедрение оборудования для остывания хлебобулочных изделий и их упаковывания.

### *3. Повышение стабильности работы:*

- совершенствовать систему ценообразования хлебобулочных изделий для сохранения устойчивого уровня оптово-отпускных цен и рентабельности хлебопекарного производства не менее 15%;

- прибыль предприятий первоочередно направлять на техническое перевооружение производства и обновление технологий;

- ориентировать работу коллективов на снижение затрат в производстве путем уменьшения потерь сырья и материалов, более эффективного использования электроэнергии и топлива;

- анализировать работу передовых предприятий России для использования их опыта в новых хозяйственных условиях;

- повышать квалификацию кадров, обращая первоочередное внимание на совершенствование знаний в области новой техники и технологий, организации управления производства и маркетинга.

### *4. Обеспечение хлебопекарной отрасли сырьем:*

- обратиться в государственные органы власти с просьбой о создании в областях, краях и республиках региональных фондов зерна для нужд хлебопечения, гарантирующих производство хлебопекарной муки в количествах, необходимых для устойчивого обеспечения населения хлебом;

- региональным органам власти совместно с хлебопекарными и мельничными

предприятиями составлять ежегодные балансы расчетной потребности в хлебобулочных изделиях, а также муки и зерна необходимых кондиций;

- формировать требования по качественным показателям и безопасности муки и другого сырья и предъявлять их поставщикам.

*Шершукова А. И.*

**АНАЛИЗ СПОСОБОВ И УСТРОЙСТВ  
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Першина В. Ф.*

*ГГТУ, Кафедра «Прикладная механика  
и сопротивление материалов»*

Зернистые (сыпучие, гранулированные, порошкообразные) материалы, вроде песка или сахара, окружают человека и в повседневной жизни, и в природе (геологические и тектонические процессы). Они широко применяются в различных технологических процессах. Относительно недавно появился новый термин – порошковые технологии. Зернистые материалы имеют некоторые свойства как твердых тел, так и жидкостей и газов, а в некоторых условиях ведут себя совершенно особым образом.

Физико-механические свойства или характеристики зернистых материалов обычно разделяют на первичные и вторичные. К первичным относятся свойства, присущие отдельной частице (размер, форма и т.д.) и материалу, из которого она состоит (твердость, упругость, влажность, гигроскопичность, плотность, насыпная плотность, температуры плавления и воспламенения и т.д.). Вторичные характеристики присущи совокупности большого числа частиц, контактирующих друг с другом, т.е. они характеризуют зернистый материал в целом: гранулометрический состав, углы естественного откоса, обрушения, трения, шпателя, скольжения, трения о поверхность, предел текучести, начальное сопротивление сдвигу и т.д.

Несмотря на то, что и размеры, и форма частиц, и насыпная плотность зернистого материала влияют на точность дозирования, перемещение в транспортирующих машинах, смешивание и хранение, наиболее существенное влияние оказывают такие характеристики, как коэффициенты трения. Это можно объяснить тем, что именно от коэффициентов трения наиболее существенно зависит характер движения отдельных частиц и всего материала в целом.

Между частицами зернистого материала существуют различной природы силы взаимодействия [1], объединяемые одним термином – аутогезия. Аутогезионные силы придают зернистому материалу способность оказывать сопротивление сдвигающим, сжимающим и разрывным усилиям. Любая деформация сыпучего материала сопровождается сдвигом, т.е. проскальзыванием частиц одного слоя относительно частиц другого слоя. В отличие от жидкостей зернистые материалы способны выдерживать

определенные усилия сдвига. Другими словами, деформация в зернистых материалах не наступает до тех пор, пока не преодолено некоторое напряжение сдвига  $\tau_\alpha$ , которое называют предельным сопротивлением сдвигу. Связь между  $\tau_\alpha$  и нормальным давлением на плоскость скольжения слоев  $\sigma_\alpha$  выражается обобщенным законом Кулона:

$$\tau_\alpha = \tau_0 + f\sigma_\alpha,$$

где  $f$  – коэффициент внутреннего трения;  $\tau_0$  – начальное сопротивление сдвигу (удельное значение сил аутогезии между частицами зернистого материала).

Для идеально сыпучих зернистых материалов  $\tau_0 = 0$ , а для связных зернистых материалов, которых большинство,  $\tau_0 \neq 0$ .

Значения  $\tau_0$  определяют путем зависимостей  $\tau_\alpha = f(\sigma_\alpha)$ , построенных по результатам испытаний порций зернистого материала на специальных сдвиговых приборах.

Существуют различные подходы к экспериментальному определению коэффициентов трения.

Одним из наиболее простых является способ определения коэффициента внутреннего трения с использованием угла естественного откоса и обрушения. На рис.1 показана схема устройства, на котором можно одновременно определять эти углы. Устройство состоит из прозрачного короба 1, установленного с помощью стоек 2 на основании 3. В дне короба имеется прямоугольное отверстие с задвижкой 4. Под отверстием установлен усеченный конус 5. Под конусом, на основании 3, расположена приемная емкость 6. На стенке короба имеется угловая шкала 7, а на одной из стоек – линейная шкала 8.

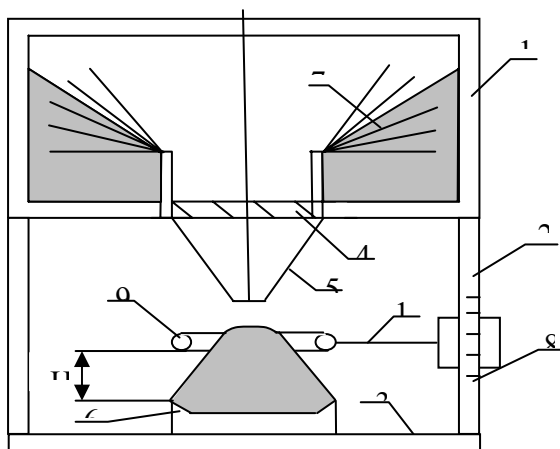


Рис. 1. Схема устройства для определения углов естественного откоса и обрушения

Последовательность определения углов естественного откоса и обрушения следующая. В короб 1 засыпается исследуемый материал. Задвижка 4 убирается и часть материала высыпается из короба в приемную емкость 6, а излишки на основание 3. Открытая поверхность материала, оставшегося в коробе, образует с горизонтальной плоскостью угол обрушения, численное значение которого определяется по шкале 7. Материал, высыпавшийся из короба, образует на приемной емкости конус. Угол между образующей конуса и горизонтальной плоскостью численно равен углу естественного откоса. С помощью кольца 9, жестко закрепленного на подвижной штанге 10, по шкале 8 определяют высоту усеченного конуса  $H$ . Угол естественного откоса рассчитывают по формуле:

$$f_{ecm} = \operatorname{tg} \varphi = 2H / (D-d).$$

Для определения коэффициентов внутреннего и внешнего трения зернистого материала Европейский стандарт (Standard Shear Testing Technique for Particulate Solids) [2] рекомендует прибор Дженике, схема которого показана на рис.2.

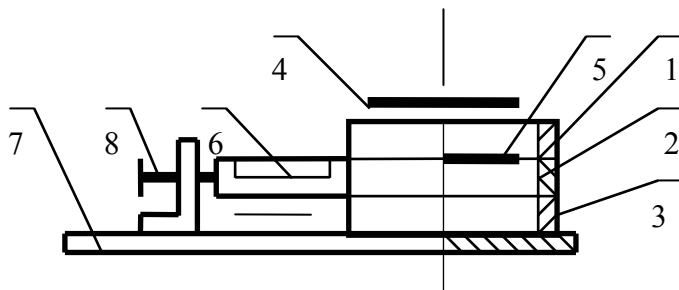


Рис. 2 Установка для определения сдвиговых реакций

Рекомендуется следующая методика измерений. Зернистый материал засыпается в секции 1-3 и выравнивается по краю верхней секции. Далее на материал через прижимную плиту 4 передается усилие для его уплотнения, равное последующей нагрузке. После чего верхняя секция 1 снимается вместе с материалом до верхнего уровня секции 2. На материал укладывается опорная плита 5, на которую устанавливается гиря с определенным весом. В результате действия вертикальной нагрузки  $P$ , в зернистом материале возникают определенные нормальные напряжения. посредством винтового привода 8 на секцию 2 передают сдвигающее усилие, величина которого фиксируется динамометром 6. В результате действия горизонтальной нагрузки  $G$ , в зернистом материале возникают определенные касательные напряжения. Величину усилия  $G$  увеличивают до тех пор, пока секция 2 не сдвинется относительно секции 1. Коэффициент внутрен-

него трения рассчитывается исходя из соотношений горизонтальной и вертикальной нагрузок.

При определении коэффициента внешнего трения, т.е. трения, которое возникает при сдвиге зернистого материала относительно твердой поверхности, вместо неподвижной секции 3 устанавливают пластину из определенного материала.

Определенный интерес представляют приборы, в которых касательные напряжения рассчитывают исходя из экспериментально определенного крутящего момента.

Анализ результатов экспериментального определения коэффициентов внешнего и внутреннего трения различных зернистых материалов, на одних и тех же приборах, в различных университетах мира показал, что большое влияние на полученные результаты оказывают субъективные факторы. Проведенные исследования показали, что основной причиной погрешностей является процедура предварительного уплотнения зернистого материала в секциях 2 и 3.

### **Список литературы**

1. Кормильцин Г.С., Борщев В.Я. Механическое оборудование химических производств: Конспект лекций. – Тамбовск. ин-т хим. машиностр., Тамбов, 1992. 114с.
2. Standard shear testing technique for particulate solids using the Jenike shear cell. THE INSTITUT OF CHEMICAL ENGINEER EUROPEAN FEDERATION OF CHEMICAL ENGINEERING – Published by the Institution of Chemical Engineers, George E. Davis Building, 165-171 Railway Terrace, Rugby, Warwickshire, CV21 3HQ, England, 1989-46p.



## **Технологические процессы, машины и оборудование комплексной химической переработки растительных полимеров**

**Руководитель программы д.т.н., проф. Беляев П. С.**

*Волков Д. С., Румянцев А. В., Маликов О. Г.*

### **МОДИФИКАЦИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ РЕЗИНОВОЙ КРОШКОЙ**

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Беляева П.С.*

*ТГТУ, Кафедра «Переработка полимеров  
и упаковочное производство»*

Ежегодное увеличение парка автомобилей приводит к постоянно возрастающей нагрузке на дорожное полотно, что приводит к более быстрому разрушению дороги.

В настоящее время на территории России наблюдаются следующие тенденции:

- парк автотранспортных средств увеличивается на 7-10 % в год и к концу 2005 года составит 65 млн.ед.

- объем перевозок пассажиров и грузов возрастет в 2-3 раза

- около 8 тыс. км. автомобильных дорог работает в режиме перегрузки

- ежегодная сумма потерь, связанных с недостаточным развитием дорожной сети и ее техническим состоянием, оценивается в 450-500 млрд.руб

Для решения этой проблемы необходимо обеспечить более высокое качество дорожного полотна, повысить его прочностные свойства и «жизненный цикл» до момента капитального ремонта.

Добиться этого можно, улучшая качественные характеристики компонентов входящих в состав асфальтобетона (каменные материалы, песок, вяжущее). Использовать более качественные каменные материалы и пески может позволить себе не каждая область поскольку месторождения этих

материалов расположены неравномерно. Перевозка материалов требует дополнительных затрат поэтому особую значимость для повышения темпов строительства автомобильных дорог и снижения затрат на него приобретает комплексное применение местных материалов и отходов промышленности в производстве конструкций дорожных одежд. Зачастую местные материалы, отвечая требованиям предъявляемым к ним ГОСТом, не обеспечивают хороших эксплуатационных характеристик дорог. Наиболее эффективным путем повышения качества дорожной одежды является, улучшение качества вяжущего (битума), путем его модификации, т.е. введением в состав битума добавок улучшающих его эксплуатационные свойства.

Наиболее часто используемыми модификаторами дорожного битума являются полимерные материалы. Учитывая тот факт, что полимерные материалы в "чистом" виде достаточно дорогой материал, то наиболее перспективным направлением является использование отходов полимерных материалов. Наиболее крупнотоннажными отходами такого рода являются резиновые изделия и резиновые шины. Многочисленные изношенные шины образуют огромные полигоны. Поскольку резиновые изделия и шины устойчивы к воздействию внешних факторов (солнечной радиации, дождям, температурным перепадам), то они могут длительное время лежать, накапливаясь и занимая все более обширные территории. Многочисленные научные работы подтверждают, что износ шин происходит из-за расслоения и разрыва структуры верхнего слоя шин, однако свойства резины при этом не сильно изменяются относительно первоначальных.

Переработанные в резиновую крошку шины являются прекрасным модификатором битума.

- резиновая крошка не теряет своих свойств при рабочей температуре битума 150-160<sup>0</sup>С

- улучшает адгезионные свойства битума

- повышает сдвигоустойчивость асфальтобетона при высоких температурах

- повышает трещиностойкость асфальтобетона при низких температурах

- благодаря лучшей адгезии, модифицированный резиновой крошкой битум, позволяет экономить расход битума на 2-4 %

В работе проведены исследования асфальтобетонных покрытий на дорожном битуме марки БНД 60/90 и модифицированном резиновой крошкой битуме. Модификацию проводили по непрерывной технологии на лабораторном двухшнековом смесителе. Смесь содержала 6 и 9 % резиновой крошки от общей массы битума диаметром 0,8 – 1 мм. (указанная фракция не является очень мелкой, более мелкое измельчение приводит к подорожанию резиновой крошки, что менее выгодно с экономической

точки зрения - цена за одну тонну, с учетом НДС 8200 рублей). По сравнению с исходным битумом мы наблюдали падение индекса пенетрации, что свидетельствует о увеличении вязкости системы, также увеличилась температура размягчения по сравнению с исходным битумом. После проведения процесса модификации битум оставался в пределах своей марки 60/90. На основе полученного резино-битумного вяжущего были проведены исследования свойств асфальтобетона и сравнены со свойствами асфальтобетона на исходном битуме.

Была спроектирована асфальтобетонная смесь для III дорожно-климатической зоны марки Б, II типа и проведены исследования асфальтобетона на основе обычного битума и битума модифицированного резиновой крошкой. Полученные данные показали, что:

- трещиностойкость образцов асфальтобетона с модифицированным битумом выросла на 20 %
- прочность при 50<sup>0</sup>С возросла на 25 %
- увеличение морозостойкости на 10 %
- завышенный показатель водонасыщения, на 2-7 % выше обычного
- сокращение содержания битума в смеси на 2 %, без потери эксплуатационных свойств

Учитывая итоги экспериментов из проделанной работы можно сделать вывод, что резиновая крошка, как модификатор, решает сразу две острые проблемы на сегодняшний день:

1. Утилизации резиновых покрышек
2. Улучшение эксплуатационных характеристик асфальтобетона

По опыту работы иностранных дорожно-строительных организаций на 1 километр покрытия для 4-х полосной дороги (13м) уходит примерно 1000-1500 шин.

*Волков Д. С., Румянцев А. В., Маликов О. Г.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ  
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ  
НА ОСНОВЕ ШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ  
НОВОЛИПЕЦКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА С  
РЕЗИНОБИТУМНЫМ ВЯЖУЩИМ**

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Беляева П.С.*

*ТГТУ, Кафедра «Переработка полимеров  
и упаковочное производство»*

Развитие сети автомобильных дорог с твердым покрытием, во многих областях России, и в частности в центральном Черноземье, сдерживается дефицитом кондиционных каменных материалов и вяжущих веществ. Особую значимость для повышения темпов строительства автомобильных дорог и снижения затрат на него приобретает комплексное применение местных материалов и отходов промышленности в производстве конструкций дорожных одежд.

Целью работы является: изучение свойств асфальтобетонных смесей приготовленных на основе шлаков из отходов литейного производства с использованием резинобитумного вяжущего, а так же выявление закономерностей поведения асфальтобетонных смесей при различных свойствах вяжущего и различном содержании его в смеси.

Для изготовления асфальтобетона использовался дорожный битум марки БНД 60/90, модифицированный резиновой крошкой в количестве 6% и 9% от массы битума. В качестве каменной основы были использованы шлаки доменного производства фракции 5-10 мм., отсеб шлаковый фракции 0-5 мм., песок Покровского карьера - модуль крупности 1,4.

На перечисленных выше материалах была составлена асфальтобетонная смесь марки Б, для дорог II категории в условиях III дорожно-климатической зоны, с содержанием вяжущего: от 6% до 9 % от общей массы смеси.

Анализ проведенных исследований показал, что асфальтобетон на основе резинобитумного вяжущего проявляет большую устойчивость при высоких температурах, о чем свидетельствуют показатели прочности испытываемых образцов при 50°C. Значения прочностных показателей, полученные на асфальте с резинобитумным вяжущим, с добавлением резиновой крошки в 1,5-2,5 раза превышают значение ГОСТа. Асфальтобетон, модифицированный резиновой крошкой, более устойчив к трещинообразованию; показатели прочности превышают прочность образцов стандартной технологии на 15-20 %. В рамках эксперимента проводились

исследования по определению морозоустойчивости асфальтобетона. Исследования проводились по следующей методике: образцы асфальтобетона выдерживались при отрицательных температурах ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) и быстро переносились в теплую среду (вода с постоянно поддерживаемой температурой  $+20^{\circ}\text{C}$ ). Многочисленный перенос асфальтобетона из одного температурного режима в другой (количество циклов «заморозки - раз-морозки» равно 5) позволяет создать в лабораторных условиях экстремальные погодные условия, при которых идет интенсивное разрушение дорог. В созданных знакопеременных температурных условиях образцы сохранили свой внешний вид, а испытание их на прочность показало, что асфальтобетон на основе резинобитумного вяжущего сохраняет прочностные показатели на 5-10 % выше, чем образцы стандартной технологии. При этом наблюдается несколько завышенный показатель водонасыщения у образцов, асфальтобетона из шлаковых материалов, полученных по стандартной и новой технологии. Однако, у образцов наблюдается увеличение прочности, что указывает на хорошее сцепление битума со шлаком, а так же на гидратацию шлакового порошка, приводящую к возникновению устойчивых к воде кристаллизационных связей.

Исследование влияния процентного содержания битума в асфальтобетонной смеси показало, что использование модифицированного резинового крошкой битума позволяет снизить его процентное содержание по сравнению с обычным битумом на 2-3%.

Поскольку битум в асфальтобетонных композициях наиболее дорогой материал, то, сокращая его содержание, без потери свойств смеси, мы можем говорить о значительной экономической выгоде предложенной технологии.

Полученные результаты исследований показали, что асфальтобетон на основе резинобитумного вяжущего обладает большей устойчивостью к внешним разрушающим факторам и, следовательно, более долговечен в эксплуатации. Применение данной технологии позволит продлить срок эксплуатации покрытия до начала ремонтных работ, что экономит затраты на содержание дороги.

