



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

НОВЫЕ ИДЕИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ В НАУКЕ XXI ВЕКА

Интернет-форум магистрантов ВУЗов России

26-27 января 2006 года

Выпуск 4

**Тамбов
2006**

УДК 04
ББК Я43
Н 72

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

Новые идеи молодых ученых в науке XXI века. Интернет-форум магистрантов ВУЗов России. Сборник статей магистрантов. Выпуск IV. – Тамбов: ТОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2006. – 204 с.

ISBN 5-94359-027-7

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

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

УДК 04
ББК Я43

ISBN 5-94359-027-7

© Тамбовский государственный технический университет, 2006

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.

Борисов И. П.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МУФТЫ И МЕТОДИКА ИХ РАСЧЕТА

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

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

Электромагнитная порошковая муфта представляет собой разновидность фрикционной, синхронной и асинхронной электромагнитных муфт, но в отличие от них заполняется смесью электромагнитного порошка со смазывающим веществом, причем основной составляющей является карбонильное железо. Порошковые муфты сочетают в себе положительные свойства всех перечисленных муфт, позволяют осуществлять или жесткое соединение валов, или скольжение между полумуфтами, обеспечивая

как синхронное вращение, так и возможность регулирования скорости. Использование порошковых муфт можно решать ряд практических задач: создать быстродействующий электропривод без специальных пускорегулирующих средств; тормозные устройства с переменным тормозным моментом; предохранительные устройства, исключаящие поломки механизмов; регуляторы вращающего момента и скорости движения механизмов; плавный пуск, разгон и реверсирование механизмов.

Материалы муфт определяют их электромагнитные, механические и тепловые свойства. Магнитопроводы изготавливают обычно из магнитомягких материалов, обладающих высокой магнитной проницаемостью, низкой коэрцитивной силой и малыми удельными потерями, таких как: электротехническая сталь с содержанием углерода 0,02%-0,025%, пермаллой, пермендюр, прокатная сталь марки 10, чугунные отливки (для муфт устанавливаемых на менее ответственных механизмах) и др. Немагнитные детали (крышки, валы, подшипники, крепежные детали и т.д.) с целью уменьшения магнитного рассеяния изготавливают из немагнитных или маломагнитных материалов: хромистая, хромоникелевая, хромомарганцевая сталь, латунь, дуралюмин, немагнитный чугун и др. В качестве обмотки применяют провода обмоточные провода марок ПДА, ПЭЛБО, ПСД, ПЭЛ, ПЭВ-1 и ПЭВ-2. Наполнитель порошковых муфт представляет собой смесь ферромагнитного порошка со смазывающим веществом. В качестве ферромагнитного порошка обычно применяют порошкообразное карбонильное железо марок Р-4, Р-8, П-4. Смазывающие вещества могут быть как сухие (тальк, графит), так и жидкие (минеральные и различные синтетические масла). Принцип действия основан на использовании электромагнитных и механических сил, действующих в заполненном, ферромагнитным наполнителем зазоре. Если через слой ферромагнитного порошка пропустить магнитный поток, то вследствие трения друг о друга намагниченных частиц порошка возникает сопротивление сдвигу, которое тем сильнее, чем намагничен порошок. Частицы порошка начинают перемещаться, наиболее интенсивно - в середине слоя, а по направлению к поверхностям интенсивность снижается. Магнитный поток, создаваемый током обмотки, проходит по внутренней полумуфте, через слой порошка, по наружной полумуфте и снова через слой и внутреннюю полумуфту, образуя замкнутую цепь, показанную на Рис.1 пунктиром.

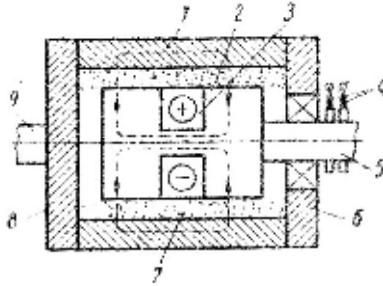


Рис. 1. Схема электромагнитной порошковой муфты:
 1- ведущий элемент; 2- ведомый элемент; 3- обмотка; 4- контактные кольца;
 5- ведомый вал; 6,8- крышки; 7- наполнитель; 9- ведущий вал

При отсутствии тока в обмотке величина вращающего момента определяется силами трения в рабочем слое муфты и остаточным магнитным потоком. При появлении тока в слое возникают магнитные силы сцепления, увеличивающие вязкость порошка. Таким образом, воздействуя электромагнитным полем на слой порошка, можно соединить ведомую и ведущую части муфты либо жестко, либо с проскальзыванием до полного расцепления.

Основные параметры порошковой муфты и её обмотки возбуждения определяются назначением и режимом работы. Вначале определяется средний диаметр D слоя муфты, из уравнения момента при режиме максимальной установившейся нагрузки:

$$M_Y = \left(\frac{\pi}{200} \right) \cdot m \cdot D^3 \cdot \tau \quad \text{кг·м}, \quad (1)$$

где τ - удельная сила сцепления в слое в кг/см^2 ;

D - средний диаметр рабочих слоев в см;

K_b - отношение ширины слоя b к среднему диаметру:

$$K_b = \frac{b}{D}, \quad (2)$$

m - число слоев муфты

$$\tau = K_M \cdot K_C \cdot K_3 \cdot K_n \cdot B_{Cn}^n, \quad \text{кг/см}^2, \quad (3)$$

где K_M - коэффициент, зависящий от материала наполнителя;

K_C - коэффициент, учитывающий скорость движения частиц в слое;

K_3 - коэффициент, учитывающий влияние числа рабочих зазоров на плотность наполнителя;

K_n, n - величины, зависящие от плотности наполнителя и толщины слоя δ ;

B_{Cl} - среднее значение индукции.

Расчетное значение τ в пределах 0,3-1,7 кг/см² принимают тем больше, чем меньше δ, M_y, P_{cp} (P_{cp} - средняя величина тепловых потерь в муфте) и чем больше n . Значения K_b берется в пределах 0,12- 0,4, исходя из конструктивной схемы муфты. Толщина рабочего слоя муфт средней мощности обычно ограничена интервалом $\delta = 0,5 \div 3$ мм. Число слоев m принимают в соответствии с выбранной схемой муфты.

Наружный диаметр принимают в пределах

$$D_n = \sqrt{D \cdot (D + 4 \cdot b)} \div \sqrt{D \cdot (1,5 \cdot D + 4 \cdot b)}, \quad (4)$$

где b из формулы (2).

Индукция B_{Cl} рассчитывается по уравнению (3), а намагничивающая сила, необходимая для её создания определяется формулой

$$i_w = m \delta \frac{B_{Cl}}{\mu_{Cl}} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{m \cdot \delta} \right), \quad (5)$$

где μ_{Cl} - магнитная проницаемость слоя в $\frac{в \cdot сек}{a \cdot м}$;

α - коэффициент, зависящий от индукции и размеров слоя.

Диаметр обмоточного провода определяется из условия необходимости намагничивающей силы:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{i_w \cdot D_0 \cdot \rho}{U}} \text{ мм}, \quad (6)$$

где D_0 - средний диаметр обмотки в м;

ρ - удельное сопротивление провода в Ом·мм²/м;

U - напряжение, подводимое к обмотке, в.

Площадь сечения паза под обмотку определяется по формуле

$$S_0 = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{U \cdot d^2}{k_{зан} \cdot N_Y} \text{ мм}^2, \quad (7)$$

где $k_{зан}$ - коэффициент заполнения сечения медью, принимаемый равный 0, 6-0, 7;

N_Y - удельная мощность омических потерь (на один ампер-виток):

$$N_Y = \frac{N}{i w} \text{ Вт/а}, \quad (8)$$

где N - мощность омических потерь в обмотке во Вт.

Выбрав марку провода по рассчитанному d , принимают диаметр провода с учетом изоляции d_u , размеры паза $b \times h$ для обмотки и $b_0 \times h_0$ с учетом изоляции. Тогда число слоев в обмотке, число витков в слое, число витков в обмотке будут соответственно:

$$k_1 = \frac{h_0}{d_u}, \quad k_2 = \frac{b_0}{d_u}, \quad w_0 = k_1 \cdot k_2. \quad (9)$$

Необходимым является расчет магнитной цепи и тепловой расчет муфты. Расчет магнитной цепи начинается с разделения магнитной цепи муфты на отдельные участки, для каждого из которых определяются площадь поверхности, через которую проходит магнитный поток, индукция, длина участка, магнитодвижущая сила и напряженность. Тепловой расчет сводится к определению температуры нагрева муфты и её аккумуляющей способности.

Список литературы

1. Хабенский М.Я. «Электромагнитные порошковые муфты».

Гребенников В. Н.

ПОГРЕШНОСТИ ОБРАБОТКИ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ СО СЛЕДЯЩИМИ ПРИВОДАМИ

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

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

Следящие приводы применяются в металлорежущих станках при копировальной обработке и реагирует на расхождение положений копирующего органа и инструмента, стараясь устранить это расхождение. Таким образом в самом принципе следящего управления процессом копирования заложены неизбежные искажения поверхности обрабатываемого изделия. Эти искажения могут быть уменьшены путем надлежащего выбора системы управления, но полностью устранить их невозможно.

Искажение обработанной поверхности определяются статическими, кинематическими и динамическими погрешностями (ошибками) следящей системы. Статическими погрешностями мы будем называть расхождения положений копирующего органа и инструмента в неподвижном состоянии при выключенной задающей подаче. Кинематические погрешности характеризуют расхождения копирующего органа и инструмента при установившихся значениях скоростей задающей и следящей подач. Наконец, динамические погрешности возникают в переходных режимах при изменении скоростей подачи. Погрешности следящей системы определяются структурой выбранной схемы и значениями ее параметров. Первоначально рассмотрим искажения, возникающие под влиянием статических и кинематических погрешностей.

При применении копировального прибора контактного типа траектория движения инструмента, представленная на рис.1, имеет ступенчатый характер.

Величина отдельных ступеней зависит от формы профиля копира в данном месте, а также от скорости подачи и от величины инерции следящей системы.

Рассмотрим первоначально процесс движения по наклонной плоскости, схематически показанный на рис. 1, а. Движение по линии, наклонной к оси X , может происходить только при попеременном включении обеих подач. Пусть в исходный момент система занимает положение 0, представленное на рис. 1, а и включена подача вниз.

В точке 1 копировальный палец, идущий впереди инструмента, касается поверхности копира, разрывает свой контакт и подача по оси Y затормаживается. При этом считаем, что выбег системы при торможении $S_t < \delta_n$ — перемещение копировального пальца, необходимое для переключения контактов и, следовательно, процесс соприкосновения протекает аperiodически.

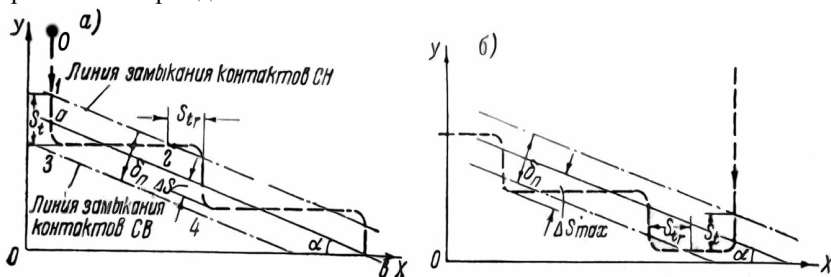


Рис. 1. Траектория инструмента при движении по наклонной плоскости:
а — вниз; б — вверх:

Спустя время t_r после соприкосновения начинается разгон системы вдоль оси X . В точке 2 контакт вновь замкнется.

Вследствие этого затормаживается подача вдоль оси X и восстанавливается подача вниз по оси Y . Траектория движения центра фрезы представляет собой ступенчатую линию с закругленными углами. Величина горизонтальной ступеньки

$$\Delta s_r = \frac{s_t}{\operatorname{tg} \alpha} + s_{tr}, \quad (1)$$

вертикальной

$$\Delta s_g = s_{tr} \operatorname{tg} \alpha + s_t, \quad (2)$$

а также расстояние между впадинами на поверхности

$$a = \sqrt{(\Delta s_r)^2 + (\Delta s_g)^2} \quad (3)$$

совершенно не зависят от величины контактных зазоров копировального прибора и полностью определяются величиной инерционных выбегов системы. Расстояние между ступеньками не превышает при точных работах на малой скорости 0,5—1 мм, а минимальный радиус фрезы обычно не меньше 5 мм, то при движении фрезы эти ступеньки будут почти полностью срезаться.

На поверхности изделия останутся только незначительные гребешки, величина которых H :

$$H = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2}, \quad (4)$$

где R — радиус закругления фрезы.

При $R=5$ мм и $a=1$ мм.

$$H = 5 - \sqrt{25 - 0,25} = 5 - 4,972 = 0,028 \text{ (мм)}$$

Максимальные отклонения контура изделия от контура копира в точках 3 и 4:

$$\Delta S_{\max} = S_t \cos \alpha - \frac{\delta_n}{2} \quad (5)$$

Процесс движения вверх по прямой, наклоненной к оси X (рис.1, б) отличается от предыдущего тем, что движение происходит благодаря попеременному включению подач вверх и влево.

Величины ступенек сохраняют в этом случае прежнее значение, но максимальная ошибка значительно увеличивается.

$$\Delta S_{\max} = S_{tr} \sin \alpha + \frac{\delta_n}{2} \quad (6)$$

Движение по вогнутой поверхности (рис.2, а) так же, как и движение по любой другой криволинейной поверхности, характеризуется непрерывным изменением величины вертикальных и горизонтальных ступенек.

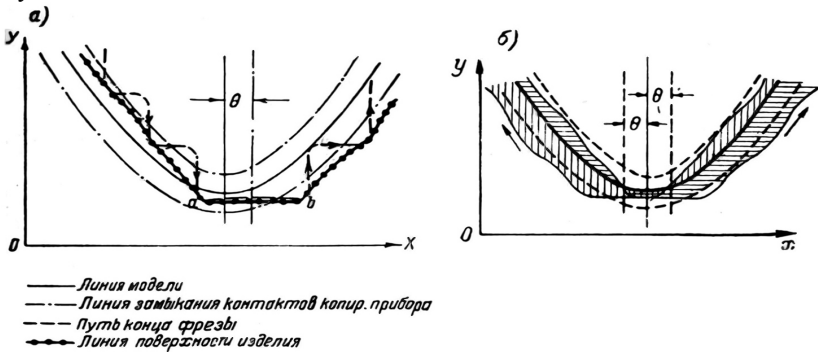


Рис. 2. Искажения вогнутой поверхности при различном направлении задающей подачи:
 а — постоянное направление; б — переменное направление.

Левая часть кривой обходится благодаря чередованию подачи вниз и подачи вправо. Обход правой части кривой производится путем сочетания подачи вверх и подачи вправо, сопровождающегося замыканием и замыканием другого контакта. В нижней части кривой

при переходе одного контакта к другому образуется горизонтальная площадка $a-b$, размеры которой зависят от расстояния между контактами. Кроме этого, по этой же причине контур поверхности изделия смещается на величину по направлению горизонтальной подачи относительно контура модели. Результирующие отклонения полученного изделия от копира при обоих направлениях обхода представлены на рис. 2, б.

Так как обработка поверхности изделий производится „построчно” с переменной направления задающей подачи при переходе с одной строчки на другую, то результирующий контур изделия охватывает все заштрихованные участки на рис.2, б и, следовательно, будет значительно полнее контура копира. Для компенсации получающихся при этом ошибок радиус копировального пальца должен быть на величину ΔS_{\max} больше радиуса фрезы. Количественное значение ΔS_{\max} зависит от скорости подачи и состояния станка. Для скорости подачи менее 200 м/мин хорошо отрегулированного станка $\Delta S_{\max} < 1$ мм.

При управлении бесконтактными копировальными приборами они должны реагировать на незначительное расхождение в положении копировального пальца и рабочего инструмента. Их применение уменьшает искажения, вызванные наличием контактного зазора. Траектории фрезы при различных направлениях задающей подачи представлены для этого случая на рис. 3.

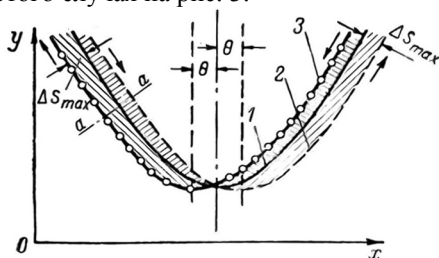


Рис. 3. Траектория инструмента при управлении бесконтактным копировальным прибором:

- 1- контур копира; 2- траектория инструмента при задающей подаче вправо;
3- траектория инструмента при задающей подаче влево

Список литературы

1. Соколов Т.Н. Дружинский И.А., Автоматическое управление процессами копирования, Машгиз.
2. Лещенко В.А. Гидравлические следящие приводы для автоматизации станков, Машгиз.

Сундуков А. С.

КОПИРОВАЛЬНЫЕ ПРИВОДЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ

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

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

Наибольшее распространение среди приводов копировальных станков получили электроприводы и гидроприводы.

Широкое использование гидроприводов в станкостроении определяется рядом их существенных преимуществ перед другими типами приводов и прежде всего возможностью получения больших усилий и мощностей при ограниченных размерах гидродвигателей. Гидроприводы обеспечивают широкий диапазон бесступенчатого регулирования скорости (при условии хорошей плавности движения), возможность работы в динамических режимах с требуемым качеством переходных процессов, защиту системы от перегрузки и точный контроль действующих усилий. С помощью гидроцилиндров удастся получить прямолинейное движение без кинематических преобразований, а также обеспечить определенное соотношение скоростей прямого и обратного ходов. Гидроприводы имеют и недостатки, которые ограничивают их использование в станкостроении. Это потери на трение и утечки, снижающие коэффициент полезного действия гидропривода и вызывающие разогрев рабочей жидкости. Необходимость применения фильтров тонкой очистки для обеспечения надежности гидроприводов усложняет техническое обслуживание [3].

Электрический привод обеспечивает удобство регулирования скорости в широком диапазоне с высокой точностью и быстродействием. Электродвигатели постоянного и переменного тока, выпускаемые промышленностью, имеют широкий ряд мощностей, моментов и скоростей. Электроприводы технологичны в изготовлении, достаточно просты и надежны в эксплуатации, но требуют сложной системы управления [2].

При больших величинах крутящего момента и больших тяговых силах рекомендуется применять гидропривод. Стоимость проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации этого привода значительно ниже, чем электрического той же мощности; первоначальная стоимость гидроагрегата в 2,5—3 раза меньше.

Быстродействие системы и ее динамическая характеристика практически оцениваются отношением наибольшего крутящего момента M_{\max} (или наибольшей тяговой силы P) к моменту инерции J ротора, т. е. вели-

чиной $\alpha = \frac{M_{\max}}{J}$. В электротехнике, как известно, существует предел

этого отношения, ограниченный величиной крутящего момента на единицу веса железа якоря электродвигателя. С увеличением мощности отношение α падает. Наибольший крутящий момент, развиваемый гидроагрегатом, ограничивается только прочностью деталей, следовательно, выбором материала.

Динамическую характеристику проектируемого гидравлического привода и его быстродействие можно улучшить уменьшением движущихся масс. Современные гидравлические приводы могут иметь весовую характеристику примерно 5,5—8 Н/кВт, что пока еще недостижимо для электрического привода. Недостаток гидравлических следящих систем — склонность к вибрациям при больших величинах подачи.

Габаритные размеры электрооборудования и электроаппаратуры определяются температурным режимом и плотностью магнитного потока; для высококачественной электротехнической стали и сплава пермендюр она не превышает 0,20—0,25 Тл, что соответствует удельной силе момента примерно $20 \cdot 10^5$ Н/м² и конструктор здесь ограничен в отношении выбора материала. При проектировании же гидроустройств конструктор может выбирать материал значительно свободнее.

Практика эксплуатации гидросистем машин вообще и станков, в частности, показывает, что наибольшая протяженность трассы давления (напорной трассы) обычно не превышает 40—50 м. Напротив, протяженность электротрассы ничем не ограничена.

В части достижения точности срабатывания возможности электро- и гидроаппаратов примерно одинаковы. В отличие от электрических копируемых следящих систем гидравлические следящие системы не требуют усилителей мощности сигналов и вследствие меньшей инерционности обладают большим быстродействием. Гидропривод позволяет регулировать скорости и давления бесступенчато по любому заданному закону, притом более простыми средствами, чем при применении электрических или электронных устройств. Точность перемещения под нагрузкой, в гидрокопируемых станках, составляет в среднем 0,01 мм.

Наладка гидросистемы после монтажа производится только по одному параметру — давлению, тогда как системы электрические, а тем более электронные требуют наладки по нескольким параметрам. Поэтому отыскать дефекты сборки и монтажа гидросистемы значительно легче [1].

Критический анализ преимуществ и недостатков приводов различного типа применительно к конкретным условиям того или иного станка позволяет обоснованно выбрать оптимальное техническое решение. Опыт показывает, что наиболее эффективно применение гидропривода в металлорежущих станках с возвратно-поступательным

движением рабочего органа, копирувальными и следящими системами; в высокоавтоматизированных многоцелевых станках типа «обрабатывающий центр», агрегатных станках и автоматических линиях.

В приводах подачи электроэрозионных станков предъявляются наивысшие требования к чувствительности и быстродействию следящей системы. Необходимость стабильного удержания электрода в рабочей зоне, которая в ряде случаев не превышает 0,01 мм, его плавного перемещения со средней скоростью до нескольких сотых долей миллиметра в минуту и практически мгновенной реакции привода на возникновение короткого замыкания требуют применения специальных электрогидравлических следящих приводов [4].

В связи с повышением требований к точности работы механизмов, машин и приборов возрастают требования к точности обработки их деталей, точности линейных перемещений узлов станка, равной нескольким микрометрам. С увеличением точности обработки ужесточаются требования к дискретности и быстродействию приводов.

Развитие сверхпрецизионного станкостроения выдвинуло новые требования к приводам подач. Они должны обеспечивать широкий диапазон подач, а также точность позиционирования в долях микрометров. При использовании электромеханических приводов эти требования удовлетворяются лишь частично (что обусловлено недостатками механизмов преобразования вращательного движения в поступательное).

В связи со сказанным для сверхпрецизионных станков целесообразно использовать современные гидроприводы обеспечивающие поступательное движение. Это обусловлено тем, что направляющие таких станков, как правило, гидростатические; поршень и шток имеют гидростатические направления. Кроме того, следящие приводы в этих станках не имеют жестких механических обратных связей, а сигналы от датчиков обратных связей поступают на электрогидравлический усилитель или шаговые преобразователи, обеспечивающие распределение жидкости по полостям цилиндра.

Основными показателями качества обработки являются точность и шероховатость обработанных деталей. Погрешности формы и взаимного расположения поверхностей обрабатываемых деталей возникают в процессе обработки из-за следующих причин: неточности и деформации станка, инструмента и приспособления; деформации обрабатываемого изделия; неравномерности припуска на обработку; неоднородности материала заготовки; недостаточной жесткости и невысокого быстродействия приводов главного движения и подач. Различные отклонения профиля продольного сечения значительной степени зависят от равномерности движения приводов. Наиболее существенной причиной неравномерного движения привода является его недостаточная динамическая жесткость

(невысокое быстродействие при возмущающем воздействии). Неравномерное движение приводов так же отрицательно сказывается и на шероховатости обработанной поверхности [2].

Так как следящая система реагирует на расхождение положений копирующего органа и инструмента, то в самом принципе следящего управления процессом копирования заложены неизбежные искажения поверхности обрабатываемого изделия. Эти искажения могут быть уменьшены путем надлежащего выбора системы управления, но полностью устранить их достаточно сложно.

Искажение обработанной поверхности определяются статическими, кинетическими и динамическими погрешностями (ошибками) следящей системы. Статические погрешности - расхождение положений копирующего органа и инструмента в неподвижном состоянии при выключенной задающей подаче. Кинетические погрешности характеризуют расхождение копирующего органа и инструмента при установившихся значениях скорости задающей и следящей подач. Наконец, динамические погрешности возникают в переходных режимах при изменении скоростей подачи. Погрешности следящей системы определяются структурой выбранной схемы и значениями ее параметров[5].

Список литературы

1. Ачеркан Н. С. Металлорежущие станки. М.: Машиностроение, 1965. 757 с.
2. Лебедев А. М. и др. Следящие электроприводы станков с ЧПУ. М.: Энергоатомиздат, 1988. 223 с.
3. Лещенко В. А. Гидравлический следящий привод. М.: Машиностроение, 1968. 555 с.
4. Свешников В. К., Усов А. А. Станочные гидроприводы. М.: Машиностроение, 1982. 460 с.
5. Соколов Т. Н., Дружинский И. А. Автоматическое управление процессами копирования на металлорежущих станках. Машгиз.: 1954. 326 с.

Информационные системы технологических машин

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

Павлова Е. В., Карпушкин С. В.

СИСТЕМА ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ВЕРТИКАЛЬНОГО ЕМКОСТНОГО АППАРАТА

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

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

В работе [3] нами представлена математическая постановка задачи выбора параметров механического перемешивающего устройства (МПУ) вертикального емкостного аппарата. К числу параметров МПУ отнесены тип мешалки, расчетной характеристикой которого является коэффициент ее гидравлического сопротивления (ζ), их число на валу МПУ (z_m), диаметр мешалок (d_m) и частота вращения вала привода (n). Необходимо выбрать стандартные значения параметров, обеспечивающие приемлемую гидродинамическую обстановку в аппарате и требуемое качество перемешивания при минимальных приведенных затратах на МПУ: амортизации стоимости мешалок и мотор-редуктора, а также стоимости электроэнергии, потребленной МПУ в течение года.

Гидродинамическая обстановка в аппарате характеризуется ограничением на значение отношения диаметров аппарата и мешалки $G_D = D/d_m$: $G_{D*} \leq G_D \leq G_D^*$, где G_{D*} , G_D^* – граничные значения G_D для мешалки выбранного типа, – ограничением на глубину воронки, образующейся при перемешивании, и уравнением равенства моментов сил, приложенных к перемешиваемой среде, см. [1,2]. Параметры качества перемешивания и вид ограничений на их изменения определяются типом перемешиваемой среды и целью перемешивания. Например, качество перемешивания взаимнорастворимых жидкостей характеризуется временем достижения

заданной степени неоднородности среды (временем гомогенизации) $\tau_r = \tau_r(\zeta, z_m, d_m, n, \eta)$, которое ограничено заданной степенью неоднородности распределения концентрации указанного вещества или температуры (η) и регламентной длительностью процесса: $\tau_r \leq \tau_{\text{зад}}$.

Алгоритм решения задачи предусматривает перебор возможных комбинаций параметров МПУ и проверку выполнения ограничений для каждой комбинации. При положительном результате проверки осуществляется подбор наиболее пригодного серийно выпускаемого мотор-редуктора. Оптимальная конструкция МПУ определяется по минимуму приведенных затрат.

Система автоматизированного выбора конструкции МПУ, реализующая предложенный алгоритм, разработана в среде Visual Basic. Структура системы представлена на рисунке 1.

Управляющий модуль системы реализует следующие функции:

- проверку корректности исходных данных и указание на ошибки;
- выбор методики расчета затрат мощности на перемешивание с учетом значения суммарного гидравлического сопротивления внутренних устройств;
- выбор методики расчета параметров качества перемешивания конкретной среды;
- проверку выполнения ограничений для различных видов перемешиваемых сред;
- управление взаимодействием расчетного блока с информационным блоком и базой данных;
- обеспечение передачи данных в блок создания итогового отчета и его вывод на экран.

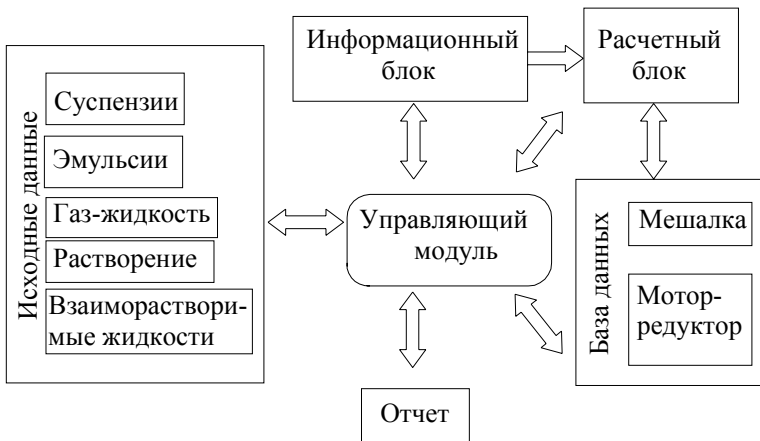


Рис. 1. Структура и состав системы

Модуль «Исходные данные» обеспечивает ввод информации об аппарате, перемешиваемой среде и требуемых условиях реализации процесса, а также, при необходимости, модификацию исходных данных: диаметр и высота заполнения аппарата средой, физические свойства и параметры перемешиваемых сред (состав, плотность, динамическая или кинематическая вязкость компонентов и т.п.), типы и геометрические размеры установленных в аппарате внутренних устройств (трубы, отражательные перегородки, змеевик и т.д.), требуемые значения параметров качества перемешивания, время работы МПУ за год.

Модуль «Расчетный блок» осуществляет:

- расчет суммарного гидравлического сопротивления внутренних устройств;
- расчет глубины центральной воронки;
- расчет мощности, затрачиваемой на перемешивание;
- расчет распределения концентрации компонентов перемешиваемой среды;
- перебор стандартных значений параметров МПУ, которые не зафиксированы пользователем;
- взаимодействие с базой данных посредством SQL-запросов;
- расчет значения критерия эффективности для конкретной конструкции МПУ.

Модуль «Информационный блок» обеспечивает пользователя и расчетный блок информацией справочного характера:

- порядок определения гидравлического сопротивления наиболее часто встречающихся внутренних устройств;
- значения необходимых для расчетов характеристик наиболее распространенных мешалок;
- формулы для расчета необходимых физических свойств веществ для случаев перемешивания мало- и высококонцентрированных суспензий, несмешиваемых жидкостей, газожидкостных систем.

Модуль «Отчет» формирует текстовый файл с подробным протоколом работы системы, который включает:

- исходные данные (как введенные пользователем, так и полученные в результате работы информационного блока);
- результаты расчета глубины воронки и мощности перемешивания;
- результаты расчета распределения концентраций компонентов перемешиваемых сред;
- допустимые конструкции МПУ, способные обеспечить требуемое качество перемешивания;
- подходящие для этих конструкций мотор-редукторы (с точки зрения обеспечения частоты вращения выходного вала, крутящего момента,

приложенного к жидкости при вращении лопастей мешалки, и мощности электродвигателя);

- конструкцию привода и тип мотор-редуктора, обеспечивающие минимум критерия эффективности.

База данных системы содержит значения характеристик серийно выпускаемых мотор-редукторов и приводов (МРВ-02, МРВ-04, МПО-1, МПО-2, МР-1, МР-2, МР-3, ПЭМ, ПЭМ 1А, ПЭМ 2). Для каждого из них в базе содержится следующая информация:

- типоразмер устройства,
- частота вращения выходного вала (в 1/мин),
- момент на выходном валу (Н·м),
- типоразмер электродвигателя,
- мощность электродвигателя (КВт),
- масса устройства с электродвигателем (кг),
- стоимость устройства (руб. в ценах 2000 г.).

Система протестирована на примерах аппаратов производств синтетических красителей и полупродуктов Тамбовского ОАО «Пигмент» и принята к эксплуатации в проектно-конструкторском отделе этого предприятия. При выборе с ее помощью конструкции МПУ для аппарата с размерами $D = 2$ м, $H = 3.5$ м, в котором осуществляется процесс репульпации пасты пигмента голубого фталоцианинового перед подачей ее на фильтрацию (концентрация твердой фазы $X_{cp} = 0.05$, средний размер ее частиц $d_{cp} = 0.000008$ м, необходимые значения параметров качества перемешивания – $X_{R3} = 0.85$, $\Delta X_3 = 0.05$) получены следующие результаты:

1) допустимые варианты конструкции МПУ найдены только для рамной мешалки: $\zeta = 1.28$, $z_m = 1$, $d_m = 1.6-1.8$ м, $n = 31.5-80$ 1/мин.

2) согласно критерию эффективности, абсолютно лучшей является конструкция МПУ с мешалкой диаметром 1.8 м при частоте ее вращения 31.5 1/мин;

3) затраты мощности на перемешивание составят 2.66 КВт, крутящий момент 812 Н·м;

4) сумма амортизации затрат на мешалки и годовой стоимости потребляемой электроэнергии составит 51.57 тыс. руб. (в ценах 2000 г.).

5) привод МПУ рассматриваемого аппарата рекомендовано укомплектовать мотор-редуктором МПО-2М-15-46,9-5,5/31.

Список литературы

1. Брагинский Л.Н., Бегачев В.И., Барабаш В.М. Перемешивание в жидких средах. – Л.: Химия, 1984. – 336 с.
2. Руководящий нормативный документ. Механические перемешивающие устройства. Метод расчета. РД 26-01-90-85. – Л.: РТП ЛенНИИхиммаша, 1985. – 257 с.
3. Павлова Е.В., Карпушкин С.В. Задача выбора оптимальных параметров механического перемешивающего устройства // Сборник статей магистрантов. Вып. 1. Часть 1. – Тамбов: ТОГУП «Тамбовполигафиздат», 2005. – С. 55-59.

Туголуков Е. Н., Егоров С. Я., Подойницын С. А.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ПАРОПРОВОДОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Егорова С. Я.

*Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

Одним из этапов проектирования новых и модернизации существующих производств химической промышленности является проектирование паропроводных систем.

Оптимальное построение паровой сети является сложной и многоплановой задачей, так как при этом должны рационально организовываться и увязываться многочисленные потоки от источников к потребителям, характеристики и графики выхода и потребления которых диктуются технологическими процессами и, как правило, не могут быть изменены. Практически на всех предприятиях химической промышленности есть потребители греющего пара, для которых перерывы в подаче пара или резкое уменьшение его подачи, а также снижение давления недопустимы. Снижение давления греющего пара или его температуры у потребителей приводит к нарушению технологических режимов и как следствие может резко снизить производительность установки или полностью остановить процесс.

Так как возможно множество вариантов проектных решений, то возникает задача нахождения оптимального варианта, при котором достигался бы минимум одного или нескольких критериев оптимальности и выполнялись все ограничения. В качестве критерия оптимальности, как правило, выступают приведенные экономические затраты. Основными составляющими экономических затрат на эксплуатацию паропроводной сети являются тепловые потери. На практике при проектировании и реконструкции паропроводов используют упрощенные методики тепловых расчетов, основанные на эмпирических зависимостях, которые не ориентированы на полномасштабное использование средств современной компьютерной техники. В практике большинства промышленных предприятий ремонт тепловой изоляции действующего оборудования и трубопроводов чаще всего осуществляется в соответствии со старыми проектами, в которые заложены устаревшие нормативные требования по тепловой изоляции. Опыт обследования промышленной теплоизоляции в натуральных условиях, накопленный институтом Теплопроект, указывает на высокие сверхнормативные потери тепла в промышленности, обусловленные как неудовлетворительным техническим состоянием теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов, так и возросшими

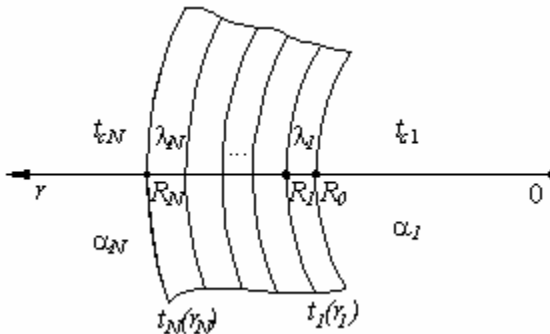
в последние годы требованиями к теплотехнической эффективности теплоизоляции.

Отличительной особенностью разрабатываемой системы расчета паропроводов является применение для тепловых расчетов методики расчета полей определяющих параметров на основе аналитических решений систем линейных дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими условиями однозначности [1]. Согласно этой методике тепловой расчет участка паропровода можно представить в виде двух задач, решаемых совместно:

1. расчет температурного поля многослойного цилиндра,
2. распределение тепла по каналу.

Температурное поле многослойного полого цилиндра

Рассмотрим стационарный случай, когда температура меняется по координате.



Общий вид уравнения теплопроводности:

$$\frac{d^2 t_i(r_i)}{d r_i^2} + \frac{1}{r} \frac{d t_i(r_i)}{d r_i} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, N; R_{i-1} \leq r_i \leq R_i; \quad (1)$$

Граничные условия:

$$\lambda_1 \frac{d t_1(R_0)}{d r_1} - \alpha_1 (t_1(R_0) - t_{c1}) = 0; \quad (2)$$

$$\lambda_N \frac{d t_N(R_N)}{d r_N} + \alpha_N (t_N(R_N) - t_{cN}) = 0; \quad (3)$$

$$t_j(R_j) = t_{j+1}(R_j); \quad \lambda_j \frac{d t_j(R_j)}{d r_j} = \lambda_{j+1} \frac{d t_{j+1}(R_j)}{d r_{j+1}}; \quad j = 1, 2, \dots, N-1. \quad (4)$$

α_i - коэффициент теплоотдачи,

λ_i - коэффициент теплопроводности.

Решение стационарной задачи (1)-(4) имеет вид:

$$t_i(r_i) = A_i + B_i \ln(r_i); \quad (5)$$

коэффициенты A_i и B_i находятся из граничных условий:

$$B_1 = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\ln(R_0) - \frac{\lambda_1}{R_0 \alpha_1} - \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \left(\ln(R_2) + \frac{\lambda_2}{R_2 \alpha_2} \right) + \lambda_1 \ln(R_1) \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)}, \quad (6)$$

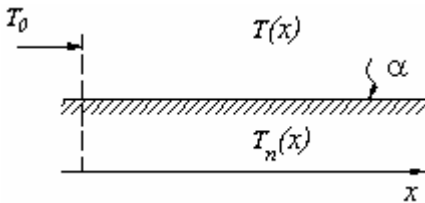
$$A_1 = t_{c1} - B_1 \left(\ln(R_0) - \frac{\lambda_1}{\alpha_1 R_0} \right), \quad (7)$$

$$B_i = \frac{\lambda_{i-1}}{\lambda_i} B_{i-1}, \quad (8)$$

$$A_i = A_{i-1} + B_{i-1} \ln(R_{i-1}) \left(1 - \frac{\lambda_{i-1}}{\lambda_i} \right). \quad (9)$$

Распределение тепла по каналу

Рассмотрим стационарный случай, когда температура меняется по координате.



$T(x)$ - температурное поле пара,

$T_n(x)$ - температура внутренней стенки трубы.

Общий вид уравнения теплопроводности:

$$\frac{dT(x)}{dx} + K \cdot T(x) = S(x) \quad (10)$$

$$K = \frac{\alpha \cdot \Pi}{G \cdot c} \quad (11)$$

$$S(x) = \frac{\alpha \cdot \Pi \cdot T_n(x)}{G \cdot c} \quad (12)$$

$\Pi = 2\pi R_0$ - периметр трубы,

G - массовый расход (кг/с),

c – теплоемкость потока.

Начальные условия:

$$T(0) = T_0 \quad (13)$$

Решение стационарной задачи (10)-(13):

$$T(x) = \exp(-Kx)(T_0 + K \cdot \int_0^x T_n(x) \cdot \exp(Kx) dx), \quad (14)$$

если рассматривать достаточно малый участок трубопровода, то можно принять: $T_n(x) = T_n = const$, тогда решение задачи (10)-(13) будет иметь

вид:

$$T(x) = T_n(T_0 - T_n) \exp(-Kx) \quad (15)$$

Решая совместно задачи (1)-(4) и (10)-(13), учитывая при этом падение давления на гидравлических сопротивлениях и теплопотери на опорах, мы можем найти температуру и давление пара в любой точке участка трубопровода, а также значения температуры и величину теплового потока на поверхности теплоизоляции.

Использование данного подхода в системе автоматизированного проектирования компоновки оборудования ХТС [2], разрабатываемой на кафедре АПТО ТГТУ позволит находить оптимальные проектные решения связанные с определением пространственного расположения тепло-трасс, расчетом их конструктивных параметров и выбором изоляции.

Список литературы

1. Туголуков Е.Н. Математическое моделирование технологического оборудования многоассортиментных химических производств. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 100с.
2. Егоров С.Я., Громов М.С., Майоров С.П. Система автоматизированного проектирования размещения оборудования и трассировки трубопроводов в производственных помещениях. – Труды ТГТУ, Тамбов, 2003. Вып 13. С. 223-227.

Сорокин М. А., Карпушкин С. В.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА И ВЫБОРА УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ МАШИН И АППАРАТОВ

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

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

Уплотнительные устройства применяют во всех отраслях техники, где возникает проблема герметизации. В числе других задач, возникающих при конструировании машины или аппарата, выделяется задача выбора наиболее подходящих уплотнительных устройств. Особую важность эта задача приобретает в химическом машиностроении, т.к. при выходе из строя уплотнений химико-технологического оборудования, работающего с агрессивными, токсичными, взрывопожароопасными веществами, может возникнуть опасность аварии и отравления персонала.