*Румянцев А. В., Волков Д. С.*

## **МОДИФИКАЦИЯ АСФАЛЬТОВЫХ ПОКРЫТИЙ ОТХОДАМИ ПОЛИМЕРНОЙ ТАРЫ И УПАКОВКИ**

*Работа выполнена под руководством д.т.н., доц. Беляева П.С.*

*ТГТУ, Кафедра «Переработки полимеров  
и упаковочное производство»*

За последнее время особо остро во всем мире рассматривается вопрос экологической безопасности человечества. Возрастающие в геометрической прогрессии количество отходов занимает все более обширные территории нашей планеты, загрязняя занимаемые площади, сточные воды, губительно сказываясь на здоровье людей и дестабилизируя экологическую систему в целом.

Самым крупнотоннажным отходом полимерной индустрии были и остаются отходы полимерной промышленности.

Одним из направлений использования полимерных отходов является применение их в качестве добавок к дорожным битумам для строительства дорог.

Срок службы асфальтобетонных покрытий на автомобильных дорогах и мостах составляет шесть лет. Однако за последние десятилетия он стал, к сожалению, катастрофически сокращаться, а это в свою очередь приводит к тому, что сейчас более 90 процентов материальных, трудовых, энергетических ресурсов, выделяемых дорожной отрасли, идет на ремонт и реконструкцию. [3]

Одной из проблем современного дорожного строительства является повышение долговечности асфальтобетонных покрытий и получение устойчивых к старению битумных и битумополимерных вяжущих. Для решения технологических задач по созданию композиционных материалов с заданными свойствами необходимо расширение сырьевой базы за счет всестороннего использования твердых отходов полимеров. [2]

Одним из способов улучшения экспериментальных характеристик органических вяжущих (битумов или дегтей) является введение в них полимеров, что позволяет изменить одно или несколько таких свойств, как их чувствительность к изменению температуры, когезию, упругость и предел усталости.

Сложные процессы изменения свойств вяжущих, которые могут происходить одновременно, схематично можно представить следующим образом: после первого этапа, на котором вводят полимеры в вяжущее, происходит модификация вяжущего в результате частичного или полного рас-

творения полимера; набухания полимера, впитывающего вяжущее; химической реакции полимера с вяжущим под действием катализатора (явление привитой полимеризации); химической реакции между добавками, образующими трехмерную структуру, содержащую вяжущее (в случае образования поперечных связей эпоксидных смол).

При этом учитываются следующие основные параметры: природа добавок, от которой зависят их характеристики и совместимость с изменяемым вяжущим; вязкость; типы используемого оборудования для приготовления вяжущих, температура, продолжительность перемешивания, потребляемая энергия [3].

Условия приготовления модифицированных вяжущих оказывают непосредственное влияние на их свойства.

В последнее время вырисовались контуры теоретических предпосылок, позволяющих прогнозировать состав и свойства полимербитумных композиций. Они базируются на следующих положениях:

полимербитумные композиции в подавляющем большинстве представляют физические смеси, при получении которых не образуются новые химические связи;

создание устойчивых полимербитумных композиций обуславливается сходством химической природы их компонентов, которое может быть характеризовано близостью значений параметра растворимости. [2]

Битумы - это коллоидно-дисперсные системы. При совмещении с полимерами они могут резко изменяться вплоть до полного разрушения. Модификация битумов может происходить в результате изменения и увеличения количества его дисперсной фазы, изменения свойств дисперсионной среды битума коллоида или в следствии образования нового грубодисперсного композиционного материала

Задачи получения оптимальных по свойствам и качествам композиций - сохранение полезных свойств битума при совмещении с полимерными материалами; придание композиции свойств максимально приближающихся к свойствам полимера при минимальной добавке последнего. [1]

Высокая долговечность дорожного покрытия невозможна без достаточной коррозионной стойкости и устойчивости к старению, а эти свойства так же во многом определяются свойствами вяжущего [3]. Основным из многочисленных факторов, влияющих на резкое снижение сроков службы асфальтобетонных покрытий, является применение в асфальтобетонных смесях битума (вяжущего) низкого качества. Однако положительного воздействия на долговечность дорожного покрытия в целом можно достичь, если для приготовления дорожного покрытий использовать вяжущее с меньшей теплочувствительностью, более широким интервалом упруго-вязко-пластичного состояния, с более высокими когезионными и вязкост-

ными показателями при положительных температурах, и с высокой эластичностью и растяжимостью путем введения в битум полимерного модификатора.

Анализируя опыт работ, проведенных в нашей стране и за рубежом можно сказать, что в странах Евросоюза полимер как модификатор применяется очень успешно на протяжении последних 10-15 лет. Так в Германии и в Америке все дороги построены на основе модифицируемых полимерами битумах. В нашей стране так же ведутся работы по введению в асфальтобетонные покрытия полимеров. Отмечено, что дороги на основе ПБВ (полимерно-битумно вяжущих) обладают большей устойчивостью чем дороги, построенные на основе обычного битума.

### **Список литературы**

1. М. Гульц, Журнал “Автомобильные дороги №7 ”, 1998 г., г. Волгоград.-С.4 -11
2. О.В. Давиденко. “Строительные материалы и изделия”. г. Самара.С46-83.
3. “Дорожные асфальтобетоны”. Изд-во “Транспорт” – 1985 г. под ред. А.Б Гейзенцвейя., Н.В Горелышев., И.В Королев. С.3-21,162-169,



## **Современные принципы аппаратурного оформления тепломассообменных процессов**

**Руководитель программы д.т.н., проф. Коновалов В. И.**

***Брыкина Е. В., Романова Е.В.***

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ПАСТ ОРГАНИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ**

*Работа выполнена под руководством к.х.н., проф. Утробина Н. П.*

*ТГТУ, Кафедра «Химические технологии  
органических веществ»*

Области применения органических пигментов очень многочисленны и разнообразны. Они используются для окрашивания пряжи и тканей, кожи и меха, бумаги и дерева, различных видов пластмасс, резины, пищевых продуктов и т.п. Органические красители применяются для изготовления лакокрасочных материалов, художественных красок, цветных карандашей, чернил и типографских красок.

Надо учесть при этом, что для окрашивания различных материалов необходимы различные по физико-химическим свойствам пигменты.

Для офсетной печати пигменты должны обладать пониженным содержанием водорастворимых примесей, так как контроль качества процесса на современных ротационных аппаратах осуществляется измерением электрических свойств красящего состава.

Основной качественной характеристикой пигментов рубиновых, выпускаемых на Тамбовском ОАО «Пигмент», используемых в качестве основного компонента печатного офсетного состава, помимо гранулометрического состава, является электропроводность.

Электропроводность пигмента зависит от количества примесей в нем и должна составлять менее  $1,98 \cdot 10^{-2}$  См/м. По существующей технологии производства пигмент содержит значительное количество солей, имеющих большую удельную проводимость, поэтому для обеспечения качества продукта его подвергают дополнительной очистке. Согласно [1]

, наибольшее влияние на проводимость оказывают содержащиеся в пасте ионы  $Cl^-$ , потому что они являются потенциал-образующими ионами. Так как вся суспензия в целом электрически нейтральна, то в дисперсионной среде должны быть заряды противоположного знака, компенсирующие заряды частиц и расположенные в непосредственной близости от их поверхности. [1]

Слой зарядов частиц, компенсирующийся зарядами жидкости, называется двойным электрическим слоем, который имеет следующее строение. [1]

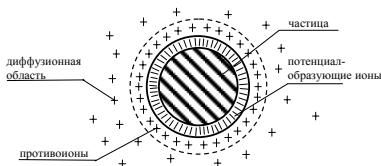


Рис. 1. Строение двойного электрического слоя у частицы твердой фазы

Непосредственно на поверхности частицы расположены так называемые потенциал-образующие ионы (рис. 1.) имеющие отрицательный заряд, плотно к ним примыкает часть ионов с противоположным зарядом, не компенсирующих полностью действие потенциал-образующих ионов. Остальная часть противоположно заряженных ионов (противоионов) расположена на некотором расстоянии от поверхности частицы, образуя так называемую диффузную часть двойного электрического слоя, в которой плотность зарядов убывает по мере удаления от поверхности. Противоионы могут быть сольватированы (гидратированы) и, таким образом, даже гидрофобная частица благодаря своему заряду может удерживать вокруг себя гидратную оболочку — жидкость, связанную с частицей.

В рассматриваемом случае молекула пигмента содержит гидрофильные двойные связи и радикал  $OH$ , а так же гидрофобный радикал  $CH_3$ , что может приводить к усложнению процессов фильтрации и промывки.

При продавливании жидкости через капилляры сформированного слоя осадка, благодаря механическому отрыву диффузной части двойного электрического слоя от компенсирующих его зарядов поверхности возникает явление, называемое потенциалом протекания, состоящее в том, что между концами капилляра появляется разность потенциалов.

Механизм влияния величины потенциала на процесс фильтрации можно объяснить так: увеличение отрицательного значения потенциала увеличивает степень гидрофильности (гидратацию) частиц, так как вода всегда имеет некоторый избыточный положительный заряд и, таким об-

разом, создается неподвижная пленка жидкости, уменьшающая эффективное сечение капилляров. [1]

Из сказанного выше видно, какое влияние на структуру осадка и, следовательно, на скорость фильтрования оказывает изменение концентрации электролитов в суспензии или появление других примесей, изменяющих физико-химическое равновесие в системе.

Агрегация и гидратация частиц оказывают большое влияние на величину свободного сечения капилляров, по которым течет жидкость. Часть пор осадка (внутри агрегатов или на поверхности частиц) заполняется неподвижной жидкостью, которая иногда закупоривает все мелкие поры.

Сложный характер явлений, протекающих при промывке, приводит к тому, что в зависимости от конкретных свойств слоя осадка и фильтрата или от стадии промывки, определяющей является гидродинамическая или диффузионная составляющая процесса.

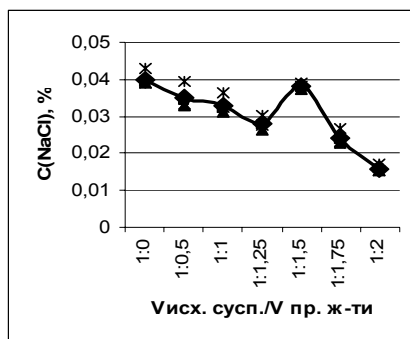
При промывке осадка происходит замещение фильтрата — жидкости, характеризующейся некоторой концентрацией растворенных в ней веществ, на другую жидкость, в которой растворенные вещества либо полностью отсутствуют, либо присутствуют в меньшей концентрации. [1,2]

Одним из предельных случаев распределения концентраций является случай полного вытеснения жидкости, другим — случай полного перемешивания. Реальный случай — случай промежуточного типа (частичного перемешивания).

Вопросы расчетного определения полей концентраций жидкостей в режиме частичного перемешивания достаточно хорошо разработаны применительно к ректификационным, абсорбционным аппаратам (в том числе насадочным), химическим реакторам. [1,2] К сожалению, в процессе промывки осадков подобные методы не получили еще распространения, хотя слой осадка с капиллярами, в которых течет жидкость, может быть уподоблен аппарату насадочного типа, в котором осуществляется вытеснение одной жидкости другой и перемешивание этих жидкостей. В этом случае объем пор можно уподобить свободному объему аппарата.

Тогда в случае идеального вытеснения за время  $\tau$  должно вытесниться теоретически 100% вымываемого вещества.

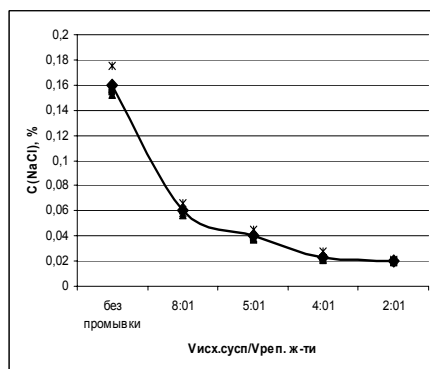
Экспериментально установлено, что процесс вымывания примесей из слоя пасты пигмента рубинового не обеспечивает требуемую высокую степень чистоты, так как удаляемые промывкой вещества в той или иной мере связана с твердой фазой (адсорбционные силы, тупиковой опоры). Поэтому для его удаления до требуемой концентрации необходимо больше времени, чем это можно определить теоретически.



**Рис. 2. Влияние соотношения между количеством исходной суспензии и количеством промывной жидкости на содержание примесей в пасте пигмента рубинового**

Перечисленные процессы удаления водорастворимых примесей протекают с неодинаковой скоростью и не гарантируют высокого качества целевого продукта, поэтому процесс промывки целесообразнее вести с разрушением структуры слоя осадка и перемешиванием последнего с промывной жидкостью.

Были проведены экспериментальные исследования по определению эффективности удаления примесей из паст пигментов рубиновых репульпацией. На рис. 3 приведена зависимость, характеризующая чистоту осадка от соотношения между количеством исходной суспензии и количеством жидкости на репульпацию.



**Рис. 3. Влияние соотношения между количеством исходной суспензии и количеством жидкости на репульпацию на чистоту пасты пигмента рубинового**

По полученным экспериментальным данным можно сделать вывод: репульпация в данном случае дает худшие результаты, чем промывка в плотном слое осадка в режиме близком к идеальному вытеснению именно из-за высокой степени адсорбции примесей к поверхности частиц органического пигмента.

#### **Список литературы**

1. Малиновская Т.А. Разделение суспензий в промышленности органического синтеза. М: Химия, 1971 г., 320 с.
2. Жужиков В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий. М: Химия, 1971 г., 340 с.

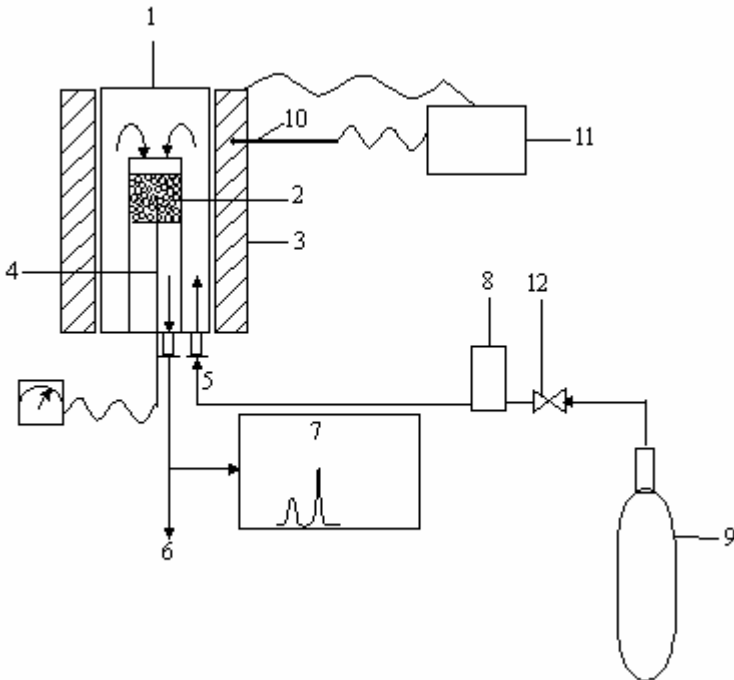
*Брыкина Е. В.*

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАТАЛИЗАТОРОВ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ

*Работа выполнена под руководством к.х.н. В. Н. Борща ИСМАН РАН*

В настоящее время проблема создания катализаторов для окисления выхлопных газов двигателей стоит особенно остро. Это связано с тем, что имеющиеся на сегодняшний день катализаторы имеют ряд существенных недостатков, основным из которых можно считать стоимость.

Для исследования новых катализаторов предложена установка, показанная на рисунке 1.



**Рис 1. Схема установки для испытания катализатора.**

1 – реактор, 2 – слой катализатора, 3 – рубашка обогрева, 4 – термопара, 5 – патрубок для подачи газов, 6 – патрубок для отвода газов, 7 – хроматограф, 8 – ротаметр, 9 – баллон с модельной смесью газов, 10 – контрольная термопара, 11 – блок поддержания температуры реактора, 12 – регулятор расхода газовой смеси

Установка состоит из цилиндрического проточного реактора с поворотным потоком газа 1 с диаметром внутреннего вкладыша 35 мм со слоем катализатора 2 на подложке из волокнистого материала, термопары 4 для контроля температуры в реакторе, хроматографа 7, расходомера 8 и баллона с модельной смесью газов 9. Нагрев катализатора осуществляется преимущественно потоком модельной газовой смеси, нагретой у стенок реактора. Таким образом конструкция воспроизводит работу реальных катализаторов, где катализатор нагревается разогретыми выхлопными газами.

Модельная смесь газов состоит из 1,0 % пропана, 1,5 % оксида углерода (II), 5,8 % кислорода и 91,7 % азота.

Испытание образца проводится следующим образом:

Навеска образца (гранулы или пористая монолитная таблетка) помещается на подложку, после чего через реактор продувается модельной смесью газов. Скорость продувки газа в реакторе близка к скорости выхлопного газа на выходе из двигателя и составляет  $120000 \text{ ч}^{-1}$ . Эксперимент проводится при температуре от 100 до 300 – 400° С (в зависимости от активности катализатора) через каждые 20 – 25° С. Продукты реакции анализируются хроматографически.

Эффективность катализатора оценивается по значениям температур, при которых полное окисление оксида углерода (II) и пропана достигает 90 %.

### Список литературы

1. J. Haber. Concepts in Catalysis by Transition Metal Oxides. Surface Properties and Catalysis by Non-Metals. P. Reidel Publishing company. 1983, p. 1-45.
2. В.И. Панчишный. Каталитическое обезвреживание отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Сб. Глубокое каталитическое окисление углеводородов. М: Наука, 1981 г. с. 145 – 168.
3. P.L. Villa, S. Capagna, L. Lietti. Laboratory Reactors for Catalysis Gas – Solid Reactions. Combinatorial Catalysis and High Throughput Catalyst Design and Testing. London: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 363 – 389.

*Направление 200400*

# **МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

---

*Магистерская программа 200400.10*

## **Метрологическое обеспечение контроля качества, свойств и состава веществ, материалов и изделий**

**Руководитель программы д.т.н., проф. Чуриков А. А.**

*Ходилин С. В., Пономарев С. В., Дивин А. Г., Мозгова Г. В.*

### **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕНЬЮТОНОВСКИХ ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДОМ СДВИГОВОГО**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Дивина А. Г.*

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированные системы и приборы»*

Современный научно-технический прогресс (НТП) во многом определяется взаимодействием и развитием науки, техники, технологии и производства, поэтому повышение эффективности проводимых экспериментальных научных исследований в технической области играет решающую роль в развитии НТП.



Одним из решающих факторов повышения эффективности экспериментальных научных исследований является автоматизация процессов сбора, обработки информации, её представления и регистрации в ходе экспериментальных исследований. Существующие и разрабатываемые промышленные объекты, лабораторные и экспериментальные установки и устройства в той или иной степени требуют оснащения различными средствами автоматизации.

В настоящее время на кафедре “Автоматизированные системы и приборы” Тамбовского государственного технического университета разрабатывается установка по определению эффективных теплофизических и реологических характеристик жидких полимерных материалов, относящихся к классу неньютоновских жидкостей, при их сдвиговом течении.

При сдвиговом течении наблюдается ориентирование макромолекул полимерного материала в направлении скорости сдвига. Для ориентированных твердых полимеров характерно наличие такого явления как анизотропия теплофизических характеристик. К примеру, значение теплопроводности ориентированного твердого полимера в направлении ориентации возрастает в 5-10 раз по сравнению со значением теплопроводности неориентированного образца и снижается на 20-30% в направлении, перпендикулярном ориентации [1]. Существует предположение [1], что аналогичное явление (явление анизотропии ТФХ) имеет место и в сдвиговых потоках расплавов полимеров, однако, это до настоящего времени экспериментально не подтверждено из-за отсутствия необходимых средств измерения ТФХ расплавов полимеров в сдвиговых потоках. Между тем, знание зависимости ТФХ от скорости сдвига имеет большое практическое значение при намеренном создании технологических потоков расплавов полимеров с заданными теплофизическими свойствами.

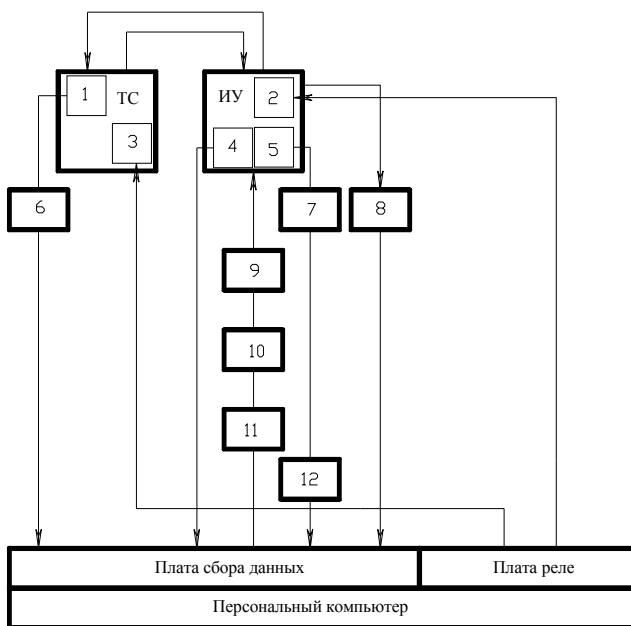
Автоматизированный комплекс разрабатываемой экспериментальной установки включает в себя измерительное устройство ИУ, выполненное на базе двух коаксиальных цилиндров, в зазоре между которыми размещается исследуемая неньютоновская жидкость; термостат ТС, предназначенный для выполнения, в соответствии с математической моделью температурного поля измерительного устройства, граничных условий; персональный компьютер с подключенными к нему платой сбора данных и платой реле, а так же ряд преобразователей, обеспечивающих целостное функционирование автоматизированного измерительного комплекса (рисунок 1).

Управление процессом экспериментального исследования теплофизических свойств неньютоновских жидкостей и его контроль ведется посредством разработанного в среде LabView 7.0 фирмы National Instruments программного обеспечения автоматизированного комплекса.

Программное обеспечение выполнено в виде панели виртуального прибора (рисунок 2), позволяющего проводить экспериментальные исследования в режиме реального времени.

Одной из принципиально важных функций программного обеспечения является регистрация экспериментальных данных в отдельно создаваемый файл, что позволяет в дальнейшем воспроизводить ход проделанных экспериментов.

В настоящее время ведется тестирование разработанного автоматизированного измерительного комплекса.



**Рис. 1. Структурная схема автоматизированного измерительного комплекса для исследования эффективных теплофизических свойств и реологических характеристик неньютоновских жидкостей методом сдвигового течения**

1, 5 – датчики температуры; 2, 3 –нагревательные элементы; 4 – преобразователь угловой скорости вращения внешнего цилиндра; 6, 11, 12 – усилитель; 7 – измерительный мост; 8 – преобразователь силового воздействия; 9 – электродвигатель постоянного тока; 10 – выпрямитель

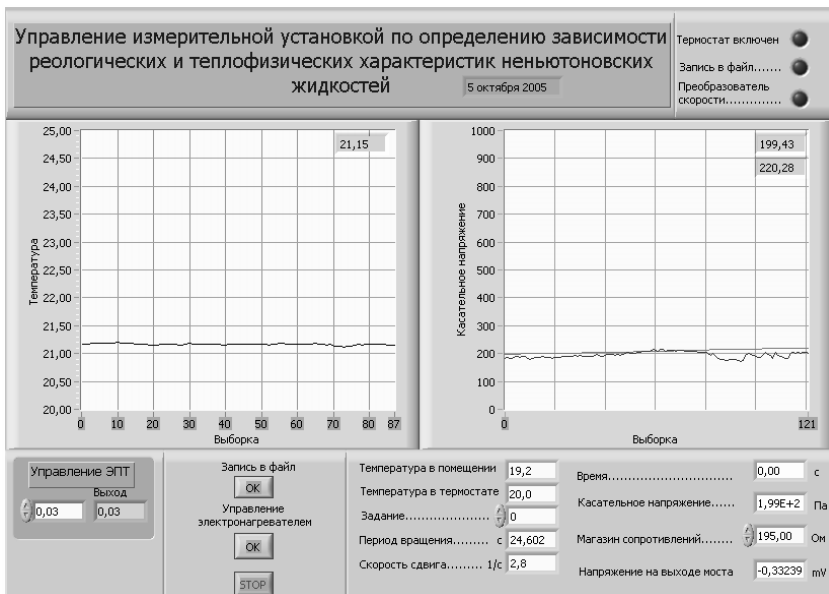


Рис. 2. Лицевая панель виртуального прибора программного обеспечения автоматизированного измерительного комплекса

### Список литературы

1. С.В. Пономарев, С.В. Мищенко Методы и устройства для измерения эффективных теплофизических характеристик потоков технологических жидкостей, - Тамбов: 1997.

## **Всеобщее управление качеством**

**Руководитель программы д.т.н., проф. Пономарев С. П.**

*Попова Е. А.*

### **МЕТОДИКА ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЕСОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ВР 4149-10 С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Дивина А. Г.*

*ТГТУ, Кафедра «АСП»*

В настоящее время становится очевидным, что один из наиболее эффективных способов для предприятия победить в конкурентной борьбе – производить товары с более высокими качественными показателями, чем у конкурентов.

Одним из вариантов процесса управления качеством весов электронных ВР-4149-10 является методика, основанная на применении статистических инструментов

Для наглядности методика представлена на поточной диаграмме (рисунок 1). Рассмотрим подробнее каждый из этапов методики.

Процесс управления качеством продукции начинается с определения проблемы. На данном этапе происходит сбор статистических данных о встречающихся отказах с применением контрольного листка. Для наглядного представления процентного соотношения каждого дефекта по отношению к общему числу дефектов, может применяться круговая диаграмма. Кроме того, очень важно произвести анализ удовлетворенности потребителей качеством выпускаемой продукции. Это можно осуществить посредством анкетирования потребителей с последующим построением дерева свойств.

Применительно к весам ВР-4149-10 на первом первом этапе предложенной методики были выявлены следующие отказы (по данным рекламаций от потребителей), как: нестабильность метрологических характеристик, выход из строя цифровых индикаторов, отказ клавиатуры, выход их строя системного блока, сбой в программе.

Такие дефекты, как несоответствие внешнего вида, неисправности датчика и переключателей составляют от общей доли дефектов не более 5 %, следовательно, при дальнейшем анализе их можно объединить в группу «прочие».

Следующий этап – оценка текущей ситуации на предприятии. На этом этапе анализируются проявляющиеся отказы, выявляются их причины, последствия, ведется поиск средств решения проблемы. Для системного обнаружения причин, вероятных последствий, а также для планирования возможных противодействий по отношению к отслеживаемым отказам используется анализ форм и последствий отказов (FMEA-анализ), известный также под названием “Анализ рисков”. FMEA-анализ проводится по проявляющимся отказам в процессе эксплуатации весов электронных ВР 4149-10. В ходе проведения FMEA-анализа выявляется этап производства, на котором произошел отказ, проявившейся в процессе эксплуатации. Количественная оценка частоты проявления и серьезности отказов (с точки зрения экономических затрат) производилась на основании фактов с применением диаграммы Парето и Функционально-Стоимостного Анализа.

На третьем этапе выявляются задачи, требующие первоочередного решения. Предлагается использовать для определения частоты и серьезности отказов диаграмму Парето и Функционально-Стоимостной Анализ.

При анализе проведенной работы на первых трех этапах выявляется следующее. Наиболее часто встречающимся отказом является нестабильность метрологических характеристик. Наиболее серьезным с точки зрения экономических затрат является выход из строя цифровых индикаторов. Анализ этих факторов и выяснение причин дефектов будут наиболее эффективны для улучшения процесса производства весов электронных ВР 4149-10. Фрагмент таблицы результатов проведения FMEA-анализа приведен на рисунке 2.

На четвертом этапе происходит более детальный анализ причин возникновения проблемы, требующей первоочередного решения. Применяется диаграмма Исикавы. Основными причинами проявления вышеназванных дефектов являются: несоблюдение технологического процесса; влияние внешних факторов; низкое качество поставляемого сырья.

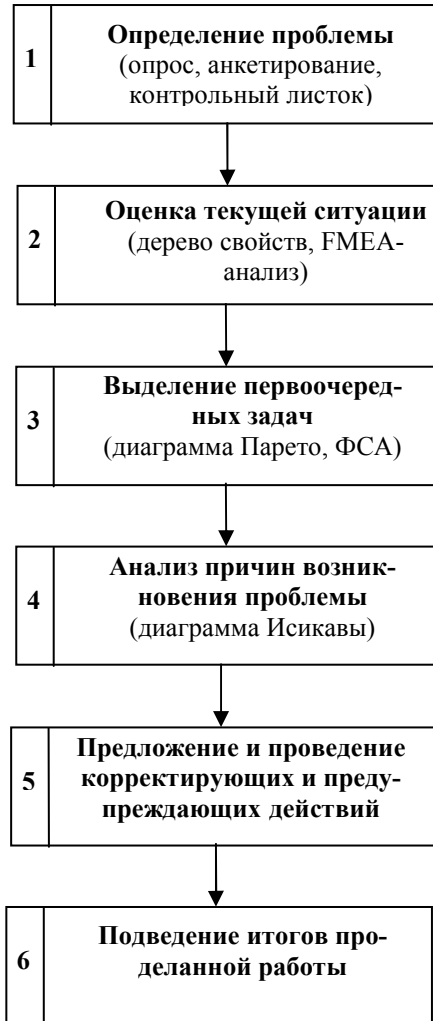


Рис. 1. Поточная диаграмма методики

Пятый этап включает в себя предложение и реализацию корректирующих и предупреждающих действий, а также их реализацию.

На заключительном, шестом этапе проводится подведение итогов проделанной работы.

Подводя итог проделанной работы, предложим следующие корректирующие и предупреждающие мероприятия:

1. Провести организационные мероприятия с целью улучшить культуру производства (например, проследить за динамикой личных коэффициентов качества, провести курс лекций среди персонала по вопросам внедрения системы менеджмента качества).

2. Провести мероприятия по повышению эффективности входного контроля (ужесточить входной контроль, проводить внутренний аудит на предприятиях поставщиков).

3. Провести исследования с целью выяснения влияния температуры на метрологические характеристики чувствительного элемента весов электронных и, при необходимости, ввести поправку на температуру к информативному параметру.

Дата: 20 ноября 2004 года	ОАО «ТВЕС» Проявление отказов в процессе эксплуатации весов электронных ВР 4149-10		Руководитель ФМЕА-команды: директор по качеству и надежности продукции Жмаев А.Н. Состав ФМЕА-команды: инженер-конструктор Прокшев, директор по подготовке и развитию производства Хлебников, практикантка Попова.					
Проявления отказов в процессе эксплуатации	Причины отказов	Этап производства, на котором произошел отказ	Последствия отказов	П	С	Р	Средства решения проблемы	Ответственный за решение проблемы

Проявления отказов в процессе эксплуатации	Причины отказов	Этап производства, на котором произошел отказ	Последствия отказов	П	С	Р	Средства решения проблемы	Ответственный за решение проблемы
Не работает индикация	Брак закупок	Входной контроль	Весы не пригодны к эксплуатации	2	4	8	Замена блока индикации, решение проблемы выбора поставщиков, ужесточение входного контроля	Директор по подготовке и развитию производства, конструктор, директор по качеству и надежности продукции
Нестабильность метрологических характеристик	Ошибки градуировки, влияющие внешние факторы, плавают показания датчика	Стадия производства датчика, градуировка весов	Весы не проходят проверку, не пригодны к эксплуатации	6	1	6	Переградуировка, введение поправки на температуру, повышение культуры производства	Директор по подготовке и развитию производства.

### Список литературы

1. С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин. Управление качеством продукции. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2004. с. 103.



*Кузнецова Е. С.*  
**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПОТОКИ,  
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ АНАЛИЗЕ СМК**

*Работа выполнена под руководством к. т. н., доц. Трофимова А. В.*

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированные системы и приборы»*

Сбор, обработка, использование и передача информации являются неотъемлемым элементом успешной деятельности организации. Одним из методов оценивания деятельности организации в области качества является анализ системы менеджмента качества (СМК), для проведения которого необходимы данные информационных потоков (ИП).

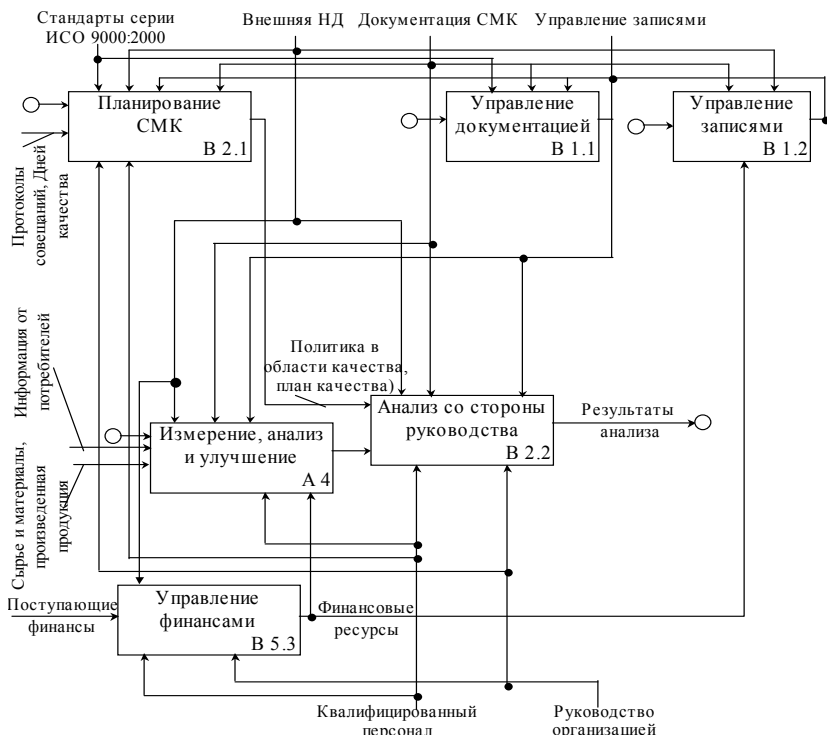
Успех управленческой деятельности в значительной степени зависит от того, насколько быстро и качественно происходит обработка всей необходимой документации, движение которой осуществляется по определенным маршрутам от места составления или поступления в организацию до отправки заинтересованным организациям или сдачи на хранение в архив.

Выявлено, что при анализе СМК необходимо рассматривать 15 процессов, которые отражают состояние всей системы в целом. Эти процессы должны соответствовать хотя бы одному из следующих критериев:

- документированная процедура;
- процессы, связанные с целями организации в области качества;
- процессы, отвечающие требованиям п.5.6.2 [1].

Разработана графическая модель информационной взаимосвязи и взаимодействия этих процессов, используя методологию функционального моделирования IDEF1 (рисунок). Обозначение процессов соответствует дереву процессов СМК [2]. Выходные данные анализа со стороны руководства (○→) являются входными данными для процессов В 2.1, В 1.1, В 1.2, А 4, что обеспечивает процесс постоянного улучшения.

Составлено описание основных характеристик ИП, используемых при анализе СМК. Для каждого из выявленных процессов определен владелец, который отвечает за свой процесс. Методом измерения процессов служит внешний и внутренний аудит. Определены выходные данные каждого процесса, которые являются источниками информации для процесса В 2.2 – Анализ со стороны руководства. Разработаны критерии оценки процессов, необходимые при анализе результативности функционирования процессов СМК. Описание приведено в таблице, в которой указаны наименование и владелец процесса, источник информации, а также критерии оценки для каждого процесса.



**Рис. Взаимосвязь и взаимодействие процессов СМК, используемых для анализа СМК со стороны руководства**

Сокращения, использованные в таблице. И1 – акты и протоколы по результатам проведения внутренних и внешних аудитов; И2 – отчет по результативности процесса (владелец процесса); И3 – отчет по сравнительному анализу достигнутых результатов за текущий и предыдущий периоды времени; И4 - отчет о результативности; И5 - отчет по результатам выполнения; К1 – выполнение корректирующих и/или предупреждающих действий по результатам предыдущего анализа; К2 – выполнение требований нормативной документации СМК; К3 – выполнение запланированных мероприятий; НД – нормативная документация; КД – корректирующие действия; ПД – предупреждающие действия; НП – несоответствующая продукция; ОУК – отдел управления качеством.

**Процессы, используемые при анализе СМК**

Наименование процесса, владелец процесса	Источник информации	Критерии оценки
1	2	3
В 1.1 – Управление документацией. Начальник ОУК	И1 И2	Оценивают каждый месяц: - К1, К2; - наличие в подразделениях актуализированной ИД
В2.1 – Планирование СМК.  Представитель руководства по качеству	И1  И2	Оценивают один раз в год: - обоснование политики, плана и целей в области качества; - К1, К2
С3.1.1 – Маркетинг. Коммерческий директор	И1, И2  И5 запланированных мероприятий и новых рынков сбыта (инженер по маркетингу)	Оценивают каждый месяц: - фактический прирост потребителей; - К1; - К2
В3.2 – Проектирование и разработка. Начальник исследовательской лаборатории	И1, И2, И3  Отчет по сравнительному анализу достигнутых результатов с предыдущим периодом времени (инженер химик)	Оценивают каждый месяц: - К1, К2; - К3 (сравнительный анализ достигнутых результатов с запланированными; достигнутых результатов с предыдущим периодом времени)
В3.3 – Планирование производства. Начальник планово-экономического отдела	И1 И3 (экономист) И2	Оценивают каждый месяц: - К1; - К2; - К3 (отклонение от плана)
В3.4 – Закупки. Начальник снабжения	И1, И2  И5 сроков поставок сырья и материалов и заявок на приобретение вспомогательных материалов, а также результативности оценки поставщиков (инженер по снабжению)	Оценивают каждый месяц: - К1, К2; - выполнение заявок и сроков поставок сырья и материалов; - поставка качественного сырья
С3.5.1 – Производство продукции. Начальник производства	И1, И2  И5 объемов и сроков поставки; плана сортности; выполнение плана работ на месяц (владелец процесса).	Оценивают каждый месяц: - К1, К2; - выполнение заявок в установленные сроки; - выполнение плана сортности; - отсутствие выпуска НП
С4.1.1 – Удовлетворенность потребителей.  Начальник отдела сбыта	И1, И2  Отчет по результатам определения удовлетворенности путем проведения анкетирования (владелец процесса).	Оценивают каждый месяц: - К1, К2; - удовлетворенность внешних потребителей; - наличие претензий, жалоб, пожеланий потребителя

1	2	3
С4.1.2 – Внутренние аудиты. Начальник ОУК	И1, И2 И5 сроков проведения внутренних проверок (главный аудитор).	Оценивают после проведения внутренней проверки: - К1, К2; - выполнение сроков проведения внутренних проверок; - выполнение КД и ПД
С4.1.3 – Измерение продукции. Начальник лаборатории и ОТК	И1, И2 Отчет о сортности продукции, акты о разбраковке сырья при входном контроле (владелец процесса).	Оценивают каждый месяц: - К1,; - К2; - отсутствие жалоб и претензий к качеству готового продукта
В4.2 – Управление НП. Начальник производства	И1, И2 Акт о НП (владелец процесса).	Оценивают после появления НП: - К1, К2; - отсутствие случаев поставки НП потребителю.
В4.3 – Анализ данных. Технический директор, директор по качеству	И1 И2	Оценивают один раз в год: - К1; - К2.
С4.4.2 – КД. Начальник ОУК	И1, И2 И4 КД (владелец процесса).	Оценивают по результатам выполнения КД: - К1, К2; - К4 КД.
С4.4.1 – ПД. Начальник производства	И1, И2 И4 ПД (владелец процесса).	Оценивают по результатам выполнения ПД: - К1, К2, К4 ПД.
В5.3 – Управление финансами. Генеральный директор	И1, И2 Отчет по динамике кредиторской задолженности (владелец процесса).	Оценивают один раз в год: - К1, К2; - динамика кредиторской и дебиторской задолженности.