Задача выбора уплотнительного устройства для конкретного соединения конкретного аппарата поставлена в работе [1]. Алгоритм ее решения предусматривает перебор всех видов и типоразмеров стандартных устройств, подходящих для уплотнения рассматриваемого соединения, проверку выполнения ограничений для каждого из них и выбор лучшего по критерию оптимальности. Число стандартных устройств, которые могут оказаться подходящими для уплотнения соединения, не превосходит нескольких десятков, поэтому полный перебор не требует больших затрат времени.

В настоящее время разрабатывается система автоматизированного выбора и расчета уплотнительных устройств, реализующая алгоритм решения данной задачи в среде Visual Basic. Структурная схема информационной системы представлена на рис 1.

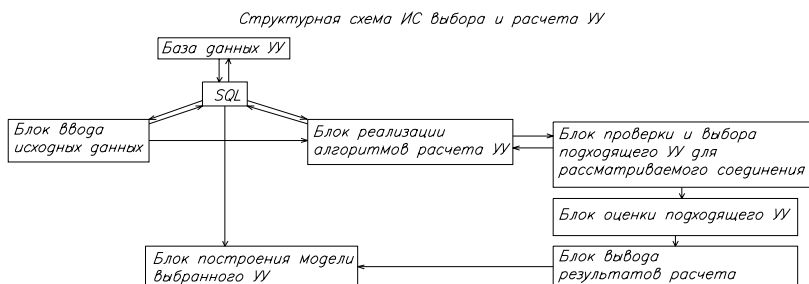


Рис. 1. Структурная схема информационной системы

Программные модули разрабатываемой системы предназначены для реализации алгоритмов расчета уплотнений различных видов, выбора подходящих для рассматриваемого соединения и их оценки по критерию оптимальности, ввода исходных данных и вывода результатов расчетов, построения трехмерной модели устройства. Создана **база данных** (рис. 2) для уплотнительных устройств, где содержится информация об областях применения, основных размерах стандартных уплотнений и режимах их функционирования.

	id_mang	id_upl	d_vala	D	h	massa	material
▶	1	Манжетное уплотнение	15	32	7	7	Резина группы 1 ГОСТ 8752-79
	2	Манжетное уплотнение	20	40	10	17	Резина группы 1 ГОСТ 8752-79
	3	Манжетное уплотнение	25	42	10	19	Резина группы 1 ГОСТ 8752-79
	4	Манжетное уплотнение	30	52	10	24	Резина группы 1 ГОСТ 8752-79
	5	Манжетное уплотнение	32	45	7	9	Резина группы 1 ГОСТ 8752-79
	6	Манжетное уплотнение	35	58	10	25	Резина группы 1 ГОСТ 8752-79
	7	Манжетное уплотнение	38	58	10	26	Резина группы 1 ГОСТ 8752-79
	8	Манжетное уплотнение	40	60	10	29	Резина группы 1 ГОСТ 8752-79
	9	Манжетное уплотнение	45	65	10	33	Резина группы 1 ГОСТ 8752-79

Рис. 2. Пример базы данных для одного из видов манжетного уплотнения

Блок ввода исходных данных. Исходными данными для решения задачи служат:

- вид уплотняемого соединения (неподвижное разъемное – УН, обратно-поступательного движения – УПС, вращательного движения – УВ);
- физико-химические параметры рабочей среды: давление p_c , температура t_c , динамическая вязкость μ_a при атмосферном давлении.
- экологические свойства среды – уровень токсичности, взрыво- пожароопасности, степень запыленности;

- геометрические параметры уплотняемого соединения (для УН – диаметр условного прохода D_y , для УПС – диаметр штока d или цилиндра D , для УВ – диаметр вала d);

- скорость перемещения деталей соединения (для УПС – линейная v для штока или поршня, для УВ – угловая ω для вала);

- требуемый класс негерметичности соединения, определяющий допускаяемую удельную утечку рабочей среды через уплотнение $Q_{\text{доп.}}$.

Блок реализации алгоритмов расчета УУ. В данном блоке реализуются алгоритмы расчета уплотнительного устройства. В этот блок из базы данных посредством SQL запроса передаются данные (конструктивные и режимные параметры) для рассматриваемого вида уплотняемого соединения, необходимые для расчета удельной утечки рабочей среды в условиях, определяемых исходными данными, и производится расчет значения величины удельной утечки среды. Для анализа текущей рассматриваемой конструкции осуществлен итеративный обмен данными с блоком проверки и выбора подходящего УУ.

Блок проверки и выбора подходящего УУ для рассматриваемого соединения. В этом блоке для данного вида уплотняемого соединения осуществляется проверка рассматриваемой конструкции уплотнения на работоспособность, проверка выполнения ограничений и связей. При неудовлетворительных результатах проверки управление передается предыдущему блоку и рассматривается следующая конструкция уплотнения. При удовлетворительных результатах проверки управление передается в блок оценки.

Блок оценки подходящего УУ. В этом блоке осуществляется расчет критерия оптимальности для текущего уплотнения. В качестве критерия оптимальности Z используются приведенные затраты на уплотнительное устройство, которые складываются из амортизации стоимости устройства, затрат на обслуживание уплотнения и затрат энергии на его эксплуатацию, т.е.: $Z=Z_1+Z_2(T_p)+Z_3(N)$, где T_p – время работы уплотнения в течение года, которое определяется режимом и календарным планом работы конкретной машины и аппарата, N – затраты энергии на эксплуатацию уплотнения (на преодоление трения, на циркуляцию охлаждающей жидкости). После расчета критерия данные о подходящем уплотнении передаются в блок вывода результатов.

Блок вывода результатов расчетов. Блок формирует список подходящих конструкций уплотнений и соответствующих значений критерия оптимальности с указанием наиболее предпочтительной конструкции, которой отвечает минимальное значение критерия.

Блок построения модели выбранного УУ. Работа данного блока предполагает построение выбранной конструкции уплотнительного уст-

ройства в 3D виде путем передачи основных геометрических характеристик параметрической модели данного уплотнения.

Список литературы

1. Сорокин М.А., Карпушкин С.В. Автоматизированный расчет и выбор уплотнительных устройств машин и аппаратов // Сборник статей магистрантов по материалам научной конференции 15-17 февраля 2005 года. Выпуск 1, Часть 1. – Тамбов: ТОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2005. – 144 с.

Машины и агрегаты пищевой промышленности

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

Акифьева Ю. А., Желябовский С. В., Смолихин А. В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

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

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

В настоящей работе рассматриваются вопросы применения энерго-ресурсосберегающего потенциала основного отхода биотехнологического производства спирта – мелассной послеспиртовой барды (МПСБ) – как сырья для производства экономически значимой продукции. Такой подход является инновационным, поскольку традиционно ставится задача только утилизации МПСБ, без использования ее ценных веществ (моносахара и прочие углеводы) [1]. Современные методы утилизации жидких органических отходов бродильных производств можно условно разделить на несколько групп, в зависимости от способа воздействия (рис.1).

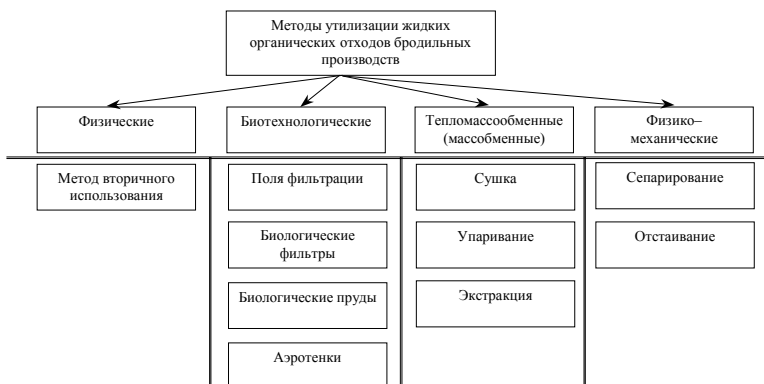


Рис. 1. Классификация методы утилизации жидких органических отходов бродильных производств

В отдельную группу методов традиционно выделяются различные комбинации методов (обезвоживание с последующим компостированием, упаривание и консервирование и др.) [4].

Основным недостатком практически всех применяемых на практике методов является, с одной стороны, их затратность, а с другой – необходимость утилизировать продукты, полученные в результате применения какого-либо метода.

Становится очевидным, что решение проблемы утилизации заключается в использовании комплексных химико-биотехнологические процессов переработки и утилизации МПСБ. Необходимость разработки таких процессов вызвана прежде всего соображениями охраны окружающей среды путем создания малоотходного (в идеале – безотходного) энерго- и ресурсосберегающего производства. Аналогичные процессы известны, однако их существенным недостатком является высокая концентрация органических веществ в стоках, достигающая 52000 мг O_2/l по ХПК и 27000 мг O_2/l по БПК₅. Сточные воды с таких концентраций не могут быть направлены на очистные сооружения без предварительного разбавления [2].

Радикальным способом, позволяющим решить указанные проблемы, является совмещение химико-технологического процесса производства этанола с биохимическим процессом очистки стоков при использовании бактерий, например рода *Pseudomonas*, которые обеспечивают большую степень конверсии органических веществ данных стоков. Однако и этот способ не лишен недостатков. Основным из них можно считать высокие капитальные затраты на организацию совмещенного производства и, как следствие, необходимость поиска инвесторов, что в принципе неосуществимо в пределах Тамбовской области.

Таким образом, цель работы можно сформулировать так: требуется осуществить переработку послеспиртовой мелассной барды с получением целевых продуктов, пригодных для использования в промышленности и сельском хозяйстве и имеющих твердый потребительский спрос.

В связи с этим, сформулируем ограничения, накладываемые на проектируемые процессы переработки:

- целевые продукты должны быть получены по возможности с применением веществ, используемых в спиртовом производстве и иметь невысокую себестоимость [3];
- целевые продукты должны быть безвредными (безопасными) для человека, животных, почвы;
- используемые при производстве целевых продуктов исходные вещества должны быть достаточно широко распространенными в народном хозяйстве и иметь малую стоимость.

Общие направления переработки мелассной барды с получением целевых продуктов с учетом приведенных ограничений представлены на рис. 2.

Исследования, проведенные на кафедре "Технологическое оборудование и пищевые технологии" ТГТУ, позволили выработать рекомендации по организации технологических процессов по 1, 3 и 4 вариантам переработки (рис. 2) мелассной послеспиртовой барды. В настоящее время проводится работа по комплексному внедрению предложенных технологических процессов в условиях ОАО "Биохим" (г. Рассказово) и проработка остальных вариантов.



Рис. 2. Ресурсосберегающий потенциал мелассной барды как сырья для производства различных продуктов

На наш взгляд наиболее перспективным методом утилизации МПСБ является вермикультивирование (вариант 4 на рис. 2). Вермикультивирование позволяет не только полностью переработать жидкие органические отходы бродильных производств, но получать экономические значимые для региона продукты, такие, как органическое, экологически чистое, сбалансированное по всем элементам питания для растений удобрение в жидком или дисперсном виде; стимуляторы роста и средства защиты растений; лекарственные препараты для растений; животный кормовой белок в виде биомассы вермикультуры.

Список литературы

1. Разработка теоретических основ расчета и конструирования энерго- и ресурсосберегающего оборудования многоассортиментных химических и микробиологических производств / Дворецкий С.И., Долгунин В.Н., Зюзина О.В. и др.// Сб. научн. Трудов ТГТУ. Ч. 1.- Тамбов: ТГТУ, 1998.- С. 14-27.
2. Зюзина О.В., Грачева И.М., Арзамасцев А.А. Основы биотехнологии и промышленной экологии. - Тамбов. - ТИХМ.- 1990.- 89 с.
3. Технология спирта / В.Л. Яровенко, В.А. Маринченко, В.А. Смирнов и др.; Под ред. проф. В.Л. Яровенко.– М.: Колос, "Колос–Пресс", 2002.
4. Кухаренко А.А., Винаров А.Ю. Безотходная биотехнология этилового спирта. М.: Энергоатомиздат, 2001, 272 с.

Желябовский С. В., Акифьева Ю. А., Смолихин А. В.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЕРМИКУЛЬТИВИРОВАНИЯ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГУМУСА И ВЕРМИКУЛЬТУРЫ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Иванова О. О.

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

В настоящее время очень остро стоит проблема утилизации жидких органических отходов бродительных производств. Эта проблема состоит в том, что например, при производстве спирта соотношение готового продукта и органических отходов (послеспиртовой барды) концентрация твёрдой фазы, которых очень мала, составляет 1:(10...15) м³. Существует некоторые способов утилизации барды, к ним относятся сушка, в результате которой получают гранулы и сухой корм для скота, но этот метод очень трудоёмок, энергоёмок и требует больших экономических затрат. Применяются так же поля фильтрации, но этот метод экологически не безопасен, потому что впитываясь в землю часть отходов попадает в водоёмы и грунтовые воды, а на поверхности происходит разложение барды. Сейчас очень широко изучается и вводится в производство метод вермикультивирования.

Суть метода заключается в выращивании кольчатого червя *Esenia foetida* (Владимирский гибрид Старателя), в результате жизнедеятельности которых органические отходы перерабатываются в экологически чистое удобрение «биогурус», за счёт того, что вместе с копролитами черви выделяют большое количество собственной микрофлоры содержащей аминокислоты, ферменты, витамины и другие биологически активные вещества которые подавляют болезнетворную микрофлору. При этом органическая масса теряет запах, обеззараживается и приобретает гранулярную форму [1].

Способ круглогодичного полевого культивирования включает подготовку субстрата, подготовку летних вермибуртов которые затем трансформируются в зимние с аэраторами, затем формируют торфонавозные ленты и производят заселение червями. Недостаток метода состоит во первых в трудоёмкой подготовке гряд, энергетических затратах связанных с постоянной подачей воздуха в аэраторы в зимнее время, и опасности того, что при небольшом сбое в работе персонала и оборудования возможна гибель популяции. В настоящее время этот способ применяется на практике в отличие от зимнего способа вермикультивирования [2].

Перейдём к рассмотрению устройств для выращивания червей. В основном устройство Рис.1 состоит из ёмкостей расположенных в траншее, ёмкости снабжены полами перфорированными перегородками, которые могут перемещаться вертикально, также дно и боковые стенки выполнены из сетчатых лент, снабжённых приводами, оси барабанов соединены между собой при помощи конических передач. Над верхним основанием ёмкости под определённым углом наклона расположена полая планка, которая снабжена механизмами для её перемещения.

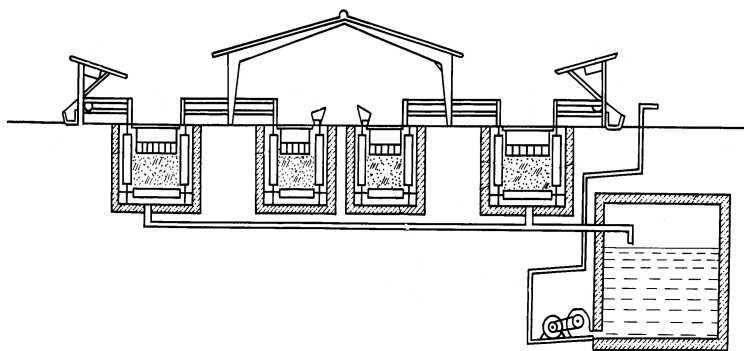


Рис. 1. Установка для выращивания дождевых червей

Недостатком является то, что способ периодической работы, требует большой металлоёмкости и подверженность ёмкостей действию земляной коррозии[1]. Ещё одной установкой данного типа является установка для выращивания червей И.И.Сташевского, но патент на это устройство прекратил своё действие.

Наиболее эффективной является установка для промышленного разведения дождевых червей. Она содержит емкости для червей, средства загрузки и разгрузки субстрата, оросительную и обогревательную систему. Эта установка отличается тем, что ёмкость для разведения червей выполнена по меньшей мере в виде одного тоннеля, заглубленного в грунт под кровлю и установленного на поверхности имеющей уклон $1-15^{\circ}$ к горизонту, верхний торец которого оборудован бункером для загрузки субстрата и стартовой дозы червей, а на нижнем торце тоннеля имеется устройство для отделения червей и выдачи биогумуса, а для перемещения субстрата тоннель снабжён поддонами, имеющими тяговые элементы, соединенные между собой быстроразъёмными соединениями. Также по периметру тоннеля закреплены рыхлители, которые рыхлят элементы субстрата. Под поддонами установлены направляющие, по

которым подаётся воздух, там же смонтирован теплообменник. Устройство для отделения червей выполнено в виде источника энергии создания дискомфортных условий для червей (механические колебания субстрата, электромагнитные волны, электростатическое поле). Преимущество этой установки в том, что она имеет запасные бункера для субстрата смонтированные под кровлей на определенной высоте для дополнительного питания червей и площадку находящуюся над тоннелями предназначенную для биохимического превращения смеси навоза, растительных остатков и компонентов нейтрализации среды в субстрат. Недостатком является большая металлоёмкость и трудоемкость выполняемых работ, возможность коррозионного разрушения и энергоёмкость, связанная с наличием теплообменников и др.

Уделим небольшое внимание устройству для отделения биогуруса от червей. Устройство содержит станину, на которой крепится приёмный лоток биогуруса, приёмный лоток червей, привод, на валу которого крепится диск. С помощью болтов к диску прикреплено кольцо с образованием зазора для вывода червей в приёмный лоток. К диску прикреплена просеивающая поверхность которая выполнена из трёх винтообразных изогнутых полос-сит, соединенных между собой с образованием винтообразной поверхности двоякой кривизны. Привод снабжён электродвигателем и ременной передачей.

Рассмотрим способ производства биогуруса Рис.2 и устройство для его осуществления. Способ включает в себя подготовку лотка, укладку субстрата органического состава в гряды, высадку в субстрат популяции червей. Формирование гряд осуществляется продольным распределением свежей подкормки и неспрессованного субстрата органического (барды) с правой стороны основной гряды, обеспечивающего лучшую аэрацию и увлажнение среды обитания червей. Готовый биогурус убирают, а на его место распределяют свежую подкормку, тем самым обеспечивая непрерывность процесса. Устройство содержит размещенные на самоходной тележке бункер с мешалкой и рабочий орган для распределения субстрата. Рабочий орган выполнен в виде транспортёра-распределителя на передвижной платформе, которая установлена на направляющих с возможностью возвратно-поступательного движения для продольного распределения субстрата. На обоих концах транспортёра установлены формообразующие элементы, выполненные в виде двух металлических щитов, края нижних частей которых имеют загиб с углом α от 35 до 40° , обеспечивающий скольжение по гряде. На направляющих транспортёра с обеих сторон закреплены катки с зубьями для разравнивания и разрыхления верхних слоев гряд.

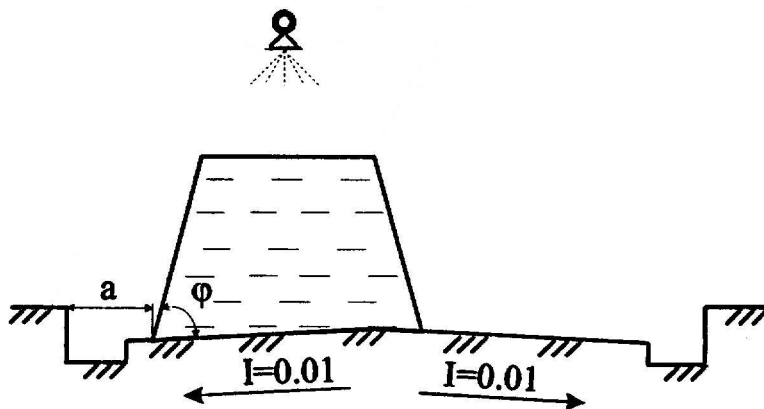


Рис 2. Способ получения биогумуса

Научно доказано, что для успешного выведения червей вида «*Esenia foetida*» необходимо чтобы перерабатываемый субстрат отвечал условиям: влажность 75-83%, pH от 6.5 до 8, ПДК аммиака 0.5 мг/кг, ПДК углекислоты 6%, кислорода не менее 15%. При благоприятных условиях маточная культура даёт ежемесячно до 2 кг (50000 особей) молодых червей с 1 кв.метра площади[3]. Для более успешного достижения всего этого существует способ определения жизнеспособности коконов червей. Изобретение относится к биотехнологии. Коконы помещают в раствор ТТХ концентрацией 8-12г/л. Инкубируют в термостате при температуре 37-40⁰С в течение 55-60 мин. Степень жизнеспособности коконов оценивают визуально по наличию и интенсивности красной окраски таковых. Изобретение позволяет уменьшить длительность и повысить точность определения жизнеспособности коконов червей.

Список литературы

1. Статья «Дождевые черви и производство биогумуса», <http://www.xarhive.ru>.
2. База данных по патентам изобретений и товаров, <http://www.fips.ru>

АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Иванова О. О.

ГТУ, Кафедра «ТОиПТ»

В настоящее время остро стоит проблема утилизации жидких органических отходов бродильных производств[1]. Проблема заключается в том, что в производствах данного на каждый кубометр целевого продукта приходится 10 – 15 м³ жидких отходов, которые содержат очень малую концентрацию твёрдой фазы. Утилизация такого рода и количества отходов является трудоёмким, энергоёмким и не экономичным процессом, который представляет собой сушку и гранулирование жидких органических отходов, в частности послеспиртовой барды. Поэтому для повышения экономичности процесса утилизации барды была предложена её переработка с получением биогаза[2], как одного из перспективных альтернативных источников энергии. Биогаз – это смесь метана и углекислого газа (75%-метан, 25%-СО₂), образующаяся в процессе анаэробного сбраживания в специальных реакторах, устроенных и управляемых таким образом, чтобы обеспечить максимальное выделение биогаза. Основными проблемами получения биогаза являются сложность организации самого процесса, его аппаратного оформления.

Получение биогаза, возможное в установках самых разных масштабов (рис.1), особенно эффективно на агропромышленных комплексах, где существует возможность полного экологического цикла.

Установки получения биогаза



Рис. 1. Классификация установок для получения биогаза

Понятно, что детали технического устройства таких систем могут сильно различаться - от простейшей бродильной ямы в грунте с фиксированным объёмом газа до подземных или полуподземных баков с металлическим или резиновым накопителем газа с изменяющимся объёмом. Эти установки могут работать в режиме полного перемешивания, полно-

го вытеснения, в режиме контактных процессов, как анаэробные фильтры или реакторы с псевдооживленным слоем. Конструкция таких устройств определяется типом перерабатываемого сырья. Задача заключается в том, чтобы не допустить потери микроорганизмов при работе системы.

В развитых странах используется множество разнообразных установок[3]. Это определяется конкретной задачей - очисткой стоков или же достижением нужного качества газа. Среди них есть и небольшие реакторы и крупные установки с приспособлениями для очистки газа, электрогенераторами, компрессорами и очистителями воды. Иногда их строят в составе одного комплекса с другими крупными объектами: канализационными станциями, сахарными и спиртовыми заводами, животноводческими фермами и молокозаводами.

Установка для производства биогаза (рис. 2) имеет две камеры: внутреннюю камеру аэробной обработки, служащую источником тепла для подогрева сброживаемой биомассы, и внешнюю камеру анаэробного сброживания. 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.

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

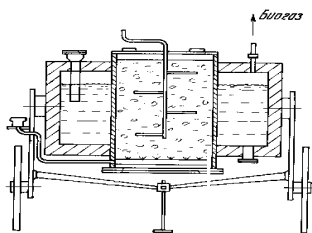


Рис. 2. Установка для производства биогаза

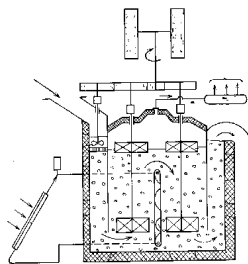


Рис. 3. Биогазовая установка

Анаэробный биореактор для переработки жидких отходов (рис. 3) 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. 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.

Биогазовая установка (рис. 4) 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. Высокие энергозатраты, металлоёмкость и дороговизна конструкции ограничивают её применение.

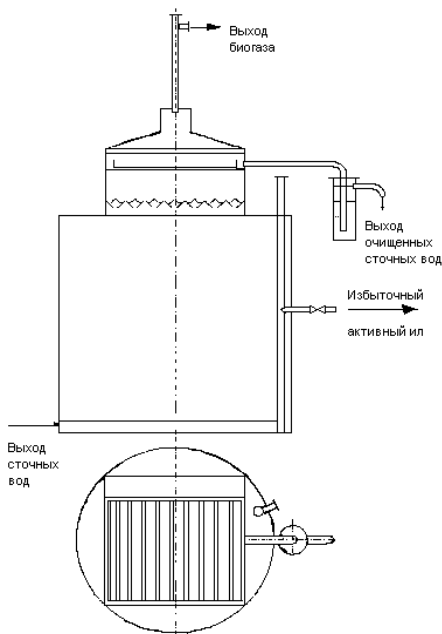


Рис. 4. Анаэробный биореактор для очистки сточных вод

Биогазовая установка (рис. 4) 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. Высокие энергозатраты, металлоёмкость и дороговизна конструкции ограничивают её применение.

Таким образом, анализ приведённых конструкций показывает, что проблема разработки новых технологий и оборудования для производства биогаза является актуальной, т.к. рассмотренные выше технологии сложны с организационной точки зрения, оборудование материалоемкое, условия проведения процесса не обеспечивают максимально возможное использование сырья и выход продукта. Чтобы получить наибольший объёмный выход продукции скорость подачи субстрата должна быть возможно большей, а это в свою очередь связано с поддержанием высокой концентрации жизнеспособных бактерий. Так как метанобразующие бактерии имеют низкую скорость роста, важно технологическими методами обеспечить их высокую концентрацию в биореакторе. Один из таких методов – иммобилизация клеток на поверхности носителей. Установлено[2], что метаногены любят адгезировать на поверхностях, поэтому в реактор можно помещать специальные иммобилизирующие средства (щётки, гранулы и т.д.). На пример, на щётках из капроновых волокон уже через 2-3 недели ферментации накапливается в 2-3 раза больше метаногенов, чем в жидкости.

Список литературы

1. Биотехнология М.Е.Бекер, Т.К. Лиепиньш – М Агропромиздат 1990-335с
2. Биотехнология: Учеб. пособие для вузов в 8-ми кн./Под ред. Н.С. Егорова В.Д.Самуилова – М: Высш. Школа 1987
3. БД по патентам изобретений и товаров <http://WWW.Fips.ru> Москва.2005

Лапин Е. Д., Белоусов В. В., Юрина О. А.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Иванова О. О.

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

Особенностью современной биотехнологии, процессы которой протекают с высокими скоростями, при различных температурных режимах в многофазных системах является их большая сложность, обусловливаемая нелинейностью, большим числом переменных, определяющих течение процессов, внутренних связей между переменными и их взаимным влиянием. В результате, объем перерабатываемой информации при расчетах достаточно велик, и для того, чтобы воспринять и проанализировать эту информацию, мы вынуждены уменьшать этот объем и тем самым ограничивать количество возможностей, между которыми делается выбор. Это достигается познанием процесса через модели, которые отражают важные стороны явлений изучаемого процесса [1].

С учетом тех конкретных задач, которые ставятся перед исследователем, а также специфики моделируемого объекта различают три типа математических моделей: поисковую, портретную и исследовательскую.

Поисковая модель строится в том случае, когда исследователь, не располагая сведениями о механизме наблюдаемого явления, имеет лишь информацию о реакции системы (черного ящика) на возмущающие воздействия. Недостатком данного типа модели является возможность ошибочного суждения о справедливости выдвинутой при моделировании гипотезы или механизме изучаемого явления.

Портретная (копирующая) модель строится в тех случаях, когда механизм изучаемого явления хотя и известен, но постановка эксперимента затруднительна. Оценка адекватности такой модели проблематична.

Исследовательская модель служит для установления и описания особенностей моделируемого объекта, прогнозирования результатов, оптимизации, выяснения роли возмущающих воздействий [2].

Математические модели, часто используемые при описании биотехнологических процессов, рассмотрены ниже.

Большое разнообразие видов источников сырья обуславливает различные технологические процессы его подготовки для культивирования микроорганизмов. Описание процесса ферментативного гидролиза представляет собой сложную задачу в связи с тем, что исходное сырье является полисубстратной системой. Согласно схеме на рис. 1 исходное сырье

может быть представлено как полисубстратный комплекс, состоящий из молекул крахмала и декстринов Z , характеризующихся определенным количеством α – связей Z_1 . Под действием фермента α – амилазы и происходит образование молекул глюкозы S и предельных декстринов Z_D . Константы скоростей реакций составляют: K_1 – для реакции превращения $Z_1 \rightarrow Z_2$; K_2 – для реакции $Z \rightarrow S$, катализируемой γ – амилазой, K_3 – для ингибирования продуктом реакции.

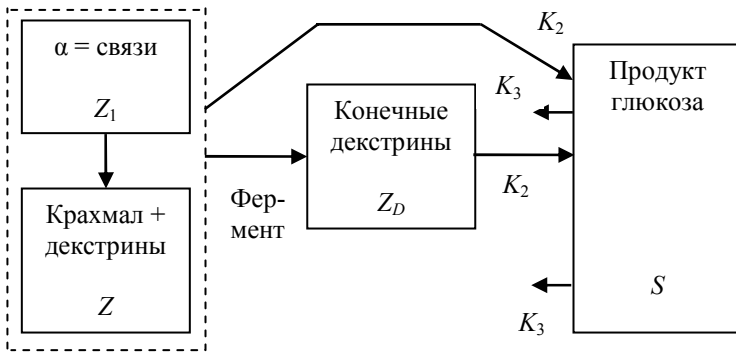


Рис. 1. Упрощенная структурная схема кинетики процесса гидролиза углеводного субстрата

Система уравнений, описывающая скорость изменения количеств указанных в схеме веществ, имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dZ_1}{dt} &= -K_1 Z_1 \\ \frac{dZ}{dt} &= -\frac{dZ_1}{dt} - m_1 \int Z_1 dt - b_1 \int S dt \\ \frac{dZ_D}{dt} &= m_2 \int Z_1 dt - b_2 \int S dt - K_2 Z_D \\ \frac{dS}{dt} &= K_2 (Z + Z_D) - K_3 S \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где m_1 – число α – связей в молекуле субстрата Z_1 ; b – среднее число глюкозных единиц в Z_1 .

Сравнение представленной модели (1) с экспериментальными данными показало удовлетворительное совпадение [4].

В настоящее время известно большое число математических моделей кинетики роста микробных популяций, рассмотренных в обзорных работах. В связи с этим при описании конкретного микробиологического

процесса важное значение приобретает задача идентификации различных моделей и постановка специальных дискриминирующих экспериментов.

В табл. 1 представлены кинетические модели, наиболее широко применяемые в практических задачах расчета процесса культивирования микроорганизмов.

Т а б л и ц а 1

**Кинетические модели на основе
обобщенных схем ферментативных реакций**

Схема реакции	Кинетическая зависимость	Примечания
Взаимодействие субстрата S и фермента E	$\mu = \frac{K_P[E][S]}{K_{-S} + K_P + [S]} =$ $= \frac{W[S]}{K_S + \frac{K_P}{K_S} + [S]}$	$W = [E]K_P$ $[ES]$ - фермент - субстратный комплекс
Конкурентное ингибирование	$\mu = \mu_m \frac{S'}{K_S + S}$	P - продукт реакции I - ингибитор реакции (продукт метаболизма)
Общая схема взаимодействия субстрата, фермента и ингибитора	$\mu = \mu_m \frac{S}{K_S + S + KI}$	K_S, K_P, K_{P_2} - кинетические коэффициенты
	$\mu = \mu_m \frac{S}{K_S + S + K_P(S_0 - S) + K_{P_2}S(S_0 - S)}$	При малых K_{P_2} - конкурентное ингибирование (а)
	$(a) \mu_S = \mu_m \frac{S}{K_S + S + K_z(S_0 - S)};$ $(б) \mu_S = \mu_m \frac{S}{K_S + S} \cdot \frac{1/K_{P_2}}{1/K_{P_2} + S_0 - S}$	При $K_S = K_P/K_z$ - неконкурентное торможение (б)
	$(в) \mu_S = \mu_m \frac{S}{K_S + S + K_P S(S_0 - S)}$	При малых K_z - соединение ингибитора с ферментным комплексом (в)

Особенности массообменных эффектов в биотехнологических системах связаны с процессами ферментации, когда одновременно с ростом и развитием популяции микроорганизмов осуществляется перенос массы (транспорт питательных веществ и продуктов метаболизма) и энергии

(поглощение и выделение тепла при биохимических превращениях в многофазной системе).

В общем случае для i -го компонента питательной среды справедливо балансовое уравнение, определяющее условия транспорта и потребления веществ в объеме V

$$\frac{dC_i}{dt} = vC_0 - R(C)V - vC \quad (2)$$

Еще недостаточно имеется надежных адекватных математических моделей процессов и аппаратов биохимических производств. Работы в этом направлении ведутся во многих научно – исследовательских институтах, идет интенсивное накопление данных по математическим моделям, разработке обобщенных зависимостей для кинетических коэффициентов и т.п.

Список литературы

1. Дворецкий С.И., Егоров А.Ф., Дворецкий Д.С. Компьютерное моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования: Учеб. пособие, Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003, 224 с.
2. Васильев Н.Н. и др. Моделирование процессов микробиологического синтеза”. М., Лесная промышленность, 1975, 341 с.
3. Кафаров В.В. и др. Моделирование и системный анализ биохимических производств / В.В. Кафаров, А.Ю. Винаров, Л.С. Гордеев – М.: Лесная промышленность, 1985, 280 с.
4. Яровенко В.Л., Равинский Л.А. Моделирование и оптимизация микробиологических процессов спиртового производства. М., Пищевая промышленность, 1978, 247 с.

Смолихин А. В., Желябовский С. В., Акифьева Ю. А.

УТИЛИЗАЦИЯ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Иванова О. О.

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

Важнейшей проблемой спиртовой промышленности является утилизация жидких отходов, в частности послеспиртовой барды. При производстве 1 дал спирта из мелассы получается 12-13 дал мелассной послеспиртовой барды (МПСБ). Даже на заводе малой мощности (1000 дал спирта в сутки) выход барды составляет 130 м³. Барду до недавнего времени скармливали в откормочных хозяйствах, расположенных вблизи спиртовых заводов, куда она подавалась по трубопроводам в горячем состоянии. Для скармливания такого количества барды необходимо иметь на откорме 2000 голов скота. В настоящее время хозяйств такого уровня практически не осталось.

Отсутствие очистных сооружений должного уровня приводит к тому, что отходы выбрасываются в окружающую среду, усиливая экологическую напряженность регионов. В связи с этим, решение проблемы утилизации отходов спиртовых и пивоваренных заводов носит комплексный характер – технологический, экологический, ресурсосберегающий.

В настоящее время на предприятиях отрасли используются следующие способы утилизации барды: сушка, консервирование, силосование.

Одним из распространенных способов консервирования барды является сушка. Однако при нагреве необходимо ограничивать температуру до 60⁰С, так как при более высокой температуре барда приобретает темный цвет и неприятный запах. Также основной недостаток сушки – высокие энергетические затраты. Как показывает практика, сухую барду можно брикетировать или добавлять в комбикорма. Недостатком брикетирования является то, что при отжиме с водой теряются растворенные в воде питательные вещества, аминокислоты, минеральные элементы [1].

При консервировании барды необходимо создать благоприятные условия для развития молочнокислых бактерий. При наличии в барде более 2,5% молочной кислоты жизнедеятельность укусно- и маслянокислых бактерий прекращается. Это послужило основанием использовать для консервирования барды культурные молочнокислые бактерии.

Для снижения влаги барду силосуют в смеси с ржаной мякиной, кормовой свеклой, мелассой (при соотношении: 3-4 тонны барды на 1 тонну грубого корма). Масса загружается послойно: сначала слой выровненных

ненных грубых кормов, затем горячая или теплая барда; смесь перемешивается и утрамбовывается. При силосовании барды с мякиной предъявляются высокие требования к трамбовке, поскольку в силосе содержится большое количество воздуха, что приводит к его порче [2].

ЗАО Биоконкомплекс предлагает комплексное решение по переработке жидкой пивной дробины и спиртовой барды основанное на её сепарировании и сушке [3]. Основой предлагаемого решения является применение шнекового пресссепаратора (рис. 1), который признан лучшим из доступных сегодня технологий для выполнения задачи по разделению жидкой дробины или барды на фракции. Это единственное оборудование для переработки дробины и барды, эффективно отделяющее твёрдые составляющие, которые получаются достаточно сухими (с них не капает), а концентрация сухих веществ составляет около 40%.

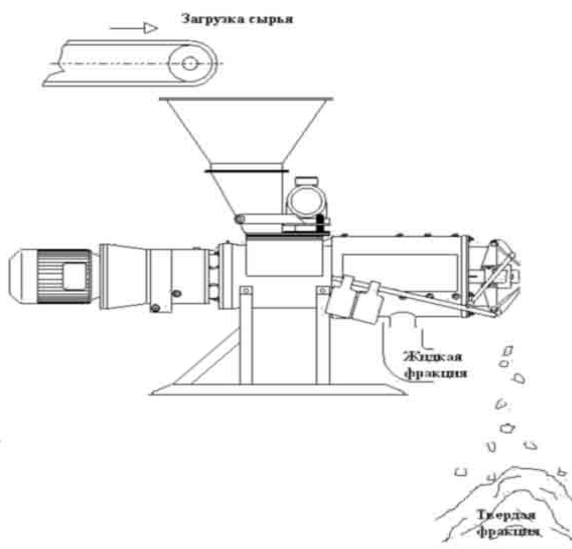


Рис. 1. Шнековый пресс-сепаратор

За последние десять лет на территории стран входящих в СНГ, резко возрос интерес к вермикультивированию (разведение червей и переработка различных органических отходов в удобрение биогумус) [4].

Учитывая все выше перечисленное можно предложить следующую принципиальную схему организации производства биогумуса (рисунок 2). Подготовленное органическое сырье (в нашем случае отходы бродильных производств), а затем и черви добавляются в ложе, затем все это

накрывается любой мульчей (солома, опилки или измельченный картон). Потом в течение определенного периода времени ложе при необходимости поливается водой для поддержания влажности и температуры. На следующем этапе извлекают сырой биогумус, затем его отделяют от червей и просушивают, а для того, чтобы довести его до товарного вида, просеивают и расфасовывают в мешки, затем реализуют.

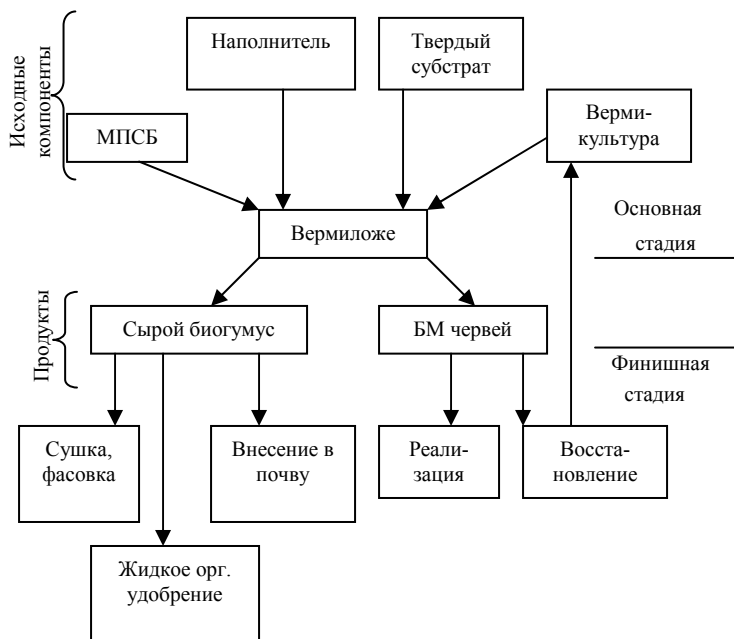


Рис. 2. Схема организации процесса утилизации МПСБ с использованием вермикюльтивирования

Список литературы

1. Э.Ш. Манеева, А.В. Куприянов, В.П. Попов, В.Л. Касперович. Комплексное решение проблем производства высококачественного этилового спирта и утилизации послеспиртовой барды// Техника и технологии пищевых производств, 2000, №2.-с.122-125.
2. Бернштейн А.Ф., Сиволап И.К. Комплексное использование барды спиртовых заводов. - Москва. ; 1982.- 100 с.
3. Биоконкомплекс. Переработка и утилизация отходов. <http://www.biokompleks.ru>. 2005 г.
4. Vermihaus. <http://www.vermyk.narod.ru>. 2005 г.

Карев В. И., Юрина О. А.

К РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА НА ОСНОВЕ МЕЛАССНОЙ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Иванова О. О.

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

Интерес к использованию биогаза, как одного из перспективных альтернативных источников энергии, в последние годы не только не убывает, но и продолжает возрастать. Направления использования биогаза обширны – от непосредственного сжигания в тепловых установках различной производительности до совместной выработки тепловой и электрической энергии или подпитки биогазом сетей природного газа. [4] В связи с этим работы по исследованию процесса образования, разработке решений по утилизации биогаза чрезвычайно важны.

Исследование процессов образования биогаза требует проведения многочисленных экспериментов, что в свою очередь требует больших материальных затрат и времени. В данной области удобным способом исследования является математическое моделирование.