Таким образом, выявлены ИП, используемые при анализе СМК, описаны основные характеристики ИП, составлена взаимосвязь и взаимодействие процессов СМК, связанных этими ИП. Это позволило за короткий промежуток времени собрать и подготовить необходимую входную информацию, используемую при анализе СМК со стороны руководства.

### Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2001. Системы менеджмента качества. Требования. - М.: Госстандарт России, 2001. -21 с.
2. Пономарев С.В., Мищенко С.В., Трофимов А.В. Формирование системы менеджмента качества образовательных услуг университета//Вестник ТГТУ. – 2002. – Том 8, № 4. – Препринт. – 80 с.

*Направление 270100*

## **СТРОИТЕЛЬСТВО**

---

*Магистерская программа 270100.01*

### **Теория и проектирование зданий и сооружений**

**Руководитель программы д.т.н., проф. Леденев В. В.**

*Антонов С. В., Антонов В. М.*

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АРМИРОВАННОГО ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ ЛЕНТОЧНОГО ФУНДАМЕНТА**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Антонова В. М.*

*ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»*

Из опытов установлено, что разрушение оснований происходит вследствие сдвигов отдельных объемов грунта. Так как сопротивление грунта растяжению значительно меньше, чем сжатию, то одним из эффективных способов повышения прочности является включение в основание сооружения различных материалов – армирование, которое увеличивает сопротивление грунта растяжению и сдвигу, ограничивает боковые деформации.

«Армированным грунтом» называется новый строительный материал. К армированному грунту относят естественные массивы с металлическими или железобетонными сваями, анкерами, туюфками из геоячеек.

В основном в качестве армирующих элементов используют металлические стержни, сетки или пластины, покрытые цинком, оксидными или каменноугольными смолами; стекловолокно, пластик, полимерные волокна, алюминиевые сплавы, резину.

Широко используется армированное основание в дорожном строительстве, при устройстве насыпей, плотин, дамб, устоев мостов, при возведении подпорных стен и создании искусственных оснований. Научные разработки по применению армированных грунтов в фундаментостроении ведутся в разных странах.

К числу параметров влияющих на несущую способность армоснования относятся: диаметр стержней  $d_s$ , длина стержней  $l_s$ ; расстояние в свету между стержнями в направлении оси  $x-S_x$ ; то же в направлении оси  $y-S_y$ ; процент армирования в направлении координатных осей  $\mu_x$  и  $\mu_y$ ; относительные размеры сетки ( $\bar{L}_s = L_s / D$  - относительная длина,  $\bar{B}_s = B_s / D$  - относительная ширина); относительное расстояние от подошвы фундамента до горизонтально расположенной арматуры  $\bar{h}_s = h_s / D$ .

Задача исследований заключалась в нахождении оптимальных размеров арматуры, глубины заложения арматурной сетки, и изучении характеристик напряжений под подошвой фундамента

Использовали пространственный стальной лоток размерами  $1,9 \times 1,7 \times 1,3$  (h) м, заполненный песком.

Эксперименты проводились на модели ленточного фундамента с шириной  $B = 100$  мм и длиной 1 м.

Опыты проводили на мелком однородном песчаном основании при плотности  $\rho = 1,7 - 1,75$  г/см<sup>3</sup> достигнутой определенным числом ударов трамбовки по одному следу. Контроль плотности в каждом опыте проводили в нескольких точках основания в соответствии с ГОСТ [1]. Влажность поддерживалась в пределах 9-10 %.

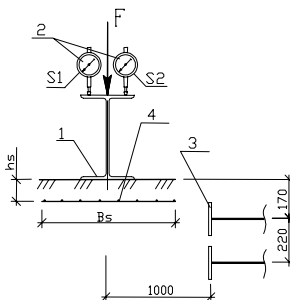
Армирование осуществляли: сеткой №1 ( $B_s = 200$  мм), сеткой №2 ( $B_s = 300$  мм), сеткой №3 ( $B_s = 400$  мм), сеткой №4 ( $B_s = 500$  мм), а также отдельными стержнями 400 мм и длиной  $L_s = 1$  м при глубине  $(0,2 - 0,3 \cdot B)$  от подошвы фундамента.

Степень нагружения составляла 0,05...0,1 от предполагаемой разрушающей нагрузки  $F_{SM}$ . За условную стабилизацию перемещений принимали от 0,1 мм/час до 0,5 мм/час.

Определение вертикальных деформаций основания осуществлялось при помощи индикаторов часового типа ИЧ-10, укрепленными на реперной раме (см. рисунок 1).

Рис. 1. Схема установки

- 1 - модель ленточного фундамента,
- 2 - индикаторы часового типа (ИЧ-10),
- 3 - места расположения площадок для определения бокового напряжения,
- 4 - арматурная сетка



По полученным результатам определено:

1. При горизонтальном армировании несущая способность увеличивалась с использованием сеток: №1-на 28%, №2-на 36%, №3-на 42%, №4- на 44% , а с использованием отдельных стержней – на 40,5% по сравнению с неармированным основанием (см. рисунок 2).

2. Значение давления под подошвой фундамента, при фиксированной осадке  $S=12\text{мм}$  (см. рисунок 3), для неармированного основания меньше в 1,54 раза (сетка № 1), 1,56 раза (сетка №2), 1,7 раза (сетка №3), 1,8 раза (сетка №4) по сравнению с армированным основанием (см. рисунок 1).

3. Арматура ограничивает развитие не только горизонтальных  $\sigma_x$ , но и вертикальных напряжений  $\sigma_z$ . Боковые напряжения, замеренные с помощью экспериментальной установки, имели максимальное значение по оси приложения нагрузки. Замечено затухание этих напряжений с глубиной (см. рисунок 4). Значение  $\sigma_x$  для армированного основания - (сетка №4) более чем в 4 раза ниже чем для неармированного.

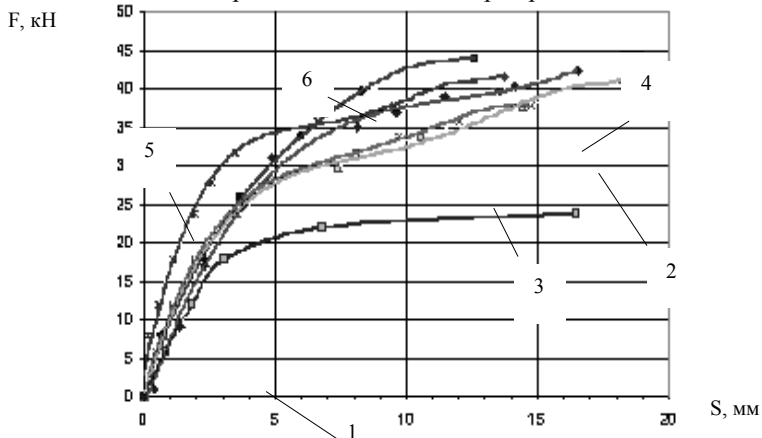


Рис. 2. Зависимость осадки фундамента от нагрузки

Примечание:  $F$  - нагрузка, кН;  $S$  - средняя осадка фундамента; 1 - неармированный грунт.

Уравнения аппроксимации:

6 – сетка № 4;

$$y = -0,0042x^4 + 0,1153x^3 - 1,3632x^2 + 10,504x + 0,3831$$

5 – отдельные стержни В<sub>с</sub>=400мм;

$$y = -0,0004x^4 + 0,0357x^3 - 0,9172x^2 + 9,9267x - 1,5409$$

4 – сетка № 3;

$$y = -0,0084x^4 + 0,2741x^3 - 3,197x^2 + 16,491x + 2,7451$$

3 – сетка № 2;

$$y = -0,0038x^4 + 0,1418x^3 - 1,9058x^2 + 11,998x + 0,5853$$

2 – сетка № 1;

$$y = -0,0024x^4 + 0,1059x^3 - 1,6185x^2 + 11,257x + 0,2041$$

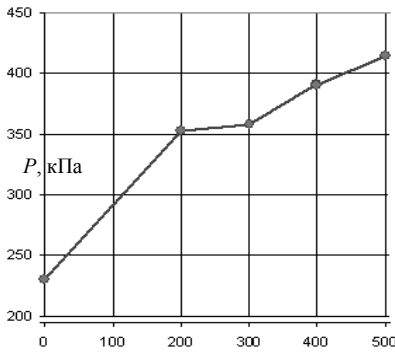


Рис. 3. Зависимость давления под подошвой фундамента от размеров арматуры при осадке 12мм

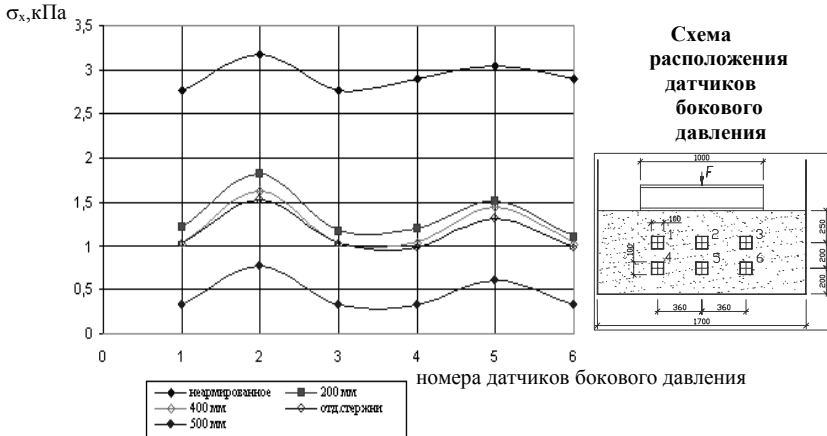


Рис. 4. Развитие напряжений по глубине при разных размерах арматуры



## Список литературы

1. ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторных определений физических характеристик».

## **МНОГОПУСТОТНЫЕ ПАНЕЛИ ПЕРЕКРЫТИЯ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Струлева В.М.*

*ТГТУ, Кафедра «Конструкция зданий и сооружений»*

Наиболее распространенным железобетонными конструкциям, применяемыми в промышленных и гражданских зданиях, являются перекрытия – горизонтальные ограждающие конструкции, разделяющие смежные помещения по высоте. Железобетонные плоские и ребристые перекрытия в настоящее время являются основными видами перекрытий.

Широкое применение панелей в строительстве во многом определяется их достоинствами, к числу которых следует отнести:

— прочность, жесткость и трещиностойкость при действии полезных нагрузок от 3,0 до 12,5 кПа и сравнительно небольшой высоте панелей, равной 22 см для изделий длиной до 9,0 м и 30 см для изделий длиной 12 м;

- небольшую приведенную толщину: 12 см для панелей длиной до 9,0 м и 16 см для панелей длиной 12 м за счет высокой пустотности сечений, достигающей 50 %;

- достаточную звукоизоляцию перекрытия, обеспечиваемую массой конструкции в сочетании с конструкцией пола;

- огнестойкость перекрытия, удовлетворяющую противопожарным требованиям;

- высокий уровень заводской готовности сборных конструкций перекрытий, при котором обеспечивается гладкая потолочная поверхность и приемлемая поверхность, пригодная для устройства пола; возможность устройства в конструкции панели отверстий для инженерных коммуникаций;

- несложность технологического оборудования и процесса изготовления панелей;

- возможность укрупнения элементов сборного перекрытия с целью максимального использования грузоподъемности кранового оборудования и снижения трудоемкости монтажных работ.

Пустотные панели были запроектированные в середине прошлого века; их внешний вид, конструктивные решения и армирование сохранились до наших дней.

В данной работе, проведен анализ влияния диаметра пустот на момент образования и ширину раскрытия трещин, на деформации и армирование.

Теоретические исследования были проведены для нормативной временной нагрузки  $2 \dots 14 \text{ кН/м}^2$ , для предварительно напрягаемой арматуры класса: А-IV, А-V, А-VI, Ат-VII, Вр-II, В-II, К-7 и К-19, для классы бетона: В20, В30, и В40, коэффициент по назначению здания  $\gamma_n = 0,95$ , коэффициент условия работы бетона принят равным  $\gamma_{b2} = 0,9$

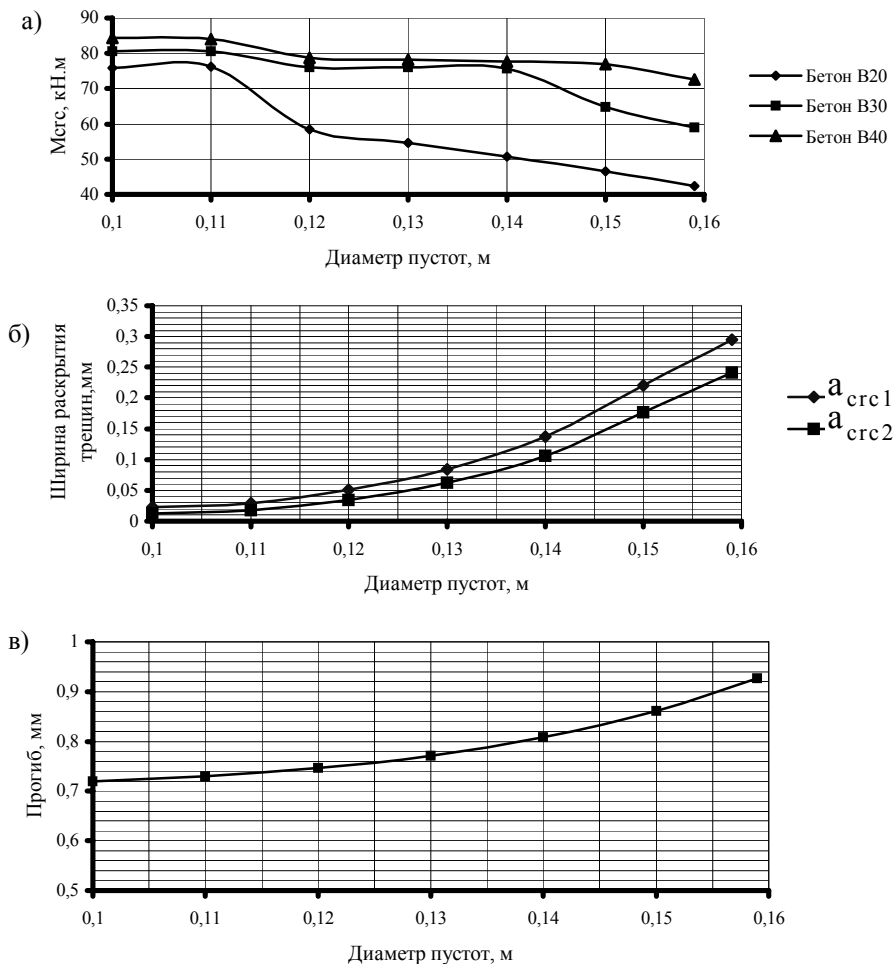


Рис.1. Зависимость а) момента образования трещин ( $M_{cr}$ ), б) ширины раскрытия трещин ( $a_{cr}$ ), в) прогиба, от диаметра пустот.

Уменьшение диаметра пустот приводит к увеличению момента образования трещин (рис.1а), уменьшению ширины раскрытия трещин (рис.1б) и к уменьшению деформации (Рис.1в). Увеличение поперечного сечения панелей за счет уменьшения пустот позволяет исключить приопорные каркасы и частично верхнюю арматурную сетку.

Т а б л и ц а

**Сравнение пустотных плит по расценкам по бетону и арматурой  
(цены марта 2005 года)**

Диаметр пустот, м	<b>0,12</b>	<b>0,13</b>	<b>0,14</b>	<b>0,15</b>	<b>0,159</b>
Объем бетона, м <sup>3</sup>	1,176	1,104	1,032	0,948	0,870
Цена, руб. при классе бетона В40, В30 и В20	2469,6 2234,4 2046,24	2318,4 2097,6 1920,96	2167,2 1960,8 1795,68	1990,8 1801,2 1649,52	1827 1653 1513,8
Стоимость материала, изготовления и установки верхней сетки из арматуры 5Вр-I:	-	-	-	232	232
Стоимость мат., изготовления и установки приопорной каркасы из арматуры 5Вр-I:	-	-	-	241	241
Суммарная цена плиты, при классе бетона В40, В30 и В20	2469,6 2234,4 2046,24	2318,4 2097,6 1920,96	<b>2167,2</b> <b>1960,8</b> <b>1795,68</b>	2464 2274 2122,5	<b>2300</b> <b>2126</b> <b>1986,8</b>
Экономия в рублях при классе бетона В40, В30 и В20		- 28,4 65,04	<b>132,8</b> <b>165,2</b> <b>191,12</b>	- - -	

В таблице приведены технико-экономические показатели панелей в зависимости от диаметра пустот. При диаметре пустот менее 130 мм увеличение расхода бетона перекрывает экономию по стоимости арматуры. Наиболее рациональным является диаметр пустот 140 мм. Экономически эффект составляет 130...190 рублей.

## Список литературы

1. Железобетонные конструкции / А. Я. Барашиков, Л. М. Будникова, Л. В. Кузнецов и др. — К.: Вища шк. Головное изд-во, 1984. — 352 с.
2. Руководство по конструированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона (без предварительного напряжения) — М.: Стройиздат, 1978.— 175 с.
3. Типовые железобетонные конструкции зданий и сооружений для промышленного строительства: Справ, проектировщика / Под ред. Г. И. Бердичевского. — М.: Стройиздат, 1981. — 488 с.

*Савинов Я. В., Переделкин А. В., Митрофанов А. Н.*

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Леденева В. В.*

*ТГТУ, Кафедра «Конструкция зданий и сооружений»*

## **УЧЕТ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ ЗДАНИЙ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Сегодня общеизвестным фактом является то, что подавляющее большинство кирпичных зданий имеют на несущих стенах повреждения связанные с их высокой чувствительностью к неравномерным осадкам оснований фундаментов. Соотношение жесткостей в системе «основание-здание» (О-З) в современных проектах не учитывается, в проектных организациях не существует систематизированного подхода к этой проблеме.

Максимальное нормальное напряжения  $\sigma_{\max}$  в вертикальном сечении здания провоцирует раскрытие вертикальных трещин. По Гарагашу [1] их величина зависит от относительной изгибной прочности системы О-З:

$$\sigma_u = C_0 L^4 / EJ_0.$$

Снижение  $\sigma_u$  приводит к “расслаблению” поперечного сечения здания. Это можно добиться за счет уменьшения числителя или увеличения знаменателя.

Уменьшение числителя возможно за счет снижения прочности свойств грунта  $C_0$  путем организованного замачивания посадочных грунтов перед строительством методом, разработанным Т.А. Мальчевым, Б.И. Черным, А.П. Пшеничкиным и др. Исключительно эффективным мероприятием снижения напряжения в здании является снижение его длины  $L$ . Снижение параметра  $L$  в 2 раза приводит к падению  $\sigma_u$  в 16 раз!

Увеличение знаменателя – изгибной жесткости здания связано с устройством в строящихся кирпичных зданиях армопоясов, армошвов, увеличением сечений продольных связей между панелями продольных стен крупнопанельных зданий. В уже существующих зданиях – путем монтажа стяжных поясов накладок из продольного проката.

Относительная жесткость системы О-З должна находиться в «коридоре» экстремальных значений  $\delta_{\text{и}}^{\text{нач}} - \delta_{\text{и}}^{\text{кон}} = 0,85p / p_c$  для кон-

кретных грунтовых условий. Условие требуемой изгибной жесткости сечения здания имеет вид

$$\frac{C_0 L^4}{\delta_u^{кон}} \geq EJ_0^{mp} \geq \frac{C_0 L^4}{\delta_u^{нач}}$$

Для различных сочетаний грунтовых условий и жесткостных характеристик зданий различных конструктивных схем целесообразно составить банк данных  $\delta_u^{нач}$  и  $\delta_u^{кон}$ , как неперенный атрибут типового проектирования.

На основании этого планируется провести серию экспериментов с моделями стен из бетона с размерами 300x600 мм на установке для исследования жесткости (рис.1). Будут испытываться образцы как без повреждений так и с начальными повреждениями в виде трещин, штраб, отверстий. Эксперименты будут проводиться при изменении схемы опирания: симметричная, асимметричная, с локальными концентрациями реакции опоры.

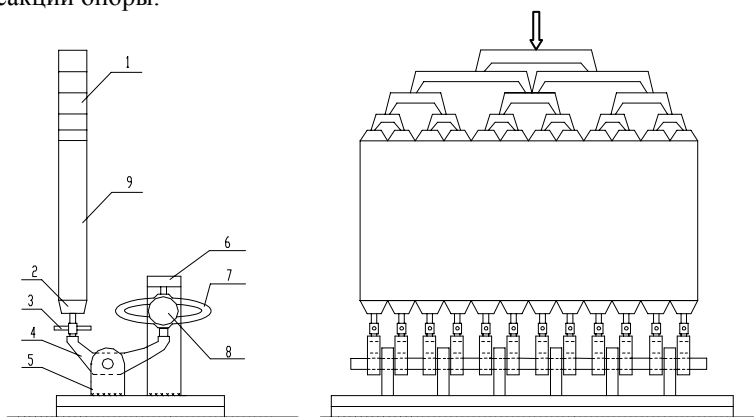


Рис. 1. Схема установки для определения жесткости стены:  
а) вид с боку; б) вид спереди

В ходе эксперимента нагрузка, в размере 40 т, ступенями передается на пирамиду загрузения 1, через которую, распределяется на образец 9. Модель стены опирается на систему пластин 2, винт 3 позволяет мягко регулировать интенсивность включения пластин в работу, что позволяет изменять жесткость основания. Каждая пластина работает независимо от системы, при этом ее напряженное состояние контролируется динамометром 8. Рычаг 4 с передаточным числом 1/10 снижает нагрузку

на динамометр. Динамометр крепится к металлической пластине б, которая приварена к основанию.

### **Список литературы**

1. Гарагаш Б.А. Надежность стохастических пространственных систем сооружений и оснований при неоднородных деформациях оснований: Дис... д-ра техн. наук. - Волгоград, 2001. – 315 с.

2. Пшеничкин А. П., Гарагаш Б. А. Вероятностный расчет зданий массовой застройки на неоднородно деформируемых основаниях // Сб. Надежность и долговечность строительных конструкций. - Волгоград: Изд-во ВПИ, 1974. - С. 27-54.

3. Морозов С.П., Савинов Я.В., Скрылев В.М. Причины и характер трещинообразования в жилых кирпичных зданиях города Тамбова //Труды ТГТУ: Сб. науч. ст. молодых уч. и ст-тов. Вып. 10 . Тамбов: Изд-во. Тамб. гос. техн. ун-та, 2001. - С. 192-193.



*Струлев В. М., Воеводкин В. Ю., Зайцев А. А., Попов Е. В.*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАДКИ КРУГЛЫХ И КОЛЬЦЕВЫХ ШТАМПОВ НА ВЛАЖНОМ ПЕСЧАНОМ ОСНОВАНИИ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Струлева В. М.*

*ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»*

В настоящее время плитные фундаменты под специальные инженерные сооружения башенного типа (дымовые трубы, телевизионные башни, градирни, водонапорные башни и др.) выполняются в виде круглых или кольцевых пластин, лежащих на естественном основании [1...4]. Данные сооружения являются очень ответственными конструкциями, к которым предъявляются повышенные эксплуатационные требования – жесткости, прочности, устойчивости и т.д.

Одним из основных эксплуатационных требований является ограничение осадки фундамента. В СНиП 2.02.01-83\* «Основания зданий и сооружений» даны рекомендации по определению осадок только для круглых фундаментов. Расчет осадок кольцевых фундаментов рекомендуется определять как для круглых фундаментов, что может привести к ошибке в их определении. Данная работа посвящена экспериментальным исследованиям влияния условия передачи нагрузки на осадку круглых и кольцевых штампов с одинаковой площадью контакта, лежащих на влажном песчаном основании и нагруженных центрально.

Достоверность полученных экспериментальных результатов обеспечивается проведением экспериментов с необходимым количеством повторных испытаний; статистической обработкой экспериментальных данных; сопоставлением результатов исследований с аналогичными данными других авторов. Анализ работ других авторов показал недостаточную изученность характера деформирования и разрушения основания кольцевых фундаментов, влияние формы и размеров фундаментов.

Испытания штампов проводились в лотке с размерами 2х2.5х1.5 м. Нагрузка на штампы передавалась с помощью гидравлического домкрата, контроль усилия осуществляется с помощью образцового динамометра на сжатие (ДОС-5), установленного на домкрате. Для измерения осадки штампа используются индикаторы часового типа (ИЧ-5), с ценой деления 0.01 мм. Нагрузка подается ступенчато по 0.1 от максимальной нагрузки, с выдержкой по 20 мин. на каждой ступени до наступления условной стабилизации перемещений. Нагрузка прикладывается центрально через жесткий металлический диск, а также через кольцевую

оснастку, изготовленную индивидуально для каждого штампа. Передача нагрузки через кольцевую оснастку осуществлялась по середине ширины штампа.

Были изготовлены и испытаны штампы с одинаковой площадью контакта с отношением внутренних и наружных диаметров  $d/D=0; 0.2; 0.4; 0.6; 0.8$ . Штампы были изготовлены из тяжелого бетона класса В10 с базовым размером круглого штампа 264 мм. Все штампы армировались сварными сетками  $\varnothing 4$  мм. класса Вр-I. Основанием служил песок с модулем крупности  $M_k < 2$ , со средней плотностью  $1,7 \text{ г/см}^3$ , увлажненный до 10%.

На рис. 1 представлены графики зависимости осадки штампов от центральной нагрузки, приложенной через сплошной жесткий диск. Из графиков видно, что сплошной штамп  $d/D=0$  и кольцевой  $d/D=0,4$  имеют практически равную осадку, а наиболее оптимальным с точки зрения осадки является штамп с соотношением  $d/D=0,2$ . При изменении отношения  $d/D$  от 0,2 до 0,8 наблюдается снижение несущей способности основания.

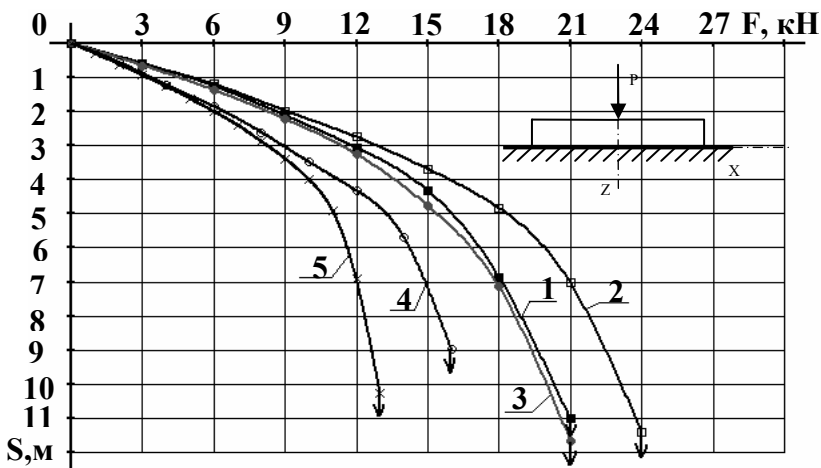


Рис. 1. Зависимость осадки штампов, с одинаковой площадью контакта, от центральной нагрузки, приложенной через сплошной жесткий диск при влажности основания  $w=10\%$ : 1 -  $d/D=0$ ; 2 -  $d/D=0.2$ ; 3 -  $d/D=0.4$ ; 4 -  $d/D=0.6$ ; 5 -  $d/D=0.8$ .

На рис. 2 представлены графики зависимости осадки штампов от центральной нагрузки приложенной через кольцо. Кольцевая нагрузка прикладывалась через оснастку: для кольцевого штампа по середине кольца, а для сплошного штампа на расстоянии  $1/3$  от края. Анализируя

графики можно сделать вывод, что наиболее оптимальным является штамп с соотношением  $d/D=0,2$ , как и при нагрузке, приложенной через сплошной жесткий диск.

Если сравнить значения осадки для каждого штампа при нагрузке, приложенной через сплошной жесткий диск и через кольцо, то можно сделать вывод, что кольцевая передача нагрузки более предпочтительна, т.к. она значительно увеличивает несущую способность штампа.

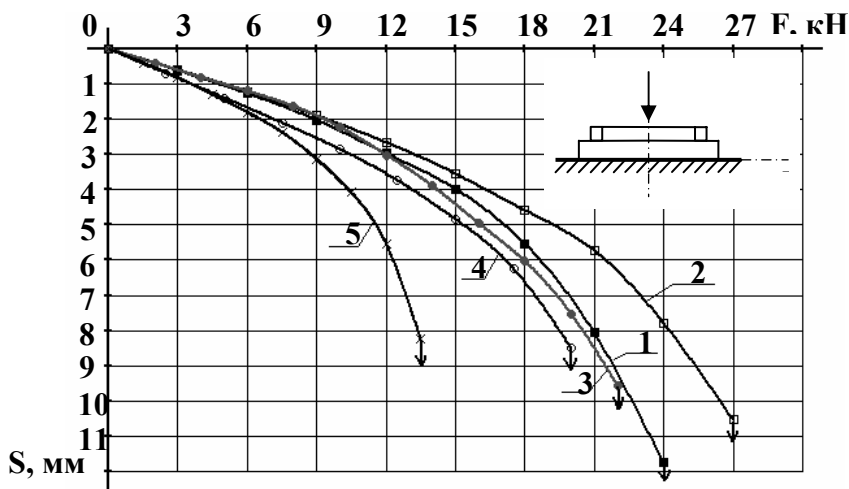


Рис. 2. Зависимость осадки штампов, с одинаковой площадью контакта, от центральной нагрузки, приложенной через кольцо при влажности основания  $w=10\%$ : 1 -  $d/D=0$ ; 2 -  $d/D=0.2$ ; 3 -  $d/D=0.4$ ; 4 -  $d/D=0.6$ ; 5 -  $d/D=0.8$ .

Для анализа влияния соотношения  $d/D$  на напряженно-деформированное состояние, были определены значение максимальных изгибающих моментов  $M_r$ ,  $M_\theta$  и поперечной силы  $Q_r$  для нагрузки равной, передаваемой через кольцо. Значения  $M_r$ ,  $M_\theta$ , и  $Q_r$  представлены на рис. 3,4,5.

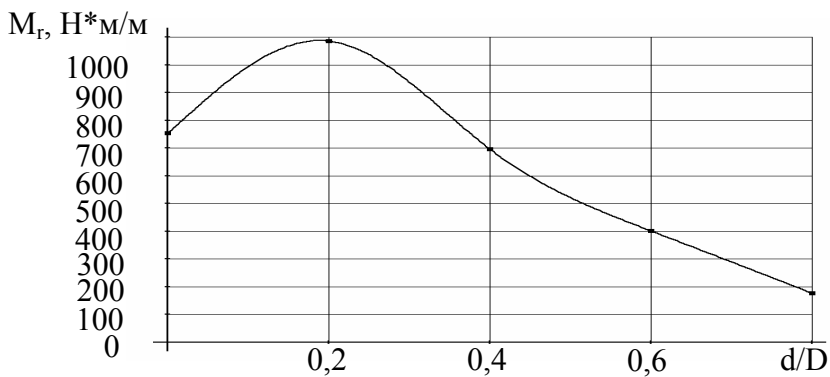


Рис. 3. График зависимости  $M_{rmax}$  от отношения  $d/D$ .

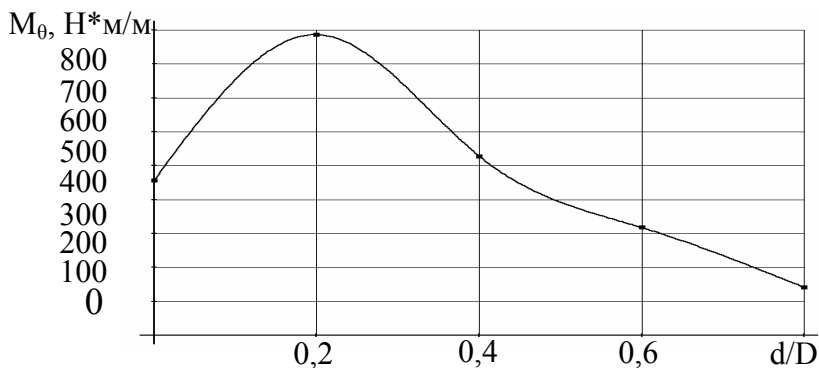


Рис. 4. График зависимости  $M_{\theta max}$  от отношения  $d/D$ .

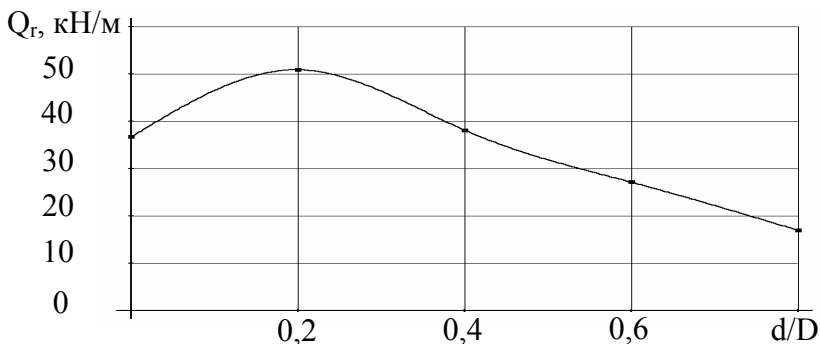


Рис. 5. График зависимости  $Q_{rmax}$  от отношения  $d/D$ .

Все графики имеют экстремум при значении  $d/D=0.2$ . При этом увеличение значений изгибающих моментов в 1.4...2 раза выше чем в

сплошном штампе. При значениях  $d/D \geq 0.4$  наблюдается уменьшение значений внутренних силовых факторов. Следует отметить, что внутренние усилия получены при передаче усилия через кольцевые оснастки, диаметры которых не соответствуют оптимальным значениям внутренних силовых факторов.

Вывод: осадка круглых и кольцевых штампов и несущая способность зависит в значительной мере от отношения внутреннего и наружного радиусов штампа. Предварительные результаты показали, что наименьшие осадки имеют кольцевые штампы с отношением  $d/D=0,2$ . Передача нагрузки через кольцевую оснастку более эффективна, чем через жесткий сплошной диск. Что касается внутренних силовых факторов, то необходим поиск оптимальных диаметров передачи кольцевой нагрузки.

### Список литературы

1. Ю. Ф. Тугаенко, С. И. Кушак Деформации оснований кольцевых фундаментов.- Основания, фундаменты и механика грунтов. 1985, №4.
2. М. А. Бородин, В. Г. Шаповал, В. Б. Швец Исследования осадок основания кольцевых фундаментов.- Основания, фундаменты и механика грунтов. 2001, №1.
3. А. В. Худяков, В. В. Леденев, В. М. Струлев К расчету армирования фундаментов сооружений башенного типа. // Труды ТГТУ, вып. №6, Тамбов. 2001.
4. А. В. Худяков Опыты с кольцевыми штампами. // Расчет и проектирование оснований и фундаментов в сложных инженерно-геологических условиях. Межвузовский сборник научных трудов. Воронеж. 1992.

## Архитектурно-строительное материаловедение

Руководитель программы д.т.н., проф. Ярцев В. П.

Кузнецов А. Г., Киселева О. А.

### ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛА НА МЕХАНИЗМ ИСТИРАНИЯ

Работа выполнена под руководством к.т.н., ст. преп. » Киселевой О. А.

ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»

Древесина и материалы на её основе нашли применение в конструкции пола, а также в качестве отделочных материалов. Поэтому важной характеристикой для них является сопротивление поверхностному износу или истиранию.

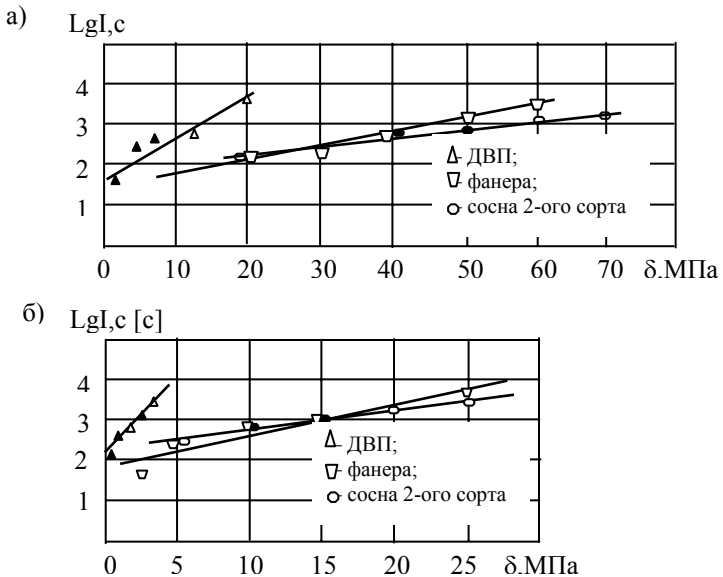


Рис.1. Зависимость скорости истирания от давления: а) по металлической сетке, б) по шлифовальной шкурке.