Модель кинетики процесса ферментации должна отражать закономерности изменения скорости роста микроорганизмов и биосинтеза целевого продукта метаболизма в зависимости от текущих концентраций субстрата, биомассы, продуктов метаболизма, температуры и pH.[3]

В общем виде модель можно представить как систему из n дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dc_1}{dt} = f(c_1 \dots c_2) \\ \dots \dots \dots \\ \frac{dc_n}{dt} = f(c_1 \dots c_n) \end{array} \right.$$

где $c_1(t), \dots, c_n(t)$ – неизвестные функции времени, описывающие переменные системы (например концентрации веществ); $\frac{dc_i}{dt}$ – скорости изменения этих переменных; f – функция, зависящая от внешних и внутренних параметров системы. [1] Наиболее часто в качестве такой функции используется удельная скорость роста микроорганизмов. [5]

Из всего вышесказанного следует, что построение модели можно свести к определению зависимости скорости роста микроорганизмов от внешних и внутренних параметров системы.

В силу сложности процессов в экологической системе необходимо выделить главные факторы, взаимодействие которых качественно определяет судьбу системы. Фактически все модели, включающие описание роста популяций или сообществ, основываются либо на "принципе лимитирующих факторов" либо на "законе совокупного действия факторов". Наиболее часто в качестве лимитирующего фактора выбирается концентрация субстрата. [5]

Из всех субстратзависимых моделей наиболее часто используется модель Моно:

$$\mu = \frac{\mu_m \cdot S}{K_S + S}$$

Согласно этой модели скорость роста растет пропорционально концентрации субстрата, а при избытке субстрата выходит на постоянную величину (рис. 1), однако довольно часто повышенные концентрации субстрата оказывают ингибирующее действие [2].

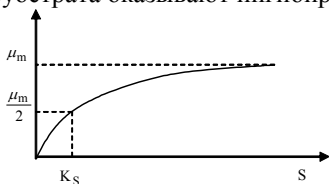


Рис.1. Зависимость удельной скорости роста от концентрации субстрата по модели Моно

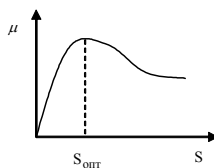


Рис.2. Зависимость $\mu(S)$ с ингибированием повышенными концентрациями субстрата по модели Андрюса

Ингибирование повышенными концентрациями субстрата учитывает модель Андрюса:

$$\mu = \frac{\mu_m \cdot S}{K_S + S + S^2/K_i}$$

Это уравнение отличается от уравнения Моно наличием в знаменателе квадратичного члена S^2 с новым кинетическим параметром K_i .

Из рис. 2 видно, что зависимость $\mu(S)$ по Андрюсу имеет явный экстремум. Следует отметить, что ингибирующее действие может оказывать так же продукт метаболизма. Зависимость удельной скорости роста

от концентрации продуктов метаболизма описывается уравнением Иерусалимского:

$$\mu = \frac{\mu_m \cdot P}{K_p + P},$$

где K_p – константа ингибирования.

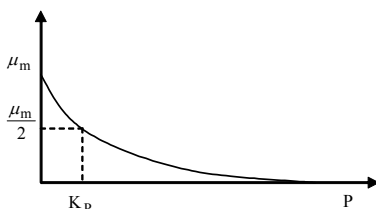


Рис.3. Зависимость $\mu(P)$ по модели Иерусалимского

До сих пор рассматривались кинетические уравнения, в которых на скорость роста влиял только один фактор, но в реальности часто на процесс влияет не один, а несколько факторов. Чаще всего приходится учитывать влияние нескольких субстратов.

Такие уравнения бывают четырех основных типов:

1. Мультипликативные уравнения.
2. Аддитивные уравнения.
3. Альтернативные уравнения.
4. Уравнения с неразделяющимися переменными.

Из перечисленного наиболее часто встречающимися являются мультипликативные уравнения.

Мультипликативные уравнения – функция является произведением однофакторных зависимостей:

$$\mu = f_1(S_1) \cdot \dots \cdot f_n(S_n)$$

Здесь каждый фактор автономен и может иметь свою собственную зависимость. Например, один субстрат имеет зависимость по Моно, а второй – с ингибированием по Андриюсу:

$$\mu = \mu_m \frac{S_1}{K_{S_1} + S_1} \frac{S_2}{K_{S_2} + S_2 + S_2^2/K_i}$$

Однако едва ли не чаще встречаются неоднородные многофакторные уравнения, в которых участвуют субстрат и продукт.

Среди них наиболее распространено уравнение Моно-Иерусалимского:

$$\mu = \mu_m \frac{S}{K_S + S} \cdot \frac{P}{1 + P/K_P}$$

Все рассмотренные ранее зависимости, касались собственно роста популяции микроорганизмов. Реально же наряду с ростом популяции происходит и её отмирание (диссимилиация):

$$\mu = \mu_{\text{роста}} - \mu_{\text{дис}}$$

Связь между удельной скоростью диссимилиации и концентрацией субстрата описывает уравнение Колпикова:

$$\tilde{\mu} = \tilde{\mu}_m \frac{1}{1 + S/K_d},$$

где $\tilde{\mu}_m$ - максимальная удельная скорость диссимилиации при нулевой концентрации субстрата; K_d – константа субстратного ингибирования процесса диссимилиации.[3]

Все вышеописанные модели были использованы при составлении общей модели процесса образования биогаза на основе мелассной поспиртовой барды.

Список литературы

1. Рубин А.Б. Биофизика. www.library.biophys.msu.ru/rubin/
2. Баснакьян И.А., Бирюков В.В., Крылов Ю.М. Математическое описание основных кинетических закономерностей процесса культивирования микроорганизмов // В кн.: Итоги науки и техники. Микробиология. Т. 5. Управляемое и непрерывное культивирование микроорганизмов. – М. – 1976. – с. 5-75.
3. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии. – М.: Колосс, 2004. – 296 с.
4. www.esco-ecosys.narod.ru
5. www.dmb.biophys.msu.ru

Голикова И. В., Филиппова О. В.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО БЕЛКА НА КОНСИСТЕНЦИЮ ПЛАВЛЕНОГО СЫРА

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Зюзиной О. В.

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

В связи с существующими тенденциями спада производства товарного молока в России наметился дефицит молочного сырья, что повлекло за собой необходимость частичной или полной замены его в рецептуре ряда продуктов питания [1].

Одновременно на фоне динамического развития производства белковых продуктов из растительного сырья появилась возможность расширения ассортимента биологически ценной и доступной для потребителя молочной продукции [2].

На стыке этих двух тенденций активно разрабатываются технологии и рецептуры с включением растительных компонентов [3].

Одним из наиболее популярных молочных продуктов на российском рынке является колбасный сыр, который представляет собой плавленый сыр заданной консистенции расфасованный в полимерные оболочки в форме батона, подвергаемый копчению. Технология и рецептуры данного переработанного сыра позволяют включать различные добавки без изменения потребительских качеств, обеспечивая повышение биологической ценности [4].

Изучена возможность применения в производстве колбасных плавленых сыров нейтрального фитосыра (тофу), полученного путем створаживания экстракта цельных соевых бобов.

Первоначально был установлен характер поведения фитосыра в различных средах, для чего произведены микроплавки измельченного продукта в сочетании с различными солями-плавителями. Опыт проводился при избыточном давлении в автоклаве для обеспечения повышенной температуры плавления. В результате было отмечено, что фитосыр не поддается плавлению и в присутствии соли-плавителя приобретает резиновую консистенцию.

Полученные результаты подтвердились при попытке внесения измельченного фитосыра в массу для изготовления плавленого сыра. На срезе готового продукта наблюдались светло-бежевые, желтые включения.

Была предпринята попытка подвергнуть фитосыр предобработке путем выдержки в кислой среде молочной сыворотки с целью активации

процесса протеолиза, изменения свойств и приобретения способности к плавлению. В изготовленном плавленом сыре на срезе также были заметны включения, но менее выраженные.

Для улучшения консистенции и внешнего вида среза эффективным оказалось предварительное тонкое измельчение фитосыра до однородной массы.

Сравнительная оценка качества полученных образцов была проведена с помощью традиционного органолептического анализа и измерения предельного напряжения сдвига.

Т а б л и ц а 1

	Органолептические показатели	Предельное напряжение сдвига τ_0 , кг/м ²
Крупное измельчение	Вкус сырный Консистенция упругая Цвет батона среднего копчения Срез матовый, не липкий, видны мелкие пятна бежевого цвета	5245
Тонкое измельчение	Вкус сырный Консистенция упругая Цвет батона среднего копчения Срез глянцевый, не липкий	6740

На основании проведенных опытов можно сделать вывод о том, что применение фитосыра при изготовлении плавленых колбасных сыров приводит к незначительному ухудшению консистенции готового продукта, так как данный вид сырья не участвует в процессе гелеобразования. Использование фитосыра как заменителя молочного сырья возможно при применении технологии его предобработки с целью придания свойств, соответствующих условиям плавления сырной массы.

Список литературы

1 Михайлова Н.И. Сыр и масло на российском рынке // Переработка молока. 2005. №7. – С. 4 – 5.

2 Доценко С.М., Тильба В.А., Иванов С.А., Абрамкина Е.А. Проблема дефицита белка и соя // Пищевая промышленность. 2002. №8. – С. 38 – 40.

3 Юрченко Н.А., Журбина Т.С. Пищевая и биологическая ценность мягкого комбинированного сыра // Хранение и переработка сельхозсырья. 2005. №4. – С. 59.

4 Роздова В.Ф. Научные и практические аспекты повышения качества плавленых сыров // Сыроделие и маслоделие. 2004. №2. – С. 14 – 16.

Павленко П. М.

ВЛИЯНИЕ РЕЦЕПТУРНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА КАЧЕСТВО СБИВНЫХ КОНФЕТ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Муратовой Е. И.

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

Сбивные конфетные массы представляют собой кондитерские пены, обладающие нежной кремообразной консистенцией. Пены – это дисперсные системы, состоящие из двух фаз – газовой и жидкой. Газовой фазой является воздух в виде равномерно распределенных пузырьков, которые разделены тонкими прослойками сахаро-паточно-агаровой массы (жидкая фаза) с включением различных вкусовых и ароматизирующих компонентов.

Пены получают двумя основными способами: интенсивным перемешиванием жидкости, при котором происходит захват воздуха и его диспергирование по всему объему, и пропусканием воздуха под давлением через жидкость с последующим его расширением за счет перепада давлений. Для получения устойчивой высокодисперсной пены используют стабилизатор пены и пенообразователь. Они облегчают вспенивание и препятствуют слипанию пузырьков воздуха. Пенообразователем для сбивных конфетных масс чаще всего является яичный белок, стабилизатором – агар [1].

В зависимости от рецептуры и технологии сбивные конфетные массы подразделяют на два основных типа: легкого и тяжелого. К сбивным массам легкого типа относят массы для конфет типа «Суфле». В зависимости от рецептуры эти массы бывают молочно-сбивные и фруктово-сбивные [2].

Качество сбивных конфет зависит от органолептических и физико-химических показателей, а также от соотношения рецептурных компонентов и соблюдения технологических режимов приготовления данного вида конфетных масс [3].

Исследования в этой области кондитерской промышленности направлены на повышение качества и биологической ценности данного продукта, его сроков годности, расширения ассортимента сбивных конфет [4, 5].

Актуальной проблемой в обеспечении качества сбивных конфет является появление кристаллов сахара в массе и, как следствие, ухудшение органолептических свойств, а иногда и полная потеря требуемых потребительских характеристик до окончания срока годности.

бительских характеристик до окончания срока годности. Не менее остро стоит вопрос использования возвратных отходов при производстве сбивных конфет типа «Птичье молоко», однако они также провоцируют возникновение кристаллов сахара в массе и их рост.

На сегодняшний момент четкой причины засахаривания сбивных конфет в литературных источниках нет. Также не существует конкретных рекомендаций по возможности срабатывания возвратных отходов в те же наименования изделий.

Объектом экспериментальных исследований на базе лаборатории ОАО «Кондитерская фирма ТАКФ» являлись образцы конфетных масс типа «Птичье молоко». Изучалось влияние рецептурных компонентов, технологических режимов и количества возвратных отходов, используемых при производстве конфет данного вида (всегда достаточно остро стоял вопрос использования возвратных отходов при производстве конфет со сбивными корпусами типа «Птичье молоко», т.к. они провоцируют возникновение кристаллов сахара в массе и их рост) на сохранение органолептических свойств в течение срока годности.

При изготовлении контрольных образцов проверялись все основные показатели, указанные в типовых технологических инструкциях, а также физико-химические показатели согласно ГОСТ 4570-93 Конфеты. Общие технические условия.

Фиксировались следующие показатели технологических режимов: время сбивания белка, температура сиропа при смешивании со сбитым белком, время сбивания белка с сиропом, время перемешивания массы с вкусовыми и ароматизирующими компонентами.

Периодичность контроля: в момент изготовления конфет, на пятые сутки хранения, на десятые сутки хранения, последующий контроль через каждый месяц хранения до окончания срока годности (3 месяца).

На основе экспериментов выявлена необходимость:

1. Введения в качестве обязательных для контроля при производстве данных изделий физико-химических показателей ранее не применяемых к данному виду изделий.

2. Использования сырья с физико-химическими показателями отличными от традиционно применяемого при производстве данного вида изделий.

3. Изменения соотношения традиционных рецептурных компонентов.

Планируется апробирование в промышленных условиях результатов экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Справочник технолога кондитерского производства. В 2-х томах. Т.1. Технологии и рецептуры./ Т.К. Апет, З.Н. Пашук. - СПб.: ГИОРД, 2004.-560с.: ил.
2. Скобельская З.Г. Технология производства сахарных кондитерских изделий.- М.: ПрофОбрИздат, 2002.- 416с.
3. Материалы пятой Международной конференции «Кондитерские изделия 21 века»/ Международная промышленная академия, 21-24 марта 2005 г.- М.: Пищепромиздат, 2005.-172с.
4. <http://www.fips.ru>
5. <http://www.sciteclibrary.ru>

Ивойлова Н. А.

ВЛИЯНИЕ РЕЦЕПТУРНЫХ ИНГРАДИЕНТОВ НА СКОРОСТЬ ВЫСЫХАНИЯ ПОМАДНОГО СЛОЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПОМАДНО-ЖЕЛЕЙНЫХ КОНФЕТ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Муратовой Е. И.

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

При создании нового ассортимента кондитерских изделий особый интерес представляет производство конфет с комбинированными корпусами, изготовленными из двух и более слоев конфетных масс – ликерных, фруктовых, помадных, кремовых, пралиновых, желейных и других. Производство комбинированных помадно-желейных конфет состоит из следующих этапов: приготовление желейной массы, приготовление помадной массы и их совмещение на стадии формования корпусов. Приготовление конфетных масс каждого слоя производится по традиционной для данного вида конфет технологии. Формование осуществляется методом отливки в формы, отштампованные в крахмале, при этом в крахмальные формы отливается сначала слой желе, затем слой помады. Далее все операции – охлаждение корпусов, их глазирование, охлаждение глазированных конфет и завертка – производятся таким же образом, как для помадных и желейных конфет.

В процессе хранения изделий с комбинированными помадно-желейными корпусами наблюдается изменение влажности слоев вследствие миграции влаги из одного слоя в другой. При этом помадный слой отличается более быстрым высыханием («черствением») при хранении, в связи с чем актуальной задачей является поиск технологических приемов, способствующих замедлению этого процесса.

Известно, что причинами высыхания помадных конфет является испарение влаги из жидкой фазы помады, в результате чего возрастает степень пересыщения и происходит процесс кристаллизации сахарозы [1]. Образование белых пятен – скопления микроскопических кристаллов сахарозы – сначала на ребрах корпуса, а затем на всей поверхности дает основание полагать, что процесс кристаллизации из межкристалльного сиропа идет как в направлении дальнейшего роста существующих кристаллов сахарозы, так зарождения новых. Однако замечено, что при хранении помады в закрытых бюксах, в которых испарение влаги исключено, подобных явлений не наблюдается в течение многих месяцев хранения. При этом происходит только частичное отделение жидкой фазы от кристаллической.

Образование белых пятен на поверхности корпусов характерно для помады, приготовленной по рецептуре с добавлением патоки, инвертного сиропа, сорбита, декстрина и других веществ.

Высыхание помадных конфет будет продолжаться до установления равновесной влажности, которая в свою очередь зависит от относительной влажности воздуха (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Равновесная влажность сахарной помады, %

Относительная влажность воздуха	Начальное содержание		Влажность после хранения	
	влаги	редуцирующих веществ	30 дней	40 дней
50	11,2	5,4	1,42	1,40
60	11,2	5,4	2,02	2,02
70	11,2	5,4	2,57	2,60
75	11,2	5,4	4,01	4,04

Столь низкое содержание равновесной влажности помады является основной причиной ее быстрого высыхания. Скорость высыхания зависит от многих факторов, основными из которых являются: начальная влажность конфетных корпусов, дисперсность кристаллов сахарозы, температура и относительная влажность воздуха, химический состав жидкой фазы помады. Чем выше температура и ниже относительная влажность воздуха, тем интенсивнее происходит процесс высыхания. При повышении содержания сухих веществ в помаде тенденция к высыханию замедляется. От химического состава жидкой фазы зависит взаиморастворимость сахаров, следовательно, и содержание сухих веществ в жидкой фазе, а также соотношение между твердой и жидкой фазами.

Так как «черствение» помады является следствием потери значительной части влаги в результате ее испарения, а в случае комбинированных корпусов миграции влаги из слоя в слой, то получение невысыхающего и малочерствеющего слоя помады возможно при введении в ее рецептуру влагоудерживающих добавок: пектина, желатина, пектинодержущего сырья. Механизм их действия заключается в снижении скорости миграции влаги между слоями и задержке ее испарения, что и продлевает сроки хранения конфет [2]. В качестве влагоудерживающих добавок ранее исследовано применение патокообразующих (крахмальная патока, глюкоза, мед, фруктоза, инвертный сироп), гидрофильных (агар, пектин) и поверхностно-активных (яичный белок) веществ. Результаты экспериментов показали, что крахмальная патока, несмотря на свои гидрофильные свойства, при хранении на открытом воздухе способствует высыханию конфетных корпусов, при этом скорость высыхания пропорциональна содержанию патоки. Аналогичные результаты получены при

хранении конфет, изготовленных из помады, в которую вместо патоки добавлено 3, 7 и 12% инвертного сиропа: при хранении быстрее высыхают те конфеты, которые содержат больше инвертного сахара. Таким образом, вещества, предусмотренные рецептурой при производстве помадной массы (крахмальная патока и инвертный сироп), ускоряют процесс высыхания конфет.

В ряде работ указывается на целесообразность применения препарата инвертина или инвертазы [1]. Под действием инвертазы в помадной массе происходит медленный процесс инверсии сахарозы и накопление редуцирующих сахаров. Это до некоторой степени регулирует соотношение между твердой и жидкой фазами, так как часть кристаллической сахарозы переходит в раствор, что и дает изделиям мягкую консистенцию. Но, несмотря на то, что при хранении конфет накапливается значительное количество (до 22%) редуцирующих сахаров, они продолжали высыхать. Кроме того, активность инвертина резко понижается при температуре выше 60°C и при pH помады ниже 4,5-5. Поэтому эти препараты не получили практического применения в кондитерской промышленности.

Исследовано применение различных поверхностно-активных веществ: моноглицеридов, дистеарата сахарозы, моностеарата сорбитина, эфиропольмитина глицерина и других. При этом установлено, что моностеарат глицерина и жирсахара способны при дозировке 0,25% к массе рецептурной смеси задерживать высыхание помадных и жележных масс [1].

В качестве поверхностно-активного вещества, способного задерживать высыхание помадных корпусов, можно использовать сорбит. Будучи безвредным, он обладает рядом положительных свойств: нелетуч, стоек к нагреванию. Его присутствие в любых количествах в сахарных растворах не вызывает при нагревании разложения сахарозы. Поэтому его можно непосредственно добавлять в рецептурную смесь. Сорбит хорошо растворим в воде, обладает антикристаллизационными свойствами по отношению к сахарозе. Помадные конфеты при добавлении в рецептуру 5-10% сорбита лучше сохраняются и меньше высыхают, чем при добавлении патоки или инвертного сиропа.

Замедлить процесс высыхания помады также можно за счет введения различных гидрофильных веществ, связывающих воду и снижающих тем самым ее активность. Экспериментальными исследованиями подтверждено, что добавление яичного белка в количестве 0,2% к массе сахара повышает стойкость помады к высыханию и улучшает ее товарные свойства [1]. Установлено, что в качестве гидрофильной добавки можно использовать поваренную соль, которая связывает и удерживает в 9 раз больше молекул воды по сравнению с сахарозой. Таким образом,

использование поваренной соли в производстве помадных конфет в 2 раза замедляет процесс их высыхания и значительно снижает приторность изделий [3].

Для комбинированных помадно-желейных конфет проблема «черствения» еще более актуальна, чем для традиционных однослойных помадных конфет, в связи с миграцией влаги из помадного слоя в желейный, что заметно снижает продолжительность хранения таких конфет. С целью изучения влияния различных рецептурных добавок на высыхание помадного слоя комбинированных помадно-желейных конфет проведен ряд экспериментальных исследований в лаборатории ОАО «Кондитерская фирма ТАКФ». В ходе исследования готовились образцы помады по традиционной рецептуре и с добавлением поваренной соли, новых модификаций пектинов, желатина, эмульгаторов и пищевых волокон в различных процентных соотношениях. Для всех образцов определялось содержание влаги в помадном слое комбинированных корпусов на различных этапах хранения и органолептические свойства.

На основании проведенных исследований выявлены добавки, способствующие замедлению процесса высыхания помадного слоя и не ухудшающие органолептические показатели конфет, и определены их оптимальные количественные соотношения. Результаты исследований могут быть использованы для проектирования новых рецептур комбинированных помадно-желейных конфет.

Список литературы

1. Зубченко А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий. – Воронеж, 2001. – 389с.
2. Оболкина В.И. Совершенствование технологического процесса производства кондитерских изделий с комбинированными корпусами. <http://www.ipdo.kiev.ua/insitut/exhibitions/tezy/tezy5.htm>.
3. Магомедов Г.О., Мирошникова Т.Н., Абдулгалимова О.В. Использование поваренной соли в производстве помадных конфет. / «Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства для их реализации». Сб. докладов Всероссийской научно-технической конференции-выставки. Ч.1. – М., 2004, с.51-52.

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

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

Гуреев С. С., Полушкин Д. Л.

**ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА МИРОВОМ РЫНКЕ**

Работа выполнена под руководством к.т.н., проф. Клинкова А.С.

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

В мире отмечается стремительный рост потребления полимерных материалов. В России его темпы составляют 5–6% в год, что делает проблему утилизации отходов полимерных материалов более актуальной. Пластмассы обладают рядом преимуществ перед традиционными материалами. Полимерные материалы используют в качестве конструкционных материалов, в производстве упаковки, игрушек, одежды, в сельском хозяйстве. Сегодня более 60% упаковки в Европе состоит из полимерных материалов, 15% деталей автомобиля сделаны из полимеров.

Использование изделий из полимерных материалов неуклонно связано с образованием отходов. Особенность полимерных отходов – их устойчивость к агрессивным средам, они не гниют, не разлагаются, процессы деструкции в естественных условиях протекают достаточно медленно.

Отходы полимерных материалов делятся на отходы производства и бытовые отходы. Производственные отходы перерабатываются прямо на предприятии, или же собираются и направляются на перерабатывающий завод. Данный тип отходов может перерабатываться без дополнительных операций очистки и сортировки, поскольку они не претерпевают никаких внешних воздействий.

Бытовые отходы, в отличие от производственных, подвержены световым, тепловым и механическим воздействиям, что негативно сказывается на свойствах материала.

На сегодняшний день существуют следующие способы утилизации отходов полимерных материалов: захоронение, сжигание и рециклинг.

Захоронение на полигонах и свалках – самый старый метод борьбы с отходами. Главное его преимущество – это простота. Основной недостаток – это отведение огромных площадей. Большинство свалок не имеют элементарных природоохранных сооружений – гидрозашитных экранов, систем сбора и контроля фильтра и т.д. (<http://www.polymerindustry.ru/techs/section1066/article1072.html>), что приводит к загрязнению воздуха, почвы и грунтовых вод различными соединениями (метаном, сернистым газом, диоксинами, солями тяжелых металлов, парами растворителей и др.). Большинство развитых стран давно отказались от захоронения отходов; так в Германии этим способом устраняется 8% отходов в год, в Великобритании – 10%, во Франции – 9%, и эта цифра постоянно уменьшается. По данным агентства «ИНЭКО», на конец 90-х гг. прошлого века в России только на зарегистрированных городских свалках скопилось более 55 млн. т отходов (http://www.kursiv.ru/kursivnew/paket_magazine/archive/34/8.php #text). В России захоронением в почву уничтожается 87% твёрдых бытовых отходов (ТБО).

Сжигание является методом утилизации отходов, позволяющим генерировать при этом полезное тепло. Недостатком является использование дорогостоящего оборудования. Как и захоронение, этот вариант утилизации ТБО находится вне современных мировых тенденций, генеральной линией которых является ресурсо- и энергосбережение. Директива 94/62/ЕС, принятая в Европе ещё в начале 90-х годов прошлого века, наложила резкие ограничения на выбросы и эксплуатацию мусоросжигательных заводов (МСЗ), поэтому почти все МСЗ Европы закрылись, а которые остались, тратят очень много денег на реконструкцию очистительных систем, что экономически невыгодно. Неизвестно ни одного случая строительства мусоросжигательного завода в Европе за последние 10 лет, а во многих штатах США и провинциях Канады сооружение новых МСЗ запрещено законодательством. Важно отметить, что в развитых странах сжигается лишь та часть ТБО, которая не пригодна для вторичной переработки, но это явление в последние годы имеет тенденцию к значительному снижению (<http://www.polymerindustry.ru/techs/section1066/article1072.html>). Так сжиганием перерабатывается в США – 16% отходов в год, в Германии – 30%, в Великобритании – 8%, в России – 10%.

Наиболее перспективным методом утилизации отходов полимерных материалов, позволяющим решить экологические проблемы и становящимся мощным сырьевым ресурсом, является механический рециклинг.

Весь процесс вторичной переработки включает в себя следующие стадии: сбор, сортировка, измельчение, отмывка, сушка, переработка.

Основными проблемами переработки пластиковых отходов являются сбор, очистка от инородных включений и сортировка. Эти стадии предварительной переработки отходов полимерных материалов являются энерго- и ресурсоёмкими, что сказывается на себестоимости продукции.

Основным оборудованием заводов вторичной переработки пластиковых отходов являются: дробилки, агломераторы, грануляторы (<http://archive.expert.ru/oborud/05/05-05-01/data/util05.htm>).

В Германии, в 2002 году, общее количество отходов полимерных материалов, переработанных механическим рециклингом, составило 355000 тонн, представляя долю 52% (http://www.dkr.de/en/ueber_uns/871.htm), в России было переработано около 115000 тонн, что составило менее 3% всех отходов полимерных материалов.

На практике переработанные отходы полимеров широко используются в различных отраслях хозяйствования:

- как структурирующие или наполненные материалы в ирригационных работах (дренажные и кабельные трубопроводы), сельском хозяйстве, дорожном строительстве (добавки к бетону, асфальту);

- при производстве строительных материалов (черепицы в смесях с неорганическими наполнителями, облицовочные панели для сельскохозяйственных сооружений, плитки для настила полов в промышленных зданиях, катушки для кабелей и др.);

- для изготовления изделий санитарно-технического назначения, химических волокон, автодеталей, потребительских товаров (мебели, одежды, обуви, посудохозяйственных изделий, тканевых покрытий и т.п.) и др.;

- в качестве добавок в полимерные композиции при изготовлении новых упаковочных изделий (<http://www.polymerindustry.ru/techs/section1066/article1072.html>).

На кафедре «Переработка полимеров и упаковочное производство» Тамбовского государственного технического университета разработана технология и оборудование для вторичной переработки упаковочных полимерных материалов. Данная технология позволяет полностью исключить дробление, что даёт возможность уменьшить энерго- и трудовые затраты и способствует уменьшению себестоимости продукции.

Давыдов А. Н.

ПЕРЕРАБОТКА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ПЭТФ ЭКСТРУЗИОННЫМ СПОСОБОМ

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

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

До сих пор уровень потребления полимеров в России все еще остается самым низким в мире, особенно по сравнению с развитыми промышленными странами. В то же время темпы роста их производства, переработки и потребления одни из самых высоких — до 35 процентов в год. Быстрый рост потребления вызван в основном стремительным развитием пищевой, упаковочной отраслей, сельского хозяйства — пленки (упаковочные, термоусадочные, для укрытия строек и теплиц, парников), пакеты, бутылки, флаконы, разовая посуда стали нашими повсеместными и повседневными спутниками [1].

Проблема вторичной переработки полиэтилентерефталата (ПЭТФ) является актуальной, т.к. объем выпуска упаковок из этого материала, преимущественно одноразового использования, постоянно увеличивается. Использование отходов пластмасс в качестве конструкционного материала является экономически выгодным, но реализовать это достаточно сложно технологически, поскольку свойства вторичного полимерного сырья обычно несколько хуже первичного из-за процессов деструкции, протекающих в материале при эксплуатации изделий, их хранении, повторной переработке, а также из-за наличия загрязнения в них.

Одним из возможных направлений вторичной переработки ПЭТФ является использование его для модификации вторичного полиэтилена. В целом ПЭТФ имеет хорошие физико-механические характеристики и неплохо совмещается со всеми марками полиэтилена. Высокая температура плавления ПЭТФ затрудняет его совместную переработку с полиэтиленом из-за опасности термодеструкции последнего.[2] Путем совмещения ПЭТФ и литьевого ПЭВП получают композиции со следующими характеристиками: при содержании 40% (вес.) ПЭТФ температура плавления смеси составит 149° С, вязкость расплава $10,2 \text{ Па}\cdot\text{с}\times 10^{-3}$, а показатель текучести расплава 1,5-3 г/10мин.[3] Использование отходов полимеров при производстве композиционных строительных материалов вызывает необходимость определенных изменений в аппаратурном оформлении процессов переработки. Если говорить о наиболее широко применяемом для переработки отходов методе экструзии, то из этих

особенностей необходимо отметить следующие: наличие в питательном бункере ворошителя и шнека для облегчения условий подачи материала в зону загрузки экструдера; коническую форму цилиндра в зоне загрузки для повышения степени сжатия материала; достаточную длину червяка (отношение L/D не менее 25) для хорошей гомогенизации и исключения пульсации; обязательное наличие зоны разряжения для дегазации расплава, обеспечивающая удаление летучих компонентов, образующихся при переработке загрязненных отходов; наличие фильтров в головке экструдера.[4]

Для получения композиционных материалов из отходов полимерных материалов применяются блочные установки. Основным блоком перерабатывающей установки «Reverser» Японской фирмы «Mitsubishi Petrochemical» является экструдер с мощностью привода 90 кВт, диаметром шнека 253 мм и отношением $L/D=3,75$. На выходе экструдера сконструирована гофрированная насадка диаметром 420мм. Благодаря выделению тепла при трении и сдвиговым воздействиям на полимерный материал он плавится за короткий промежуток времени, причем обеспечивается быстрая гомогенизация расплава. Изменяя зазор между конусной насадкой и кожухом, можно регулировать усилие сдвига и силу трения, изменяя при этом режим переработки. Поскольку плавление происходит очень быстро, термодеструкции полимера не наблюдается. Система снабжена узлом дегазации, что является необходимым условием при переработке вторичного полимерного сырья. Другой тип экструдера для переработки смешанных отходов имеет короткий шнек длиной 5 диаметров с трехзаходной нарезкой. Конец шнека срезан перпендикулярно его оси. Ровная лобовая поверхность вращается относительно неподвижной плоскости основания цилиндра. В пространстве между этими плоскостями возникает зона сдвиговых нагрузок, диспергирующее действие которой сравнимо с действием дискового пластикатора (отличается высокой диспергирующей и гомогенизирующей способностью) т.е., работает по принципу использования эффекта нормальных сил, возникающих при сдвиге вязкоэластичного материала между вращающимся и неподвижным дисками.[7] Поступающая масса под давлением, возникающим в каналах шнека, и вследствие трения о стенки цилиндра уплотняется. Переход в пластичное состояние происходит в пространстве между лобовой поверхностью шнека и корпусом цилиндра в результате интенсивных сдвиговых усилий и выделяющейся при этом теплоты рассеяния. Такой метод пластикации имеет два основных преимущества: очень короткое время пребывания материала в пластичном состоянии (от долей секунды до нескольких секунд) и саморегулирование вязкости расплава, так как частицы массы с вязкостью выше среднего значения подвергаются большим сдвиговым нагрузкам и претерпевают более сильное тепловое воз-

действие, что автоматически ведет к понижению вязкости. Широко используются для переработки смешанных отходов двухшнековые экструдеры. Получение композиционных полимерных материалов методом экструзии обеспечивает в применяемом для этого оборудовании четко определенное время пребывания перерабатываемого материала при температуре пластикации и исключает его «задержку» в зоне высоких температур. Это предотвращает перегрев и термодеструкцию материала. Равномерность прохождения полимера по цилиндру обеспечивает хорошие условия для дегазации в зоне пониженного давления, что позволяет удалять влагу, продукты деструкции и окисления и другие летучие, как правило, содержащиеся в отходах.

Большой опыт, достигнутый при переработке отходов некоторыми зарубежными фирмами, позволяет им использовать индивидуальные полимерные отходы без смешения с товарным продуктом. Однако в этом случае большое значение приобретает сортировка, классификация и дополнительное смешение материала с необходимыми добавками. Отходы после предварительного испытания в лаборатории сортируют, затем при необходимости измельчают, просеивают, сушат, уплотняют и в зависимости от качества складывают в промежуточных бункерах. Далее в промежуточных смесителях осуществляется введение стабилизаторов и других добавок, а также, если требуется, наполнителей. После этого в пластосмесителях экструзионного типа или в двухчервячных экструдерах проводят гомогенизацию расплава с одновременной дегазацией и удалением инородных включений фильтрованием. Контроль процесса на различных стадиях осуществляется по следующим показателям: степень загрязнения, термостабильность, уровень дегазации, изменение молекулярной массы, текучесть, гомогенность расплава, прочностные характеристики [5]. Особенностью переработки ПЭТФ является наличие предварительной стадии сушки материала, обеспечивающая удаление из него влаги. Это позволяет исключить процесс гидролиза ПЭТФ, который идет при наличии воды. При переработке отходов пластмасс необходимо определять степень загрязнения их другими материалами такими, как металлобумажные продукты, стекло и процентный состав в случае переработки комбинированных полимерных материалов. Первой задачей является: сортировка и разделение пластмасс от побочных материалов. Второй шаг – полимерные фракции разделены в отдельные полимерные группы ПЭНД, ПЭВД, ПП, ПС, ПЭТФ. Если ПЭТФ является целевым материалом, то требуется дополнительная сортировка для удаления таких материалов как ПВХ, полиолефины и другие полимеры. Каждый шаг имеет свои тонкости и имеет большое влияние на конечное качество полимера. Требуется строгое соблюдение технологических параметров таких, как температура воды при разделении ПЭТФ от полиолефинов (крышки),

температура раствора NaOH для очистки ПЭТФ от клея, влажность материала перед экструзией и т.д.

При получении изделий из вторичного ПЭТФ методом экструзии необходимо строго следить за качеством измельченных частиц ПЭТФ перед регрануляцией. ПЭТФ подвержен во время экструзионного процесса деструкции. Это значит, что необходимо восстановить исходный молекулярный вес при помощи твердофазной конденсации. Во время конденсации одновременно происходит деконтаминация (очистка) от вредных веществ.

Эти термические процессы влияют отрицательно на цвет полимера. Наблюдается пожелтение материала. Для повторного пользования этот эффект не желателен, поскольку он ограничивает количество годного регранулята при производстве новых бутылок. Коррекцию цвета получаемых бутылок из ПЭТФ с использованием регранулята осуществляют с помощью специальных добавок (например, „COLORSAFE“).

В зависимости от требований и типа изделий возможно применение и 100% вторичного ПЭТФ для производства не ответственных изделий.[6]

Список литературы

1. Пластические массы, 2002, №12, с.6.
2. Каменев Е. И., Мясников Г. Д., Платонов М.Г. Применение пластических масс: Справочник. Л., 1985.
3. Пластические массы, 1998, №4, с. 40-42.
4. Торнер Р. В. Теоретические основы переработки полимеров. М., «Химия», 1977.
5. Быстров Г. А. Обезвреживание и утилизация отходов в производстве пластмасс, 1982.
6. Пластические массы, 2005, №1, с.35-36.
7. Красовский В. Н., Воскресенский А. М. Сборник примеров и задач по технологии переработки полимеров. «Высшая школа», Минск, 1975.

Кириллов К. С., Туляков Д. В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕРОВ ЭКСТРУДАДА ИЗ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

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

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

Производство эластомеров на современном этапе развития, возрастает в среднем на 5-6 % ежегодно и к 2010 году, по прогнозам, достигнет 250 млн. тонн

Одним из самых распространенных методов переработки резиновых смесей является экструзия.

В практике получения изделий из резиновых смесей существуют проблемы, которые нередко приводят к браку изделий, это изменение геометрических размеров экструдата на выходе из формующего инструмента – “разбухание” и ухудшения физико-механических показателей экструдата за счет термодеструкции (подвулканизация) при изменении режимных параметров процесса.

Явление «разбухание» является следствием нескольких процессов. При входе в формующий инструмент возникают напряжения, релаксирующие во время пребывания в нем расплава. Остаточные напряжения в заготовке в момент выхода ее из формующего инструмента и вызываемое ими поперечное расширение потока связаны со скоростью выдачи заготовки. Кроме того, при движении расплава в канале поперечный градиент скорости приводит к ориентации молекул в направлении потока, а по выходе из формующего инструмента происходит их дезориентация, что также приводит к деформации заготовки. Выравнивание профиля скоростей в потоке по выходе расплава из зазора формующего инструмента также приводит к некоторому увеличению сечения заготовки независимо от относительной длины формующего инструмента. При этом следует подчеркнуть, что в зависимости от температуры пластика и его свойств превалировать может тот или иной процесс.

В современных условиях экономического развития для успешного проектирования конкурентоспособного экструзионного оборудования необходимо определять такие технологические параметры и геометрические размеры формующего инструмента, которые удовлетворят условию получения качественных изделий.

Для определения качества получаемого изделия необходимо исследовать свойства перерабатываемого материала до загрузки в экструдер и после проведения экструзии.

Для расчета напряжений сдвига, которые вызывают изменение размеров экструдата используется математическая модель процесса экструзии резиновых смесей [1].

Для изучения проблемы создана экспериментальная установка, которая выполнена на базе машины МЧХ-32 рис.1.

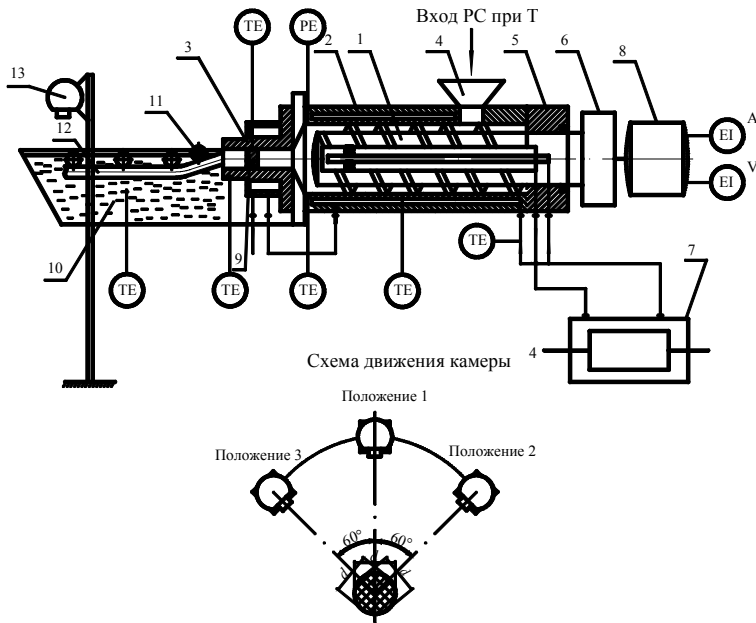


Рис.1.Схема экспериментальной установки:

1 - шнек; 2 -цилиндр; 3 -формирующая головка; 4 - загрузочное устройство; 5 - опора шнека; 6 - редуктор; 7 - термостат; 8 - электродвигатель; 9 - дорнодержатель; 10 - охлаждающая ванна; 11 - прижимные ролики; 12 - экструдат; 13 - цифровая камера; TE - датчик термодатчики; PE-датчик давления; А-амперметр; V – вольтметр

Экспериментальная установка представляет собой экструдер с диаметром шнека $D = 0,032$ м, отношением длины нарезки к диаметру $L/D = 10$, углом наклона его нарезки $\varphi = 17^\circ$, глубиной винтового канала $h = (0,003 \div 0,007)$ м, шириной гребня $e = 0,0035$ м, зазором между гребнем шнека и внутренней поверхностью материального цилиндра $\delta = 0,002$ м. Вращение шнека машины происходит от электродвигателя постоянного тока с возможностью регулирования угловой скорости его в пределах ω

$= (0 \div 7,85) \text{ с}^{-1}$. ЭУ снабжена системой термостатирования цилиндра, шнека, формующей головки, которая включает термостат, снабженный термопарой и приборами регулирования и контроля температуры теплоносителя (воды). В цилиндре установлена термопара для измерения температуры резиновой смеси. Формующая головка снабжена датчиком давления и термопарой для измерения давления и температуры резиновой смеси на выходе из канала нарезки шнека, соответственно. Из формующей головки экструдат попадает в ванну оснащенную термопарой и прижимными роликами. Ванна содержит инертный теплоноситель с плотностью 1100-1150 кг/м³. Применение данного устройства позволяет исключить случайное влияние на изменение размеров экструдата сил тяжести и температуры окружающей среды на выходе из формующей головки, которые случайным образом влияют на изменение размеров экструдата. Измерение размеров экструдата осуществляется с помощью цифровой камеры в трех положениях (рис.1), которая закреплена на штативе. Управление приводом экспериментальной установки осуществляется пультом. На щите расположены: амперметр - для задания нужной частоты вращения; вольтметр - для измерения потребляемого напряжения.

На рис. 2 представлена модернизированная экструзионная головка для исследования технологического процесса переработки резиновых смесей. Головка оснащена системой термостатирования, датчиком давления часового типа для определения давления на входе в формующие каналы. Для определения температуры выхода

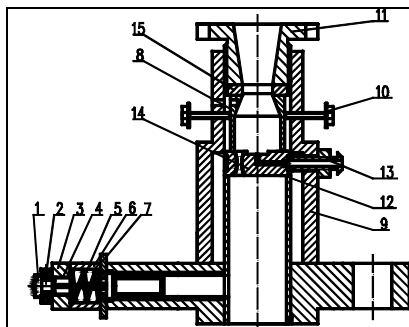


Рис. 2.2. Головка экструзионная:

- 1- индикатор часового типа,
- 2, 11- винт крепежный, 3 – планка,
- 4- штуцер крепежный,
- 5- пружина, 6- гильза упорная,
- 8- кольцо упорное,
- 9 – мундштук, 10- корпус,
- 12- втулка, 13- цилиндр переходной, 14- штуцер воздушный, 15- дорнодержатель, 16- отверстие под термопару.

смеси в головке предусмотрено отверстие в мундштуке для игольчатой термопары, а для определения температуры в центре формующих каналов имеется отверстие в дорнодержателе.

В процессе эксперимента необходимо выбрать такой режим экструзии и конструкцию формующего инструмента, чтобы в исследуемом материале не возникало разбухания, то есть значение относительного изменения диаметра экструдата (отношение диаметра заготовки к диаметру мундштука) было минимальным.

Эксперимент проводится следующим образом: резиновая смесь НО-68 приготовленная в центральной заводской лаборатории завода “АРТИ-Завод” г. Тамбова с известными свойствами, резалась на ленты шириной 20 мм. и наматывалась на загрузочный барабан экспериментальной установки. Далее установка в течении 30 минут разогревается (выход на режим) и производится серия экспериментов. Которые заключаются в получении образцов в течении 30 секунд с фиксированной частотой вращения $n=(4;10;20;30;40;50;60)$ об/мин для различных диаметров мундштука и соответствующих им длин при $d_1= 8$ мм $l_1=(23, 31,39)$ мм; $d_2= 10$ мм $l_2=(23, 33,43)$ мм; $d_3= 12$ мм $l_3=(23, 39,55)$ мм.

Также снимаются следующие параметры: $T_{см.вых.}$ [$^{\circ}C$] – температура выхода экструдата, $T_{см.вх.}$ [$^{\circ}C$] – температура на входе в формирующие каналы, $T_{д.}$ [$^{\circ}C$] – температура в дорнодержателе, которые измеряется игольчатой термопарой; P [дел] – давление которое снималось по датчику часового типа; I [А] - потребляемый ток замерялся с помощью амперметра; Q [кг/ч] - производительность шнековой машины, которая получается взвешиванием каждого полученного образца [г/(30сек)]. На выходе из оформляющего канала цилиндрическая заготовка попадает в ванну, где измеряются диаметры проекции экструдата в трех положениях с помощью цифровой камеры. После охлаждения образцов размеры экструдата измеряются в тех же точках, что позволит рассчитать относительное изменение диаметров образца δ до и после охлаждения.

Список литературы

1. Туляков Д.В., Жирняков Д.В., Соколов М.В., Клинков А.С. Моделирование процесса экструзии профильных заготовок из эластомеров. Сборник докладов 5-ой Международной научно-технической конференции. “Авиакосмические технологии. АКТ-2004”, Воронеж. 2004.

Потапов Е. С., Соколов А. Р.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА МОДИФИКАЦИИ ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ ПОЛИЭТИЛЕНОМ В СМЕСИТЕЛЕ ТУРБИННОГО ТИПА

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Маликова О. Г.

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

Современное состояние дорожного строительства показывает, что с увеличением транспортного потока, повышаются и требования к качеству дорожного покрытия.

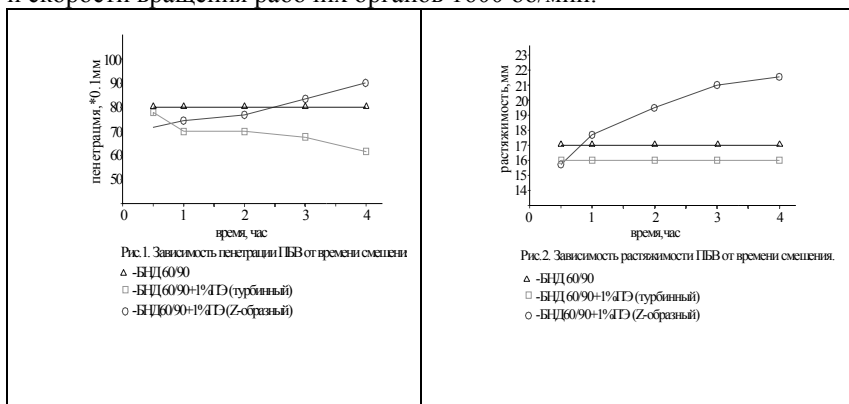
Анализ литературных источников показал, что наиболее распространенным методом повышения качества дорожного покрытия является модификация дорожного битума, являющегося основным компонентом при приготовлении асфальто-бетонных покрытий. В качестве модификаторов могут использоваться такие материалы, как полиэтилен (ПЭ), полипропилен (ПП), пластики типа стирол-бутадиен-стирол (СБС), резиновая крошка, сера и др. ПЭ воздействует на битум как отвердитель, способствует снижению термической чувствительности; СБС уменьшает термочувствительность полимерно-битумного вяжущего (ПБВ) в интервале эксплуатационных температур, повышает пластичность; резиновая крошка уменьшает термочувствительность, улучшает когезию, упругость и устойчивость к старению; сера делает вяжущее более жидким в горячем состоянии, предупреждает отслаивание битума от минерального материала и т.д.

Целью данной работы является исследование технологического процесса модификации дорожных битумов отходами из полимерных материалов.

Для проведения процесса модификации была разработана экспериментальная установка на базе турбинного смесителя периодического действия, представляющая собой вертикальный аппарат со смесительной камерой и рабочими органами в виде сочетания лопастных и пропеллерных мешалок, расположенных по всему объему смесительной камеры. В нижней и верхней части смесительной камеры расположены пропеллерные мешалки, устремляющие потоки жидкости соответственно вверх и вниз к центру смесительной камеры, где расположен набор из четырех лопастных перемешивающих элементов, устремляющих эти потоки от центра к стенкам камеры. На экспериментальной установке проведены

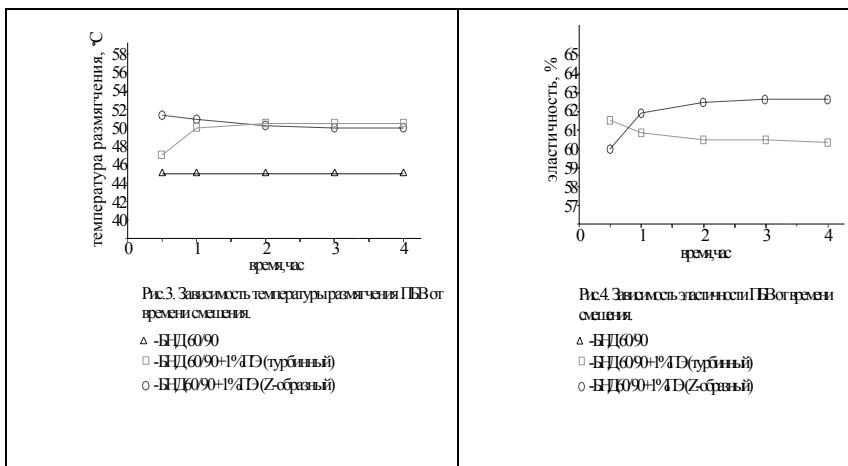
исследования влияния времени модификации, процентного содержания модификатора, температурных режимов и скорости вращения рабочих органов на физико-механические показатели модифицированного битума. Модификация проводилась на дорожном битуме марки БНД 60/90, в качестве модификатора использовался полиэтилен, так как изделия из полиэтилена составляют значительную часть твердо-бытовых отходов, нуждающихся в переработке.

На рисунках 1,2,3,4, представлены результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств ПБВ в зависимости от времени смешения при процентном содержании ПЭ 1%, температуре 160°C и скорости вращения рабочих органов 1600 об/мин.



Из рис. 1 видно, что в результате модификации битума значение пенетрации снизилось по сравнению с чистым битумом. Это объясняется тем, что в результате введения ПЭ в битум вязкость системы становится выше, что и уменьшает глубину проникновения иглы (пенетрацию).

На рис.2 представлена зависимость растяжимости ПБВ от времени смешения. Чистый битум проявляет постоянные значения растяжимости. ПБВ, полученное на Z-образном смесителе характеризуется более низким показателем растяжимости, чем для чистого битума, что объясняется наличием крупных включений ПЭ, вследствие низкой диспергирующей способности смесителя. Растяжимость ПБВ, полученного на турбинном смесителе, возрастает с увеличением времени смешения, что объясняется лучшей диспергирующей способностью турбинного смесителя по сравнению с Z-образным.



На рис.3 изображена зависимость температуры размягчения ПБВ от времени смешения. Как видно из рисунка значение температуры размягчения ПБВ, полученного на Z-образном смесителе, резко увеличивается с увеличением времени смешения до 1 часа, а затем выходит на стабильный уровень в районе 51 °С. Использование турбинного смесителя приводит к увеличению температуры размягчения до такого же уровня уже при длительности смешения 30 мин.

На рис.4 изображена зависимость эластичности ПБВ от времени смешения. Чистый битум не обладает свойством эластичности. Модифицированный битум обладает некоторой эластичностью, что положительно сказывается на качестве дорожного покрытия.

Таким образом видно, что при модификации дорожного битума ПЭ можно добиться положительных результатов в области улучшения физико-механических свойств вяжущего, что позволит повысить качество дорожного покрытия, а также улучшить экологическую ситуацию в нашей стране.

Четвериков С. В., Хрущёв С. П.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКИХ КЛЕЕВЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Работа выполнена под руководством к.т.н., проф. Клинкова А. С.

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

Высоковязкими средами принято считать расплавы полимеров, пасто- и тестообразные композиции с эффективной вязкостью более 0,01 МПа·с. Перемешивание таких сред осуществляется механическими способами и происходит в ламинарном режиме. Поэтому обычно смесители для высоковязких сред называют ламинарными. При перемешивании в смесительной камере может возникать тангенциальное течение (масса движется параллельно траектории движения лопастей перемешивающего органа), радиальное (масса движется от рабочего органа перпендикулярно оси его вращения) и осевое (масса поступает и вытекает из смесителя параллельно оси вращения рабочего органа). Различают смесители периодического и непрерывного действия.

Для перемешивания высоковязких сред наиболее часто применяются лопастные, валковые, червячные, и роторные смесители. Широко используются также двухроторные смесители закрытого типа периодического действия. При необходимости готовить большое количество смеси применяют роторные и червячные смесители непрерывного действия [1].

Современное народное хозяйство повсеместно требует внедрения более интенсивных технологических процессов. Особенно это связано с резким увеличением использования в промышленности и быту резиновых полимерных клеев. Нарастание выпуска этой продукции заставляет прикладную науку расширять поиск по созданию новых, более эффективных процессов производства клея. Если в предшествующие годы основное увеличение выпуска клеев происходило за счет переоснащения производства однотипного оборудования, но с увеличенным рабочим объемом, и наращивания качества этих клеесмесителей, то сейчас это неприемлемо. Такой путь расширения производства не может быть неограниченным при определенном значении его экономической эффективности становится отрицательной в следствии повышения энергетических, эксплуатационных и капитальных затрат. Альтернативный путь — интенсификация технологического процесса. Это предполагает применение принципиально новых технологий и типов оборудования. Характер-

ные признаки этого принципиального новшества: смесители с малыми объемами и высоко интенсивными перемешивающими рабочими органами, с высокой удельной производительностью с единицы рабочего объема смесителя и низкими эксплуатационными капитальными затратами с высокой степенью механизации и автоматизации, с резким снижением пожароопасности и вредных газовыделений. В настоящее время исследователи остановились на непрерывных технологиях. Но непрерывная технология накладывает жесткие требования на транспортабельность и дозируемость исходного материала. Они могут быть выполнены только приданию исходному сырью порошкообразного вида, а затем жидкотекучего состояния промежуточного продукта. Однако это заставляет включить в технологический процесс новые стадии: предварительной обработки и подготовки исходных полимеров[2].

Густые клеи (мази) готовят преимущественно в клеемешалках с опрокидывающимся корпусом. Каучук или резиновую смесь с растворителем смешивают в клеемешалках (емкостью 100-800 л) с двумя горизонтальными Z - образными или роторными лопастями; частота вращения лопастей неодинакова. При выгрузке клея корпус наклоняют на 90-100⁰ специальными подъемными (опускными) механизмами. При такой конструкции привода лопастей допускается их вращение и в наклонном положении корпуса, что облегчает выгрузку густого клея [1]. Жидкие клеи с низкой вязкостью изготавливают преимущественно в клеемешалках со стационарным корпусом емкостью 125-2000 л; причем рабочая емкость составляет 60-70% от общей емкости аппарата. Горизонтально расположенные лопасти цилиндрической формы с двумя или тремя небольшими крыльями имеют одинаковую частоту вращения / 25-40 мин / . Для улучшения смешения и циркуляции растворителя, имеющего низкую плотность и располагающегося в верхней зоне корпуса, клеемешалка снабжена третьей лопастью пропеллерного типа, установленной на вертикальном валу; лопасть вращается с частотой 100-140 мин, специальный механизм позволяет изменить положение лопасти по высоте [3]. Одна из проблем перемешивания — необходимость изменения характера и мощности смешения по мере изменения вязкости продукта в ходе процесса. Одно из решений аналогичной задачи разработано фирмой "Про-Куип-Инк"(США) для реактора полезным объемом 2 м³, установленного в производстве адгезивов. Консистенция продукта в процессе меняется от низковязкой до 150000 сП. Аппарат снабжен двумя мешалками: якорно-скребковой и турбинной, посаженной на концентрическом валу, проходящем внутри вала якорной мешалки. Оба вала имеют общую нижнюю опору; при низкой вязкости среды ее циркуляцию обеспечивает турбинная мешалка, а с повышением вязкости основную задачу выполняет якорно-скребковая. Приводы мешалок отдельные, частота вращения

турбинной мешалки 800 об/мин, якорной — 17 об/мин. Уплотнение валов обеспечивается набивным сальником. Давление в аппарате в процессе меняется от вакуума до 75 кгс/см². Осуществление непрерывного процесса становится возможным благодаря разделению его на две стадии, протекающие одновременно в различных аппаратах: набухание каучука (резиновой смеси) в емкости предварительного набухания; пластикация и растворение в двухшнековом смесителе. Установка состоит из двух емкостей предварительного набухания соединенных с дозирующим двухшнековым устройством через шаровые краны двухшнекового смесителя и системы дозирования растворителей, состоящей из насосов-дозаторов и емкости для растворителя. Двухшнековый смеситель представляет собой корпус, внутри которого смонтированы два наборных шнека вращающихся в одну сторону. Шнеки состоят из подающих и обратных червячных насадок и смесительных элементов. Смеситель работает следующим образом. Каучук или резиновая смесь загружается в одну из емкостей для набухания и заливают определенным количеством растворителя. В течений установленного промежутка времени происходит набухание каучука (резиновой смеси) в растворителе. По окончании процесса набухания открывается шаровой кран и набухшая масса поступает в двухшнековый дозатор, где происходит её предварительная гомогенизация. Из дозатора масса поступает в корпус двухшнекового смесителя, где под воздействием рабочих органов происходит окончательная гомогенизация массы и смешение её с растворителем. После того как одна из емкостей включается в работу на выгрузку, в другую загружается новая порция каучука заливается растворителем. Таким образом обе емкости работают поочередно и этим достигается непрерывная работа установки. Проведенный анализ литературы по данной теме показал, что наиболее перспективным способом изготовления клеевых композиций является непрерывный способ.

Он имеет следующие преимущества над периодическим процессом.

1. Стабильность физико-механических показателей клеевых композиций.
2. Отсутствие пиковых нагрузок, позволяющих уменьшить мощность смесителей и получение высококачественных клеевых композиций с минимальными затратами.
3. Возможность полной механизации и автоматизации процесса.
4. Увеличение безопасности и улучшение культуры производства.

В связи с вышеизложенным наиболее перспективным направлением является непрерывный способ получения клеевых композиций в двухшнековом смесителе с предварительным набуханием каучука или резиновой смеси.

Список литературы

1. Р.В. Торнер, М.С. Акутин Оборудование заводов по переработкепластмасс.
2. Ф.Ф. Кошелев, А.Е. Корнев, А.М. Буканов Общая технология резины. - М.: Химия, 1978, - 528 с.:ил.
3. П.Н.Дейнега, А.С.Дамов, С.Р.Миронов, А.С.Левина, Новое оборудование для приготовления клеев, - с.42

Скворцов А. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БИТУМА

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

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

Нефтяные битумы находят широкое применение в дорожном и гражданском строительстве, благодаря высокой пластичности, способности выдерживать без разрушений воздействие низких температур, температурных перепадов, различных деформационных нагрузок.

Данная методика исследования долговечности распространяется на рулонные кровельные материалы, изготавливаемые на битумном (и его модификации) вяжущем, и устанавливает методы испытания на стойкость к старению под воздействием искусственных климатических факторов: света, тепла, влаги и холода. За величину стойкости кровельного материала к старению принимают количество циклов, в течение которых физико-механические показатели материала снизились до величин, указанных в действующих стандартах и технических условиях на каждый вид материала. Первый метод заключается в создании экстремальных условий эксплуатации материала и делится по виду и применяемого излучения: А. При определении стойкости к старению кровельного материала по I режиму испытание проводят по следующему циклу: облучение образцов в течение 360 ч в аппарате искусственной погоды с ксеноновой лампой мощностью 6 кВт при температуре "черной панели" 50-55°C с периодическим дождеванием образцов в течение 3 ч через каждый 21 ч. При режиме работы ксеноновой лампы мощностью менее 6 кВт продолжительность облучения (τ) вычисляют по формуле

$$\tau = 360 \frac{6}{W},$$

где W - фактическая мощность работы используемой лампы, кВт.

Разрешается вместо дождевания производить замачивание образцов в течение 2 ч через каждые 22 ч облучения;

Б. в течение 24 ч с последующей выдержкой в течение 10 мин на воздухе при температуре плюс 20°C для стекания воды;

в) замораживание образцов при температуре минус 40°C в течение 72 ч;

г) 60 переходов через 0°C по следующему температурному режиму одного перехода: 1 ч выдержки при температуре плюс 10°C и 1 ч - при температуре минус 10°C.

б. При определении стойкости к старению кровельного материала по II режиму испытание проводят с использованием ксеноновой или двух угольных ламп по следующему циклу:

а) облучение образцов при температуре "черной панели" 50-55°C в течение 17 ч;

б) замачивание образцов в дистиллированной воде (или их дождевание) в течение 2 ч;

в) замораживание образцов при температуре минус 18-20°C в течение 2 ч;

г) выдержка образцов при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 3 ч.

Второй метод заключается в исследовании воздействия высоких температур на материал.

Методика заключается в следующем:

Суть этого метода заключается в изменении температуры слоя состава толщиной 1 мм до предельной величины (10—15 °C) под воздействием повышенных температур. Сравнением результатов испытаний битумнозных составов в лабораторных условиях и при воздействии естественных климатических факторов установлена следующая корреляция: 5 ч теплового старения при повышенных температурах соответствуют одному году эксплуатации кровли.

Результаты исследования на тепловое старение битумных вяжущих с T_p , равной +2, -1, -6, -9, -16 и -19 °C, показали, что наиболее легкоплавкий (и наименее остаренный в заводских условиях) битумный сплав, имеющий начальные значения $T = 52$ °C и $T = -19$ °C, приобрел предельную $T = +15$ °C через 17 лет. У составов, имеющих $T = 60, 70$ и 81 °C, предельные T были достигнуты при тепловом старении в течение 75, 60 и 40 ч, что соответствует эксплуатации в естественных условиях 16, 12 и 8 годам. Битум пятой марки служит на кровле в течение двух—трех лет.

В связи с этим режимом ускоренного испытания кровельных материалов было принято искусственное попеременное замораживание и оттаивание с добавлением ультрафиолетового и теплового (при 80—100 °C) воздействий на образцы. При этом продолжительность условного года доведена до 6 сут. за счет интенсификации циклов «замораживание-оттаивание» (в том числе увеличение числа переходов через 0 °C), учитывая н.

Список литературы

1. Поваляев М. И. Кровли промышленных зданий. Основы повышения надежности: Авт. реф. дис... д-ра техн. наук. 1985.
2. Поваляев М. И., Воронин А. М., Андреева Г. Н., Михайлова О. К.. Повышение надежности кровель// Строительные материалы. 1982. №5.
3. Воронин А. М., Шитов А. А. Кровли из эффективных наплавленных битумнополимерных материалов// Пром. и гражд. стр-во. 1996. № 6.
4. ГОСТ 18956-73. Материалы рулонные кровельные. Методы испытаний на старение под воздействием искусственных климатических факторов.
5. Summari. Durability of Derbigum roofs in practice, 1995.

Современные принципы аппаратурного оформления тепломассообменных процессов

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

Лукина Н. В., Шикунов А. Н., Манелюк Б. И.

ВЛИЯНИЕ АЗОДИКАРБОНАМИДА НА КИНЕТИКУ СУШКИ ОПТИЧЕСКОГО ОТБЕЛИВАТЕЛЯ – ПРОИЗВОДНОГО БИСТРИАЗИНИЛАМИНОСТИЛЬБЕНА

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

ТГТУ, Кафедра «Химическая инженерия»

Получение пористого материала в ряде производств является целевой задачей [1]. Одним из важнейших видов химических добавок, используемых для этого, являются порообразователи, обеспечивающие получение изделий с низким объёмным весом [2]. Наиболее типичными примерами такого рода являются: пенорезины, пенобетоны, пенопласты, микрогранулированные отбеливатели и красители и т.д. [1-3].

В данной работе было изучено влияние азоформамида (торговое наименование ЧХЗ-21) на кинетику сушки водных дисперсий оптического отбеливателя белофора КД-2 (4,4' - бис (4'' – анилино - 6'' – морфолино – триазин – 2'' – ил - амино) – 2,2' – стильбендисульфокислота, динатриевая соль). К достоинствам ЧХЗ-21 следует отнести высокое газовое число (0,230 – 0,270 м³/кг), стабильность при хранении, низкие взрыво - и пожаробезопасность, высокую растворимость в горячей воде [4]. Поэтому его применение в производстве оптических отбеливателей и красителей наиболее перспективно. ЧХЗ-21 плавится при температуре 205 °С [4], что является существенным недостатком при получении пористого микрогранулированного отбеливателя Белофора КД-2, так как он является термически неустойчивым [3, 5].

Для снижения температуры разложения ЧХЗ-21 применяются стандартные приемы, которые подробно описаны в обзоре [2].

Термическую устойчивость соединений оценивали с использованием дериватографического анализа [3, 6]. Он позволяет прогнозировать поведение исследуемых веществ в процессе сушки, так как в основу обоих методов заложено термическое воздействие на вещество.

При изучении кинетики сушки в процессе эксперимента фиксировались изменения температуры и убыли массы образца [3].

На рис. 1 представлены результаты дериватографического анализа порофора ЧХЗ-21

Как следует из данных рис. 1, при температуре 185 °С на кривой DTA (зависимость 1) наблюдается экзопик, которому соответствует минимум на кривой DTG (зависимость 2). Можно сделать вывод, что при этой температуре разлагается ЧХЗ-21. Очевидно, что использование порофоров с такими высокими температурами разложения для получения пористых отбеливателей нежелательно. Это было показано в работе [3].

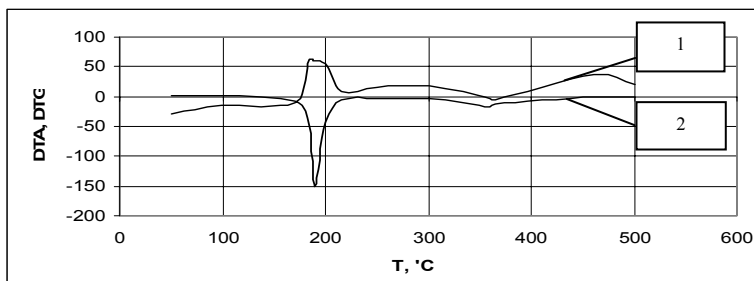


Рис. 1. ЧХЗ-21. 1 – DTA, 2 – DTG

Для снижения температуры разложения ЧХЗ-21 используются многочисленные добавки [2]. Наиболее эффективными являются паратолуолсульфокислота (ПТСК) и ZnO. Результаты дериватографического анализа композиции, состоящей из ЧХЗ-21, ПТСК и ZnO, представлены на рис. 2.

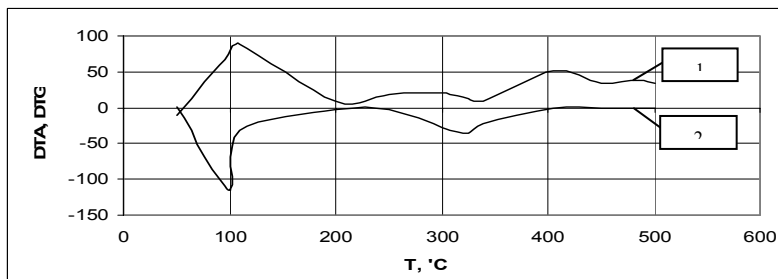


Рис. 2. ЧХЗ+ПТСК+ZnO, 1 – DTA, 2 – DTG

Из данных рис. 2 следует, что в данном случае экзопик на кривой DTA смещается к температуре 110 °С (зависимость 1), а максимальная скорость разложения порофора наблюдается при температуре 100 °С. В пользу этого свидетельствует минимум, проявляющийся при этой температуре на кривой DTG (зависимость 2).

На рисунке 3 представлены экспериментальные данные о потерях массы образцов при проведении дериватографического анализа.

Анализируя данные рисунка 3 можно сделать вывод, что потери массы у образца отбеливателя, не содержащего порофор (зависимость 1), примерно в 2,5 раза выше, чем у композиции с порофором (зависимость 2). Полученные данные находятся в соответствии с выводами, сделанными в работе [3], что введение карбамида (порофора) в композицию отбеливателя существенно повышает термическую устойчивость целевого вещества в процессе сушки.

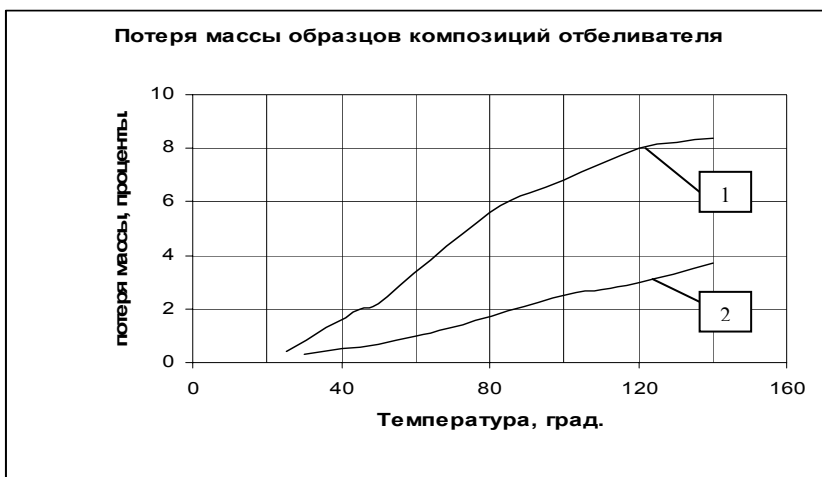


Рис. 3. Потери массы образцов отбеливателя без порофора и в присутствии порофора.
 1 - Белофор КД-2, 2 - композиция: Белофор КД-2 + ЧХЗ-21 + ПТСК + ZnO. ЧХЗ-21, ПТСК, ZnO добавляли в композицию в соотношении 1:1:1 в количестве 2 % (масс) в пересчете на Белофо.

При проведении кинетических исследований процесса сушки было установлено, что введение порофора в композицию уменьшает влажность материала в конце первого периода в 1,8 раза, при этом продолжительность первого периода сушки не изменяется.

Было предположено, что присутствие ЧХЗ-21 в отбеливающей композиции обеспечивает в процессе сушки образование пористой структу-

ры, в результате чего второй период протекает более интенсивно, и общая продолжительность процесса уменьшается в 1,5 раза.

Список литературы

1. А. А. Берлин, Ф.А. Шутов. Химия и технология газонаполненных высокополимеров. - М.: Наука, 1980, 503 с.
2. Г.В. Тархов, Р.Н. Гмызина, Т.Ю. Ляпина, И.В. Малеева, Л.А. Пугачева. Современные направления в области модификации азодикорбонамида. Обзорная информация. НИИТЭХИМ. М.:1988, 10 с.
3. А.Н. Утробин. Кинетика сушки и микрогранулирования продуктов аналино-красочной промышленности при наличии химических превращений (на примере оптических отбеливателей). Диссертация на соискание ученой степени к.т.н., Тамбов: ТГТУ, 2003, 239с.
4. Химические добавки к полимерам. Справочник. Под. ред. И.П. Масловой. М.:Химия. 1981, с. 205-218.
5. Патент РФ 2238956.
6. З.Б. Киро и др. Получение и определение комплексообразующей способности N-бензилзамещенных метионина. ЖПХ., 1987, №6, с. 1429-1430.

Редин Д. Ю., Ковалев С. В., Мамонтов В. В.

СЕКЦИОНИРОВАНИЕ МЕМБРАННОЙ УСТАНОВКИ ТРУБЧАТОГО ТИПА ПРИ РАЗДЕЛЕНИИ ВОДНОГО РАСТВОРА СУЛЬФАТА НАТРИЯ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Кормильцина Г. С.

*ТГТУ, Кафедра «Машины
и аппараты химических производств»*

В ранее рассмотренной работе [1] производился расчет селективности и определения рабочей поверхности мембраны при разделении водного раствора сульфата натрия.

С целью выбора оптимального q проведём несколько вариантов секционирования, задаваясь различными q .

q – величина, определяющая допустимое изменение расхода по длине каждой секции.

Примем $q=1,5$. Тогда имеем:

$$n_1 = \frac{L_n(1-1/q)}{L_{ПЭ}} = 0,000115 \frac{(1-1/1,5)}{0,0000049} \approx 8 \quad (1)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{q^{i-1}} = \frac{8}{1,5^{2-1}} = 5 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^2 n_i = 8 + 5 = 13$$

Полученное значение на 1 единицу больше имеющегося числа элементов ($n=12$). Поэтому, вычтем из первой секции один элемент, т.е. примем $n_1=7$, $n_2=5$.

Соотношение расходов:

$$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_n} = \frac{n_1 + q^{m-1}}{n_1 + 1} \quad (3)$$

$$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_2} = \frac{7 + 1,5^{2-1}}{7 + 1} = 1,06$$

Примем $q=1,4$. Тогда

$$n_1 = 23,469 \left(1 - \frac{1}{1,4}\right) \approx 7$$

$$n_2 = \frac{7}{1,4} = 5$$

$$\sum_{i=1}^2 n_i = 7 + 5 = 12$$

Соотношение расходов:

$$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_2} = \frac{7 + 1,4^{2-1}}{7 + 1} = 1,05$$

Примем $q=1,3$. Тогда

q	n_1	n_2	n_3	$\sum_{i=1}^3 n_i$	$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_3}$
1,3	5	4	3	12	1,115

Примем $q=1,2$. Тогда

q	n_1	n_2	n_3	n_4	$\sum_{i=1}^4 n_i$	$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_4}$
1,2	4	3	3	2	12	1,145

Примем $q=1,1$. Тогда

q	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	n_8	$\sum_{i=1}^8 n_i$	$\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_8}$
1,1	2	2	2	2	1	1	1	1	12	1,316

Таким образом, получаем:

q	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
m	2	2	3	4	8
L_1/L_m	1,06	1,05	1,115	1,145	1,316

Таблица 1. Данные полученные в результате расчета.

На основе этих данных строим график зависимости отношения L_1/L_m и числа секций m от q .

Из рисунка можно видеть, что с увеличением q отношение расходов и число секций сначала быстро снижаются, а затем в интервале $q=1,15 - 1,20$ на кривых наблюдается перегиб, и снижение становится замедленным.

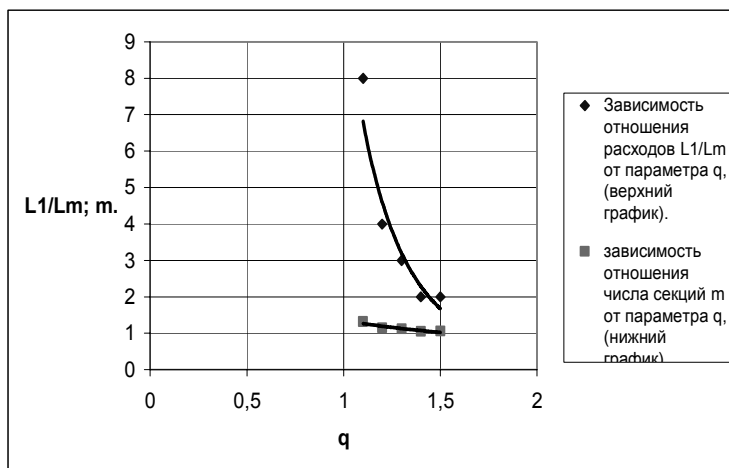


Рис. 1. График зависимости отношения L_1/L_m и числа секций m от q .

Построив на графике диагональ, можно увидеть, что при $q=1,155$ отношение $L_1/L_m=q$, т.е. при этом значении q снижение расхода по длине каждой секции равно снижению среднего расхода от первой до последней секции. Исходя из примерного равенства расходов в каждом канале каждой секции, это значение можно было бы взять в качестве рабочего. Однако следует учитывать, что по мере концентрирования раствора в нём одновременно увеличивается содержание взвешенных частиц, практически всегда имеющих в технологических растворах, даже подвергнутых предварительному фильтрованию. Это может привести к ускоренному загрязнению мембран в последних секциях, сопровождающемуся снижением удельной производительности, а иногда и селективности.

Уменьшение среднего расхода (а, следовательно, скорости потока) от первой к последней секции способствует этому нежелательному процессу. Кроме того, снижение q сопровождается увеличением числа секций, что усложняет конструкцию аппарата. В связи с этим в качестве рабочего значения q целесообразно выбрать значение больше диагонального, равного 1,155. Примем для дальнейших расчётов $q=1,5$. Для этого значения получено следующее распределение элементов по секциям:

Секция	1	2
Число элементов в секции	7	5

Таблица 2. Распределение элементов по секциям

Определим средние расходы в каналах первой и последней секции по формулам:

$$\bar{L}_1 = \frac{L_j \left(1 + \frac{1}{q}\right)}{2(n_1 + 1)} = \frac{0,000115 \left(1 + \frac{1}{1,5}\right)}{2(7 + 1)} = 0,000012 \quad [\text{м}^3/\text{с}] \quad (4)$$

$$L_2 = \frac{L_K (q + 1)}{2(n_2 + 1)} = \frac{0,000056(1,5 + 1)}{2(5 + 1)} = 0,0000117 \quad [\text{м}^3/\text{с}] \quad (5)$$

Отношение $\frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_5} : \frac{\bar{L}_1}{\bar{L}_5} = \frac{0,000012}{0,0000117} = 1,025$

Найдем отклонение этого значения от полученных в расчетах:

$$\Delta = \left(\frac{1,06 - 1,025}{1,025} \right) \cdot 100\% = 3,41\%$$

Такую сходимость следует признать удовлетворительной, учитывая, что в расчетах число элементов в секциях округлялось до целых единиц, и из числа элементов в первой секции был вычтен один избыточный элемент.

Список литературы

1. Расчет наблюдаемой селективности и рабочей поверхности мембраны на ультрафильтрационной установке трубчатого типа/Ковалев С.В., Красненков П.Г., Мамонтов В.В.//ТГТУ Инновации в мире российской науки XXI века, выпуск 2.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/ Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под редакцией Ю.И. Дытнерского, 2-е изд., перераб. и дополн. М.: Химия, 1991.-496 с.

Орлов А. Ю., Главатских Н. С.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ДЕСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СУШКЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОДУКТОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., проф. Леонтьевой А. И.

ТГТУ, Кафедра, «Химические технологии
органических веществ»

Большинство термолабильных полупродуктов органических красителей, будучи подверженными тепловому воздействию, даже при достаточно низкой температуре, могут подвергаться деструкции с потерей концентрации целевого вещества, которая может достигать 20÷25%. В связи с этим важной является количественная оценка термохимических превращений, которые могут происходить с целевым компонентом при его тепловой обработке в процессе сушки.

Для получения количественных оценок термодеструктивных превращений целевого вещества при проведении процесса сушки органических полупродуктов необходимо провести сопоставление экспериментально полученной и расчетной зависимостей изменения концентрации целевого вещества во времени [1].

$$\Delta C_n(\tau) = C_n^{расч}(\tau) - C_n^{эксн}(\tau), \quad (1)$$

где $\Delta C_n(\tau)$ - убыль концентрации целевого вещества, $C_n^{расч}(\tau)$ и $C_n^{эксн}(\tau)$ - расчетная и экспериментально полученная зависимости изменения концентрации целевого вещества во времени.

При допущении, что $\Delta C_n(\tau)$ является монотонно возрастающей функцией, становится возможным применить к ее исследованию формализованный подход, позволяющий суммарно учесть все изменения, происходящие с целевым продуктом в процессе его сушки.

Для математического описания изменения во времени величины $\Delta C_n(\tau)$ предлагается применить функциональную зависимость вида

$$\frac{d}{d\tau}(\Delta C_n) = k_0^{разл} \cdot \exp\left(-\frac{E_a^{разл}}{RT}\right) \cdot (C_n^{эксн}(\tau))^{n_{II}}, \quad (2)$$

где $k_0^{разл}$, $E_a^{разл}$, n_{II} - обобщенные кинетические и энергетические характеристики процессов, приводящих к снижению концентрации продукта (константа скорости, энергия активация и порядок реакции).

Полученные экспериментальным путем данные аппроксимировались двухпараметрической функцией вида (2) с использованием методов статистической обработки многофакторного эксперимента и методов линеаризации показательной и экспоненциальной зависимостей [2, 3]. При этом, для изучения влияния температуры на скорость изменения концентрации основного вещества расчетные значения производной $d(\Delta C_n(\tau))/dt$ соотносились с температурой образца в процессе его сушки. Таким образом формировались данные на убыли целевого компонента в исследуемом температурном диапазоне. На рис. 1, 2 приведены экспериментальные данные, полученные при температуре сушильного агента 80°C и 160°C .