В работе были проведены испытания древесины, фанеры и древесноволокнистых плит при вариации давления, в процессе которых фиксировалось уменьшение массы. Истирание проводили на дисковой машине МИ-2 по двум поверхностям: металлической сетке, узлы переплетения которой образуют тупые уступы, и шлифовальной шкурке. Полученные результаты представлены на рис. 1.

Из рисунка видно, что зависимости представляют собой прямые линии. При этом скорость истирания, а следовательно и потеря массы, зависят от давления, контртела, а так же структуры материала. Наиболее интенсивно процесс протекает при истирании образцов по шлифовальной шкурке. При одинаковой скорости истирания по сетке и шлифовальной шкурке давление различается в 5 (для ДВП) – 35 раз (для древесины).

Из исследованных материалов наименьшее сопротивление истиранию характерно для ДВП, а наибольшее для древесины, что связано со структурой материалов.

Древесноволокнистые плиты состоят из отдельных волокон, связанных между собой смолой. Отделить такие частицы значительно легче. Незначительное расхождение величины истирания для древесины и фанеры, по-видимому, вызвано анизотропностью свойств древесины, а также применением различных пород (фанера изготовлена из березового шпона).

## НАБУХАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИТОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., ст. преп. Киселевой О. А.

ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»

В процессе эксплуатации древесные композиты подвержены воздействию воды и других жидких сред. При этом наблюдается значительное увеличение их размеров, приводящее к нарушению связей и снижению прочности. В связи с этим было изучено влияние длительности замачивания и температуры на набухание ДВП и фанеры.

Для изучения процессов разбухания немаловажное значение имеет скорость. Знание её значения позволит прогнозировать поведение материала в различных жидких средах. При этом для изучения скорости набухания необходимо использовать величину, постоянную в течение всего процесса и не зависящую от температуры. Такую величину можно получить, рассмотрев эти процессы с термоактивационных позиций, т.е. используя закон Аррениуса

$$w = w_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \quad (1)$$

где  $w$  – скорость набухания, %/с;  $w_0$  – предэкспоненциальный множитель, %/с;  $E$  – энергия активации (набухания или разбухания) кДж/моль,  $R$  – универсальная газовая постоянная, кДж/(моль×К);  $T$  – температура, К.

Тогда рабухание будет характеризоваться двумя величинами  $w_0$  и  $E$  [1].

Испытания проводили в воде при постоянных температурах (19,

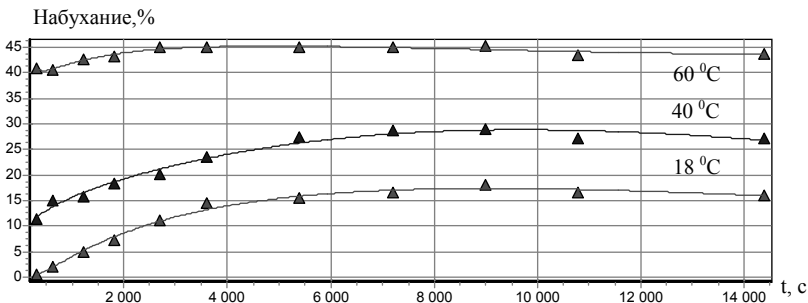


Рис. 1. Зависимость набухания от времени выдерживания в воде для ДВП



40 и 60 °С) на образцах древесноволокнистых плит и фанеры. Для экспериментов использовали образцы толщиной 3 мм (ДВП) и 6 мм (фанера).

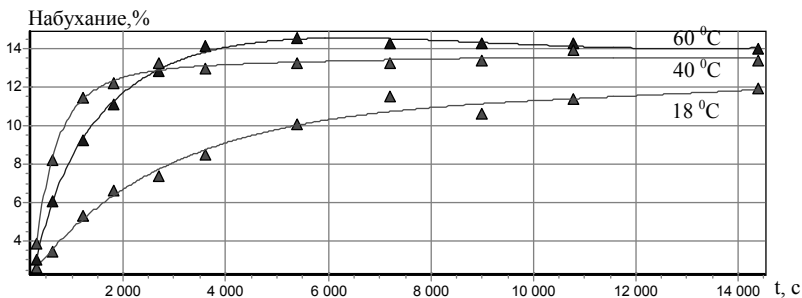
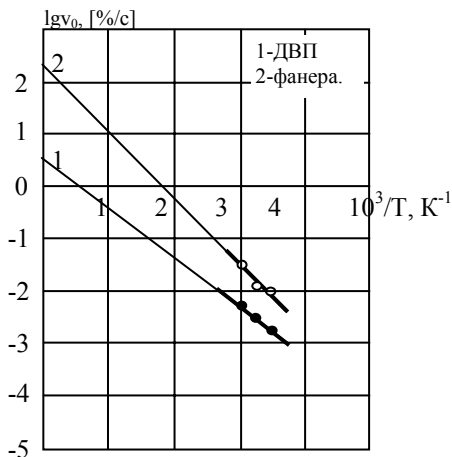


Рис. 2. Зависимость набухания от времени выдерживания в воде для фанеры

ра). По полученным результатам построены кинетические кривые в координатах набухание от времени выдержки в воде (рис. 1, 2).

Кривые имеют экспоненциальный вид. Из рисунков 1, 2 видно, что на начальном участке древесные композиты набухают быстрее, а после 30-40 минут процесс стабилизируется. Следует отметить, что аналогичные зависимости ранее были получены для пенопластов и древесностружечных плит [2, 3].

Обработка полученных данных осуществлялась методом графоаналитического дифференцирования. Для определения констант, входящих в уравнение 1, были построены зависимости скорости набухания от обратной температуры (рис. 3). Из рисунка видно, что в результате были получены прямые линии.



Предэкспонента определяется экстраполяцией данной прямой на ось ординат (скорость набухания), а энергия активации данного процесса определяется как тангенс угла наклона прямой. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

**Значение физических констант набухания ДВП и фанеры**

Материал	$E$ , кДж/моль	$\lg w_0$	$E/\lg w_0$
ДВП	22,89	2,27	10,08
Фанера	17,19	0,5	34,38

Из таблицы видно, что для ДВП и фанера энергия активации набу-

**Рис. 3. Зависимость скорости набухания в воде от обратной температуры**

хания имеет близкие значения. Это говорит о том, что определяющее влияние на данный процесс оказывает древесный наполнитель, а не смола. Вторая константа ( $w_0$ ) для древесноволокнистых плит больше, что свидетельствует о большей скорости их набухания.

Полученные данные позволяют по уравнению (1) прогнозировать скорость набухания в широком диапазоне температур.

### **Список литературы**

1. Ярцев В.П. Физико-технические основы работоспособности органических материалов в деталях и конструкциях // диссерт. на соиск. учен. степ. д-ра техн. наук, Воронеж, 1998г. 350с.
2. Романенков И.Г. Деформируемость пенопластов в водной среде // Пластические массы. – 1968. №11. – С. 33-35
3. Киселева О.А., Ярцев В.П. Скорость набухания и долговечность древесностружечных плит в воде// Пластические массы. Синтез. Свойства. Переработка. Применение. – Москва, 2004. № 10. – С. 31-32.

*Чернуха Е. С., Меркулов А. В., Ярцев В. П.*

## **ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВСПЕНЕННЫХ УТЕПЛИТЕЛЕЙ**

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Ярцева В. П.*

*ГТТУ, Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»*

Сопротивление разрушению и деформированию строительных материалов после многократного замораживания-оттаивания является важной эксплуатационной характеристикой определяющей их долговечность [1]. В процессе циклических температурно-влажностных воздействий испытания пенобетона и пенопласта проводили при центральном поперечном изгибе и сжатии на специальных установках [2]. После заданного числа циклов воздействия одновременно испытывали по 6 образцов, фиксируя среднее значение разрушающего напряжения и относительной деформации при заданном напряжении и времени нагружения при сжатии. Замораживание проводили в морозильной камере.

Циклические испытания проводили для пенобетона марки и пенополистирола ПСБ-С марки М35. Образцы в виде брусков размерами 20x25x120 мм (для изгиба) и 20x20x25 мм (для сжатия) формовали или вырезали из готовых плит.

Перед замораживанием их замачивали в течение 3-х часов в воде. В морозильной камере при  $t = -18^{\circ}\text{C}$  выдерживали до полного промерзания (в течение 60 минут). После камеры оттаившие образцы высушивали. Испытания проводили до 70 циклов замораживания-оттаивания, фиксируя прочность и относительную деформацию через каждые 5-10 циклов. 70 циклов – максимальное количество переходов температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  для Тамбовской области в течение 3-х лет.

Зависимость прочности и относительной деформации пенополистирола от числа циклов воздействия представлена на рис.1. Из рисунка видно, что после 5-10 циклов замораживания-оттаивания прочность несущественно падает, а деформативность растёт. С увеличением числа циклов воздействия прочность стабилизируется, а деформативность меняется экстремально. До 30 циклов относительная деформация увеличивается, а затем снижается за счёт ожесчивания материала, что, по видимому, связано с его деструкцией. Это подтверждается изменением окраски материала (потемнение поверхности) после 30 циклов воздей-

ствия. После 70 циклов воздействия относительная деформация становится равной деформации исходного пенопласта.

Для пенобетона после 70 циклов замораживания-оттаивания происходят несущественные изменения механических характеристик, некоторое падение прочности по-видимому, связано с образованием трещин за счет эффекта Ребиндера.

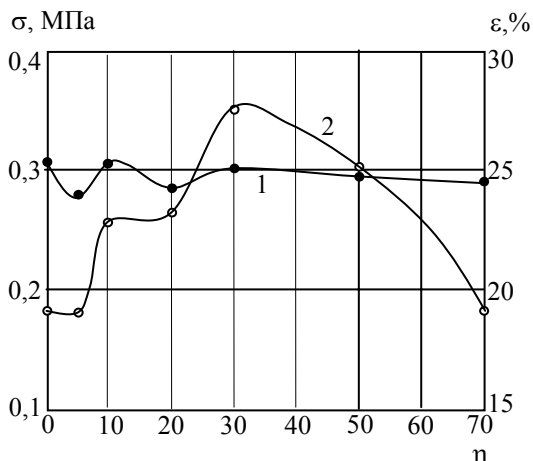


Рис. 1. Зависимость прочности при изгибе (1) и относительной деформации при сжатии (2) пенополистирола ПСБ-С М35 от количества циклов замораживания-оттаивания

Полученные результаты указывают на достаточную стойкость к циклическим температурно-влажностным воздействиям утеплителей (на органической и минеральной основе).

### Список литературы

1. Меркулов А.В., Чернуха Е.С., Ярцев В.П. О долговечности органических и минеральных теплозащитных материалов при дополнительном утеплении зданий / Сборник статей магистрантов. Выпуск 1, Часть 2. – Тамбов. С. 119-120.

2. Ярцев В.П. Прогнозирование работоспособности полимерных материалов в деталях и конструкциях зданий и сооружений. Учебное пособие. Рекомендовано УМО РФ в области строительства. Тамбов: 2001, 149 с.

*Направление 210200*

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

---

*Магистерская программа 210200.05*

## **Информационные технологии проектирования электронных средств**

Руководитель программы д.т.н., проф. Муромцев Ю. Л.

*Орлов С. В.*

### **АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕНТОМ ИНФОРМАЦИОННОЙ WEB-СЛУЖБЫ**

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Муромцева Ю. Л.*

*ТГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных  
и микропроцессорных систем»*

Современный уровень развития сетевых технологий и глобальной сети определяет рост спроса на многофункциональные субприкладные информационные службы, построенные на базе *WWW*. Примерами таких служб могут являться: Интернет-витрина, рубрикатор новостей,

поисковые сайты или *Web*-каталоги. В отличие от простых сайтов рекламного или информативного характера, построенных на базе статических ресурсов, в основу перечисленных служб положены динамические ресурсы, объединенные информационными связями и потоками данных в *Web*-приложения.

В составе традиционной информационной *Web*-службы можно условно выделить два *Web*-приложения. Первое, административное, предназначено для предоставления дистанционного доступа к базе данных привилегированным пользователям, например, с целью поддержания актуальности информации, — управления контентом. Другое приложение, — пользовательское, — ответственно за представление этих данных конечному потребителю, в качестве которого выступают неидентифицируемые системой пользователи — посетители, — отображение контента.

Основными задачами, решаемыми при построении программного обеспечения информационной *Web*-службы, являются:

- определение информационного состава публикуемого контента и его формализация к виду, способному к хранению в базе данных и последующему отображению;
- построение бизнес-логики, отвечающей за размещение контента в базе данных административным пользователем;
- построение бизнес-логики, отвечающей за визуализацию контента посетителю сайта.

Наиболее объемной задачей является формализация контента. Она включает в себя следующие этапы:

- определение назначения и субъективных ограничений публикуемой информации;
- фрагментация контента на порции;
- детальное определение информационного состава порции и регламентация форматов данных — определение объективных ограничений.

Очень часто эта задача не может быть решена вследствие нечетко поставленных условий. Примером может служить задача формализации контента электронного журнала. Здесь известны информационные составляющие — текстовые материалы, графика, таблицы, однако, сложно описать конечную форму представления (макет), установить связи между порциями информации, обеспечить ссылочную целостность. Дополнительно, ставятся задачи архивирования, поиска информации, контроля версий и др.

В представленном выше примере, а также в ряде других ситуаций целесообразно внедрить в структуру *Web*-приложения компоненты, позволяющие гибко добавлять в состав сайта набор разделов, выпол-

ненных непосредственно в отображаемом формате (*HTML*, *XML* в чистом виде, или в совмещении с языком активных страниц), и обеспечивающие при этом ссылочную целостность. Такое решение позволит:

- добавлять в состав сайта разделы, содержащие статический контент в неформализованном виде;
- подключать совместимые компоненты *Web*-приложения — модули, представляющие динамический контент.

Инкапсуляция этих возможностей в едином модуле, на базе которого, затем, будет формироваться *Web*-приложение, представляет собой систему управления контентом (*CMS* — *Content Management System*).

Типовая *CMS* в административном *on-line* режиме обеспечивает следующие возможности:

- защиту доступа, разграничение прав пользователей и аутентификацию;
- добавление, удаление, редактирование разделов контента на уровне исходного текста *HTML*, либо посредством визуального редактора;
- работа с файлами, находящимися на сервере в контексте *Web*-приложения, посредством файл-менеджера.

В режиме работы с посетителем *CMS* размещает подконтрольные разделы контента в графическом макете и отображает их пользователю.

Применение *CMS* значительно снижает затраты времени на формализацию контента и разработку административного *Web*-приложения.

Анализ существующих разработок позволил сформулировать ряд актуальных задач и требований к современным системам управления контентом, не получивших в настоящее время необходимую степень реализации:

- возможность управления динамическим контентом наряду со статическим;
- возможность контроля версий разделов контента с возможностью отката к предыдущему состоянию;
- индексация элементов контента по псевдонимам;
- наличие интегрированной системы статистического учета;
- обеспечение открытого интерфейса, позволяющего осуществлять подключение дополнительных модулей *CMS*;
- возможность гибкой перестройки навигационной структуры сайта;
- экспорт структуры сайта с заменой динамических связей статическими (это позволяет использовать *CMS* в качестве средства разработки).

В рамках научной работы, с учетом перечисленных требований разрабатывается *CMS*, основанная на технологии *JSP/Servlet* с использованием результатов, представленных в [1, 2].

### Список литературы

1. С.В. Орлов. Концепция и технология разработки интегрированного Web-интерфейса к локальным базам данных // Актуальные проблемы информатики и информационных технологий: Материалы Российской (VI-й Тамбовской межвузовской) конференции (сентябрь 2002) — Тамбов: Изд-во ТГУ имени Г.Р. Державина, 2002. С. 122-124.

2. С.В. Орлов. Информационная технология оперативного построения и сопровождения Web-приложений // Труды ТГТУ: Сборник научных статей молодых ученых и студентов. Тамб. гос. техн. ун-т. Тамбов, 2004. Вып. 15. — С. 192-195



*Баранов А. М.*

## **ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ИНТЕРФЕЙС ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Артемовой С. В.*

*ТГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных  
и микропроцессорных систем»*

На кафедре КРЭМС в Тамбовском государственном техническом университете разработана экспертная система энергосберегающего управления (ЭС). Она представляет собой сложно развивающийся программный продукт, реализующий решение задач анализа и синтеза оптимального управления динамическими объектами, а также проведения расчетов по оценке затрат энергии и расходу топлива при проектировании новых транспортных средств, технологических установок и других, энергоемких объектов. Данные задачи чрезвычайно разнообразны и требуют от пользователя необходимого уровня знаний при работе ЭС [1]. Сложность взаимодействия с системой, приводит к необходимости создания нового интерфейса.

Цель работы – проектирование и разработка интерфейса ЭС. Профессионально выполненная разработка интерфейса приводит к увеличению эффективности программного обеспечения (ПО), уменьшению длительности обучения пользователей, снижению стоимости переработки системы после ее внедрения, полному использованию заложенной в ПО функциональности и другие преимущества [2]. После детального рассмотрения всех ошибок, возникающих при работе персонала с ЭС, к интерфейсу был предъявлен ряд требований:

- легкость, простота, удобство пользования;
- наличие пошагового режима работы;
- возможность работы пользователей, имеющих разную квалификацию и разные возможности;
- возможность редактирования базы знаний ЭС;
- способность накопления полученных знаний;
- наличие справочной системы, интерфейс должен предоставлять необходимую информацию в случае ошибок пользователя.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- подробное исследование предметной области;

- разработка нескольких модификаций интерфейса для разных типов пользователей;
- реализация программного обеспечения реализующего подключение новых компонентов;
- подключение модулей ЭС;
- разработка справочной системы.

Внешний вид нового пользовательского интерфейса представлен на рисунке 1.

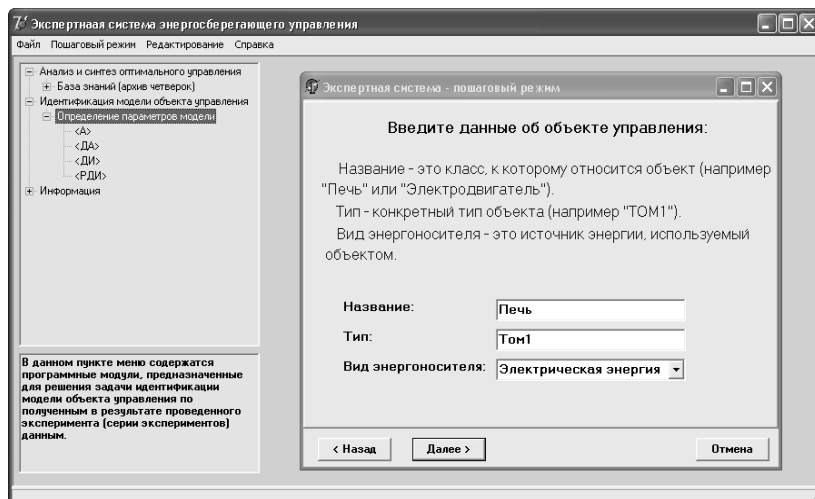


Рис. 1. Внешний вид пользовательского интерфейса

Основными компонентами являются: окно выбора задачи (в случае профессионального режима работы), окно выдачи подсказок и рекомендаций, рабочее окно. Сверху расположено программное меню, позволяющее запустить пошаговый режим, произвести редактирование базы знаний (с помощью программы «Конструктор»), получить справочные данные.