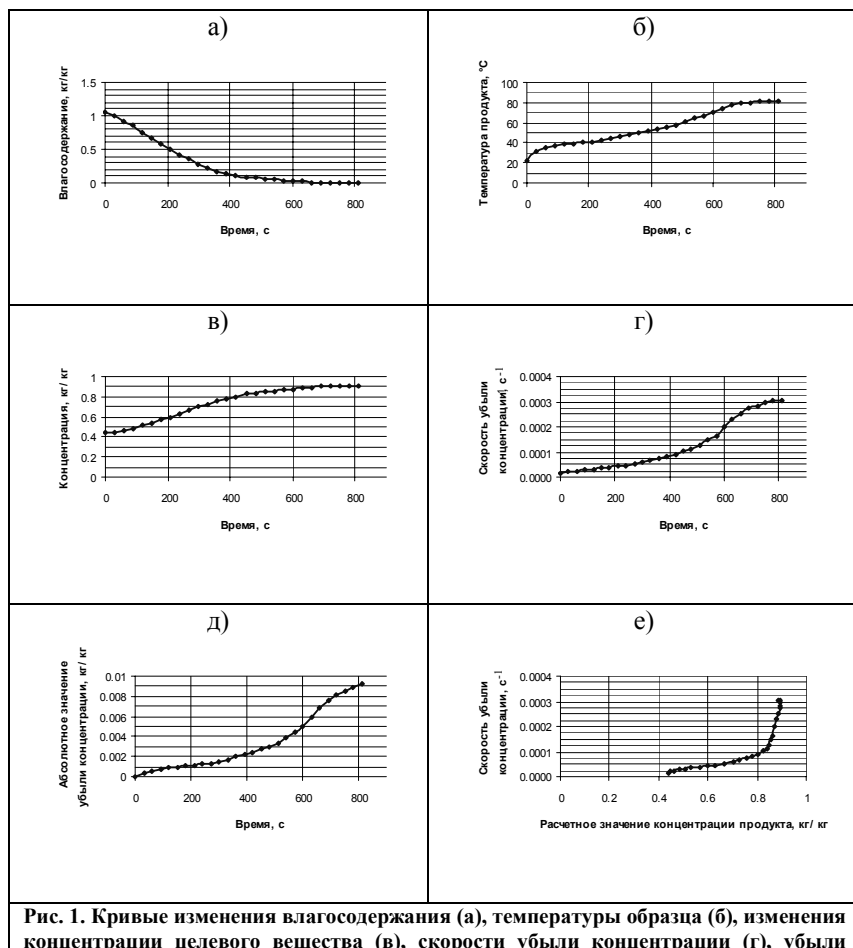


Рис. 1. Кривые изменения влагосодержания (а), температуры образца (б), изменения концентрации целевого вещества (в), скорости убыли концентрации (г), убыли

концентрации вещества (д), зависимость скорости убыли концентрации от расчетной концентрации (е) при сушке Гамма-кислоты на фторопластовой подложке в БЦС, скорость сушильного агента 7 м/с, температура сушильного агента 80°C

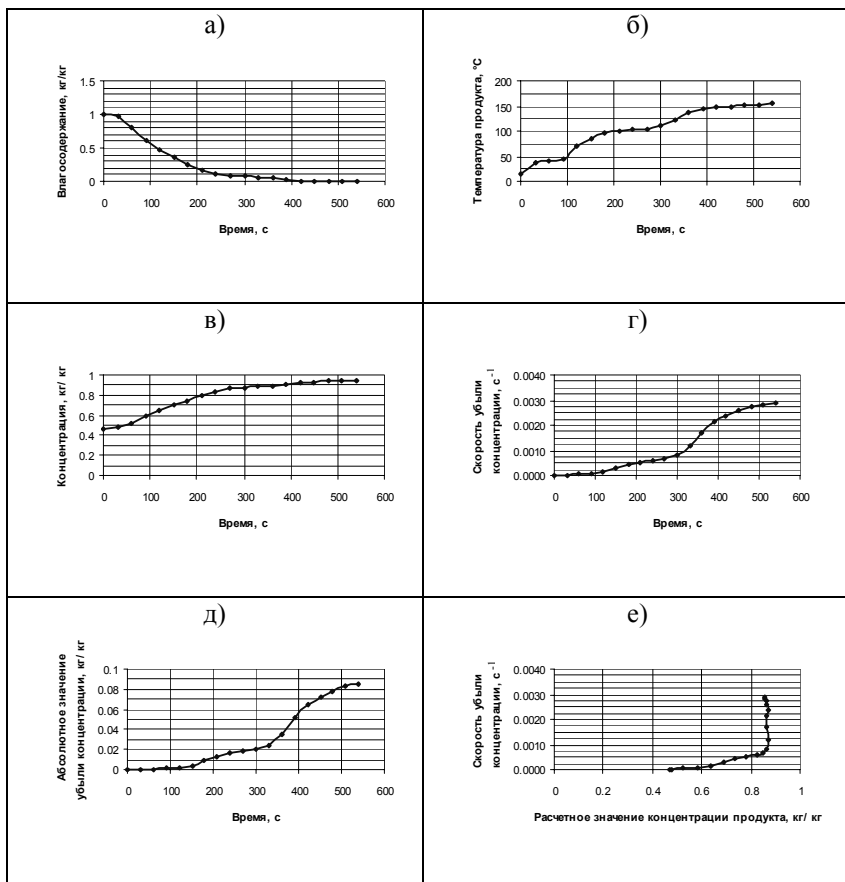


Рис. 2 Кривые изменения влагосодержания (а), температуры образца (б), изменения концентрации целевого компонента (в), скорость убыли концентрации целевого вещества (г), убыли концентрации вещества (д), зависимость скорости убыли концентрации от расчетного значения концентрации (е) при сушке Гамма-кислоты на фторопластовой подложке в БЦС, скорость сушильного агента 7 м/с, температура сушильного агента 160 °С

Исследование процесса сушки Гамма-кислоты с точки зрения сохранения концентрации целевого компонента проводились на кафедре «Химическая инженерия» в большой циркуляционной сушилке (температура сушильного агента составляла 80°C, 100°C, 140°C и 160 °С, скорость

воздуха изменялась от 1,5 до 7,5 м/с.). Начальное влагосодержание продукта варьировали в пределах от 0,6 кг/кг до 12 кг/кг. В случае начального влагосодержания более 3,5 кг/кг, из-за большой подвижности суспензии, исследования возможно было провести только на сплошных фторопластовых подложках.

Проанализировав вышеприведенные зависимости можно прийти к следующим выводам

1. Зависимости, полученные при различных температурах аналогичны друг другу и различаются по абсолютным значениям

2. Повышение начальной температуры проведения процесса сушки Гамма-кислоты до 160 °С увеличивает скорость термодеструктивных процессов, но за счет сокращения общей продолжительности термического воздействия концентрация высушенной Гамма-кислоты оказывается выше.

С использованием методов математической обработки экспериментальных данных по сушке и термической устойчивости Гамма-кислоты было получено эмпирическое уравнение (3), позволяющее с точностью до 10,1 -11,4% рассчитывать скорость потери целевого вещества Гамма-кислоты в процессе ее сушки в исследованных диапазонах изменения технологических параметров.

$$C'_i = 169,974 \cdot (C_{расч_i})^{0,7113} \cdot \exp\left(\frac{-38,824 \cdot 1000}{8,31434 \cdot T_i}\right) \quad (3)$$

Численные значения величин k , n , E_A могут быть использованы в проектных расчетах оборудования для сушки, при выполнении оптимизации режимных параметров и времени сушки по условию максимального сохранения концентрации целевого компонента

Список использованной литературы

1. Орлов А.Ю., Главатских Н.С. Исследование термической устойчивости некоторых полупродуктов органических красителей в процессе их сушки // Сборник статей магистрантов по материалам научной конференции 15-17 февраля 2005 года. Выпуск I. Часть I. – Тамбов: ТОГУП «Тамбовполиграфиздат», 2005.– 144 с.

2. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.: Химия, 1971. – 496 с.

3. Кафаров В.В., Ветехин В.Н., Бояринов А.И. Программирование и вычислительные методы в химии и химической технологии. М.: Наука, 1972. – 487 с.

Машины и аппараты химических производств

Руководитель программы д.т.н., проф. Промтов М. А.

Воробьева Ю. В.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНЕРТНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ПРИ СУШКЕ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ

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


ТГТУ, Кафедра «Химическая инженерия»

Весьма актуальным является создание и использование аппаратов псевдоожигенного слоя с механическими побудителями и на инертном носителе [1, 2, 3].

Основными проблемами сушилок с инертном являются: неравномерный скол с носителя налипшего и высохшего материала, унос влажного материала в циклоны или рукавные фильтры, износ частиц и попадание его в продукт, пожаро- взрывоопасность из-за образования статического электричества, нарушение равномерного псевдоожигения [4, 5, 6].

В таблице приведено описание существующих подходов к решению описанных проблем [7, 8, 9].

Цель	Идеи	Решение
Улучшение отслаивания высушиваемого материала с поверхности инертного носителя.	Поместить внутрь частицы инертного носителя термобиметаллический элемент (ТБ-элемент).	Инертный носители выполнен в виде двойного сферического сегмента из эластичного материала (полиэтилен, полипропилен, полиэтилентерефталат, фторопласт и т.п.), внутри которого размещен ТБ-элемент. ТБ-элемент предназначен для изменения формы поверхности инертного носителя при изменении его температуры. Увеличение ширины пластины из ТБ металла уменьшает влияние сил внутреннего сопротивления и увеличивает чувствительность ТБ металла. Это позволяет увеличить деформацию поверхности инертной частицы. ТБ-элементы выполнены из термобиметалла с максимальной чувствительностью марки ТБ2013.

		 <p> ————— Форма поверхности частицы инерта при $t=25-40^{\circ}\text{C}$ ————— Форма поверхности частицы инерта при $t=150-200^{\circ}\text{C}$ </p> <p>Недостатки: сложность изготовления инерта, дороговизна [9].</p>
<p>Улучшение качества сушки комкующихся материалов.</p>	<p>Установить полый вал с лопастями.</p>	<p>Инертный носитель в виде частиц фторопласта размером 3 мм. Теплоноситель проходит через газораспределительную решетку, создает кипящий слой инертного носителя. Часть теплоносителя (30-40 %) поступает в полый вал, установленный внутри слоя по его оси, а затем в лопасти и лопатки, при истечении из которых он создает реактивные струи. В результате однонаправленности загиба лопастей и лопаток полый вал начинает вращаться, чем обеспечивается интенсивное перемешивание кипящего слоя. Суспензия подается в зону наибольшей подвижности носителя, а именно: в зону реактивных струй теплоносителя, истекающего из лопастей, что исключает комкование материала и обеспечивает интенсивную сушку.</p> <p>Недостатки: сложность конструкции вала и лопаток [9].</p>
<p>Интенсификация сушки суспензий и пастообразных материалов во взвешенном слое инертных частиц.</p>	<p>Организация дополнительных контуров циркуляции инерта.</p>	<p>Теплоноситель, подаваемый через тангенциальные вводы барабана, делится при помощи кольца и диффузора на два потока: пристеночный и центральный. Потoki теплоносителя воздействуют на инертный носитель (инертный материал в виде шарообразных частиц диаметром $(3-5) \cdot 10^{-3}$ м) и приводят его во взвешенное состояние. При этом образуется плотный кольцеобразный закрученный слой инертных частиц. При взаимодействии вращающегося ротора, погруженного в слой нижней своей частью, со слоем инертного материала образуются дополнительно два контура интенсивной циркуляции инерта. Инерт с высохшим материалом, попадая на верхнюю часть ротора, подвергается ударной очистке поверхности, и покидая поверхность ротора, активно контактирует с инертном, выходящим из зоны нанесения влажного материала. Смещение инерта двух циркуляционных контуров существенно снижает вероятность агрегатирования инерта в основном слое инерта в зонах с менее активным гидродинамическим режимом. Кроме того, движение инерта в циркуляционных контурах с повышенными скоростями (по сравнению с основным слоем инерта) приводит к локальному</p>

		увеличению коэффициентов тепломассопереноса. Недостатки: большие энергозатраты [9].
Улучшение отслаивания и скол высушенного материала с поверхности частиц инерта и корпуса сушилки.	Использовать бинарный инерт.	«Бинарный инерт» представляет собой смесь фторопластовых и алюминиевых частиц, причем выбор алюминия в качестве дополнительного к фторопласту материала в бинарном инерте вызван большой разницей в важнейших для инертных частиц теплопроводных, электропроводных, физико-механических и других свойствах при близкой плотности. Недостатки: сложность изготовления инерта, возможность загрязнения высушиваемого материала [7].
Интенсификация сушки.	Организация встречных закрученных потоков инертных тел.	В цилиндрическом корпусе, частично заполненном инертными телами произвольной формы, в его нижней части расположена газораспределительная решетка с конусом в центре. Кольцевая газораспределительная решетка с цилиндрическими соплами закреплена в верхней части корпуса. Между кольцевой газораспределительной решеткой и вводом теплоносителя расположена форсунка для подачи жидкого материала. Ввод теплоносителя выполнен в виде жалюзи, установленных с возможностью осевого вращения. Недостатки: износ инертных тел [8].

Нами планируется исследование процесса сушки в псевдооживленном и фонтанирующем слоях инертного носителя и разработка рекомендаций по интенсификации процесса и улучшению скола высушенного материала с поверхности инерта.

Список литературы

1. Коновалов В.И., Гатапова Н.Ц., Шикунов А.Н., Утробин А.Н. Кинетика сушки дисперсий на бинарном инертном носителе // Докл. V Междунар. Форума по тепло- и массообмену (ММФ-2004). 24 – 28 мая 2004 г. Минск: ИТМО, 2004. Секция 7. Докл. № 7 – 16. 11 с.
2. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. Л.: Химия, 1968. 330 с.
3. Гинзбург А.С., Резчиков В.А. Сушка пищевых продуктов в кипящем слое. М.: Пищевая промышленность; 1966, 358 с.
4. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия; 1970, 568 с.
5. Гатапова Н.Ц. Кинетика и моделирование процессов сушки растворителей, покрытий, дисперсий, растворов и волокнистых материалов: единый подход. Дис. ... докт. техн. наук. – Тамбов: ТГТУ, 2005. – 554 с.
6. Шикунов А.Н. Кинетика процессов сушки дисперсий и кристаллообразующих растворов. Дис. ... канд. техн. наук. – Тамбов: ТГТУ, 2004. – 250 с.
7. Патент РФ № 2245348. Инертный носитель для сушки продуктов в псевдооживленном слое («бинарный инерт») / В.И. Коновалов, Н.Ц. Гатапова, А.Н. Шикунов, А.Н. Утробин, А.И. Леонтива // Заявл. 18.08.2003 г.
8. www.fips.ru
9. www.sibindustry.ru

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.

Караульных Д. В.

ТЕХНОЛОГИИ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Орлова В. В.

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

Переход от графического пользовательского интерфейса (GUI) к свободному общению с компьютером представляется вполне естественным по причине того, что большинству из нас проще высказать свою мысль вслух, чем записать ее, кроме того, современные компьютерные интерфейсы (GUI и командная строка) задают пользователю жесткие ограничения, которых можно было бы избежать, научив компьютер понимать нашу речь.

Для распознавания необходимо записать человеческую речь, автоматически разобрать ее на минимальные составляющие, свериться с

базой сэмплов, подставить нужные фонемы, а потом собрать из фонем слова, расставив знаки препинания на основе анализа просодических эффектов.

Но на практике человеческая речь — понятие не точное и наш мозг постоянно выполняет сложнейшую работу по распознаванию образов. Разработчикам систем распознавания речи пришлось столкнуться с тем, что люди в массе своей говорят неразборчиво и не всегда в приемлемых шумовых условиях. Кроме того:

- Язык (а разговорный язык — тем более) не является постоянным. В большинстве языков имеется несколько диалектов, и даже в рамках одного диалекта существует несколько равноправных вариантов произношения одного и того же слова.

- У каждого из нас есть свои речевые особенности, которые могут затруднить распознавание речи.

- В естественной речи содержатся звуки и слова-паразиты («эээ», «mmm», «как-бы» и т.д.), которые необходимо отфильтровывать.

- В реальной жизни редко встречаются идеальные условия для записи звука: как правило, запись речи сопровождается шумами разной природы, которые мешают выделить голосовой сигнал для дальнейшей обработки.

Кроме этого сюда добавляются эффекты коартикуляции (а их правильная обработка в задаче распознавания речи куда критичнее, чем в задаче синтеза; если там мы рискуем лишь тем, что слово будет звучать ненатурально, то здесь в результате неправильной обработки коартикуляции система не найдет нужное слово в словаре.

Существующие технологии не позволяют решить эти проблемы в комплексе. Поэтому в зависимости от поставленной задачи техники распознавания речи меняются. Однако у них есть много общего (например, почти все современные системы распознавания речи используют для поиска нужных фонем скрытые модели Маркова [1]).

Долгое время системы распознавания требовали, чтобы пользователь выговаривал каждое слово отдельно, однако появились пакеты, умеющие обрабатывать так называемую слитную речь. Но системе по-прежнему требуется время на обработку услышанного, и гораздо эффективнее выдавать ей законченные предложения (если они короткие) или более-менее самостоятельные фрагменты предложений. Во многих современных пакетах распознавания есть синтаксические и семантические модули, и подобная разбивка облегчит распознавание, одновременно улучшив качество. Иными словами, «слитная речь» в данном случае является синонимом диктовки.

Другой важный критерий — привязка к пользователю. На самом деле практически все современные системы распознавания речи являют-

ся обучаемыми. Разница только в том, что дикторо-независимую систему обучил производитель, заложив в неё сотни, или тысячи примеров. Поскольку у таких систем — при прочих равных условиях — требования к компьютерным ресурсам намного выше, а производительность хуже, то на потребительском рынке большей популярностью пользуются системы, которые пользователь после покупки подгоняет «под себя». Тем не менее, приложений, для которых важна именно независимость от пользователя, более чем достаточно — автоматические корпоративные колл-центры, например, должны быть универсальны.

Третий критерий – размер словаря. Чем меньше словарь, тем проще обучить систему и сделать ее дикторонезависимой. Единственное исключение из этого правила – голосовой набор в мобильных телефонах. Эта система снабжена очень маленьким словарем — но, с другой стороны, и системные требования у нее крайне скромны, раз она работает на мобильном телефоне.

Если разработчики, занимающиеся синтезом речи, начинали с копирования человеческого голосового аппарата и только потом разработали систему компилятивного синтеза, «собирающую» нужные слова из обрывков фонем, то системы распознавания речи имеют мало общего с тем, как распознает речь человеческий мозг. Скрытые модели Маркова, которые стали применять для распознавания в 1970-е гг., оказались эффективным средством для поиска нужных фонем, но они не являются панацеей и не способны решить все проблемы распознавания речи. У современной науки весьма неясные представления о глубинных процессах, отвечающих за распознавание речи в нашем мозге, так что делать какие-то выводы о качестве систем распознавания мы можем лишь потому, что есть задачи, которые им совсем не под силу:

- Они не умеют автоматически распознавать язык диктора. Любой человек, хоть раз слышавший итальянскую речь, скорее всего, узнает ее, услышав снова (при этом он может не иметь ни малейшего представления о самом языке). Машина так не умеет, она применяет заложенную в нее языковую модель, независимо от того, на каком языке с ней говорит человек.

- Они не умеют выделять речь по-настоящему. Качество распознавания в шумном окружении падает чуть ли не вдвое. Главным средством борьбы с шумами являются механизмы подавления, которые эффективны далеко не всегда. Сосредоточиться на речи собеседника, отсеять все остальные звуки, как необязательные для распознавания, и уж тем более выделить речь одного человека из диалога система не может;

- Распознают они не очень хорошо. Человек легко поймет общий смысл сказанного и большинство слов, даже если у собеседника очень

сильный акцент. В то же время система распознавания, выполняющая сравнение элементов фонем в этом случае будет давать сбои.

И, наконец, самое главное. Хотя при распознавании используются элементы синтаксического и семантического анализа, нужно признать, что машины из того, что мы им говорим, ничего не понимают [2].

Основным подходом к проблеме распознавания речи в настоящее время является ИМЗ-подход. Он базируется на иерархическом (И) принципе обработки информации и на использовании многозначных решений (МЗ) на всех уровнях этой обработки. Опыт исследований показывает, что для достижения приемлемой для практики надежности распознавания речи требуется решение проблемных задач на всех уровнях. А это требует больших затрат и времени. Поэтому выдвигается ряд промежуточных, но важных для практики задач:

1. распознавание отдельно произносимых слов;
2. выделение ключевых слов в потоке речи;
3. распознавание слитной речи, составленной из слов заданного словаря.

Оказалось, однако, что и решение перечисленных задач для произвольного диктора или неограниченного словаря требует серьезных усилий и остается еще целый ряд принципиальных вопросов, требующих глубокой проработки [3].

Основной техникой для многих систем распознавания речи является статистический метод, называемый скрытым марковским моделированием. Такие системы разрабатываются во многих центрах и способны на "хорошее распознавание слов речи, не используя тренировку распознавания акустической речи". Данный результат был получен тестированием системы на данных, полученных из министерства обороны США, содержащих записи тысяч телефонных переговоров. В масштабах ограниченного тестирования вероятность правильно обнаруженных 22 ключевых слов варьировалась от 45 до 60% при условии допущения 10 ложных положительных результатов на ключевой слово в час. Таким образом, если 1000 ключевых слов было использовано во время часового переговора, будет, по крайней мере, 300 пропущенных ключевых слов и 220 ложных обнаружений. Другими словами качество распознавания не позволяет практически использовать систему.

Одно из применений системы распознавания речи – автоматический анализ и обнаружение в телефонных переговорах ключевых слов, которые могут отнести произносящего их человека к преступникам или террористам, что становится в наше время особенно актуально. Из-за отсутствия привязки к говорящему и нечеткости выделенного сигнала из перехваченных телефонных переговоров, скорее всего даже лучшие алгоритмы и быстрые процессоры, чем используемые сейчас,

будут давать худшие результаты, чем получаемые в современных хорошо обученных системах [4].

Из вышесказанного можно сделать выводы:

- современные системы распознавания не являются полностью дикторонезависимыми, и их приходится настраивать под конкретного человека;

- для качественной работы требуются большие вычислительные мощности, поэтому эти системы нельзя встраивать в различные устройства;

- качество распознавания не является высоким.

Для устранения перечисленных недостатков необходима разработка новых алгоритмов, основанных на анализе процессов распознавания речи человеком, а также проектирование новых аппаратных средств, предназначенных для этой цели.

Список литературы

1. <http://www.cs.berkeley.edu/~murphyk/Bayes/rabiner.pdf>
2. Таран О., Мирошниченко С., Гуриев В. Ничего никому не скажу//Компьютерра-2005.- №36.-С&С Computer Publishing Limited.-78 с.
3. <http://www.agentura.ru/equipment/radio/nepr/>
4. <http://impb.psn.ru/~sychyov/html/sound00.shtml>

Котов И. О.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ МЕТОДОМ СВЧ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПК

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

ТГТУ, Кафедра «Конструирование радиоэлектронных
и микропроцессорных систем»

Для измерения диэлектрической проницаемости фазовым методом в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ) предлагается использовать установку, блок-схема которой представлена на рисунке 1.

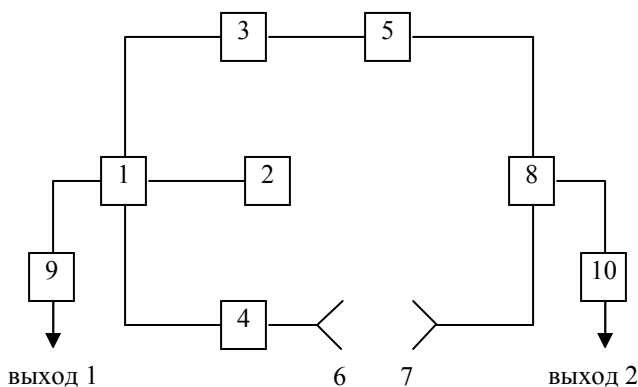


Рис. 1. Блок-схема фазового измерителя диэлектрической проницаемости

Измерения проводятся методом сравнения сигнала, прошедшего через образец материала, и сигнала, прошедшего по волноводному тракту.

Генератор 2 включён в плечо E двойного волноводного тройника 1. Из плеч двойного тройника выходит две противофазные волны. Первая волна проходит через аттенюатор 3 и фазовращатель 5. Вторая волна проходит через аттенюатор 4 и образец материала, помещённого между антеннами 6 и 7. Далее оба сигнала суммируются, поступая в H -тройник. Суммарная волна преобразуется в ток детектором 10. Этот ток снимается с выхода 2. Детектор 9 включён в плечо H двойного тройника. Ток на выходе 1 зависит от мощности отражённого от образца сигнала.

Аттенюаторы и фазовращатели служат для согласования двойного тройника, при отсутствии образца между антеннами. Для измерений в межантенное пространство помещается исследуемый образец материала. Состояние согласования при этом нарушается, и на выходах 1, 2 появляется ток. Ток на выходе 2 зависит от соотношения амплитуд и фаз двух волн, прошедших через образец и волноводный тракт, а ток на выходе 1 зависит от амплитуды отражённого от образца материала.

Для проведения двухканального измерения предлагается использовать устройство на базе микроконтроллера, управляемое с персонального компьютера (ПК). Такая схема измерения значительно упрощает всё устройство в целом, т.к. расчёт диэлектрической проницаемости ведётся на ПК.

Разработано 2-а варианта многоканального измерителя. Первый вариант построен на базе микроконтроллера *AT89C51*. Второй вариант построен на базе микроконтроллера *PIC16F873*.

Блок-схема измерителя на базе *AT89C51* представлена на рисунке 2.

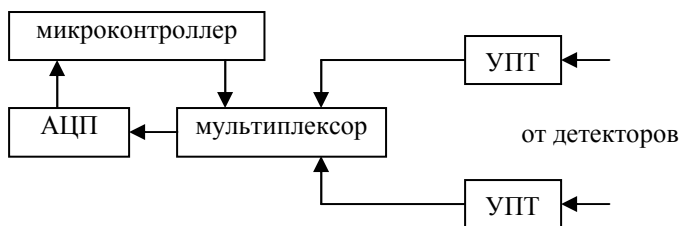


Рис. 2. Блок-схема измерителя постоянного тока на базе микроконтроллера *AT89C51*

Микроконтроллер *AT89C51* не имеет встроенного АЦП, поэтому необходимо использовать внешнее АЦП и мультиплексор, для коммутации входов. Мультиплексор управляется с помощью микроконтроллера, который, в свою очередь получает соответствующие команды с ПК.

Сигнал с детекторов предварительно усиливается с помощью 2-х усилителей постоянного тока (УПТ).

Блок-схема измерителя на базе микроконтроллера *PIC16F873* представлена на рис. 3.

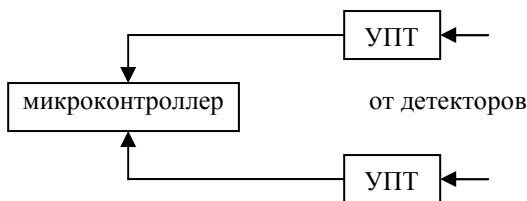


Рис. 3. Блок-схема измерителя постоянного тока на базе микроконтроллера PIC16F873

Микроконтроллер *PIC16F873* имеет встроенный АЦП и мультиплексор на 5 входов. Поэтому измеритель значительно упрощается. Также микроконтроллер *PIC16F873* поддерживает внутрисхемное программирование, что позволяет обновлять программу, не вынимая микроконтроллер из корпуса.

Однако устройство на базе *AT89C51* также имеет свои преимущества, т.к. позволяет использовать АЦП с большей разрядностью и более качественный мультиплексор, чем те, которые встроены в *PIC16F873*.

Оба устройства управляются с ПК через интерфейс стандарта *RS232*. Более подробно принцип управления описан в [2].

Для проведения измерения предлагается использовать программное обеспечение [3].

Программы обоих микроконтроллеров разработаны с учётом полной совместимости, т.е. программа ПК может работать с обоими устройствами без изменений.

Список литературы

1 Конструирование экранов с СВЧ-устройств / А.М. Чернушенко, Н.Е. Меланченко, Л.Г. Малорацкий, Б.В. Петров, под ред. А.М. Чернушенко. М.: Радио и связь, 1983. 400 с.

2 И.О. Котов. Программно-аппаратный комплекс для измерения параметров материалов в СВЧ диапазоне // Сборник статей магистрантов. Тамб. гос. техн. ун-т. Тамбов, 2005. Вып. 1. – С. 12-15

3 И.О. Котов. Программное обеспечение ПК измерителя параметров материалов методами СВЧ // Сборник статей магистрантов: современные проблемы науки глазами будущих учёных. Тамб. гос. техн. ун-т. Тамбов, 2005. Вып. 3. – С. 107-110

Канаев А. В., Артемова С.В.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ЯЗЫКА ВЫСОКОГО УРОВНЯ РНР

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

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

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме энергосбережения. В частности она сводится к решению задачи энергосберегающего управления энергоемкими промышленными объектами. Для этих целей все более широко стал использоваться язык программирования высокого уровня РНР. Он открывает отдельную линию технологий : Hypertext Preprocessor (Изначально — Personal Home Page). Схема построения активных Web-ресурсов значительно снижает трудоемкость и упрощает сопровождение разрабатываемых средств.

Базовая комплектация РНР поддерживает сессионность и другие возможности, что позволяет создавать легко интегрируемые Web-приложения. Сильной стороной технологии является возможность расширения ядра для разработки дополнительных модулей. Благодаря этому, в РНР введена поддержка работы с SQL-источниками данных, COM-объектами, CORBA, XML, сетевыми прикладными протоколами, различными мультимедийными форматами данных, и др.

Из множества преимуществ РНР можно выделить простоту, универсальность (решение широкого спектра задач), портбельность (многоплатформенность и широкое распространение РНР-процессоров для различных Web-серверов), высокую производительность. Основным недостатком является концепция совмещения элементов представления (например, дизайна документа) и программной бизнес-логики, что затрудняет коллективную разработку проектов и их последующее сопровождение. Также, следует отметить, что как язык программирования, РНР применяется только в сфере Web-программирования, что затрудняет повторное использование бизнес-логики, созданной для Web-приложения[1].

На крупных промышленных предприятиях постоянно возникает вопрос о рациональном расходе энергоресурсов. Программный модуль, размещенный на Web-сайте позволит оперативно решать подобные проблемы. Возможны варианты для различных объектов. Рассмотрим один из примеров решения такой задачи.

В качестве модели объекта используется двойное аппериодическое звено (ДА). Мы можем наложить на рассматриваемый объект ограничения как по времени так и по управлению.

Задача оптимального энергосберегающего управления (ЗОУ) формулируется как задача с закрепленными концами траектории изменения вектора фазовых координат z и фиксированным временным интервалом управления t . В качестве функционала используется минимум затрат энергии или расхода топлива. На скалярное управление u накладываются два вида ограничений: для каждого момента времени и интегральные для всего интервала управления [2].

Математически данную ЗОУ можно записать в следующем виде. Нелинейный объект, описываемый системой дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} \dot{z}_1 &= z_2(t) \\ \dot{z}_2 &= a_1 \cdot z_1(t) + a_2 \cdot z_2(t) + B \cdot u(t), \end{aligned} \quad (1)$$

необходимо перевести из начального состояния z_0 в конечное z_k , т.е.

$$z(t = t_0) = (z_1^0, z_2^0)^T \longrightarrow z(t = t_k) = (z_1^k, z_2^k)^T, \quad (2)$$

при ограничениях на управление

$$\forall t \in [t_0, t_k]: u(t) \in [u_H, u_B],$$

(3)

и минимуме функционала

$$I = \int_{t_0}^{t_k} u^2(t) dt \longrightarrow \min_U \text{ или } I = \int_{t_0}^{t_k} |u(t)| dt, \quad (4), (5)$$

При этом задается массив исходных данных:

$R = (a_1, a_2, b, u_H, u_B, z_1^0, z_1^k, z_2^0, z_2^k, t_0, t_k)$, где a_1, a_2, b – параметры объекта управления.

В результате решения задачи требуется найти вид и параметры функции оптимального программного управления при ограничениях (3.2), (3.3):

$$u^*(\bullet) = (u^*(t), t \in [t_0, t_k]), \quad (6)$$

а также рассчитать:

$$z^*(\bullet) = (z^*(t), t \in [t_0, t_k]) \text{ и } I = \int_{t_0}^{t_k} u^2(t) dt, \quad (7)$$

В результате программный модуль, размещенный на WEB-сайте, позволяет разработчику привлечь партнеров не только из России, но и из-за рубежа. И обеспечить дальнейшее тесное сотрудничество.

Список литературы

1. Дж. Кастаньетто , Х. Рават, С.Шуман и др. Профессиональное PHP программирование. – М.: Символ-Плюс, 2001. – 912с.:ил.
2. Муромцев Ю.Л., Ляпин Л.Н., Качкин В.В., Сатина Е.В. Микро-процессорные системы оптимального управления: Учебное пособие, Тамбовс.ин-т хим. машинось.,1990.-93с.

Элементы и устройства электронно-вычислительных средств

Руководитель программы д.т.н., проф. Брусенцов Ю. А.

Ежов Р. В.

О ВОЗМОЖНОСТИ ТЕРМОКОМПЕНСАЦИИ МОСТОВОЙ СХЕМЫ С ПОМОЩЬЮ МДП СТРУКТУРЫ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Королёва А.П.

ТГТУ, Кафедра «Материалы и технология»

Существует множество полупроводниковых преобразователей давления со схемой термокомпенсации. Чаще всего прибор состоит из четырёх тензорезисторов, образующих измерительный мост, и схемы термокомпенсации, состоящей из транзистора, и двух резистов, которая включена в цепь питания моста, также в этом случае дополнительно вводятся нормирующий и токоограничивающий резисторы.

С целью упрощения схемы устройства, повышения надёжности, а также для расширения функциональных возможностей устройства можно заменить схему температурной компенсации полупроводниковой ячейкой, которая имеет возможность постоянного контроля температуры в зоне измерения.

Температурные изменения рассчитываются по известной математической модели [3]. Информация о температуре и деформации поступает в вычислительное устройство, в котором происходит расчёт выходной характеристики полупроводникового датчика с учётом температурных колебаний окружающей среды.

Предлагаемый измерительный преобразователь обладает более стабильными параметрами, более широким диапазоном измеряемых температур, он не подвержен старению. Также его возможно изготовить в едином технологическом цикле, что значительно снижает его стоимость, повышает воспроизводимость и точность выходных характеристик.

Список литературы

1. Брусенцов.Ю.А.,Минаев.А.М.Основы физики оксидных полупроводников: Учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002.
2. В.Ф.Попов. Физические основы микроэлектроники: Учебно-метод. пособ. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та,2001.
3. Koroljev A.P., Shelokhvostov V.P., Chernyshov V.N. Semiconductor Primary Initial Transformer Design for Heat Values Measurment. Tambov: Transactions of Tambov State Technical University, 1999, v.5, №4, p.536-542.
4. Королёв А. П., Шелохвостов В. П., Чернышов В. Н. Вестник ТГУ.- Т.5,вып.2-3,2000. с.334-337.

Маняхин И. М.

УСТАНОВКА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА РЕЗОНАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Шелохвостова В. П.

ГГТУ, Кафедра «Материалы и технология»

В методике контроля наличия нанобъектов в суспензиях и растворах наилучший результат дает метод НПВО. Принципиальная схема НПВО для выше упомянутой методики показана на рисунке 1.

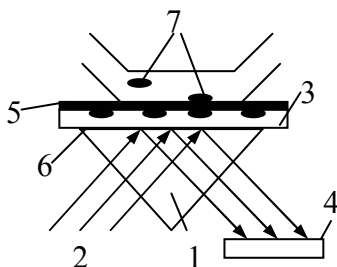


Рис. 1. Схема метода НПВО для резонансной спектроскопии
1-призма; 2-световой поток; 3-пленка металла (Ni); 4-фотоприемник; 5-пленка углерода; 6-объекты, сходные с тестируемыми; 7-тестируемый объект.

Основным элементом устройства НПВО является призма (1), на которую падает световой поток (2) под углом полного внутреннего отражения. На поверхности призмы находится металлическая пленка никеля (3), имеющая островковую структуру и содержащая в своем составе объекты, сходные с тестируемыми (6). На поверхность пленки (5) помещается образец суспензии, которая содержит тестируемые объекты (7).

При осаждении объекта (7) на пленку (5), происходит изменение интенсивности светового потока, падающего на приемник (4), что позволяет регистрировать данный объект в суспензии.

Схема установки показана на рисунке 2. Лазер на парах меди (1) с излучателем типа ИЛГИ-101 служит для оптической накачки лазера ЛЖИ-504 (2) на растворе родамина 6Ж. Выбор ЛЖИ-504 в качестве источника света обусловлен тем, что он позволяет непрерывно изменять длину волны лазерного излучения в выбранном диапазоне длин волн 560-595 нм.

Далее излучение лазера попадает на призму установки КРС-5 установки МНПВО-1 (3), с помощью которой проводятся исследования. С призмы установки лазерный луч попадает на преобразователь (4), который включает в себя фотоприемник для преобразования светового сигнала в электрический, усилитель и АЦП. С АЦП сигнал попадает на ЭВМ (5) для дальнейшего графического отображения и анализа.

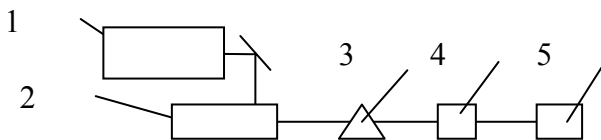


Рис.2. Схема лабораторной установки

1-лазер на парах меди; 2-лазер на красителе; 3-установка НПВО; 4-преобразователь; 5-ЭВМ.

Таким образом, была создана установка для проведения резонансной спектроскопии, в основу которой положена методика улавливания объектов с помощью селективной мембраны и регистрации их с помощью метода НПВО.

Богданов Д. В.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛУРГИИ

Работа выполнена под руководством к. т. н., проф. Брусенцова Ю. А.

ГГТУ, Кафедра «Материалы и технология»

Постоянные магниты имеют огромное значение для промышленности. Они широко используются в разных отраслях науки и техники. С каждым годом требуются всё более новые материалы с новыми более качественными свойствами.

Значительную часть магнитотвёрдых материалов в настоящее время изготавливают из сплавов на основе Fe–Ni–Al. Часто эти сплавы дополнительно легируют кобальтом и медью, а также титаном, ниобием, серой и другими элементами. Это, а также различные способы термообработки необходимы для создания в материалах магнитных частиц определённой формы и направленности. Размеры этих частиц имеют определяющее значение для магнитных свойств материалов. Последнее время всё чаще можно услышать о материалах с магнитными наночастицами. Свойства таких материалов по сравнению с материалами, в которых магнитные частицы имеют микроразмеры, сильно отличаются. Одной из главных причин изменения физических и химических свойств малых частиц по мере уменьшения их размеров является рост относительной доли «поверхностных» атомов, находящихся в иных условиях (координационное число, симметрия локального окружения и т.п.), нежели атомы внутри объёмной фазы. С энергетической точки зрения уменьшение размеров частицы приводит к возрастанию роли поверхностной энергии.

В настоящее время известно, что в наночастицах намагниченность на атом и магнитная анизотропия может быть заметно больше, чем в массивном образце, а отличия в температурах Кюри и Нееля могут составить сотни градусов. Иными словами, меняя размеры, форму, состав, строение наночастиц можно в определенных пределах управлять магнитными характеристиками материалов на их основе. Все это позволяет надеяться на использование материалов, содержащих наночастицы, в перспективных системах записи и хранения информации, для создания новых постоянных магнитов, в системах магнитного охлаждения, в качестве магнитных сенсоров и т.п.

Существует несколько методов получения наночастиц в материалах:

1. Из компактных материалов того же (или иного) состава путем диспергирования различными методами.

2. Из химических соединений путем направленного изменения их состава с последующей остановкой (теми или иными методами) роста новой фазы на стадии наноразмеров.

3. Превращением наночастиц одного состава в наночастицы другого состава.

В настоящее время разработан ряд общих методов получения наночастиц; большинство из них могут быть использованы для получения магнитных наночастиц. Имеются, однако, достаточно существенные особенности; их можно сформулировать в виде требований к технологии синтеза магнитных наночастиц. Необходимо получать частицы заданного размера и формы, во всяком случае, разброс по размерам должен быть небольшим (5-10%) и поддающимся контролю. Для получения магнитных наночастиц большое значение имеет контроль формы частиц и возможность синтеза анизотропных частиц несферической формы. Для того, чтобы исключить (или существенно уменьшить) межчастичные взаимодействия, во многих случаях магнитные наночастицы необходимо включать в немагнитные матрицы. Важно также иметь возможность менять расстояния между частицами в матрице. Методика синтеза должна быть относительно простой, недорогостоящей, дающей воспроизводимые результаты. Для магнитных материалов часто необходимо получать наночастицы сложного состава, такие как разнообразные ферриты, сложные сплавы NdFeB , SmCo_5 и т.п. В этих случаях набор пригодных методов значительно сужается. Например, при термическом испарении таких сложных составов в паровой фазе нарушается стехиометрия, идет образование других составов. При синтезе из атомных пучков не удастся сохранить однородное распределение столь разных элементов. Механохимические методы диспергирования порошков нарушают, иногда очень существенно, фазовый состав. Для ферритов во всех этих случаях также не сохраняется кислородная стехиометрия. И, наконец, получение из гетерометаллических предшественников встречает трудности, связанные с их синтезом; например, невозможно получить прекурсор, в котором один атом Sm был бы связан с пятью атомами Co , химия позволяет синтезировать лишь $\text{Sm}[\text{Co}(\text{CO})_4]_3$, где соотношение элементов 1:3. Трудно представить формулу прекурсора, из которого можно было бы получить наночастицы состава NdFeB .

К сожалению, большинство известных на сегодняшний день методов позволяют получать наночастицы с широким распределением по размерам; тщательный контроль параметров реакции, таких как время, температура процесса, скорость перемешивания, концентрация реагентов и стабилизирующих добавок позволяют сузить распределение по размерам получающихся наночастиц, но не всегда до нужных размеров. Известно, что большинство физических характеристик наночастиц существ-

венно зависят от размера частиц. Поэтому, наряду с созданием методов синтеза наночастиц с узким распределением по размерам были предприняты попытки разработать приемы разделения уже полученных наночастиц на достаточно монодисперсные фракции. Чаще всего для этих целей используют контролируемое высаживание из раствора стабилизированных ПАВами наночастиц с последующим центрифугированием; первой осаждается наиболее крупная фракция; после деконтации осадок может быть заново растворен и оба раствора – вновь полученный и оставшийся после деконтации – могут быть повторно подвергнуты операциям осаждения и центрифугирования. Процесс повторяют до получения фракций с нужным размером частиц и распределением по размерам.

Для создания магнитных материалов на основе наночастиц часто необходимо их внедрение в химически инертную, немагнитную основу - матрицу, которая оказывала бы незначительное влияние на магнитные свойства изолированных друг от друга наночастиц.

Методы получения наночастиц нельзя отделять от методов их стабилизации. Для частиц наноразмеров (1-30 нм) из-за их высокой поверхностной энергии не существует инертной среды – в любой среде, на поверхности отдельно взятой наночастицы всегда имеются продукты взаимодействия со средой, оказывающие существенное влияние на свойства наночастиц. Это особенно важно для магнитных наночастиц, поскольку продукты поверхностного окисления могут иметь иные магнитные характеристики, чем ядро частицы.

Одним из перспективных методов получения постоянных магнитов можно считать порошковую металлургию, которая позволяет получать изделия практически без припусков на обработку и обеспечить высокие магнитные характеристики. Рассмотрим её подробнее.

Основная технология получения магнитов методом порошковой металлургии, заключается в приготовлении шихты из порошков чистых компонентов с последующим прессованием и спеканием.

Определяющую роль в формировании свойств порошковых магнитов играет спекание. Для протекания высококоэрцитивного распада α -твёрдого раствора АЛНИКО необходим высокий уровень физической и химической однородности спечённого сплава. Постоянные магниты отличаются сложностью состава. При спекании таких многокомпонентных систем могут наблюдаться как усадка, уплотнение материала, так и увеличение пористости за счёт нескомпенсированности встречных диффузионных потоков.

За спеканием следует термическая обработка. Она состоит из закалки, ТМО и последующего многоступенчатого отпуска. Основными фазами при распаде являются: α -фаза, имеющая ОЦК решётку, γ -фаза с ГЦК решёткой и α' -фаза, выделяющаяся в виде однодоменных частиц при

ТМО из α -фазы. Критическая температура закалки находится ниже температуры плавления сплава, но выше температурной границы $\alpha + \gamma$ области. При нагревании сплава до этой температуры он перейдёт в однофазное α -состояние.

Наиболее ответственным этапом при формировании магнитных свойств является термомагнитная обработка. При этом скорость охлаждения в нижнем температурном интервале (область $\alpha \rightarrow \alpha + \alpha'$ превращения) должна быть такой, чтобы в присутствии магнитного поля выделилось максимальное число частиц α' -фазы, но не прошла их коагуляция. Термомагнитная обработка имеет смысл только в том случае, если точка Кюри сплава находится выше температуры высококоэрцитивного $\alpha \rightarrow \alpha + \alpha'$ распада.

Максимальные магнитные свойства после всех видов термообработки можно получить только в том случае, если ТМО проведена в узком интервале скоростей охлаждения. При малых скоростях образуется ограниченное число центров выделения α' -фазы, имеющих высокую анизотропию формы. Поэтому оптимальной является скорость, при которой выделяется достаточно большое количество частиц α' -фазы, имеющих одновременно и высокую степень анизотропии формы. Оптимальная скорость охлаждения зависит также и от химического состава.

Заключительным этапом термообработки является отпуск. Он проводится для реализации дораспада, так как высококоэрцитивное превращение $\alpha \rightarrow \alpha + \alpha'$ не идёт до конца. В результате этого происходит значительное увеличение коэрцитивной силы и магнитной энергии. Однако, увеличение продолжительности отпуска может привести к снижению коэрцитивной силы за счёт коагуляции α' -фазы.

Усовершенствование этой методики приведёт к появлению материалов с новыми, более высокими качественными свойствами.

Список литературы

1. А. А. Преображенский. Магнитные материалы и элементы. М.: Высшая школа. 1976. 336с.
2. Я. М. Довгалецкий. Легирование и термическая обработка магнитотвёрдых сплавов. М.: Металлургия. 1971. 176с.
3. Д. Д. Мишин. Магнитные материалы. М.: Высшая школа. 1981. 335с.

Яценко А. И., Баришутин С. Н.

ДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Работа выполнена под руководством к. т. н., доц. Баришутина С. Н.

ТГТУ, Кафедра «Материалы и Технология»

В настоящее время быстрое развитие науки, позволяет внедрять в производство (промышленность) новые методы измерения и контроля. Эти методы основаны на открытых в последнее время физико-химических законах, позволяющих более точно определять исследуемые характеристики веществ.

Важным элементом при разработке новых методов измерения являются первичные преобразователи, базирующиеся на новых материалах. Создание таких материалов требует точного контроля их состава и внутренней структуры. Контроль и соблюдение состава материала, позволяет добиться необходимых для измерения свойств.

Из всего многообразия методов контроля необходимо найти такой, который как можно с меньшими затратами и с наибольшей точностью будет определять этот состав.

В нашем случае был выбран материал, состоящий из оксида марганца с включением некоторых лигандов. В качестве лиганда может выступать любой из следующего ряда *Li, Be, Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Pd, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Pb, Bi*.

Изменение количества лиганда можно варьировать свойствами конечного материала.

Контролирование катионного состава компонентов осуществляют по химическим методикам количественного определения состава образцов. Методики основаны на титровании определяемых элементов с визуальной и амперометрической индикацией точки эквивалентности.

Для каждого элемента подбирают титрующий раствор, который добавляют в раствор исследуемого компонента. Если компонент не растворим в воде, то его переводят в растворимое состояние путем реакции с кислотой или щелочью. Затем по известному количеству прореагировавшего титранта определяется количество элемента в компоненте. Подбор титрующего раствора ведут так, чтобы реакция титрования была строго стехиометричной, протекала быстро и количественно, а также должен существовать способ фиксации точки эквивалентности.

Экспериментально конец титрования устанавливают по изменению цвета индикатора или какого-либо физико-химического свойства раствора.

Таким образом, была разработана методика разновалентного марганца, никеля, меди, железа в исходных порошках химическим методом.

В методике используются приведенные ниже реактивы: соляная кислота, концентрированная, 1:1; пероксид водорода, 3%-ный водный раствор; трилон Б, 0,05М стандартный раствор; аммоний хлорид, 30 % - ный раствор; диметилглиоксим, 1 % - ный аммиачный раствор; цинк сульфат, 0,05 М раствор; буферный раствор: растворяется 15,4 г хлорида аммония в 350 мл 25 % - ого раствора аммиака и после отстаивания фильтруется; смесь кислот: к 200 мл дистиллированной воды тонкой струйкой приливают при помешивании 40 мл серной кислоты удельного веса 1,84, после охлаждения раствора к нему приливают 45 мл ортофосфорной кислоты удельного веса 1,7 и 95 мл азотной кислоты удельного веса 1,4 тщательно перемешивается и остужается; серноватокислый натрий (тиосульфат), 0,01 М стандартный раствор: 2,5 г реактива растворяют в 100 мл предварительно прокипяченной и охлажденной воды, содержащей не более 0,1 г карбоната натрия, раствор переливается в мерную колбу емкостью 1000 мл, доливается водой до метки, тщательно перемешивается и оставляется в течении 8-10 дней; промывная жидкость: 1 М раствор серной кислоты, содержащей 1 % сульфата аммония; сульфат церия (IV), 0,005 М раствор в 0,5 М серной кислоте; ацетатный буфер: 500 г ацетата натрия растворяется в небольшом количестве дистиллированной воды с добавлением 20 мл ледяной уксусной кислоты и добавляется до 1000 мл водой; фенилантраниловая кислота, 0,03%-ный раствор: растворяется 0,03 г индикатора в 10 мл воды, содержащей 0,3 г карбоната натрия, и разбавляется до 10 мл водой; индикатор устойчив более месяца; кристаллический фиолетовый, 0,05 % - ный раствор.

Методика определения разновалентного марганца основана на титровании ионов двух- и трехвалентного марганца стандартным раствором перманганата калия с амперометрической индикацией.

В качестве индикаторного электрода применялся вращающийся платиновый микроэлектрод. В качестве электрода сравнения применяли каломельный электрод с насыщенным раствором хлорида калия (НКЭ).

Для амперометрического титрования отбирается аликвотная часть (2-5) от приготовленного раствора, помещается в стакан емкостью 50 мл, затем добавляется фоновый электролит до 25 мл. Стакан с содержимым устанавливается на столик прибора. Затем опускается платиновый электрод, агар-агаровый ключ, включается мотор, вращающийся электрод и титруется стандартным раствором титранта из микробюретки при наложении соответствующей внешней э.д.с..

Титрование железа и марганца проводилось на волне окисления железа (II), при потенциале 1В., никеля по волне окисления трилона Б, а меди без наложения э.д.с. или при 0,4. После разложения навески обычными методами все железо находится в виде трехвалентного, а марганец в виде двухвалентного.

Количественное определение железа проводилось титрованием стандартным раствором сульфата церия (IV) после восстановления железа (III) металлическим висмутом.

Точка эквивалентности находилась графически.

Марганец количественно определяется титрованием солью Мора после перевода марганца (II) в перманганат-ион. При этом определению марганца не мешают никель, железо и медь. Эквивалентный объем находится аналогично определению железа-графически. Содержание марганца вычисляется по формуле

$$\% Mn = \frac{T_{\text{солиМора}/Mn} \cdot 100 \cdot 250 \cdot V_{\text{солиМора}}}{m \cdot V_a} \quad (1)$$

где $T_{\text{солиМора}/Mn}$ – титр раствора соли Мора по марганцу, г. марганца в 1 мл раствора;

$V_{\text{солиМора}}$ – объем соли Мора, пошедший на титрование, мл;

250 – общий объем раствора, мл ;

V_a – объем аликвоты, мл;

100 – пересчет в проценты;

m – масса навески, г.

Амперометрическое титрование никеля проводится стандартным раствором трилона Б на фоне ацетатного буфера по волне окисления титранта. Эквивалентный объем определяется графически. Содержание никеля рассчитывается по формуле

$$\% Ni = \frac{T_{\text{трБ}/Ni} \cdot 100 \cdot 250 \cdot V_{\text{трБ}}}{m \cdot V_a} \quad (2)$$

где $T_{\text{трБ}/Ni}$ - титр трилона Б по никелю, г никеля в 1 мл раствора, мл;

V_a – объем аликвоты, мл;

250 – общий объем раствора, мл;

100 – пересчет в проценты;

m- масса навески, г.

Титрование меди проводится иодометрически с амперометрической индикацией точки эквивалентности с графическим определением эквивалентного объема тиосульфата, пошедшего на титрование иода, выделившегося после добавления иодида калия к аликвоте испытуемого раство-

ра. Содержание меди и железа определяли аналогично.

Проверка величины атомного процента компонентов проводилась расчетом на основании данных химического анализа по следующей формуле

$$\frac{A}{a} + \frac{B}{b} + \frac{C}{c} = 100\% \quad (4)$$

или

$$\frac{A}{a} + \frac{B}{b} + \frac{C}{c} + \frac{D}{d} = 100\% \quad (5)$$

где А – весовой процент меди;
В – весовой процент никеля;
С – весовой процент марганца;
D – весовой процент железа;
а – атомная масса меди (63.54);
b – атомная масса никеля (58.71);
с – атомная масса марганца (54.94);
d – атомная масса железа (55,85).

Проведенный анализ оксидного полупроводника показал, что точность разработанного метода по сравнению с общим химическим анализом выше на 10-15 %, а скорость проведения исследования в 2-2,5 раза выше.

Список литературы

1. Аналитическая химия. Бусев А. И., Иванов В. М. М., «Наука», 1973, стр. 264.
2. Аналитическая химия марганца. Лаврухина А. К., Юкина Л. В. М., «Наука», 1974, стр. 220.
3. Амперометрическое титрования. Сонгина О. А., Захаров В. А. М., «Химия», 1979, стр. 304.

Королёв В. А.

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУЛЬФИДА СВИНЦА

Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента Попова В. Ф.

ТГТУ, Кафедра «Материалы и технология»

Среди полупроводниковых соединений типа $A^{IV}B^{VI}$ наиболее изученными являются халькогениды свинца. Как узкозонные полупроводники они давно применяются в качестве детекторов инфракрасного (ИК) излучения. В наших исследованиях мы занимаемся изучением свойств сульфида свинца.

Данное соединение кристаллизуется в кубической структуре типа NaCl. Химические связи в кристаллах не являются чисто ионными, но характеризуются ярко выраженной ионной составляющей. Электрические свойства сульфида свинца во многом определяются отклонением от стехиометрии, которое при определенных условиях синтеза и термообработки соединений достигает значений порядка 10^{-3} ат. долей.

Семейство халькогенидов свинца отличается от большинства полупроводников необычной температурной зависимостью ширины запрещенной зоны. Так, например, у сульфида свинца ширина запрещенной зоны возрастает с повышением температуры, то есть налицо ярко выраженный рост температурного коэффициента ΔE (рис. 1), что в определенной степени служит гасящим фактором темновой проводимости, неизбежно возникающей при нагреве полупроводника.

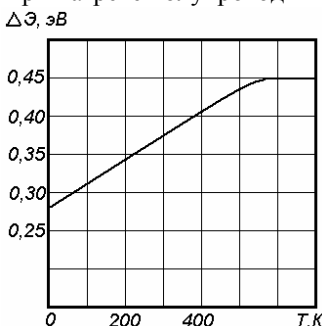


Рис. 1. Температурная зависимость ширины запрещенной зоны PbS

В настоящее время на основе сульфидов свинца создаются многие типы детекторов излучения, область чувствительности которых располо-

жена в ближней ИК и видимой областях. С целью расширения диапазона принимаемого излучения детекторами на базе сульфидов свинца используют различные способы изменения его энергии активации. Одним из перспективных - является повышение в структуре полупроводника на основе PbS содержание оксидных фаз PbO, PbSO₄.

Аналитические расчёты и результаты множества экспериментов [1], показали, что в полупроводниках PbS с малой концентрацией оксидных фаз фотопроводимость мала, и начинает расти, когда содержание PbO и PbSO₄ увеличивается. Также доказано [2], что в халькогенидах величина проводимости влияет на энергию активации полупроводника.

Для подтверждения теоретических выводов в рамках настоящего исследования разработана методика окисления PbO методом нагрева (отжига) и длительной выдержки на воздухе порошкообразного соединения. Отжиг порошка проводился в керамическом тигле при температуре 350-400 °С. В результате эксперимента были получены несколько партий порошка с различным временем отжига, из которых прессованием и спеканием в угольной засыпке в парах серы получали объёмные образцы PbS. На образцы методом вжигания серебряной пасты наносились контактные площадки.

С целью определения влияния отжига на энергию активации PbS по зависимости электросопротивления от температуры были рассчитаны значения энергии активации образцов с различным временем отжига рис. 2.

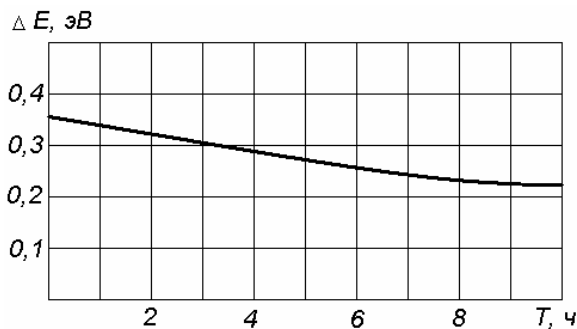


Рис. 2. Зависимость энергии активации PbS от времени отжига на воздухе при температуре 400 °С

Анализ приведенных выше результатов свидетельствует, что величина концентрации оксидных фаз в пленках сульфида свинца определяет процесс формирования в них различных по величине рекомбинационных и дрейфовых барьеров, которые, в свою очередь, определяют величину темновой проводимости и фотопроводимости пленки, а также их поведение при изменении температуры. Также можно сделать вывод о том, что

посредством отжига PbS существует возможность уменьшения его энергии активации, что позволяет смещать область максимальной чувствительности детекторов в длинноволновую область.

Список литературы

1. Алёшин, А.Н. Фотоэлектрические свойства сульфида свинца с различным потенциальным рельефом зон: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Одесса 2000. 18с.

2. Поляков, Е.В. О механизме проводимости халькогенидов / Е.В. Поляков, Ю.А. Брусенцов, А.М. Минаев // Труды ТГТУ: сб. науч. статей молодых учёных и аспирантов.- Тамбов, 2003.- Вып. 13.- С.242-245.

Курявцев С. И., Кузьмин А. Ю., Поляков Е. В.

РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Работа выполнена под руководством, к.т.н., доц. Тялиной Л.Н.

ТГТУ, Кафедра «Материалы и технология»

Для регистрации инфракрасного (ИК) излучения в настоящее время используются многие типы первичных измерительных преобразователей (ПИП), которые создают на основе различных материалов. Среди них наиболее распространёнными являются узкозонные сплавы КРТ (кадмий-ртуть-теллур) и СОТ (свинец-олово-теллур), поскольку обладают высокой селективной чувствительностью к инфракрасному излучению. Тем не менее, возможность их применения ограничена весьма узким диапазоном принимаемого излучения, а также технология производства связана с использованием в высшей степени ядовитых и взрывоопасных материалов. Поэтому в настоящее время проблема поиска новых, более технологичных материалов, обладающих достаточной чувствительностью к электромагнитному излучению, остаётся актуальной. В рамках данной проблемы в работе были изучены свойства различных систем элементов, на основе которых существует возможность получения детекторов лучистых потоков малой энергии.

Сплав $Cd_{1-x}Sn_xS$ оказался наиболее перспективным для применения в этой области, что подтвердили исследования его свойств [1],[2].

На основе этого сплава разработана конструкция ПИП, подтверждённая патентом на изобретение [3].

Конструкция преобразователя представляет собой фоторезистивную матрицу в виде керамической подложки с тонкопленочными ПИП, каждый из которых выполнен из сплава $Cd_{1-x}Sn_xS$ с различной концентрацией легирующего компонента. С целью компенсации влияния темновых токов каждый ПИП дублирует аналогичный пленочный элемент, закрытый от излучения экраном. Это позволяет фиксировать темновой ток и учитывать его в процессе измерения.

Основными преимуществами разработанного ПИП являются возможность компенсации влияния темновых токов и расширение диапазона принимаемого излучения за счет создания ряда селективно работающих ПИП, область чувствительности которых совокупно охватывает заданный диапазон ИК излучения. В соответствии с проведенными исследованиями установлено, что на основе рассматриваемого сплава существует

возможность создания преобразователя для работы в диапазоне 5...12 мкм.

В рамках проводимых исследований разработана микропроцессорная система контроля спектральной плотности ИК излучения, в которой в качестве ПИП используется описанный ранее преобразователь (рис. 3).

На рис. 6 представлена схема микропроцессорной системы. Функционально ее можно разделить на несколько частей: ПИП в виде матрицы тонкопленочных фоточувствительных элементов на основе сплава $Cd_{1-x}Sn_xS$, блок компенсации и блок преобразования измерительной информации.

Для преобразования измерительной информации микропроцессорная система содержит коммутатор 6, второй усилитель 7, предназначенный для усиления сигнала с коммутатора до нормированного уровня аналого-цифрового преобразователя (АЦП) 8, микропроцессор 9 и блок управления 11 для ввода параметров и программы в память микропроцессора с последующим отображением на дисплее 10.

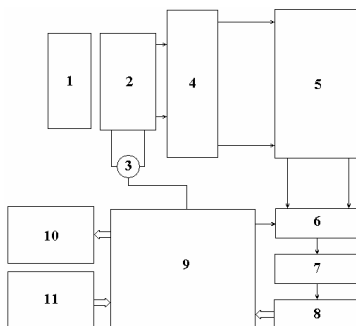


Рис. 1. Структурная схема микропроцессорной системы контроля спектральной плотности ИК-излучения:

1 – модулятор; 2 – резистивная матрица; 3 – источник напряжения; 4 – катодный повторитель; 5 – узкополосный усилитель; 6 – коммутатор; 7 – второй усилитель; 8 – АЦП; 9 – микропроцессор; 10 – индикатор; 11 – блок управления

Измерительная система работает следующим образом. С блока управления вводится программа, составленная в соответствии с алгоритмом обработки информации. Тестовыми сигналами проверяется правильность работы прибора. Поток излучения с заданной модулятором 1 частотой попадает на ПИП 2. Опрос матрицы производится с помощью команд по заданной программе. Для усиления сигнала, возникающего на ПИП при его освещении, используется многополосный программируемый усилитель 5 с малым уровнем собственных шумов. Для согласованной работы уси-

лителя с низкоомным входом и ПИП с высоким номинальным сопротивлением в цепь включен катодный повторитель 4. Напряжение с ПИП поступает на управляемый микропроцессором 9 коммутатор 6, который поочередно подключает ячейки ПИП излучения, предназначенные для работы в разных диапазонах ИК-спектра. Усиленное до нормированного уровня напряжение поступает на АЦП 8, который преобразует аналоговый сигнал в цифровой код, передающийся в микропроцессор 9, где по программе, составленной в соответствии с алгоритмом работы системы, происходит расчет значения фототока в соответствии с законом Ома. Результаты записываются в оперативную память микропроцессора и затем вызываются оператором на индикатор 10 в любое время после окончания измерения.

Программное обеспечение разработанного микропроцессорного устройства представлено на основе алгоритма работы микропроцессорной измерительной системы (рис. 7).

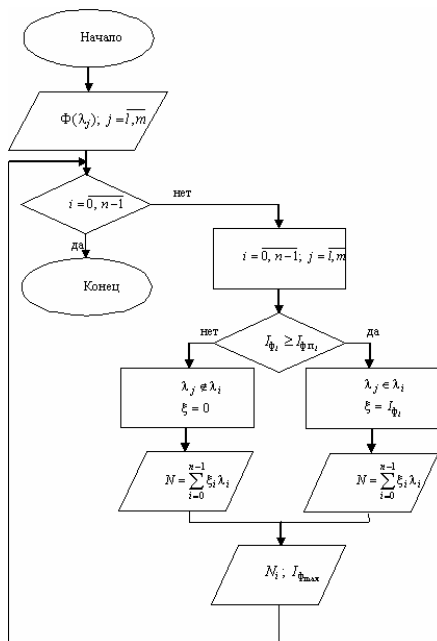


Рис. 2. Блок-схема алгоритма работы микропроцессорной системы

В начале работы микропроцессорной системы производится сканирование по адресам фоторезистивной матрицы: $\Phi(\lambda_j)$. Следующим этапом

работы алгоритма, после обеспечения его цикличности происходит измерение фототока в цепи соответствующего ПИП, и сравнение его с пороговым значением ($I_{\phi_i} \geq I_{\phi_{п.и}}$). Система в случае «ДА» производит формирование цифрового кода N . На заключительном этапе работы программы производится индикация результатов измерения в виде цифрового кода и максимального значения фототока на одном из ПИП резистивной матрицы. В случае «НЕТ» действия алгоритма ограничиваются формированием цифрового кода.

Распределение по спектру плотности излучения любых тел характеризуется плавной кривой, имеющей один максимум и спадающий до нуля при изменении длины волны к нулю или бесконечности. В каждом случае преобладание в спектре какой-либо волны соответствует конкретному значению спектральной плотности лучистого потока, значения которой являются справочными величинами.

С целью повышения точности измерений в работе проведена метрологическая оценка результатов измерений, которая показала, что в диапазоне длин волн 9...16 мкм суммарная погрешность измерения значений фототока составляет 30 %. В рабочем интервале для ПИП излучения на основе сплава $Cd_{1-x}Sn_xS$ погрешность измерения ± 3 %.

Список литературы

1. Е. В. Поляков, Ю. А. Брусенцов, А. М. Минаев. Использование сплава $Cd_xSn_{1-x}S$ в детекторах электромагнитных излучений инфракрасного и видимого спектров. Вестник Тамбовского государственного технического университета. - 2001.-Т. 7, №1.- С. 101-105.
2. Поляков Е. В. Брусенцов Ю, А, Минаев А. М. Воленко Е. А. Получение тонких плёнок сульфида олова методом вакуумного испарения/ Труды ТГТУ: Сборник научных статей молодых учёных и студентов. Вып. 9. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2001. 184 с
3. Пат. 2189667 Российская Федерация, МПК 7Н 01 L 31/09, 31/115, G 01 T 1/24, Первичный измерительный преобразователь ультрафиолетового и гамма-излучений, осуществляющий компенсацию погрешностей, вызванных влиянием темновых токов / Поляков Е.В., Брусенцов Ю.А., Пручкин В.А., Минаев А.М., заявитель и патентообладатель Тамбовский гос. техн. ун-т.- 20001116410/28; заявл. 21.06.00; опубл. 21.09.02, бюл. №26 (II ч.).- С.448-449.

Попов А. В., Шелохвостов В. П., Попов В. Ф.

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ МЕДНОГО ПОРОШКА, АРМИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Шелохвостова В. П.

ТГТУ, Кафедра «Материалы и технология»

Порошковые материалы являются одним из перспективных материалов в современном машиностроении. Гибкая технология, позволяющая создавать изделия весьма сложной формы, сравнительная простота используемого оборудования и оснастки, низкая себестоимость процессов – вот далеко не полный перечень преимуществ данного метода создания деталей конструкций и механизмов. В этой связи представляется особо перспективным путь создания порошковых металлических материалов, дополнительно армированных нанотрубками для получения конструктивных элементов, обладающих новым набором эксплуатационных характеристик.

Нанотрубки получались методом каталитического пиролиза метана, в котором возможно реализовать гибкое и раздельное управление условиями образования нанотрубок.

В качестве катализатора использовался порошок никеля, который образуется находился в реакторе на кварцевом поддоне, установленном на весах (Рис.1). Время разогрева реактора составляло 40 мин. Далее при температуре 600°C происходит пиролиз углеводорода, образование на частицах металла нанотрубок. Отработанный газ затем выводился из реактора. Время протекания процесса при рабочей температуре составляло 1 час.

Для изготовления образцов использовался медный порошок с дисперсностью 0,1 мм. Его смешивали с нанотрубками в различных весовых соотношениях в контейнере, выполненном из фторопласта (рис.2), содержащем мелющие тела, представляющие собой шарики диаметром 6 мм, выполненные из меди.

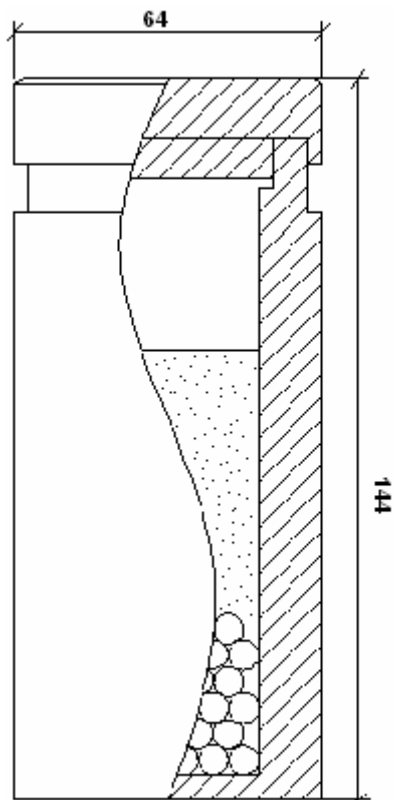


Рис. 2. Контейнер для смешивания медного порошка и нанотрубок

Процесс смешивания осуществлялся на установке «Турбула» (рис.3). Время смешивания составляло 1,2,3 часа. Данная установка позволяет эффективно производить смешивание сыпучих тел различного размера и происхождения благодаря тому, что переворачивание контейнера осуществляется в различных плоскостях.

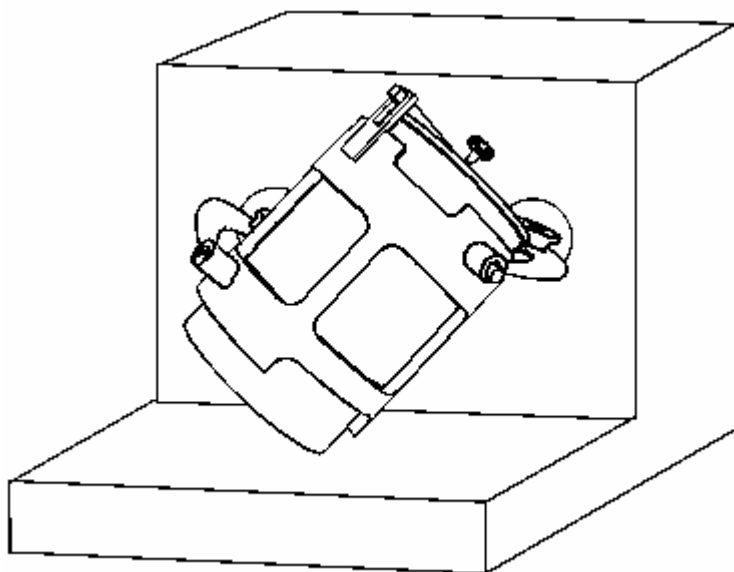


Рис. 3. Смеситель «Турбула» с контейнером

Затем приготовленная смесь извлекалась из контейнера и на следующем этапе происходил процесс прессования образцов в специальной пресс-форме, состоящей из матрицы 1, и двух пуансонов. Прессование осуществлялось на гидравлическом прессе с давлением $3 \cdot 10^8$ Па. Изготовленные образцы диаметром 16 мм и высотой 5 мм подвергались спеканию в вакуумной печи при низком вакууме ~ 1 Па.

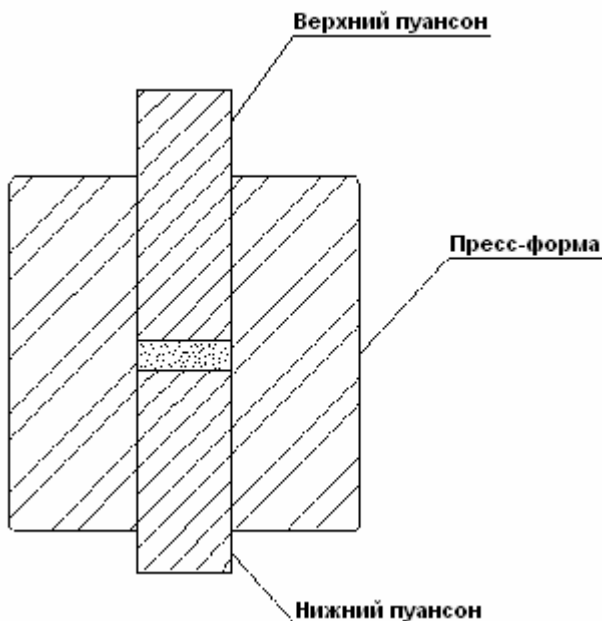


Рис. 3. Пресс-форма для прессования образцов

Спекание проводилось при температуре 800°C в течении 3 часов. В результате получались образцы новых материалов для дальнейших исследований.

Список литературы

1. Либерсон Г. А. Процессы порошковой металлургии: В 2 Т: Учебник для вузов, Т.2: Формования и спекание./ Г.А. Либерсон, В.Ю. Лопатин, Г.В. Комарницкий. – М.:МИСИС, 20001, 320с., ил.
2. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований./ Под. Ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса и П. Аливисато-са. Пер. с англ. – М.: Мир 2002. – 292 с., ил.

Коняхин А. Н., Попов В. Ф.

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АМОРФНЫХ ГИДРИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДПКОВЫХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Попова В. Ф.

ТГТУ, Кафедра «Материалы и технология»

Аморфные пленки кремния, полученные методом плазменного напыления в вакууме, по - видимому, всегда характеризуется высокой плотностью состояний в запрещенной зоне и в частности, на уровне Ферми. Главным свидетельством в пользу этого является наблюдение прыжкового механизма проводимости с переменной длиной прыжка и небольшой величиной числа термо - ЭДС, что в обоих случаях указывает на перенос по состоянию на уровень Ферми. Только при высоких температурах оказывается возможным возбуждение носителей в зоне, что свидетельствует о том, что энергия активации постепенно

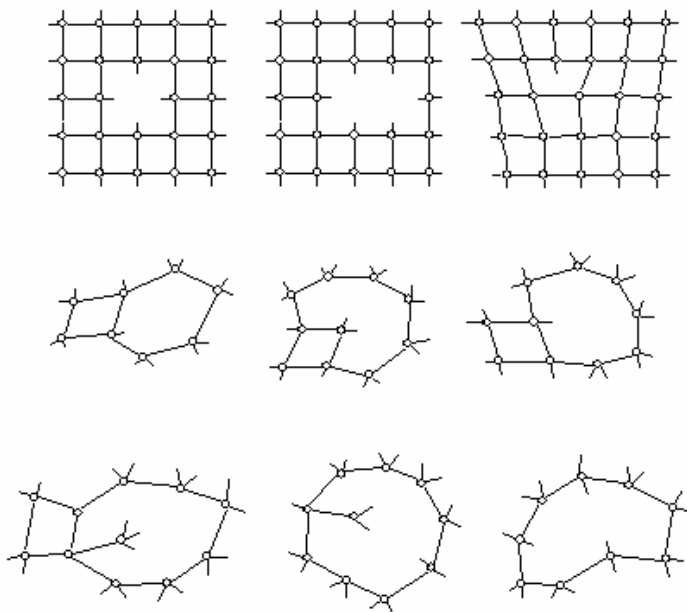


Рис. 1. Схематическое изображение дефектов в аморфном кремнии

приближается к значению равному половине оптической щели [1], тот эффект связывают с наличием оборванных связей в аморфном кремнии (рис. 1.)

Если ввести водород в пленки, полученные напылением в вакууме или катодным распылением, в ходе приготовления пленки или путем последующего внедрения атомарного водорода, то представляется возможным уменьшить сигнал прыжковой проводимости эксперимента.

Водород присоединяется к неспаренным орбиталиям, образуя состояние, лежащие в глубине запрещенной зоны.

Рассмотренное распределение состояний в запрещенной зоне кремния нуждается в экспериментальном подтверждении. Для этого была создана экспериментальная установка (Рис. 2.).

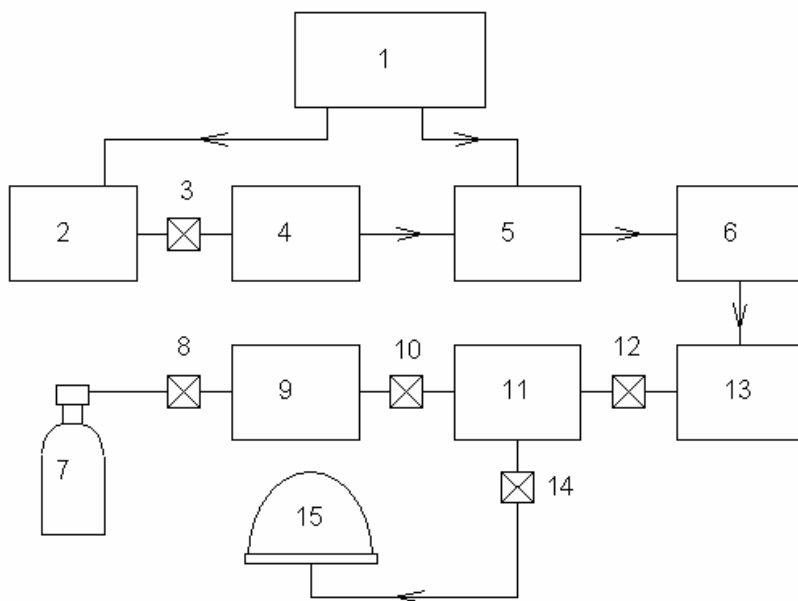


Рис. 2.Схема экспериментальной установки.

- 1 - блок питания; 2 - электролизер; 3 - винтель; 4 - контур очистки воды;
- 5 - нагревательный элемент; 6 - холодильник; 7 - балон с аргоном; 8 - редуктор;
- 9 - датчик давления аргона; 10 - винтель; 11 - смесительная камера; 12 - винтель;
- 13 - датчик давления водорода; 14 - пьезоэлектрический клапан;
- 15 - вакуумная камера

Электролизёр 2 представляет собой 2 ёмкости разделённые перегородкой, заполненные 10% раствором КОН. При включении блока питания 1 на катоде выделяется водород, который через винтель 3 подаётся в блок очистки, состоящий из колбы с водой, служащей для осаждения примесей. Далее газ поступает в пустую колбу, в которой осаждаются частички воды, дальше находится колба с силикогелем для окончательной очистки. Чтобы полностью отделить пары воды от газа, поднимается точка росы газа. Для этого газ нагревается в кварцевой трубке 5 и далее на стенках медного змеевика, охлаждаемого сухим льдом, выпадают оставшиеся пары воды. На выходе из змеевика установлен датчик давления 13. Для создания рабочей смеси газа служит герметичный баллон из стали Х18Н10Т 11. для контроля и регулировки давления аргона 7 служит редуктор 8 и датчик давления 9. через винтели 10 и 11 в смесительную камеру подаётся аргон и водород. После получения нужной смеси через пьезоэлектрический клапан 14 газ подаётся в вакуумную камеру 15.

Список литературы

1. Захаров В.П., Герасименко В.С., Структурные особенности полупроводников в аморфном состоянии, Киев: "Наука думка"1976.-300с.
2. Бродски М., Карлсон Д., Аморфные полупроводники, М: Мир, 1982.- 419с.
3. Меден А., Шо М., Физика и применение аморфных полупроводников: Пер. с англ. М.: Мир, 1991.- 670с.

РЕЗОНАНСНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОННОГО СОСТАВА ВОДНОГО РАСТВОРА

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Баршутина С. Н.

ТГТУ, Кафедра «Материалы и Технология»

В настоящее время большое внимание уделяется экологическому мониторингу окружающей среды и, в частности, точному ионному составу питьевой воды. Для этих целей все более широко стали использовать приборы на основе ионоселективных химических преобразователей, преимуществом которых является оперативность, компактность и приемлемая для таких измерений точность по сравнению с другими аналогичными физико-химическими методами контроля. Измерение осуществляется за счет двухэлектродной системы, в которой один из электродов обладает селекцией к определенному иону. Конструктивно типовая измерительная ячейка (рис. 1) состоит из электрода сравнения 1 и ионоселективного химического преобразователя на основе полупроводника [1]. Химический преобразователь выполнен в виде

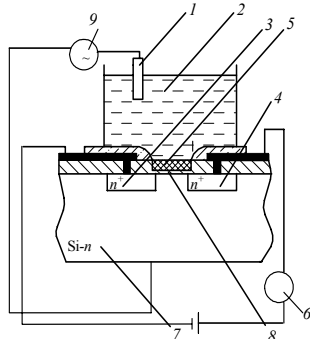


Рис. 1 Структура ионоселективной измерительной ячейки:

- 1 – электрод сравнения;
- 2 – исследуемый раствор;
- 3, 4 – области истока, стока;
- 5 – ионочувствительная пленка;
- 6 – измерительный прибор;
- 7 – кремниевая подложка
- 8 - аналит-чувствительная мембрана
- 9 – генератор напряжения

полевой структуры, размещенной на кремниевой подложке 7 с ограничивающими рабочий канал областями истока 3 и стока 4. Над каналом сформирована аналит-чувствительная мембрана 8 и нанесена ионоселективная пленка 5, которая непосредственно контактирует с рабочей средой и является наиболее важным элементом конструкции. В этой конструкции аналит-чувствительная мембрана 8 находится в контакте с водным раствором 2. Цепь замыкает электрод сравнения 1, который следует за генератором напряжения 9.

Так же известно, что различные ионы имеют свой потенциал ионизации.

Так например для водного раствора с ионами (Cu^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} ,

Zn^{2+}) вольтамперометрии [2], сначала концентрируют на электроде, проводя электролиз раствора при постоянном отрицательном значении потенциала (- 1,3 В и ниже) в течение фиксированного времени (2-3 мин). Затем начинают линейно изменять потенциал в анодную область. При этом возникают анодные пики растворения металлов. Их высоты измеряют (рис.2). В результате эффекта концентрирования можно определять очень малые содержания: *Cd*, *Pb*, *Cu* - в пикограммовых, *Zn* - в нанogramмовых количествах. К сожалению, метод инверсионной вольтамперометрии не для всех элементов дает одинаковый выигрыш в чувствительности. Наименьшие пределы обнаружения наблюдаются для тех металлов, которые образуют амальгамы.

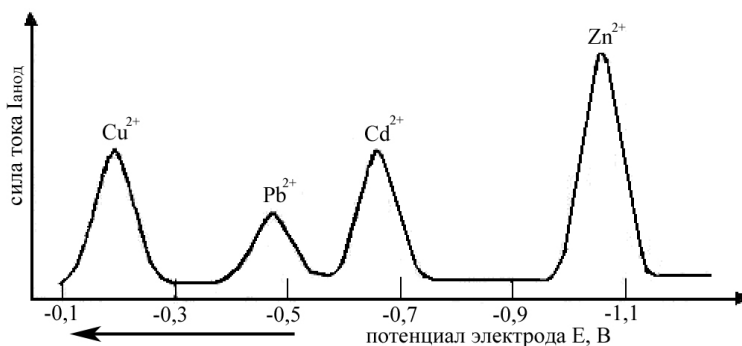


Рис. 2 Одновременное определение четырех ионов металлов в воде методом инверсионной вольтамперометрии. Потенциал предварительного концентрирования -1,3 В, фоновый электролит аммонийно-цитратный буфер. После концентрирования осуществляется развертка потенциала в анодную область, при этом происходит последовательное анодное растворение металлов.