На рисунке 2 представлен пошаговый режим работы с ЭС.

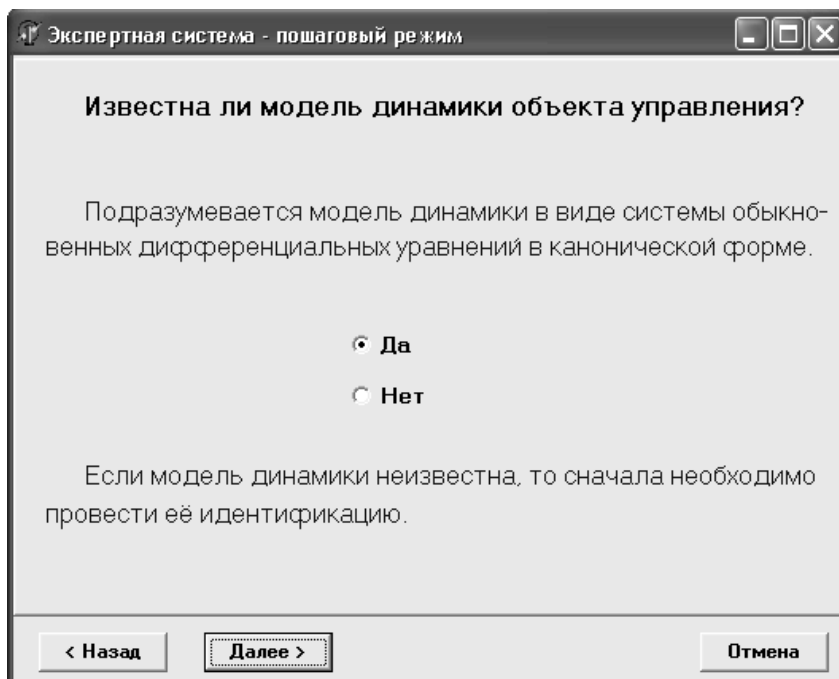


Рис. 2. Пошаговый режим работы с ЭС

Предназначен для начинающих пользователей, содержит необходимое число подсказок, позволяющих понять, что на данном этапе требуется сделать: выбрать модель динамики, ввести данные, произвести идентификацию. В «Учебном» режиме система опрашивает пользователя на каждом этапе ввода данных, ему предоставляется необходимая информация.

Огромную роль в данном проекте занимает программное обеспечение реализующее редактирование базы знаний ЭС – «Конструктор» (см. рисунок 3). Позволяет добавить, удалить компонент; внести изменения в интерфейс модулей ЭС, пошаговый режим работы.

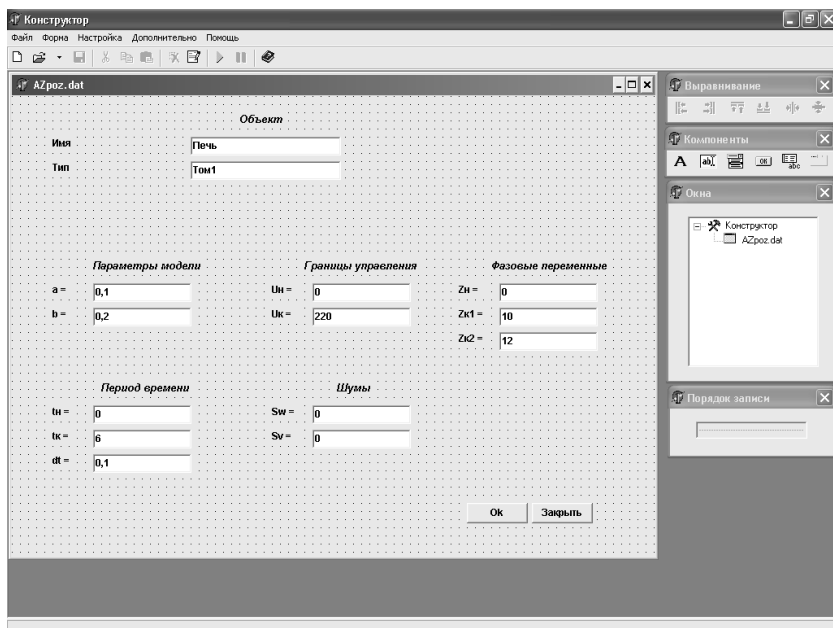


Рис. 3. Интерфейс программы «Конструктор»

Среда разработки: Delphi.

### Список литературы

1. Муромцев Ю.Л. Проблемы энергосберегающего управления // Вестник ТГТУ. 2004. № 2. – С. 358 – 366.
2. Организация взаимодействия человека с техническими средствами АСУ, том 7: «Системное проектирование взаимодействия человека с техническими средствами», редакция В.Н. Четверикова, Москва, «Высшая школа», 1993 г.

*Данилкин С. В.*

## **МОДУЛЬ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Артемовой С.В.*

*ТГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных  
и микропроцессорных систем»*

На протяжении последних десятилетий постоянно возникал вопрос об энергосбережении, т.к. ресурсы планеты не безграничны. В современном мире большое внимание уделяется проблеме ресурсосбережения. Для ее решения разрабатываются программы для оптимального управления. Решение задачи оптимального управления – сложное теоретическое исследование. Такие исследования выполняются специалистами высокой квалификации в НИИ, ВУЗах, конструкторских бюро крупных производственных объединениях. [1]

Данной задачей занимается один из модулей экспертной системы, разработанной на кафедре «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем».

Модуль расчета реального двойного интегратора используется для корректировки работы машин и аппаратов. В нем рассчитываются значения координат  $L_1$  и  $L_2$ .

$$L_1 = \frac{4}{b\Delta U\Delta t} \left( \Delta z_2 - \frac{a_2}{a} \Delta z_1 \right) - 2\Delta \quad (1)$$

$$L_2 = \frac{4}{b\Delta U\Delta t} \left( \Delta z_2^k - z_2^o e^{a_2\Delta t} \right) - \frac{2\Delta}{a_2\Delta t} \left( e^{a_2\Delta t} - 1 \right) \quad (2)$$

По рассчитанным координатам вычисляется зона, в которую попадо значение, и в зависимости от нее определяется функция оптимального управления, и рассчитываются ее параметры. Определяется траектория изменения фазовых координат, значение функционалов минимума затраты энергии и минимума затраты энергии при максимальном быстродействии.

В программном модуле предусмотрен ввод массива реквизитов. При этом программа вычислит зону и предложит решение задачи оптимального управления. Эксперту останется только посмотреть на резуль-

тат работы программы и принять решение задачи оптимального управления и управления оптимального быстродействия. Для анализа и синтеза оптимального управления в программе заложен метод синтезирующих переменных, разработанный в ТГТУ.

Для реализации программного модуля был выбран язык *PHP*. Он позволяет выполнять расчет не только на локальном компьютере, но и через локальную и глобальную сети через *web*-интерфейс.

### **Список литературы**

1. Муромцев Ю.Л., Орлова Л.П. Микропроцессорные системы энергосберегающего управления: Учебное пособие. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2001. 80с.

2. Муромцев Ю.Л., Орлова Л.П. Информационные технологии в проектировании энергосберегающих систем управления динамическими режимами. Учебное пособие. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2000. 84 с.

*Кожаринов В. В.*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Селивановой З. М.*

*ГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных  
и микропроцессорных систем»*

Проблематика интеллектуальных агентов и мультиагентных систем (МАС) сформировалась на основе результатов, полученных в рамках работ по распределенному искусственному интеллекту, распределенному решению задач и параллельному искусственному интеллекту. Области практического использования агентных технологий являются управление информационными потоками и сетями, управление воздушным движением, информационный поиск, электронная коммерция, обучение, электронные библиотеки и многие другие приложения.

В настоящее время под агентом понимают аппаратную или программную сущность, способную действовать в интересах достижения целей, поставленных перед ним владельцем или пользователем [1]. В данной статье рассматривается интеллектуальная МАС, позволяющая разрабатывать устройства на базе современных быстродействующих микроконтроллеров (МК).

На рисунке 1 представлена МАС, позволяющая разрабатывать устройства на базе микроконтроллеров. Разработчик задает требования, предъявляемые к системе (количество портов ввода-вывода, память программ, память данных, оперативная память, наличие сложных вычислительных расчетов, ограничение стоимости, наличие специализированной аппаратуры для монтажа и программирования микроконтроллера).

После этого МАС обращается к базе знаний (БЗ), в которой хранятся параметры микроконтроллеров, данные о интегрированных средах разработки программного обеспечения для микроконтроллеров, а также существующие языки программирования, применяемые при программировании микроконтроллеров. БЗ анализирует параметры, введенные разработчиком, и обращается к агенту “Выбор микроконтроллера”. Данный агент выбирает микроконтроллер исходя из требований которые разработчик предъявляет к системе. После выбора микроконтроллера агент “Выбор микроконтроллера” обращается к агенту “Выбор языка программирования”. Если пользователь не задал язык программирования, который он будет использовать, то данный агент анализиру-

ет информацию о языках программирования, хранящихся в БЗ, и выбирает наиболее оптимальный для разработки программного обеспечения.

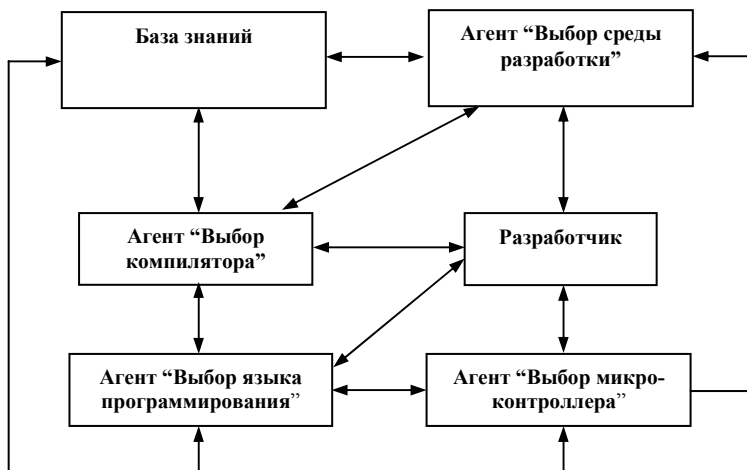


Рис. 1. Структурная схема интеллектуальной МАС

После выбора языка программирования агент “Выбор языка программирования” посылает информацию о микроконтроллере и выбранном языке агенту “Выбор компилятора”. Данный агент запрашивает в БЗ информацию об имеющихся компиляторах и выбирает наиболее оптимальный, руководствуясь требованиями, предъявляемыми разработчиком.

Определившись с МК, языком программирования и компилятором, МАС передает всю эту информацию агенту “Выбор среды разработки”. Этот агент анализирует полученную информацию и выбирает среду разработки.

Разработанная МАС имеет возможность пополнять свою БЗ в процессе эксплуатации данными о новых МК, компиляторах, языках программирования и средах разработки.

Структура программы формируется в процессе создания программы для конкретного объекта. В качестве примера рассмотрим разработку программы, реализующей метод неразрушающего контроля теплофизических характеристик (НК ТФХ) твердых материалов в информационно-измерительной системе (ИИС) с помощью МАС. Разработчи-



ком были заданы требования к разрабатываемой системе: память программ 128К, оперативная память >1К, количество портов ввода-вывода не менее 30, АЦП –10-12 бит – 10 каналов, язык программирования С.

МАС создана на основе применения методов искусственного интеллекта. В системе реализуются интеллектуальные процедуры по выбору МК, языка программирования, компилятора и интегрированной среды разработки программного обеспечения. В результате принято решение о выборе следующих технических и программных средств:

- микроконтроллер *PIC18F8720*;
- язык программирования С;
- компилятор *Hi-Tech PIC18 Compiler*;
- среда разработки *MPLAB IDE*.

Структурная схема программы, реализующей метод НК ТФХ твердых материалов в ИИС представлена на рисунке 2.

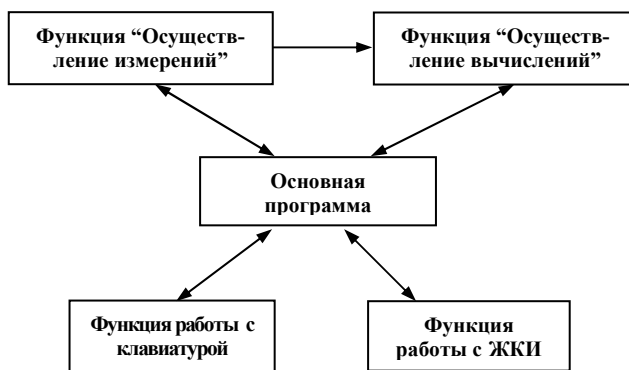


Рис. 2. Структурная схема программы

В качестве примера рассмотрим разработку функции работы с клавиатурой. Основная программа обращается к этой функции в том случае, если произошло прерывание от клавиатуры. Функция осуществляет сканирование матричной клавиатуры и определяет, какая клавиша была нажата. При этом необходимо сделать задержку 5 мс, чтобы устранить дребезг контактов. После определения кода нажатой клавиши, функция ожидает момента, когда данная клавиша будет отпущена, и передает код нажатой клавиши основной программе. Функция работы с клавиатурой может быть вызвана в любом месте программы. Код нажатой

клавиши возвращается в шестнадцатеричной форме от 0x00 до 0x0f. Если ни одна из клавиш не нажата, то основной программе возвращается значение 0x10.

Аналогично работает и функция работы с жидкокристаллическим индикатором (ЖКИ). Как только появляется необходимость вывести что-либо на экран ЖКИ, программа передает функции значение переменной, которую необходимо вывести. Данная функция определяет тип переменной (число или текст), передает на ЖКИ необходимые команды (очистка экрана, установка курсора и др.) и после этого передает информацию.

Таким образом, применение интеллектуальных процедур по выбору МК, языка программирования, компилятора и интегрированной среды разработки в разработанной интеллектуальной МАС позволяет разрабатывать микроконтроллерные устройства с использованием современных средств разработки, а также использовать готовые ранее разработанные функции в новых проектах, что позволяет значительно сократить время на разработку.

### **Список литературы**

1 Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем, СПб.: Питер, 2001. – 384 с.

2 Селиванова З. М., Кожаринов В. В. Интеллектуальная система неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов. // Математические методы в технике и технологиях. XVIII международная научная конференция. Сборник трудов. Казань, 2005. Том 4. С. 146 – 149.

*Котов И. О.*

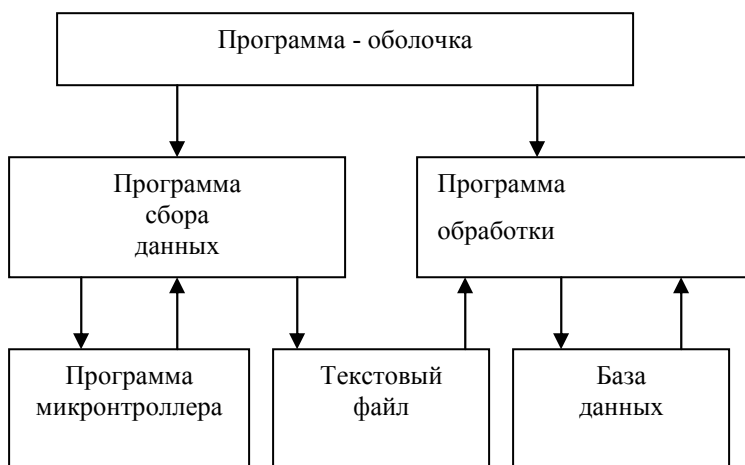
## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПК ИЗМЕРИТЕЛЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДАМИ СВЧ**

*Работа выполнена под руководством ст. преп. Малкова Н. А.*

*ГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных  
и микропроцессорных систем»*

Для автоматизации измерения диэлектрической проницаемости материалов методами сверхвысоких частот (СВЧ) предлагается использовать микроконтроллер, управляемый персональным компьютером (ПК).

Предлагаемый набор программ обеспечивает управление микроконтроллером, взаимодействие с пользователем и ряд других необходимых функций. Структурная схема программного обеспечения представлена на рисунке 1.



**Рис. 1. Структура программного обеспечения**

Программное обеспечение ПК состоит из 3-х основных программ.

Программа – оболочка вызывает другие программ и служит для удобства использования. Также она обеспечивает синхронизацию по входным и выходным данным вызываемых программ.

Программа сбора данных управляет работой микроконтроллера и проводит первичную обработку данных, результаты выводятся визуально и сохраняются в файл.

Программа обработки данных служит для статистической обработки данных, вычисления необходимых параметров материалов с использованием СВЧ методов, сохранения результатов в базу данных.

Рассмотрим подробнее программу сбора данных.

Данная программа является универсальной и может использоваться самостоятельно.

Главное окно программы представлено на рисунке 2.

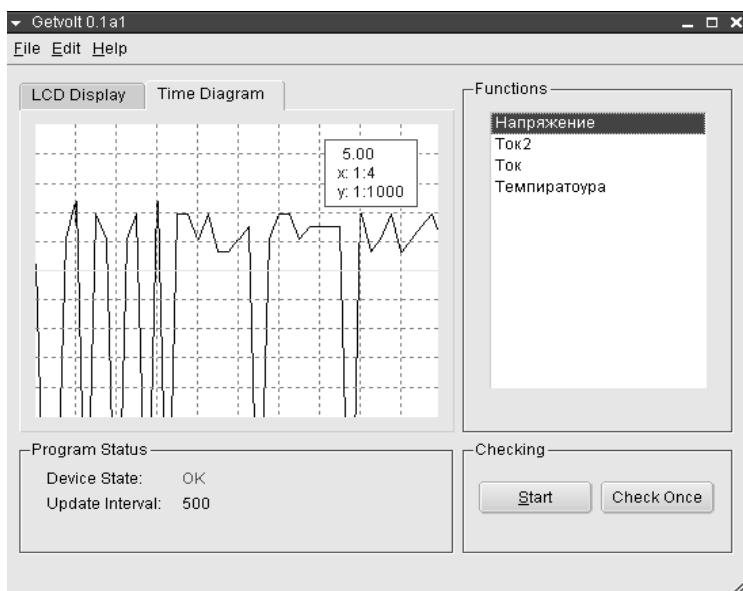


Рис. 2. Главное окно программы

Основные возможности программы:

- автоматическое измерение с использованием программируемого таймера;
- интервал измерений от 1 мс до 100 ч;
- поддержка нескольких каналов измерения;
- многоплатформенность: поддержка ос *win32* и *X11/Unix*;
- поддержка микроконтроллеров AT89C51 и PIC16F873;

- графический интерфейс;
- отображение величины в виде числа или диаграммы;
- сохранение данных в файл для использования другими программами;
- возможность взять любую функций от величины, полученной с АЦП.