Чем выше степень концентрирования, тем больше величины пиков при анодной развертке. Пределы обнаружения можно дополнительно снизить, если после концентрирования регистрировать сигнал. Отсюда следует, что анодные пики соответствуют потенциалу соответствующего иона, а величина этого пика его концентрации. Таким образом соединя мембранный метод и условия ионизации атомами получаем способ измерения.

Через канал полевого транзистора пропускаем постоянное напряжение, к основанию полевого транзистора и электроду сравнения подсоединяем источник импульсного напряжения. Потенциал источника подбираем так, чтобы осуществить ионизацию определяемого иона. Из выше сказанного следует проводимость раствора меняется за счет ио-

низации атомов и мембрана селективно реагирует на этот ион. В результате чувствительность и селективность метода с ИСПТ возрастает в 3-4 раза.

В результате показана возможность повышения чувствительности и селективности метода с использованием ИСПТ для определения концентрации ионов в водных растворах.

Список литературы

3. Пат. 2097755 РФ, МКИ G01N27/414. Ионоселективный полевой транзистор / Н.Г.Ванифатова, Н.В.Исакова, Н.В.Колычева и др. (РФ). – № 95106578/25; Заявл. 25.04.95; Опубл.29.11.97.

4. Электроаналитические методы в контроле окружающей среды: Пер. с англ./ Кальвода Р., Зыка Я., Штулик К. и др.; Под ред. Е. Я. Неймана. - М.: Химия, 1990 . -240 с.

Власюк Д. А., Образцов Д. В.

МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ ОБЪЕКТОВ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОПРОДУКТОВ ДЛЯ ПРОСВЕЧИВАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Шелохвостова В. П.

ТГТУ, кафедра «Материалы и Технология»

В настоящее время разрабатываются технологические процессы для производства углеродных наноматериалов и важно иметь возможность изучать их структуру.

Основным звеном в массовом производстве наноматериалов является синтез нанопродуктов в пиролитических реакторах. В реакторах данного типа синтез нанопродуктов ведется на металлическом катализаторе с вводом в реакционную зону углеродосодержащих газов. В большинстве случаев металлический катализатор представляет собой смесь металлов никеля, кобальта и магния. Данный катализатор обладает развитой пористой поверхностью, которая образуется в процессе его синтеза путем нагрева в тигле механической смеси нитратов металлов *Ni*, *Co* и *Mg*. [1]

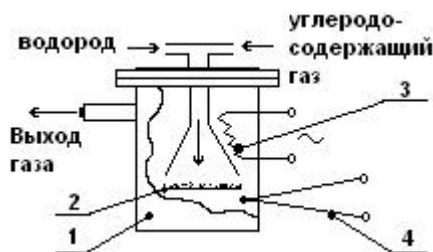


Рис. 1. Схематическое изображение разреза реактора.

1 - стенка реактора; 2 - кювета с катализатором;
3 - нагревательный элемент; 4 - термопара

Катализатор тонким слоем (0,5-1 мм) помещали в кварцевую посуду с плоским дном и низкими стенками. Кварцевую посуду с катализатором устанавливали в реактор. Включали продув рабочей камеры реактора током газообразного водорода, затем (через 4-5 минут) начинали разогрев реактора. Температуру измеряли термопарой расположенной в непосредственной близости от поверхности катализатора. Через 30-40 минут по достижению температуры синтеза (600-950 °С). В реактор

начинали подавать углеродсодержащий газ обычно пропан, бутан или их смесь, и уменьшали или прекращали подачу водорода в зависимости от выбранного режима. В реакторе под действием высокой температуры происходит реакция диспропорционирования углеродсодержащего газа, в результате этой реакции высвобождается атомарный углерод. [2] Часть атомарного углерода осаждается на поверхность катализатора, оксиды металлов входящие в катализатор восстанавливаются. При насыщении катализатора углеродом образуются карбиды металлов. Образованные карбиды никеля и кобальта неустойчивы при температуре синтеза и распадаются с освобождением атомарного углерода, чем инициируют начало роста нанотрубок. На “холодных” стенках реактора и на неактивных поверхностях катализатора в основном образуются сажа и аморфный углерод. Полученный продукт помещали в пробирку с 25% соляной кислотой, нагревали на паровой бане до 90 °С в течение 30-50 минут.

Объектом исследования являются такие ценные продукты как нанотрубки, фуллерены и содержащиеся в объеме получаемого продукта примеси катализатора и аморфного углерода. Так как нанотрубки и фуллерены имеют очень малые линейные размеры обычно от ~2-250 нм, необходимо создать методику подготовки объектов для электронной микроскопии. [3]

Подготовка объектов исследования для электронной микроскопии

В качестве поддерживающей подложки использовали углеродную пленку толщиной 20-30 нм, которую получали напылением в вакууме на свежий скол соли *NaCl* из электрической дуги между графитовыми электродами. Полученную пленку отделяли от соли путем помещения в дистиллированную воду. Обычно отделяемая пленка всплывала на поверхность и держалась за счёт натяжения воды. Углеродную пленку с помощью петли или сетки переносили в объем с дистиллированной водой, для отмычки от соли. Проводили 10-15 минутное диспергирование отмеренного количества нанопродукта (0,3 грамма) в дистиллированной воде объемом 3 мл при частоте пьезокерамического излучателя от 16-22 кГц. Переносили углеродную пленку в объем с диспергированным нанопродуктом. Устанавливали на диспергатор, уменьшали амплитуду, и сокращали продолжительность воздействия до 1-2 минут (частота оставалось прежней). Пленку, находящуюся на поверхности воды подлавливали медной сеткой (с ячейками 200x200 мкм) и переносили на бумагу. Оставляли сетку на один час для естественной сушки на воздухе. Затем вырубали с помощью приспособления круглый объект (диаметром 3 мм) из медной сетки с закрепившейся на ней углеродной

пленки. С помощью оптического микроскопа оценивали однородность распределения углеродной пленки на медной сетке, степень разрывов и её провисание в центрах ячеек.

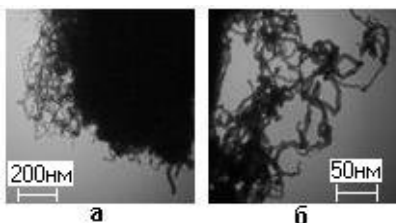


Рис. 2. Фотографии нанопродуктов получаемых пиролизом углеводородов.
а)- Конгломерат, состоящий из сплетенных нанотрубок, частиц аморфного углерода (увеличение 25000X); б)- Нанотрубки (увеличение 70000X)

Работы, проводимые на электронном микроскопе ЭМВ-100А, дали возможность оценивать размеры и морфологию конгломератов. Встречаемые размеры диаметров нанотрубок в основном составляют 20-60 нм.

Таким образом была разработана методика подготовки объектов для электронной микроскопии, позволяющая определять размеры нанотрубок, производить фотографирование выбранных объектов, определять (по фотографиям) диаметры нанотрубок, оценивать степень очистки от примесей.

Список литературы

1. А.И.Гусев. Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 200с
2. В. К. Неволин, В. И. Петрик, А. А. Строганов, Ю. А. Чаплыгин. Атомная структура нанотрубок из углеродной смеси высокой реакционной способности: Письма в ЖТФ.- 2003.-т. 29.- В.8.- с. 84-90
3. А. И. Гусев, А. А. Ремпель. Нанокристаллические материалы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. –224с. – ISBN 5-9221-0075-0.

Мажаров Д. А., Баршутин С. Н.

МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИОНОСЕЛЕКТИВНЫХ МЕМБРАН С ИОНАМИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Баршутина С. Н.

ТГТУ, кафедра «Материалы и Технологии»

Мембранные технологии последнее время находят все большее применение в различных отраслях промышленности. Особенно это заметно в электрических методах измерения концентрации различных веществ. Измерение в таких методах основано на селективной способности мембран реагировать на измеряемые вещества. На данный момент времени существует большое количество селективных мембран, у которых механизмы селекции базируются на различных физико-химических моделях.

Обзор моделей позволил выделить одним из принципов селекции можно рассмотреть как микрогетерогенные системы, в которых перенос происходит по следующим законам:

$$J_i = L_i^* d\tilde{\mu}_i / dx \quad (1)$$

при этом (L_i^*) является некоторым эффективным параметром, в первом приближении не зависящим от приложенных сил, а градиент электрохимического потенциала $(d\tilde{\mu}_i / dx)$ берется по одной из фаз, составляющих систему.

Такие модели подразделяются на гетерофазные, субмикроструктурные и модель Глюкауфа. Гетерофазная модель подразделяется на двухфазную с одной проводящей фазой, с двумя проводящими фазами и микрогетерогенную модель.

Рассмотрим двухфазные модели с одной проводящей фазой. В этих моделях структура не искажает равномерного пространственного распределения фиксированных групп, а ионы не испытывают дополнительного взаимодействия ни с полимерным каркасом, ни с фиксированными группами. Считая, что ионообменник представляет собой квазигомогенную структуру с регулярной кубической решеткой, а размеры ионов, молекул воды и ячеек полимерной матрицы соизмеримы, получается формула:

$$D_i^* = D_i \zeta (V_m), \quad (2)$$

где

$$\zeta(V_m) = (1 - V_m)^2 / (1 + V_m)^2 \quad (3)$$

коэффициент извилистости, учитывающий уменьшение коэффициента диффузии иона в ионите D_i^* по сравнению с коэффициентом диффузии в свободном растворе D_i , V_m - доля объема, занимаемая полимерной матрицей, непроницаемой для диффузии.

Представление ионнообменника как двухфазной системы, одна из фаз которой является непроводящей, позволило лишь объяснить факт уменьшения его проводящих свойств по сравнению с равновесным раствором, однако не дало возможности описать зависимость этих свойств от концентрации равновесного раствора. Решение второй задачи оказалось возможным лишь в рамках моделей с двумя проводящими фазами.

В моделях с двумя проводящими фазами один из подходов к описанию проводимости ионита как гетерогенной системы заключается в отыскании такого универсального способа расположения составляющих фаз заданной геометрической формы, чтобы, варьируя затем лишь ограниченное число геометрических параметров, добиваться совпадения с экспериментом, определяя при этом объемные доли фаз независимым способом.

Двухпроводная модель позволила количественно описать зависимость удельной электропроводности ионита от концентрации равновесного раствора (в области разбавленных растворов) и объяснить эту зависимость качественно. Электропроводность гелевой фазы слабо меняется с концентрацией раствора и может считаться постоянной, тогда как проводимость межгелевых промежутков пропорциональна концентрации раствора в точке изоэлектропроводности.

В микрогетерогенной модели предположение о форме элементов фаз является излишним. А ионообменник считается двухфазной системой, состоящей из гелевой фазы (с "растворенными" в ней включениями полимерных цепей матрицы) и межгелевой фазы, заполненной равновесным раствором. В каждой из фаз, точнее в каждом из элементов этих фаз с размером 10-100 нм, действует уравнение Нернста-Планка, записанное для одномерной электродиффузии в виде

$$j_i = -L_i \delta \tilde{\mu}_i / \delta x, \bar{j}_i = -\bar{L}_i \delta \tilde{\mu}_i / \delta x, \quad (4)$$

где L_i и \bar{L}_i - кинетические коэффициенты в растворе и в гелевой

фазе; j_i, \bar{j}_i - плотности потоков в соответствующих фазах;

$\delta \tilde{\mu}_i / \delta x$ и $\delta \tilde{\mu}_i / \delta x$ - градиенты электрохимических потенциалов

$$(\tilde{\mu}_i = \mu_i^0 + RT \ln a_i + z_i F \varphi, \quad \tilde{\bar{\mu}}_i = \bar{\mu}_i^0 + RT \ln \bar{a}_i + z_i F \bar{\varphi}) \quad \text{в}$$

элементах соответствующих фаз (μ_i^0 и $\bar{\mu}_i^0$ - стандартные значения химических потенциалов, a_i и \bar{a}_i - активности, φ и $\bar{\varphi}$ - электрические потенциалы соответственно в фазах раствора и геля); символ δ используется для обозначения приращения соответствующей величины в масштабах одного элемента фазы.

Обобщением гетерофазных моделей является модель Глюкауфа, в которой описание диффузии электролита выделяется две части ионита. Одна из частей занята непроницаемой для ионов полимерной матрицей с объемной долей V_m . Ее влияние на коэффициент диффузионной проницаемости мембраны P^* оценивается в соответствии с формулами (2) и (3):

$$P^* = \tilde{P}[(1 - V_m)/(1 + V_m)]^2, \quad (5)$$

где P - есть эффективный коэффициент проницаемости остальной "жидкой" части мембраны, содержащей воду, подвижные ионы и фиксированные ионы, распределенные в соответствии с законом, выраженным формулой

$$d\varphi / dM = k_0 M^{-z} \quad (6)$$

где φ - функция распределения фиксированных ионов, а M - их локальная концентрация.

Рассмотрели гетерогенные модели позволяющие описать транспортные свойства мембран неоднородностей размером 5-500 нм. Но также оказывают влияние на свойства мембран микронеоднородности размером 1-5 нм. В настоящее время имеется несколько субмикроструктурных моделей, позволяющих осветить некоторые стороны этого вопроса. В основном эти модели касаются перфторуглеродистых мембран типа Нафлон, в которых влияние микроструктуры особенно заметно в силу особенностей их строения.

Представленные структурно-кинетические модели позволяют посмотреть на связь структура мембраны-свойства с различных и довольно многочисленных точек зрения. Практически в основе каждой модели заложено то или иное представление о механизме влияния структуры на транспорт ионов; в локальном масштабе перенос ионов описывается одними и теми же уравнениями (главным образом, уравнением Нернста-Планка), различие заключается в способе усреднения коэффициентов переноса в масштабе, характеризующем мембрану. Каждая модель позволяет понять роль одного или двух факторов, определяющих

массоперенос в мембране. Так, перколяционная модель хорошо описывает влияние влагосодержания на проводимость мембраны; микрогетерогенная модель объясняет роль концентрации раствора и учитывает вклад в перенос как крупных (межгелевые промежутки), так и мелких гор (гелевые участки); капиллярные и ячеечные модели позволяют понять роль электростатического и некоторых других видов взаимодействия в переносе ионов. Поэтому представленные модели дополняют друг друга, помогая воссоздать сложную картину транспорта ионов путем выявления важных деталей этой картины.

Список литературы

1. Заболоцкий В.И., Никоненко В.В. Перенос ионов в мембранах. - М.: Наука, 1996. - 392 с.
2. Хейфец Л.И., Неймарк А.В. Многофазные процессы в пористых средах. М.: Химия, 1982. 320 с.
3. Вольфович Ю.М. Влияние двойного электрического слоя у внутренней межфазной поверхности ионита на его электрохимические и сорбционные свойства. Электрохимия. 1984. Т. 20, №5. С. 665-672.

Теребин Л. П.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА КАК ПОКАЗАТЕЛЯ ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Королева А. П.

ТГТУ, кафедра «Материалы и Технология»

Известно, что функционирование любой живой системы происходит в условиях непрерывного обмена с окружающей средой веществом, энергией, импульсом, информацией, что сопровождается изменением физиологического состояния живой системы [1]. Характерным отражением биоэнергетических процессов является тепловой поток с поверхности кожи человека.

Изучая особенности теплообмена на уровне целого организма или на уровне части поверхности кожи, исследователи пытаются обнаружить корреляцию биоэнергетических процессов, внешних условий и особенностей температурного излучения организма. Несмотря на большой опыт таких исследований, методические приемы, техника измерений и метрологические оценки, как правило, недостаточно полно освещены и могут вызвать обоснованные упреки в некорректности выводов, регистрации эффектов и т.д.

В настоящей статье рассмотрены методические проблемы исследования локального теплового излучения субъектов. Кроме того, на основании полученных данных сделано предположение о том, что тепловой поток человека можно рассматривать как показатель энергоинформационного обмена в процессе взаимодействия между людьми.

Для регистрации и измерения тепловых потоков использованы датчики теплового потока, возможно также применение полупроводниковых датчиков температуры и давления. Принципиальная схема такого датчика приведена на рис.1. Поверхность свернутой в спираль константановой проволоки, с помощью электролиза на половину покрывается медной пленкой. Эту спираль, свернутую в плоскую спираль, располагают по толщине изоляционного материала (например, смолы) таким образом, чтобы на поверхности диска (диаметр 10-20 мм., толщина 1-2 мм.) находились места контакта меди и константана. Таким образом, получают термостолбик, который согласно эффекту Пельтье способен вырабатывать термо-ЭДС, пропорциональную разности температур на поверхностях диска. Датчик теплового потока с помощью гибкого пружинного крепления прижимается к коже исследуемого субъекта.

На рис.2. представлена схема устройства регистрации температур, измеряемых термопарами, и теплового потока. Сигналы термопары 1 и сигналы от датчиков теплового потока 2 измеряются цифровым вольтметром 3. Холодный спай термопары для стабилизации температуры находится в "блоке холодных спаев" 4, температура которого измеряется термометром 5, в качестве которого используется обычный ртутно-стеклянный термометр. Цифровой вольтметр управляется прикладной программой, запущенной на ПК через контроллер. Управляющая программа предназначена для проведения эксперимента, а также для полной обработки накопленных данных. Результаты всех измерений выводятся на дисплей в виде значений тепловых потоков и температур, получаемых в течение опыта. Также возможен вывод данных в виде графиков. При наличии подключенного к ПК принтера, возможна распечатка на бумажном носителе. Рассмотренный датчик предназначен для измерения стационарного теплового потока $q(t)$. Переход к значению теплового потока от регистрируемой датчиком термо-ЭДС $u(t)$ можно осуществить по формуле:

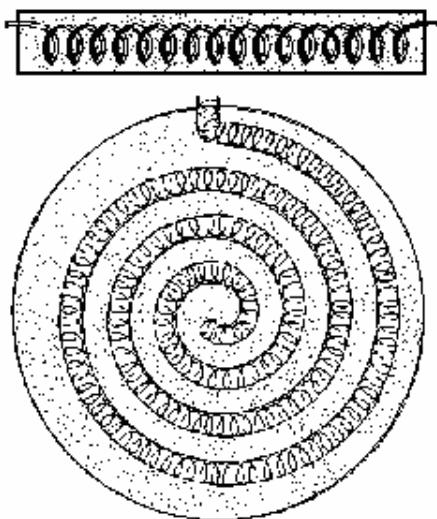


Рис. 1. Принципиальная схема датчика теплового потока

$$q(t) = k \cdot u(t) \quad (1)$$

где k – градуировочный коэффициент, который может изменяться в зависимости от используемых датчиков теплового потока от 10 до 200 Вт/м²мВ. Для измерения температуры поверхности применялись медно-константановые термопары чувствительностью 25 К/мВ, с диаметром электродов 0,15 мм.

Экспериментальные данные показали, что тепловой поток носит импульсный характер с длительностью импульсов порядка нескольких секунд, тепловая инерция датчика теплового потока немного более 5 с. В этом случае требуется дополнительная математическая переработка всех результатов измерений, более подробно это изложено в [2]. Скорость

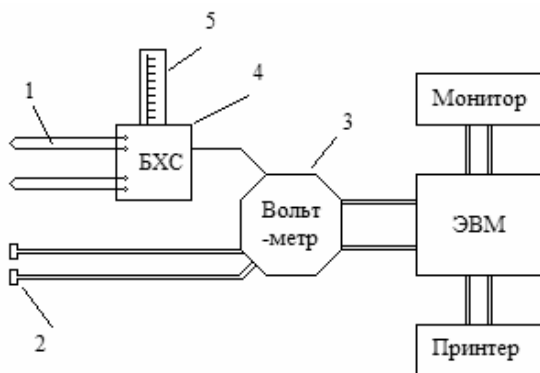


Рис. 2. Устройство регистрации температур и тепловых потоков

данной математической обработки легко позволяет распознать данные и расшифровывать тепловой поток в реальном времени, и одновременно зафиксировать температуру поверхности исследуемого объекта. Использование современной информационно-измерительной техники и возможность специальной обработки сигналов с датчиков температуры и теплового потока и термопар позволило частично автоматизировать эксперименты, связанные с регистрацией и изучением изменения во времени температуры и теплового потока в энергоинформационном обмене.

Серия экспериментов с использованием современных ЭВМ показала, что для импульсов теплового потока длительностью выше 4 с. можно рассчитывать тепловые потоки по формуле (1).

Результаты измерений также показали, что при данном методе определения теплового потока влажность поверхности не влияет на измеренные значения температуры.

Сравнительный анализ обобщенных результатов измерений удельных тепловых потоков в разных зонах показал их отличие, как по величинам средних значений теплового потока q , так и по его среднеквадратичным отклонениям Δq . Эти отличия позволили установить оптимальную зону для измерения удельного теплового потока человека в центральной области лба, что удовлетворяет не только требованиям информативности, но и представляет определенные удобства для испытуемых в условиях опытов.

Список литературы

1. Иванов К.П. Основы энергетики организма. 1. Общая энергетика, теплообмен и терморегуляция. –Л.: 1990г. -260с.
2. Дульнев Г.Н., Лукьянов Г.Н., Макаров С.Л. и др. – Автоматизированная измерительная система для термовакуумных испытаний телевизионной системы «Вега». –М.: Пр. 1061 ИКИ АН СССР, 1986г. -184с.

НАНОТЕХНОЛОГИЯ. НАНОТРУБКИ И СПОСОБЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Работа выполнена под руководством к. т. н., доц. Шелохвостова В. П.

ТГТУ, кафедра «Материалы и технологии»

Нанотехнология — совокупность методов и приемов манипулирования веществом на атомном и молекулярном уровнях с целью производства конечных продуктов с заранее заданной атомной структурой. Нанотехнологии обеспечивают возможность контролируемым образом создавать и модифицировать объекты, включающие компоненты с размерами менее 100 нм, имеющие принципиально новые качества и позволяющие осуществлять их интеграцию в полноценно функционирующие системы большего масштаба.

Одним из наиболее перспективных наноматериалов являются нанотрубки. Нанотрубки - трубки нанометрических размеров, состоящие из отдельных атомов углерода и имеющие искусственную структуру. Предназначаются для коммуникаций, передачи энергии и сигналов, а также построения новых материалов на базе углерода.

Идеальная нанотрубка представляет собой свернутую в цилиндр графитовую плоскость, т.е. поверхность, выложенную правильными шестиугольниками, в вершинах которых расположены атомы углерода.

Параметром, указывающим координаты шестиугольника, который в результате сворачивания плоскости должен совпасть с шестиугольником, находящимся в начале координат, называется хиральностью нанотрубки и обозначается набором символов (т, п). Хиральность нанотрубки определяет ее электрические характеристики.

Как показали наблюдения, выполненные с помощью электронных микроскопов, большинство нанотрубок состоят из нескольких графитовых слоев, либо вложенных один в другой, либо навитых на общую ось.

На рис. 1 представлена идеализированная модель однослойной нанотрубки. Такая трубка заканчивается полусферическими вершинами, содержащими наряду с правильными шестиугольниками, также по шесть правильных пятиугольников. Наличие пятиугольников на концах трубок позволяет рассматривать их как предельный случай молекул фуллеренов, длина продольной оси которых значительно превышает их диаметр.

Структура однослойных нанотрубок, наблюдаемых экспериментально, во многих отношениях отличается от представленной выше

идеализированной картины. Прежде всего, это касается вершин нанотрубки, форма которых, как следует из наблюдений, далека от идеальной полусферы.

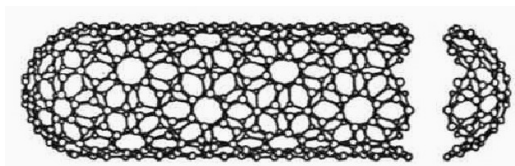


Рис. 1. Модель однослойной нанотрубки

Многослойные нанотрубки отличаются от однослойных значительно более широким разнообразием форм и конфигураций как в продольном, так и в поперечном направлении. Возможные разновидности поперечной структуры многослойных нанотрубок представлены на рис. 2. Структура типа «русской матрешки» представляет собой совокупность коаксиально вложенных друг в друга однослойных нанотрубок (рис. 2 а). Другая разновидность этой структуры, показанная на рис. 2 б, представляет собой совокупность вложенных друг в друга коаксиальных призм. Наконец, последняя из приведённых структур (рис. 2 в), напоминает свиток. Для всех приведённых структур расстояния между соседними графитовыми слоями близко к величине 0,34 нм, т.е. расстоянию между соседними плоскостями кристаллического графита. Реализация той или иной структуры в конкретной экспериментальной ситуации зависит от условий синтеза нанотрубок.

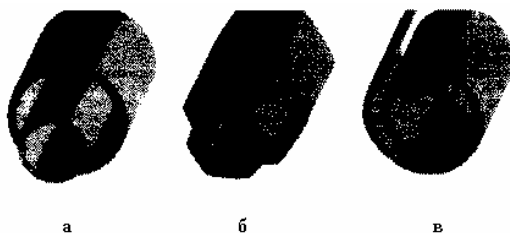


Рис. 2. Модели поперечных структур многослойных нанотрубок: а. «русская матрешка»; б. шестигранная призма; в. свиток.

Следует иметь в виду, что идеализированная поперечная структура нанотрубок, в которой расстояние между соседними слоями близко к значению 0,34 нм и не зависит от аксиальной координаты, на практике

искажается вследствие возмущающего воздействия соседних нанотрубок [1].

Нанотрубки можно сформировать из твердотельной пленки почти любого материала. Используемые сегодня методы основаны на освобождении тонкой пленки от подложки с помощью селективного травления и ее скручивании (рис. 3).

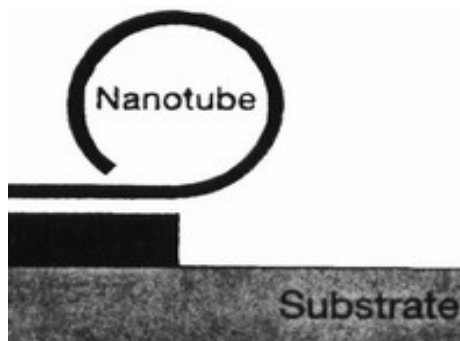


Рис. 3. Скручивание нанотрубки

В традиционном методе на поверхность подложки осаждают жертвенный слой, а поверх него - тонкую пленку. По мере удаления селективным травлением жертвенного слоя под тонкой пленкой ее свободный конец приподнимается и закручивается в сторону нетронутой травлением части пленки и ложится на нее, формируя нанотрубку. В дуге методе на подложку осаждают жертвенный слой, а на него бислоем из материала 1 и материала 2, имеющих разные постоянные решетки, причем материал 1 имеет большую постоянную решетки, чем материал 2. Как только бислоем освобождают от подложки (тем же приемом, что и в традиционном методе), его свободный конец поднимается вверх и закручивается. Если время травления небольшое, но такое, что конец бислоя успевает сделать полный оборот, образуется одностенная нанотрубка. Большее время травления ведет к образованию многостенной нанотрубки [2].

В основе многих технологических применений нанотрубок лежит такое их свойство, как высокая удельная поверхность (в случае однослойной нанотрубки около 600 кв. м. на 1/г), что открывает возможность их использования в качестве пористого материала в фильтрах и т.д.

Возможно использование нанотрубок с высокой удельной поверхностью в качестве электродов для электролитических конденсаторов с большой удельной мощностью.

Углеродные нанотрубки хорошо себя зарекомендовали в экспериментах по использованию их в качестве покрытия, способствующего образованию алмазной пленки. Как показывают фотографии, выполненные с помощью электронного микроскопа, алмазная пленка, напыленная на пленку нанотрубок, отличается в лучшую сторону в отношении плотности и однородности зародышей от пленки, напыленной на C_{60} и C_{70} .

Такие свойства нанотрубки, как ее малые размеры, меняющаяся в значительных пределах в зависимости от условий синтеза, электропроводность, механическая прочность и химическая стабильность, позволяют рассматривать нанотрубку в качестве основы будущих элементов микроэлектроники. Расчетным путем доказано, что введение в идеальную структуру нанотрубки в качестве дефекта пары пятиугольник–семиугольник изменяет ее электронные свойства. Нанотрубка с внедренным в нее дефектом может рассматриваться как гетеропереход металл–полупроводник, который, в принципе, может составить основу полупроводникового элемента рекордно малых размеров.

Нанотрубки могут служить основой тончайшего измерительного инструмента, используемого для контроля неоднородностей поверхности электронных схем.

Интересные применения могут получить нанотрубки при заполнении их различными материалами. При этом нанотрубка может использоваться как в качестве носителя заполняющего ее материала, так и в качестве изолирующей оболочки, предохраняющей данный материал от электрического контакта, либо от химического взаимодействия с окружающими объектами [3].

Список литературы

1. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки//УФН, т.167(9), с.945, 1997.
2. Nature, 2001 410, p168
3. Раков Э.Г. Химия и применение углеродных нанотрубок//Успехи химии, 2001, с.934-973

Направление 270100

СТРОИТЕЛЬСТВО

Магистерская программа 270100.01

Теория и проектирование зданий и сооружений

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

Шевелёв А. С.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ, УСИЛЕННЫХ СНИЗУ ЛИСТОМ ФАНЕРЫ ИЛИ СТАЛИ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Сморгочкова А. А.

*Курск ГТУ, Кафедра «Промышленное
и гражданское строительство»*

Расчет деревянного бруса, усиленного снизу листом фанеры

Рассчитаем балку, нагруженную равномерно-распределенной нагрузкой, усиленной снизу листом фанеры.

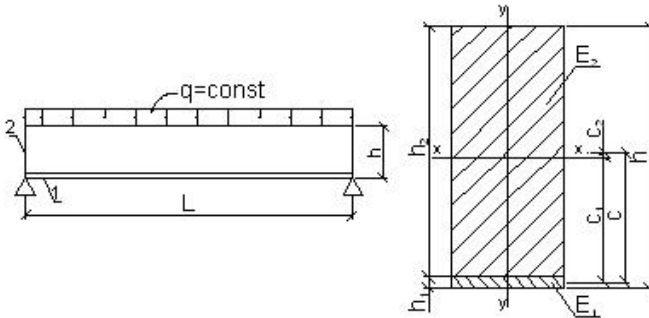


Рис. 1. Расчетная схема усиленной балки и ее сечение

h – полная высота сечения; h_1 – толщина листа; h_2 – высота сечения бруса; b – ширина сечения; E_1 – модуль упругости листа; E_2 – модуль упругости бруса; $c_1=0.5(h-h_1)$ – расстояние от ц.т. сечения до ц.т. сечения листа; $c_2=0.5(h-h_2)$ – расстояние от ц.т. сечения до ц.т. сечения бруса; $c=c_1+c_2$ – расстояние между ц.т. сечения составных элементов.

1-й подход к решению задачи.

Данный подход основан на теории составных стержней А. Р. Ржаницына. Так как лист усиления достаточно тонок по сравнению с усиливаемым брусом, то считаем, что лист воспринимает только касательные усилия в шве:

$$N_1 = T_{шва} ,$$

где $T_{шва}$ - полное сдвигающее усилие, накапливаемое по длине шва.

Для нахождения усилий в шве необходимо решить дифференциальное уравнение:

$$T''/\xi = \gamma \cdot T + \Delta . (1)$$

Здесь γ и свободный член Δ имеют значения:

$$\left. \begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{E_1 \cdot A_1} + \frac{1}{E_2 \cdot A_2} + \frac{c^2}{\sum EI} \\ \Delta &= -\frac{M \cdot c}{\sum EI} \end{aligned} \right\} ,$$

где A_1 и A_2 – площади сечений листа и бруса соответственно; M – изгибающий момент от действия нагрузки.

В уравнении (1) ξ – коэффициент жесткости связей сдвига. В общем виде его значение равно:

$$\xi = \frac{T_c \cdot m}{\Gamma}, \quad (2)$$

где T_c – сдвигающее усилие, приходящееся на одну связь;
 m – число связей, приходящееся на единицу длины шва;
 Γ – деформация взаимного сдвига смежных волокон двух соседних стержней, соединенных связями сдвига.

Определение данного коэффициента – задача сложная, так как достаточно сложно с необходимой точностью определить работу связей, особенно если они выполнены из материала отличного от материала составляющих стержней. Поэтому его необходимо определять экспериментально для каждого типа связей.

Решение уравнения (1) можно записать в виде

$$T = C_1 sh\lambda x + C_2 ch\lambda x + C_3 x + C_4 + \sum \frac{\xi \cdot c}{EI \lambda^2} \int_0^x q(t) [sh\lambda(x-t) - \lambda(x-t)] dt,$$

где C_1 и C_2 – произвольные постоянные, определяемые по граничных условиям и $\lambda = \sqrt{\xi \cdot \gamma}$. Для упрощения формул начало координат взято в середине балки.

В случае шарнирного закрепления по краям и приложенной равномерно-распределенной нагрузке получим:

$$\left. \begin{aligned} T &= \frac{q \cdot c}{2 \cdot \gamma \cdot \sum EI} (l^2 - x^2) - \frac{q \cdot c}{\gamma \cdot \lambda^2 \sum EI} \left(1 - \frac{ch\lambda x}{ch\lambda l} \right) \\ \tau = T' &= -\frac{q \cdot c}{\gamma \sum EI} x + \frac{q \cdot c}{\gamma \cdot \lambda \cdot \sum EI} \cdot \frac{sh\lambda x}{ch\lambda l} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Если элемент усиления приклеивается к брусу, то деформации взаимного сдвига смежных волокон будут отсутствовать, т.е. $\Gamma=0$. Следовательно по формуле (2) $\xi=\infty$. В этом случае равенство (3) примет вид

$$\left. \begin{aligned} T &= \frac{q \cdot c}{2 \cdot \gamma \cdot \sum EI} (l^2 - x^2) \\ \tau = T' &= -\frac{q \cdot c}{\gamma \sum EI} x \end{aligned} \right\}.$$

Главный недостаток теории Ржаницына заключается в том, что ее сложно применить в практических расчетах (при проверке несущей способности, предельных деформаций, подборе сечения по I или II-му предельному состоянию и т.д.), так как для каждого закрепления по концам и вида прилагаемой нагрузки необходимо выводить свою формулу. К тому же жесткость связей сдвига во многих случаях можно не учитывать, о чем говорил и сам А.Р. Ржаницын.

2-й подход к решению задачи.

Данный подход значительно упрощает решение подобных задач

Так как лист фанеры достаточно тонок по сравнению с усиливаемым брусом, то считаем, что в листе фанеры возникают только растягивающие усилия.

Нагрузка и изгибающий момент, воспринимаемая листом фанеры:

$$q_1 = \frac{q \cdot (EI)_1}{(EI)_1 + (EI)_2}; M_1 = \frac{M \cdot (EI)_1}{(EI)_1 + (EI)_2}. \quad (4)$$

Нагрузка и изгибающий момент, воспринимаемая брусом:

$$q_2 = \frac{q \cdot (EI)_2}{(EI)_1 + (EI)_2}; M_2 = \frac{M \cdot (EI)_2}{(EI)_1 + (EI)_2}.$$

Из условия равновесия найдем растягивающее усилие, воспринимаемое листом фанеры:

$$N_1 \cdot c_1 = M_1. \quad (5)$$

Подставляя (4) в (5), получим:

$$N_1 = \frac{M \cdot (EI)_1}{(EI)_1 + (EI)_2} \cdot \frac{1}{c_1}. \quad (6)$$

Найдем моменты инерции листа фанеры и бруса соответственно.

$$I_1 = \frac{b \cdot h_1^3}{12} + \frac{1}{4} \cdot (h - h_1)^2 \cdot b \cdot h_1, \quad I_2 = \frac{b \cdot h_2^3}{12} + \frac{1}{4} \cdot (h - h_2)^2 \cdot b \cdot h_2. \quad (7)$$

Подставляя (7) в (6) и учитывая, что $c_1 = 0.5(h - h_1)$, получим

$$N_1 = \frac{2 \cdot M \cdot E_1}{(h - h_1) \cdot \sum EI} \cdot \left(\frac{b \cdot h_1^3}{12} + \frac{1}{4} \cdot (h - h_1)^2 \cdot b \cdot h_1 \right).$$

После преобразований получим формулу для определения растягивающих напряжений в листе

$$N_1 = \frac{M \cdot E_1 \cdot b \cdot h_1}{4 \cdot \sum EI} \cdot \left(\frac{h_1^2}{6 \cdot (h - h_1)} + h - h_1 \right). \quad (8)$$

Здесь $\sum EI = (EI)_1 + (EI)_2$ - суммарная жесткость.

В формуле (8) растягивающее усилие N_1 не зависит от условий закрепления и вида нагрузки, а лишь от геометрических характеристик сечения и значения изгибающего момента.

Т а б л и ц а 1

Результаты расчета бруса, усиленного листом фанеры

Пролет $l=1.2$ м, ширина сечения $b=125$ мм, нагрузка $q=20$ кН/м

Высота бруса (h_2), мм	Усилия N_1 (кН), T (кН), расхождение в результатах(%) при толщине листа фанеры (h_1), мм				
	6	8	9	10	12
150	12,4	14,1	14,8	15,4	16,3
	13,5	13,9	14,0	14,1	14,0
	-7,7	1,3	5,3	9,2	16,4
175	9,9	11,3	11,9	12,4	13,3
	11,2	11,8	11,9	12,0	12,1
	-11,9	-3,7	0,0	3,6	10,2
200	8,0	9,3	9,8	10,3	11,1
	9,5	10,1	10,3	10,4	10,5
	-15,3	-7,7	-4,2	-0,9	5,3

В дальнейшем планируется выявить эмпирическую зависимость между отношением высот стержней и погрешностью между точным и приближенных методом, а также подтвердить результаты экспериментально.

Список литературы

1. А.Р. Ржаницын. Составные стержни и пластинки. - М.: Стройиздат, 1985. – 315 с.

Северина И. В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА НЕРАВНОМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПО ШИРИНЕ КЛЕЕФАНЕРНОЙ ПЛИТЫ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Сморчкова А. А.

*Курск ГТУ, Кафедра «Промышленное
и гражданское строительство»*

Клеефанерная плита покрытия выполняется из двух разнородных материалов, имеющих различные вязкоупругие характеристики: ребра – из досок, обшивки – из клееной фанеры марки ФСФ.

По существующей методике расчет таких панелей по первому и второму предельному состоянию основано на использовании приведенной ширины сечения:

$$b_{np} = k \cdot b$$

где k - коэффициент неравномерности распределения нормальных напряжений по ширине плиты.

Согласно теории [1] коэффициент неравномерности по ширине плиты определяется как:

$$k = \frac{\sigma^{cp}}{\sigma^{\max}} = \left(1 + \frac{2}{3} \cdot \frac{Eb^2}{Gl^2} \right)^{-1} \quad (1)$$

где σ^{cp} и σ^{\max} - соответственно среднее и максимальное значения нормальных напряжений по ширине.

Такой подход не учитывает того обстоятельства, что фанерная обшивка является конструктивно ортотропным материалом, напряженно-деформированное состояние которого характеризуется не одним модулем упругости E_f , а пятью E_1 , E_2 , G , μ_{xy} , μ_{yx} . Для обшивок, выполненных из ортотропных материалов, нормальные напряжения определяются из обобщенного закона Гука и по теории [2] равны:

$$\sigma_1 = \frac{E_1}{1 - \mu_{xy} \cdot \mu_{yx}} \cdot \left(\varepsilon_1 + \mu_{yx} \cdot \varepsilon_2 \right)$$

$$\sigma_2 = \frac{E_2}{1 - \mu_{xy} \cdot \mu_{yx}} \cdot (\varepsilon_2 + \mu_{xy} \cdot \varepsilon_1) \quad (2)$$

Среднее нормальное напряжение определяется как:

$$\sigma_{cp} = \frac{1}{b} \cdot \sum_{n=1}^n \frac{E_1 \cdot (\varepsilon_x + \varepsilon_y \cdot \mu_{yx})}{1 - \mu_{xy} \cdot \mu_{yx}} \cdot \Delta y^i \quad (3)$$

где ε_x и ε_y - значения относительных деформаций в каждой точке по ширине сечения (показания тензорезисторов);

Δy^i - ширина участка панели между соседними точками измерения.

Испытание клефанерной панели проводим методом резистивной тензометрии, конструкция плиты и схема расположения тензорезисторов приведена на рис. 1.