Главное окно программы позволяет управлять процессом измерения, и переключать функции. Для экономии места элементы индикации разделены на вкладки. На рис.2 представлена вкладка временной диаграммы. Диаграмма имеет возможность настройки без перезагрузки программы.

Для изменения или добавления функций имеется встроенный редактор функций, представленный на рисунке 3.

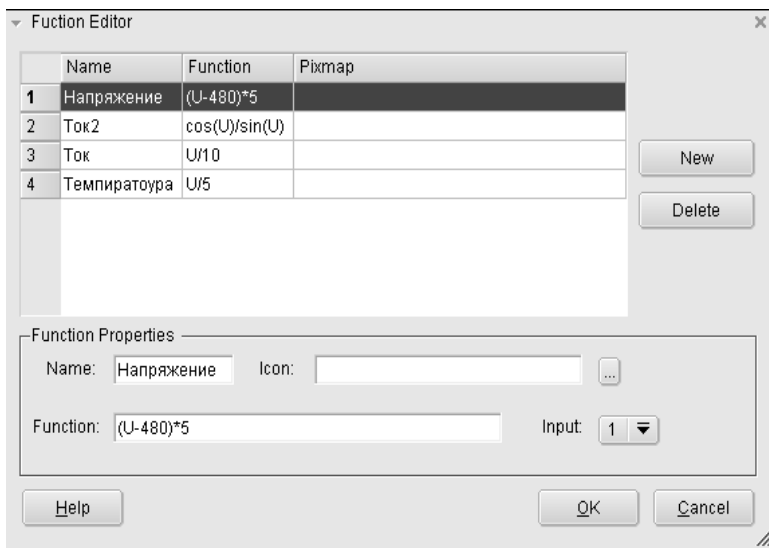


Рис. 3. Редактор функций

Редактор функций вызывается из меню «изменить» («edit») главного окна. Редактор позволяет создать/изменить функцию, для каждой функции задаётся имя, формула, значок и номер входа (при многоканальном измерении). В формуле функции аргументом является число, снятое с АЦП, которое обозначается буквой «U». Любые изменения функций вступают в силу без перезагрузки программы.

Программа может поддерживать несколько языков интерфейса, которые выбираются автоматически, в зависимости от локализации системы.

Интерфейс программы написан с использованием бесплатной версии библиотеки Qt норвежской компании Trolltech. Исходный текст программы написан на языке *c++* с использованием свободного компилятора *gcc (X11/Unix)* или *mingw(Win32)*.

### **Список литературы**

1. Львов А.А. Методология повышения точности СВЧ измерителей на основе статистического анализа нелинейных моделей/ А. А. Львов. Саратов, 2002.- 36 с.
2. Мирский Г. Я. Электронные измерения: 4-е изд., перераб. и доп./ Г.Я. Мирский. М.: «Радио и связь», 1986. - 440 с.

*Ольшанский Д. С.*

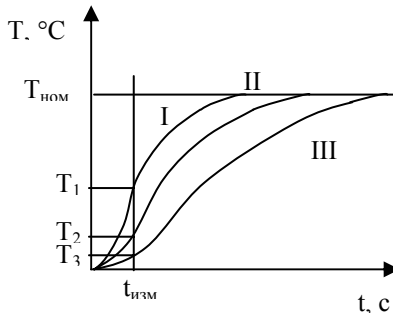
## **СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУШКОЙ**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Орлова С. В.*

*ТГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных  
и микропроцессорных систем»*

В процессе автоматизации производства макаронных изделий появилась необходимость создания технического комплекса, обеспечивающего сушку сырья. Процесс сушки макаронных изделий сопровождается большими энергетическими затратами и не исключает возможность различной по объему загрузки сушильной камеры. Разработана микропроцессорная система, обеспечивающая оптимальное управление процессом сушки [1].

В состав сушильного комплекса входят: теплоизолированная камера, нагревательные элементы, датчики температуры, микропроцессорное управляющее устройство (МПУУ). По термограммам нагрева сушильной камеры построены модели в виде дифференциальных уравнений с разрывной правой частью для трех видов загрузки камеры: пустая, половинная, полная (рисунок 1).



**Рис. 1. Термограмма для трех видов загрузки сушильной камеры**

Разработанное алгоритмическое и программное обеспечение определяет режим загрузки камеры путем анализа начального участка нагрева при полной мощности нагревательных элементов ( $t_{изм}$  на рисунке 1), выбирает нужную модель и рассчитывает оптимальное управляющее воздействие. Использование позиционной стратегии оптимального управления [2] позволяет приводить систему в заданное состояние даже

при наличии дестабилизирующих факторов (например, при отклонении объема загрузки от учтенного в модели). После завершения процесса сушки МПУУ отключает нагревательные элементы и подает сигнал обслуживающему персоналу.

МПУУ разработано на базе смешанноцифрового микропроцессора MSP430 фирмы Texas Instrument. Устройство поддерживает связь с персональным компьютером для изменения параметров технологического процесса сушки.

Внедрение представленной системы в линию производства макаронных изделий полностью автоматизировало процесс сушки. Так как сушильная камера с порционной загрузкой половину времени работы находится в режиме нагрева, то в результате применения данной системы управления удалось добиться значительной экономии электроэнергии (до 5%).

#### **Список литературы**

1. Муромцев Ю.Л. Орлова Л.П. Информационные технологии в проектировании энергосберегающих систем управления динамическими режимами: Тамбов: Изд-во Тамб. гос. тех. ун-та, 2000. 84 с.

2. Микропроцессорные системы энергосберегающего управления: Учебное пособие / Ю.Л. Муромцев, Л.П. Орлова. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2001. 80с.



*Осинов Е. В.*

## **БАЗА ДАННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ ПОСОБИЙ С ДОСТУПОМ ЧЕРЕЗ INTERNET**

*Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Артемовой С. В.*

*ТГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных  
и микропроцессорных систем»*

Современный мир трудно представить без информационных технологий (ИТ). Составной частью любой ИТ является база данных (БД).

Одна из актуальных задач на сегодняшний день состоит в создании единых БД учебно-методических пособий в рамках учебно-методического объединения (УМО) по различным специальностям.

В данном проекте рассматривается разработка единой БД электронных учебно-методических пособий по направлению 210200 «Проектирование и технология электронных средств».

Целями работы были:

- создание реляционной базы данных электронных учебно-методических пособий;
- разработка *Web*-интерфейса базы данных;
- создание *Web*-приложения, обеспечивающего взаимодействие удаленного пользователя с БД (поиск информации, ее получение и пополнение БД).

База данных предназначена для хранения справочной информации об электронных учебно-методических пособиях по выше указанному направлению.

БД должна хранить только основную информацию о пособиях (титульный лист), являясь их электронным каталогом.

Система должна быть кросс - платформенной и легко расширяемой.

Для достижения поставленных целей были сформулированы и решены следующие задачи:

Полностью определена и описана предметная область, а так же определены все ограничения на хранящуюся информацию в системе.

С помощью *CASE*-средства *Erwin* была построена инфологическая модель базы данных, представленная на рисунке 1. Данная модель полностью отражает предметную область и соответствует 3-ей нормальной форме [1].

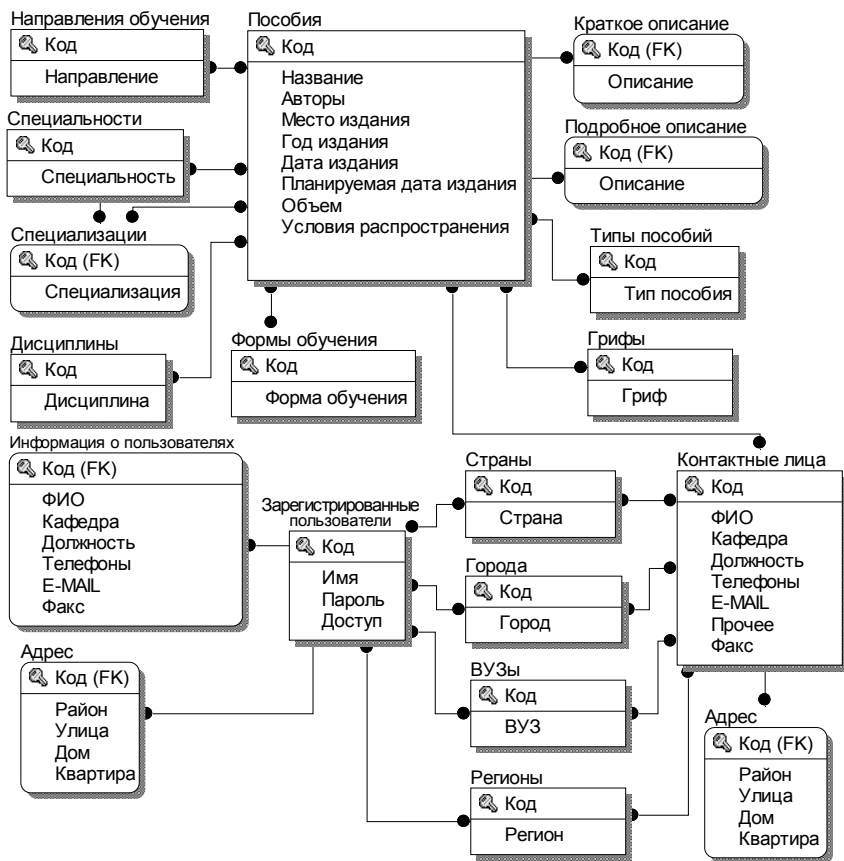


Рис. 1. Структура БД

Инфологическая модель состоит из таблиц и связей между ними.

Основными таблицами являются: «Пособия», «Краткое описание», «Подробное описание», «Зарегистрированные пользователи», «Информация о пользователях», «Адрес», «Контактные лица».

Остальные - это таблицы-справочники, информация из которых ставится в соответствие основным таблицам при помощи связей «многие-ко-многим».

Далее на основе инфологической модели в СУБД *Firebird* была создана реляционная база данных, содержащая все необходимые таблицы, запросы, представления и хранимые процедуры [2].

На следующем этапе был разработан интерфейс базы данных в виде динамических *HTML* – страниц (рис. 2) и *Web* – приложение на основе технологии *Java Server Pages (JSP)*.

Технология *JSP* позволяет добиться кросс - платформенности, а использование объектно-ориентированного языка *Java* – гибкости и легкой расширяемости разработанной системы.

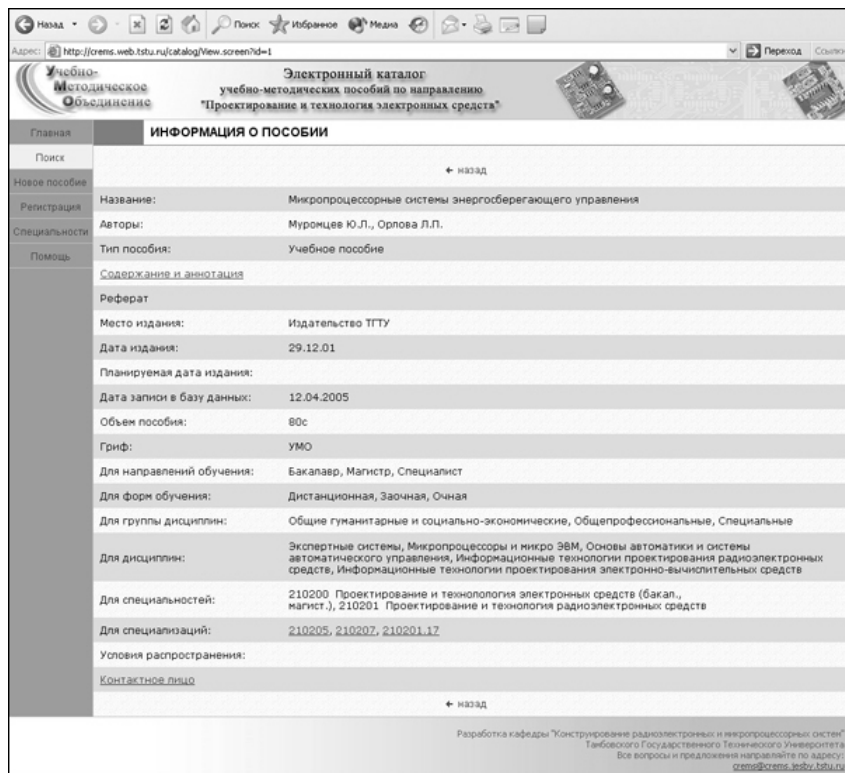


Рис. 2. Страница титульной информации о пособии

*Web*-приложение создавалось с использованием базового набора классов *Apache Struts* (<http://www.apache.org>) и соответствует архитектуре *MVC (Model-View-Controller)*. Данная архитектура позволяет разделить задачи написания бизнес-логики *Web*-приложения и пользовательского интерфейса, что дает возможность разрабатывать и сопровождать различные части проекта независимо [3].

Системные требования для пользователя БД следующие:

- персональный компьютер с процессором классом не ниже *Pentium*;
- наличие доступа в *internet*;
- разрешение монитора не хуже *800 x 600*;
- *Web*-браузер (*Internet Explorer*, *Opera*, *Mozilla* и другие).

В будущем возможны следующие усовершенствования БД:

1. Организация хранения полнотекстовых версий электронных пособий.
2. Введение многоязыковой поддержки.
3. Организация форума для обсуждения пособий.
4. Добавление возможности рейтинговой оценки пособий.

### Список литературы

1. Дунаев С.В. Доступ к базам данных и техника работы в сети. Практические приемы современного программирования. – М.: Диалог – МИФИ, 2000. – 416с.
2. Ковязин А., Востриков С. Мир InterBase. Архитектура, администрирование и разработка приложений баз данных. Издание 3-е, дополненное. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ; СПб.: Питер, 2005. – 496с.
3. Гери Девид М. Java Server Pages. Библиотека профессионала.: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. — 448с.

## СОДЕРЖАНИЕ

### *Направление 150400*

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

#### *Магистерская программа 150400.15*

#### **ПРИВОДЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ И ОБОРУДОВАНИЕМ . . . . . 3**

**Юркевич А. В.** Методы повышения динамического качества станков . . . . . 3

**Шереметьев А. В.** Динамическая модель привода микроперемещений контуросшлифовального полуавтомата с ЧПУ мод. МА396ФЗ . . . . . 7

**Караганов А. С.** Сравнительный анализ кинематической структуры зубошлифовальных станков . . . . . 10

#### *Магистерская программа 150400.19*

#### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН . . . . . 14**

**Распутин А. О., Мокрозуб В. Г.** Принципы построения информационной системы проектирования кожухотрубчатых теплообменников . . . . . 14

**Краснянский М. Н., Чаукин Ю. В.** Изучение структуры и свойств адсорбентов методами сканирующей зондовой микроскопии . . . . . 16

**Краснянский М. Н., Широбоких С. П.** Информационно-логическая модель ХТС . . . . . 20

#### *Магистерская программа 150400.22*

#### **МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ . . . . . 45**

**Юрина О. А., Плотникова О. А., Солопова О. В.** К разработке способа получения биогаза из жидких органических отходов бродильных производств . . . . . 23

**Пешкова Е. В., Шекочихин Е. Г.** К вопросу о точности расчета теплообменного оборудования в системе «СHEMCAD» . . . . . 28

**Власюк А. А.** Состояние и перспективы хлебопекарной отрасли . . . . . 33

**Шершукова А. И.** Анализ способов и устройств для определения физико-механических характеристик зернистых металлов . . . . . 37

#### *Магистерская программа 150400.26*

#### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ . . . . . 41**

**Волков Д. С., Румянцев А. В., Маликов О. Г.** Модификация асфальтобетонных смесей резиновой крошкой . . . . . 41

**Волков Д. С., Румянцев А. В., Маликов О. Г.** Исследование свойств асфальтобетонных покрытий на основе шлаковых отходов Новолипецкого металлургического комбината с резинобитумным вяжущим . . . . . 44

**Румянцев А. В., Волков Д. С.** Модификация асфальтовых покрытий отходами полимерной тары и упаковки . . . . . 46

*Магистерская программа 150400.32*  
**СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ** . . . . . 49

**Брыкина Е. В., Романова Е. В.** Исследование процесса удаления примесей из паст органических пигментов . . . . . 49

**Брыкина Е. В.** Экспериментальная установка для исследования катализаторов процесса окисления выхлопных газов двигателей . . . . . 54

*Направление 200400*  
**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ**

*Магистерская программа 200400.10*  
**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА, СВОЙСТВ И СОСТАВА ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ** . . . . . 56

**Ходилин С. В., Пономарев С. В., Дивин А. Г., Мозгова Г. В.** Автоматизированный комплекс для исследования эффективных теплофизических и реологических характеристик неньютоновских жидкостей методом сдвигового . . . . . 56

*Магистерская программа 200400.15*  
**ВСЕОБЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ** . . . . . 60

**Попова Е. А.** Методика процесса повышения качества весов электронных ВР 4149-10 с применением статистических инструментов . . . . . 60

**Кузнецова Е. С.** Информационные потоки, используемые при анализе СМК . . . . . 65

*Направление 270100*  
**СТРОИТЕЛЬСТВО**

*Магистерская программа 270100.01*  
**ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ** . . . . . 69

**Антонов С. В., Антонов В. М.** Исследование напряженно-деформированного состояния армированного песчаного основания ленточного фундамента . . . . . 69

**Азама Нилас.** Многопустотные панели перекрытия . . . . . 74

**Савинов Я. В., Переделкин А. В., Митрофанов А. Н.** Учет относительной жесткости зданий при их проектировании . . . . . 78

**Струлев В. М., Воеводкин В. Ю., Зайцев А. А., Попов Е. В.** Исследование осадки круглых и кольцевых штампов на влажном песчаном основании . . . . . 81

*Магистерская программа 270100.07*

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ . . . . . 86**

**Кузнецов А. Г., Киселева О. А.** Влияние структуры материала на механизм истирания . . . . . 86

**Рыдин В. О., Киселева О. А.** Набухание древесных композитов . . . . . 88

**Чернуха Е. С., Меркулов А. В., Ярцев В. П.** Влияние циклических температурно-влажностных воздействий на механические свойства вспененных утеплителей . . . . . 91

*Направление 210200*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

*Магистерская программа 210200.05*

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ . . . . . 93**

**Орлов С. В.** Актуальные задачи проектирования системы управления контентом информационной WEB-службы . . . . . 93

**Баранов А. М.** Интегрированный интерфейс экспертной системы энергосберегающего управления . . . . . 97

**Данилкин С. В.** Модуль экспертной системы энергосберегающего управления . . . . 101

**Кожаринов В. В.** Интеллектуальная мультиагентная система . . . . . 103

**Котов И. О.** Программное обеспечение ПК измерителя параметров материалов методами СВЧ . . . . . 107

**Ольшанский Д. С.** Система оптимального управления сушкой . . . . . 111

**Осипов Е. В.** База данных электронных учебно-методических пособий с доступом через INTERNET . . . . . 113

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ  
ГЛАЗАМИ БУДУЩИХ УЧЕНЫХ**

**Сборник статей магистрантов**

***Выпуск III***

Технический редактор Л. Николаева

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.  
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 7. Тираж 100 экз. Изд. 659.

Печать ТОГУП «Тамбовполиграфиздат».  
392602, Тамбов, Моршанское шоссе, 14.