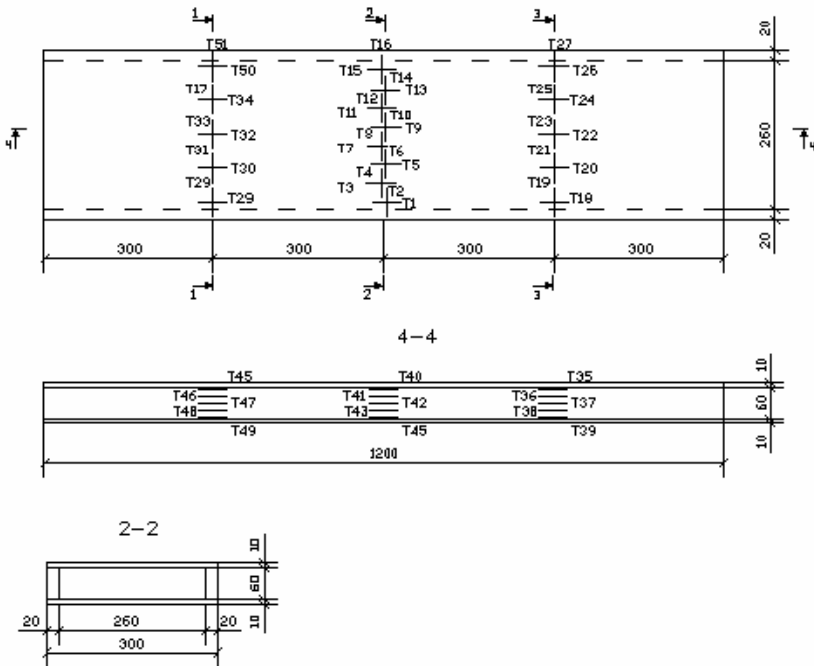


Рис. 1. Конструкция плиты и схема расположения тензорезисторов

Плита состоит из двух фанерных обшивок толщиной $\delta_{\text{ф}}=6$ мм и двух боковых дощатых ребер сечением 20×60 мм. Размеры плиты- 300×1200 мм. Загрузка панели проводилась равномерно распределенной по ширине нагрузкой в четвертях плиты, штучными грузами по 10 кг. Испытание осуществлялось кратковременной статической нагрузкой $P = 182$ кг. В качестве регистрирующего прибора применялся АИД – 1. В ходе эксперимента определялись деформации плиты ε_x , ε_y в исследуемых точках и вычислялись максимальные и средние значения напряжений.

Результатом исследования является определение действительного значения коэффициента неравномерности распределения нормальных напряжений по ширине обшивки. В таблице 1 представлены значения коэффициента k . Теоретическое значение k вычисляем по формуле (1). Величина экспериментального коэффициента неравномерности k определяем по формулам (2, 3) согласно напряжениям, полученным экспериментальным путем.

Также в ходе работы было определено численное значение коэффициента k при помощи вычислительного комплекса SCAD. Значения модулей упругости, модуля сдвига и коэффициенты Пуассона берем по СНиП. Фанеру принимаем как ортотропный материал, древесину – как изотропный. По длине расчетная модель была разбита на 40 рядов конечных элементов, по ширине – на 10 рядов. Число конечных элементов, из которых составила плита – 1280. В результате данного исследования были получены численные значения напряжений в рассматриваемых точках. Коэффициент неравномерности k вычислялся согласно полученным численным напряжениям по формуле (1), значение представлено в таблице 1.

Таблица 1

Значения коэффициента неравномерности распределения нормальных напряжений по ширине плиты

Название величины	Сечение плиты		
	1-1	2-2	3-3
Теоретический	-	0,67	-
Экспериментальный	0,87	0,45	0,87
Численный	0,8	0,68	0,8

Анализ результатов показал, что предлагаемая экспериментальная методика определения коэффициента неравномерности распределения нормальных напряжений по ширине плиты наиболее верно описывает напряженно-деформированное состояние клефанерной плиты. Предла-

гаемая ранее методика и численные исследования с использованием вычислительных комплексов не дают точных результатов, так как они не учитывают перераспределения напряжений между ребрами и обшивками за счет того, что фанера и древесина имеют различные физические свойства.

Список литературы

1. Губенко А.Б. Клееные деревянные конструкции в строительстве. – М.: Госстройиздат, 1957. – 240с.
2. Кириленко В.Ф., Линьков И.М., Бойтемиров И.Н. К вопросам экспериментального определения коэффициента приведенной ширины обшивки трехслойной ребристой панели. // Изв. вузов. Стр. и арх. 1992, - с.127-129.
3. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции. Нормы проектирования / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 31с.

Переделкин А. В.

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ANSYS»
ДЛЯ РАСЧЕТА НДС БЕТОННЫХ ПЛАСТИН С ДЕФЕКТАМИ
В ВИДЕ НАКЛОННЫХ СТУПЕНЧАТЫХ ТРЕЩИН**

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

*ГГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

При проведении экспериментов с железобетонными моделями, и анализируя механизм разрушения этих моделей сложно судить о том какие напряжения возникают в теле модели при её нагружении, основываясь на анализе фотографий процесса деформирования и разрушения моделей можно только предположить род напряжений действующих в отдельных (локальных) участках модели.

Более точную информацию о напряженно деформированном состоянии можно получить при помощи расчета данных моделей при помощи метода конечного элемента (МКЭ). В настоящее время существует множество программных расчетных комплексов основанных на МКЭ (ПК МКЭ), таких как, “AnSyS”, “StarCD”, “CFX”. Перечисленные ПК МКЭ предназначены для широкого круга задач статики, динамики, тепловых процессов применительно к твердым телам и вязким средам.

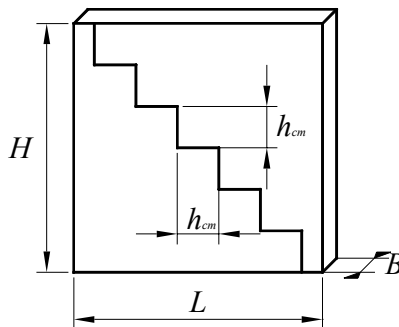


Рис. 1. Схема образца со ступенчатой трещиной

Были проведены несколько серий экспериментов с бетонными пластинами размерами $H \times L \times B = 30 \times 30 \times 50$ см, моделирующими стены со сквозными ступенчатыми трещинами (рис.1).

В результате экспериментов получены экспериментальные значения разрушающих нагрузок, а так же зафиксирован механизм деформирования и разрушения моделей стен. Подходя к вопросу моделирования данных пластин было учтено, что данный вид задач относится к расчету контакта двух тел (задача Герца). Основываясь на экспериментальных данных был произведен расчет трехмерных пластин в ПК МКЭ “AnSyS 9.0”.

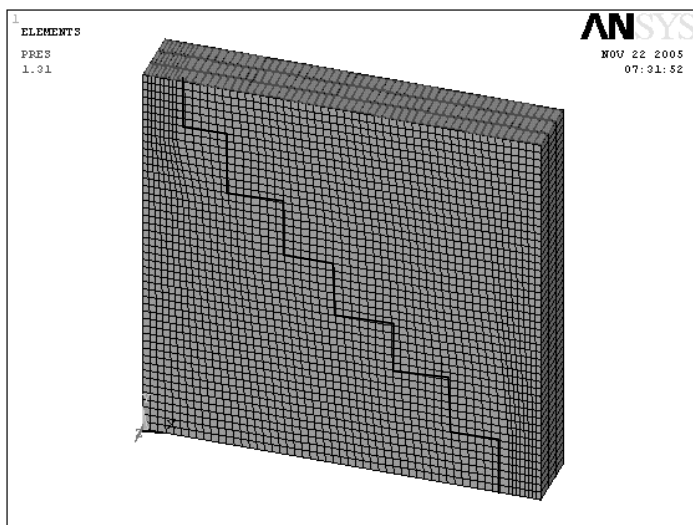


Рис. 2. Разбиение твердотельной модели на конечные элементы

Для расчета была принята модель пластины со сквозной ступенчатой трещиной при шаге ступеней трещины $h_{cm}=5\text{ см}$. При построении ее твердотельной модели стены данная пластина была разбита на 4500 конечных элементов (КЭ) схема разбиения показана на рис. 2.

Для более точного отражения нелинейной работы бетона при нагружении пластины, был выбран специальный КЭ Solid65, который непосредственно предназначен для моделирования бетонных и железобетонных конструкций.

При построении модели к ней по верхней грани была приложена равномерно-распределенная нагрузка $p_y=1.31\text{ кН/см}^2$, что суммарно соответствует $P_y=196.5\text{ кН}$.

Анализируя результаты расчета изополей касательных напряжений (рис. 3), точно ясно положение концентраторов напряжений в модели стены, которые располагаются над выступами ступенчатой трещины, а также о величине напряжений $\tau_{xy} = 1.055 \text{ кН/см}^2 = 10.55 \text{ МПа}$, что соответствует расчетному пределу прочности бетона на сжатие, для бетона класса В20 $R_{bser} = 10.45 \text{ МПа}$.

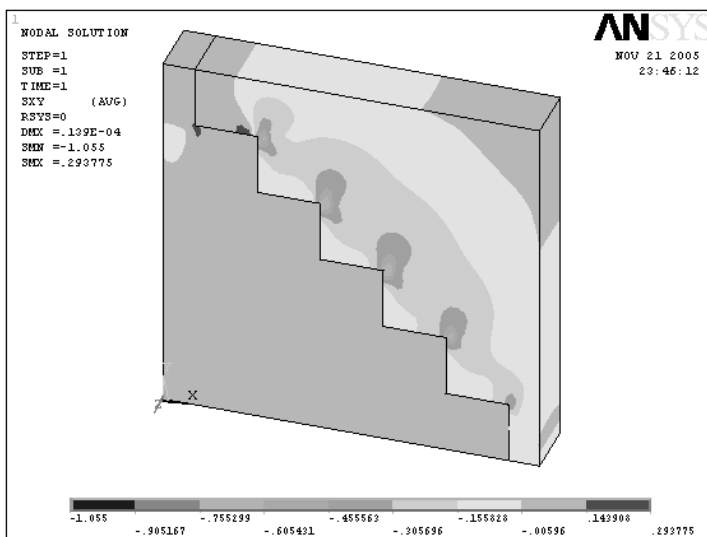


Рис. 3. Изополя касательных напряжений в твердотельной модели

Так же исходя из полученных изополей видно, что основные напряжения сосредотачиваются в верхней половине модели.

Примерно такая же картина напряжений получена на изополях эквивалентных напряжений в теле стены (рис. 4).

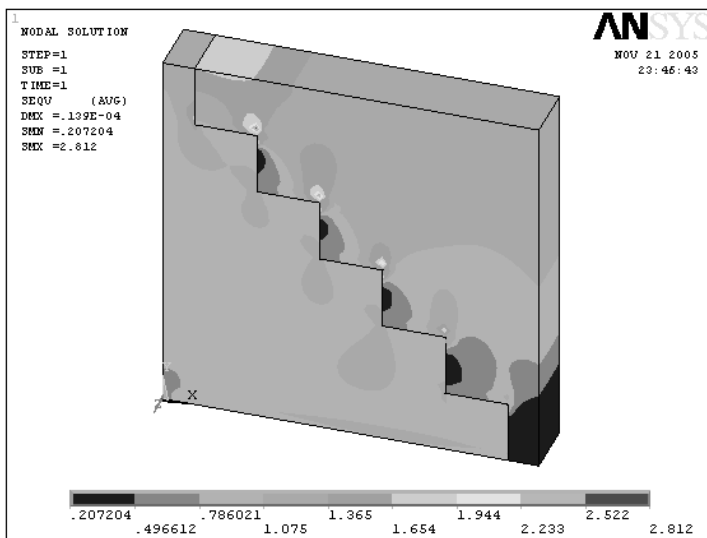


Рис. 4. Изополю эквивалентных напряжений в твердотельной модели

На основе данного расчета НДС модели стены можно прийти к выводу, что разрушение будет происходить в большинстве случаев в верхней половине стены по механизму плоского сдвига в плоскости стены.

Список литературы

1. **Басов К.А.** AnSys в примерах и задачах // КОМПЬЮТЕРПРЕСС Москва 2002г. 224 с.
2. **Морозов Е.М., Олферьева М.А.** AnSys в руках инженера. Практическое руководство // УРСС Москва 2003 г. 269 с.
3. **Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.С.** AnSys в руках инженера. Справочное пособие // Машиностроение Москва 2004 г. 510 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЕСЧАНОГО ОСНОВАНИЯ

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

ГГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»

Задача экспериментов состояла в оценке характера распределения напряжений в основании по глубине для армированного и неармированного основания.

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

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

Опыты проводили на мелком однородном песчаном основании при плотности $\rho = 1,7$ г/см³, 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 $B_s = 300$ мм и длиной $L_s = 1$ м, $d_s = 2$ мм, $S = 20$ мм при глубине заложения $h_s = 3$ см от подошвы фундамента.

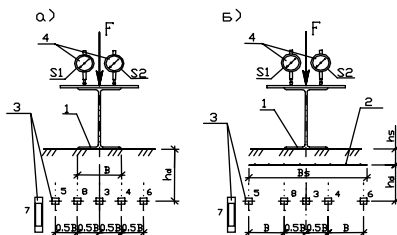


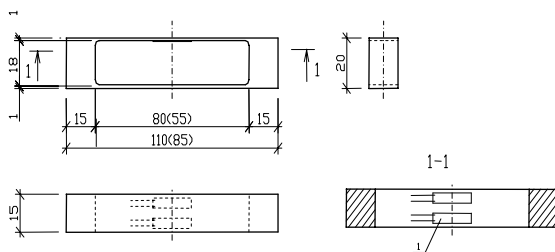
Рис. 1. Схема установки

а) неармированное основание, б) армированное основание
1-модель ленточного фундамента, 2-арматурная сетка, 3-тензометры (расположение и номера), 4- индикаторы часового типа (ИЧ-10)

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

Вертикальные деформации модели фундаментов измерялись при помощи индикаторов часового типа ИЧ-10, укрепленных на реперной раме (см.рисунок 1).

В работе использовались глубинные датчики измерения напряжений в грунте. Схема расстановки тензометров представлена на рисунке 1. Тензометр представляет собой (см. рисунок 2) элемент в форме параллелепипеда, выполненный из металла. Конструкция имеет прямоугольное, сквозное отверстие, с внутренней стороны которого наклеены параллельно два тензорезистора (база 10мм). Датчики устанавливались на разные глубины $h_d = 2$; 5 см- неармированного, $h_d = 5$ см- армированного основания.



**Рис. 2. Схема тензометра
1-тензорезистор (датчик сопротивления)**

По результатам экспериментов выявлено:

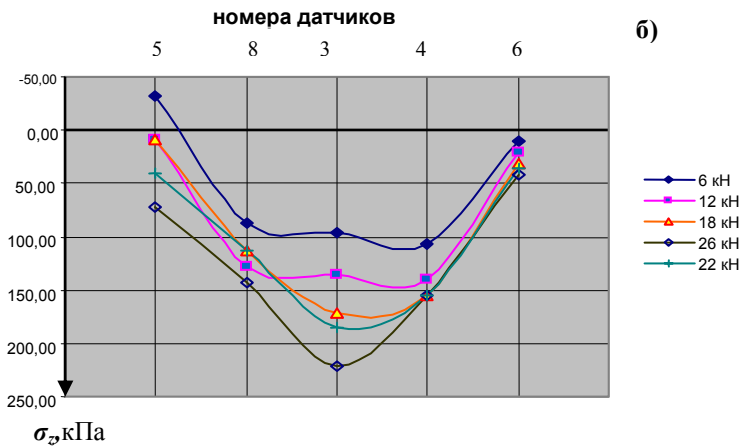
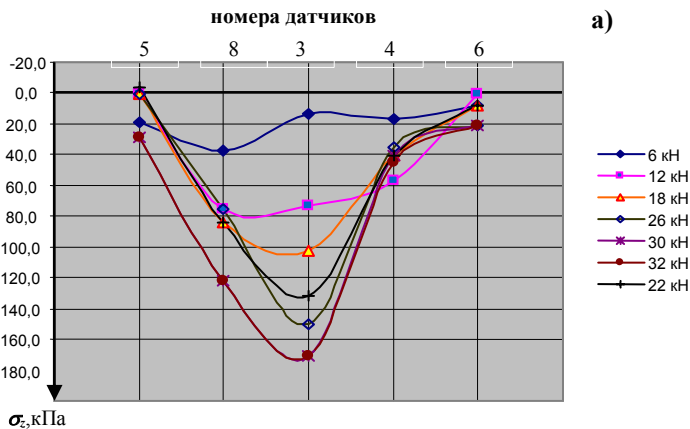
1. Значение деформаций для армированного основания в 1,5 раза меньше, чем для неармированного, при той же нагрузке.

2. С увеличением значения нагрузки возрастает нормальное напряжение σ_z под подошвой фундамента, причем максимальные значения, при $F = 22$ кН, наблюдаются под центром зоны загрузки для неармированного основания (см. рисунок 3, а;б).

3. Введение арматуры в основание приводит к выравниванию вертикальных напряжений под подошвой, снижению краевых значений. Несущая способность армированного основания в 1,5 раза больше чем неармированного (см. рисунок 3, в).

4. Армирование позволяет снизить значения горизонтальных напряжений σ_x (измеренных с помощью тензорезистора № 7), в 2 раза за

счет включения в работу дополнительных объемов грунта (см. рисунок 4).



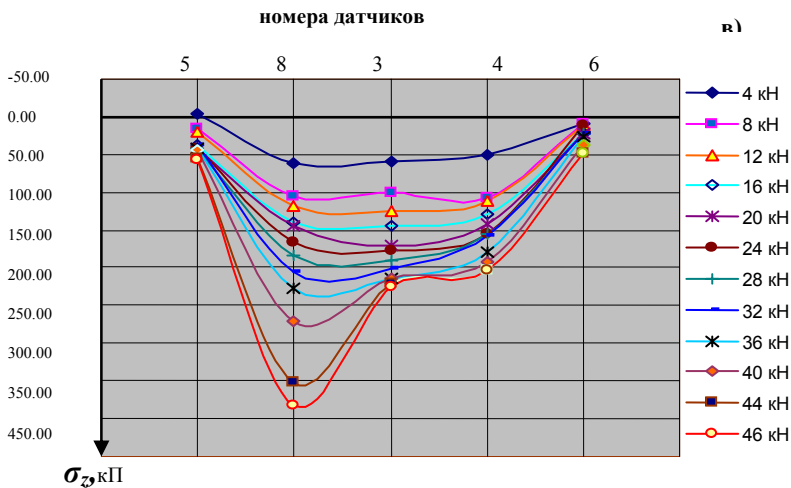


Рис. 3. Распределение вертикальных напряжений по глубине
 а) - неармированное основание при $h_d = 2$ см; б) - неармированное основание при $h_d = 5$ см; в) - армированное основание при $h_d = 5$ см;

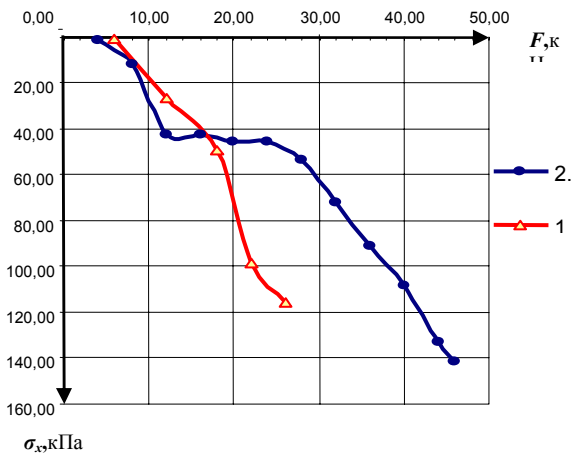


Рис. 4. Влияние армирования на характер развития горизонтальных напряжений

1 - неармированный грунт при $h_d = 5$ см;
 2 - армированный грунт при $h_d = 5$ см

Список литературы

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

Кузнецов И. Н., Елагин В. Н., Вахонин А. В.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НДС
СТАЛЬНОЙ П-ОБРАЗНОЙ РАМЫ
НА ДЕФОРМИРУЕМОМ ОСНОВАНИИ**

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Евдокимцева О. В.

*ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

В настоящее время коллективом магистрантов проводятся исследования НДС (напряженно-деформированного состояния) стальной П-образной рамы на песчаном основании. В отличие от ранее проведенных исследований [1] рассмотрена рама с шарнирным сопряжением ригеля с колонной.

В лабораторных условиях моделируется реальная работа исследуемой конструкции. Модель рамы выполнена в соответствии с критериями геометрического подобия. Нагрузка в виде вертикальной, осевой сосредоточенной силы передается на ригель гидравлическим домкратом.

Задачей исследований является изучение влияния на НДС конструкции перемещений фундаментов, вызванные деформациями грунтового основания, а так же податливости узла сопряжения ригеля с колонной.

В ходе проведения серии испытаний, величины ρ (плотность песчаного основания), λ (заглубление фундамента), F_{\max} (действующая нагрузка) принимались постоянными, а эксцентриситет приложения нагрузки изменяли. В результате получены экспериментальные значения изгибающих моментов в элементах рамы. Эпюра моментов при центральном приложении нагрузки представлена на рис.1.

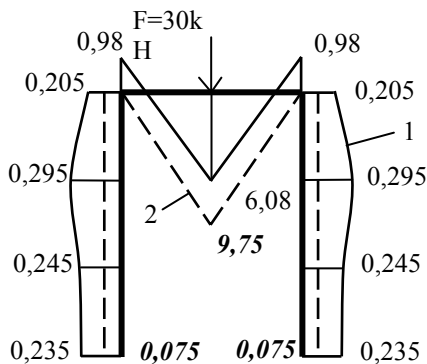


Рис. 1. Эпюра моментов при центральном приложении нагрузки (кН·м).
1-экспериментальные; 2- расчетные значения.

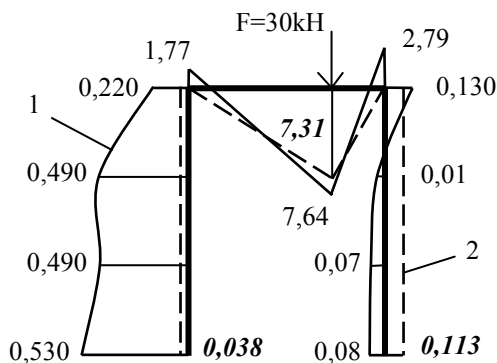
Значения экспериментальных моментов в колоннах, значительно превосходят теоретические. В середине пролета ригеля расчетное значение больше экспериментального на 35%.

Особое внимание следует уделить тому, что в “условно” шарнирном узле возникает момент, и этот момент, возникающий в ригеле, передается на колонну.

На величину момента в колонне значительное влияние оказывает поворот фундамента. В зависимости от направления крена, перемещения фундамента могут оказывать как догружающее, так и разгружающее действие в уровне базы и первой трети высоты колонны.

При перемещении места приложения нагрузки изменяется напряженно-деформированное состояние конструкции.

Эпюра моментов при $e=0,5$ представлена на рис.2.



**Рис. 2. Эпюра моментов (кН·м) при $e=0,5$
1-экспериментальные; 2- расчетные значения**

Экспериментальные значения моментов в ригеле превышают расчетные на 5%. В левой колонне преобладают изгибающие напряжения, тогда как в правой - сжимающие. При проверке устойчивости необходимо учитывать действительное НДС стоек.

В настоящий момент, перед исследователями стоят задачи:

1. Определения влияющих параметров грунтовых условий на перемещения фундаментов, приводящих к изменению знака эпюры моментов в уровне базы и первой трети высоты колонны в рассмотренной конструкции.

2. Влияние эксцентриситета и угла приложения нагрузки на напряженно-деформированное состояние рамы. Изучение влияния значения нагрузки при различных эксцентриситетах на работу конструкции согласно II группе предельных состояний.

Список литературы

1. Вахонин А.В. Исследование работы стальной П-образной рамы. Труды ПГТУ: Сборник научных статей молодых ученых и студентов. Тамб. гос. тех. ун-т. Тамбов, 2004. Вып. 16. 200 с. С. 61-64.
2. Беленя Е.И. Исследования совместной работы оснований, фундаментов и поперечных рам стальных каркасов промышленных зданий / Е.И. Беленя, Л.В. Клепиков. Научное сообщение. М., 1957. Вып. 28. 58 с.
3. Шапиро Г.А. Действительная работа конструкций промышленных цехов. М.: Госстройиздат. 1952. 288 с.

Елагин В. Н., Кузнецов И. Н., Вахонин А. В.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОТНОСТИ ОСНОВАНИЯ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОДНОПРОЛЕТНОЙ СТАЛЬНОЙ РАМЫ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Евдокимцева О. В.

*ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

В ходе экспериментов было проведено исследование напряженно-деформированного состояния стальной рамы при влиянии различных параметров. В качестве влияющих параметров приняли два фактора:

- несимметричное приложение нагрузки на ригель;
- разная плотность основания левого и правого фундаментов.

Эксперименты выполнялись на модели рамы с шарнирным опиранием ригеля на колонну, жёстко прикреплённую к фундаменту анкерными болтами.

Рама установлена на мелком однородном песчаном основании при плотности $\rho = 1,7 \text{ г/см}^3$, достигнутой определенным числом ударов трамбовки по одному следу. Разница плотности основания левого и правого фундамента составила $0,1 \text{ г/см}^3$. Влажность поддерживалась в пределах 7-9 %.

Опыты проводились при действии осевой вертикальной, ступенчато возрастающей сосредоточенной силы F . Степень нагружения выдерживалась до наступления условной стабилизации перемещений фундаментов. При несимметричном приложении нагрузки на ригель эксцентриситет приняли равным $0,25L$.

Деформации элементов модели рамы измерялись при помощи индикаторов часового типа ИЧ-10, закрепленных на независимой реперной системе.

В результате проведения экспериментов и обработки результатов были получены перемещения элементов рамы в характерных сечениях (рис. 1).

Если рассмотреть формы деформаций элементов рамы, то видно, что колонны изгибаются наружу рамы за счет момента возникающего из-за неточности передачи нагрузки от ригеля к колонне. Изгиб колонны и перемещения фундамента показывают, что колонна работает по схеме предложенной Е. И. Беленя, т. е. работу колонны необходимо рассматривать совместно с основанием.

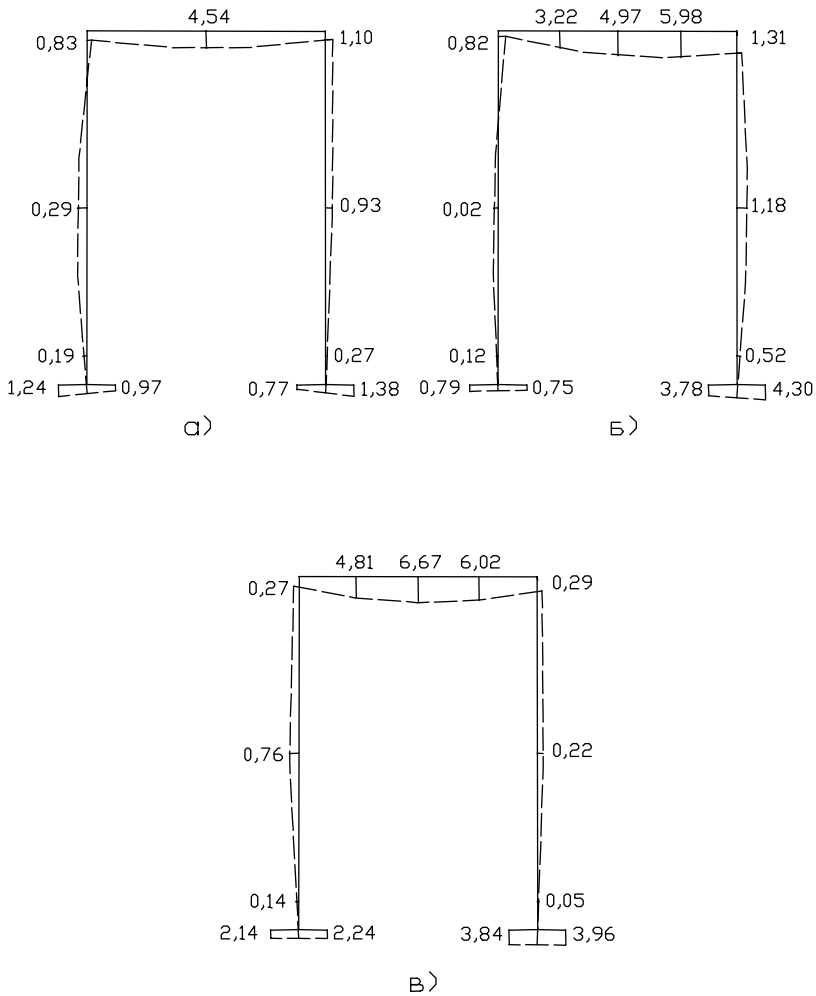


Рис. 1. Перемещения (мм) элементов рамы.
а) центральное нагружение, б) несимметричное приложение нагрузки, в) разная плотность под фундаментами.

В ходе испытаний определяли осадку (S), крен (i) и горизонтальные перемещения (U) моделей фундаментов во всём диапазоне нагрузок. С ростом нагрузки, перемещения левого и правого фундаментов растут плавно без скачков (рис. 2).

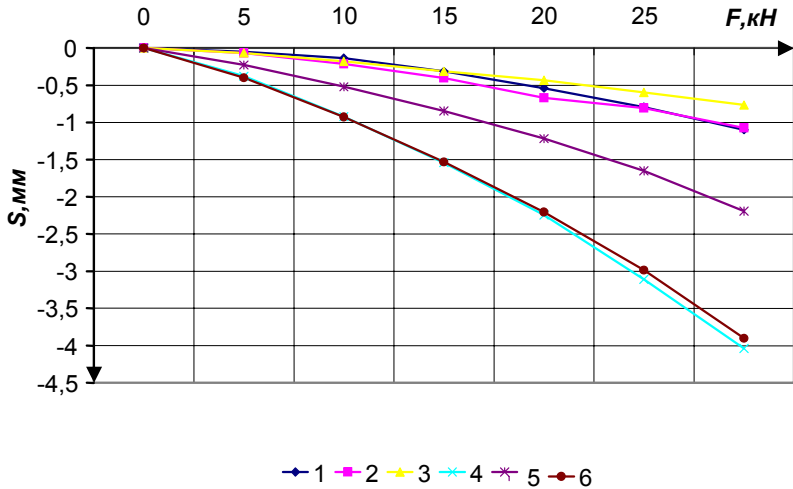


Рис. 2. График зависимости осадки от нагрузки.
 1,2- центральное нагружение, 3,4- несимметричное приложение нагрузки,
 4,5-разная плотность под фундаментами.

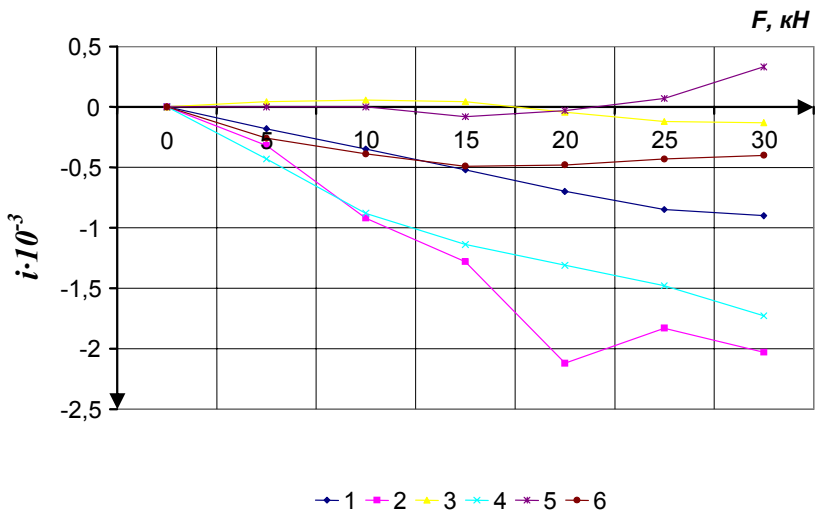


Рис. 3. График зависимости крена от нагрузки.
 1,2- центральное нагружение, 3,4- несимметричное приложение нагрузки,
 4,5-разная плотность под фундаментами.

В большинстве опытов поворот фундамента происходил в наружную сторону рамы. В центральном и внецентренном нагружении значительная величина крена правого фундамента приводит к повороту рамы в целом.

Важной величиной, характеризующей работу фундаментов, и конструкции в целом является относительная разность осадки $\Delta S/L$, где ΔS - разность между осадками левого и правого фундаментов, L - расстояние между фундаментами. В случае с разной плотностью грунта основания фундаментов заметно, что увеличение осадки правого фундамента относительно левого в большей степени влияет на поворот ригеля, чем на поворот рамы.

Дедов В. Л., Забродин С. В.

ВЛИЯНИЕ ПОВТОРНЫХ НАГРУЖЕНИЙ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Евдокимцева О. В.

*ТГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

Действия повторных нагрузок приводит к изменению прочностных и деформационных характеристик грунтов. Для изучения влияния повторных нагрузок на прочностные характеристики связных грунтов проведены серии экспериментов. Опыты выполнены в лаборатории механики грунтов ТГТУ на сдвиговом приборе ПСГ-1. В качестве влияющих параметров использовали:

- уровень нагружения $\bar{F} = 0,4 \dots 0,9$;
- коэффициент асимметрии цикла $\rho_c = 0 \dots 0,8$;
- количество циклов нагружения $N_c = 1 \dots 100$.

На основании выполненных исследований сделан вывод о изменении значений прочностных характеристик глинистых грунтов (угол внутреннего трения (φ) и сцепление (c)) после действия повторных нагрузок. Динамика изменения неоднозначна. Если при увеличении уровня нагружения в пределах $\bar{\tau} = 0,4 \dots 0,6$ наблюдается плавный рост c и падение φ , то при $\bar{\tau} = 0,6 \dots 0,7$ рост c и падение φ уже носит скачкообразный характер, достигая своего экстремума при $\bar{\tau} = 0,7 \dots 0,75$; затем происходит также скачкообразное падение c до нуля при $\bar{\tau} = 0,9$ и рост φ до 45° при $\bar{\tau} = 0,8 \dots 0,9$ (рис.1).

Изменение значений прочностных характеристик в результате действия повторных нагрузок делает необходимым учет этих изменений в расчетах несущей способности оснований.

В соответствии с [1] расчет по несущей способности производится исходя из условия:

$$F \leq \gamma_c \cdot F_u / \gamma_n, \quad (1)$$

Вертикальную составляющую силы предельного сопротивления F_{uc} в случае повторного нагружения можно определить по формуле:

$$F_{uc} = b' \cdot l' \cdot (N_\gamma \cdot \xi_\gamma \cdot b' \cdot \gamma_1 + N_q \cdot \xi_q \cdot \gamma_1' \cdot d + N_c \cdot \xi_c \cdot c_{1c}), \quad (2)$$

где все компоненты определяются по указаниям [1], кроме N_γ , N_q , N_c , c_{1c} .

Коэффициенты N_γ , N_q , N_c – необходимо определять по также в соответствии с методикой [1], но по значениям угла внутреннего трения,

пересчитанным с учетом повторного нагружения. Значение сцепления c_{ic} определяется также с учетом повторных нагружений.

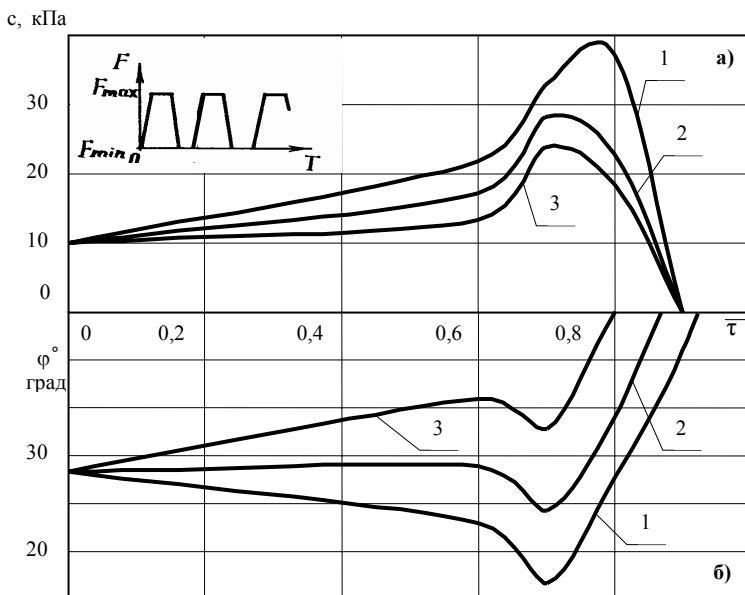


Рис. Зависимости сцепления (а) и угла внутреннего трения (б) супеси ($c=10$ кПа , $\phi = 28,25^\circ$) от уровня нагружения $\bar{\tau}$, при ρ : 1–0; 2–0,25; 3–0,5

Список литературы

1. СНиП 2.02.01.83* “Основания зданий и сооружений”, Москва 1995.

Архитектурно-строительное материаловедение

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

Ермаков С.В., Соломатин М. А.,; Киселева О. А.

ВЛИЯНИЕ ВИДА КОНЦЕНТРАТОРА НАПРЯЖЕНИЙ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

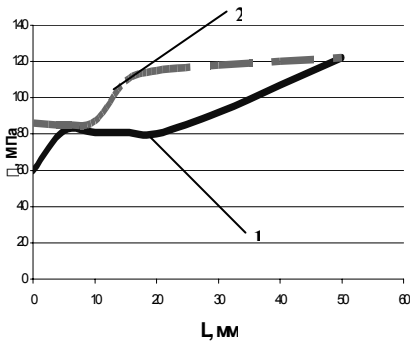
Работа выполнена под руководством к.т.н., ст. преп. Киселевой О. А.

*ГГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»*

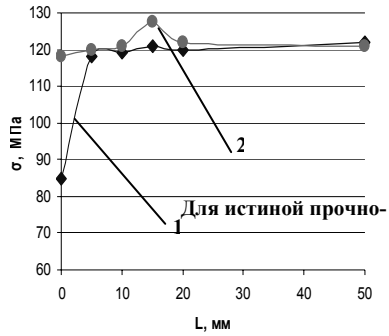
Древесина и древесные композиты (ДВП, ДСП, фанера) нашли широкое применение в строительных изделиях, ограждающих и несущих конструкциях. Для крепления данных материалов чаще всего используют соединения на гвоздях или шурупах. При этом места крепления являются концентраторами напряжений.

Для выявления влияния ослаблений на несущую способность древесных композитов при поперечном изгибе были проведены испытания древесностружечных плит. Для экспериментов использовали образцы размерами 20×3×130 мм (ДВП), 17×10×130 мм (ДСП), 10×6,5×130 мм (фанера) и 12×9,7×130 мм (древесина) с отверстиями по центру пластин диаметром от 2,3 до 5 мм.

В работе было изучено влияние расположения концентраторов напряжений на прочность древесных материалов. Для создания концентратора напряжений в образце просверливали отверстие или забивали гвоздь. Испытания проводились при поперечном изгибе в режиме заданной постоянной скорости нагружения. Полученные результаты представлены на рисунках 1-4

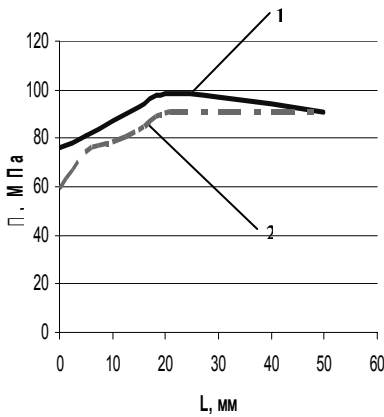


Для условной прочности

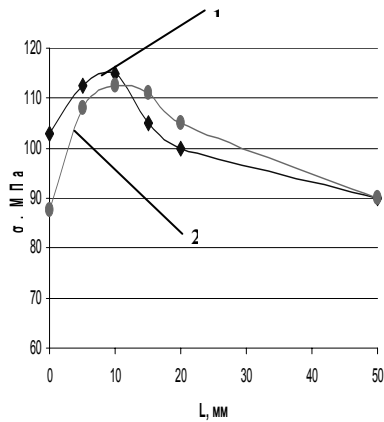


Для истинной прочности

Рис. 1. Влияние смещения концентратора напряжений (1 – отверстие Ø3,7мм. получено сверлением; 2 – отверстие получено при забивке гвоздя Ø3,2мм.) от центра на прочность древесины.



Для условной прочности



Для истинной прочности

Рис. 2. Влияние смещения концентратора напряжений (1 – отверстие Ø 2,7мм. получено сверлением; 2 – отверстие получено при забивке гвоздя Ø3,2мм.) от центра на прочность фанеры.

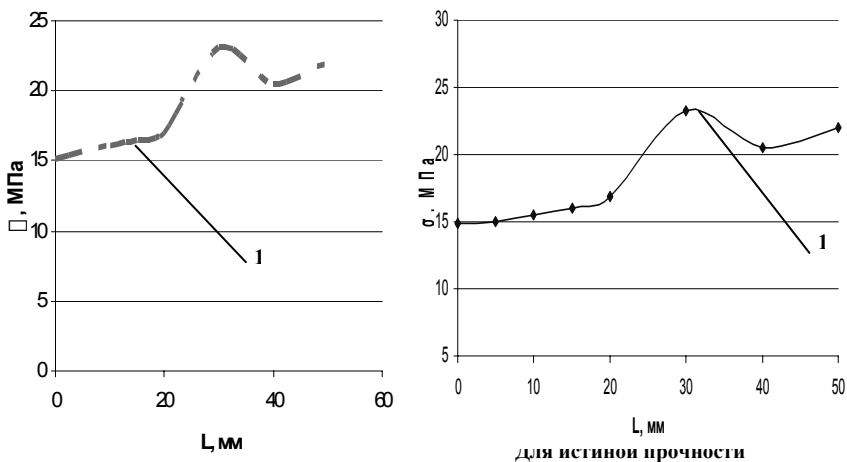


Рис. 3. Влияние смещения концентратора напряжений (1– отверстие получено при забивке гвоздя $\varnothing 3,7$ мм.) от центра на прочность древесноволокнистые плиты.

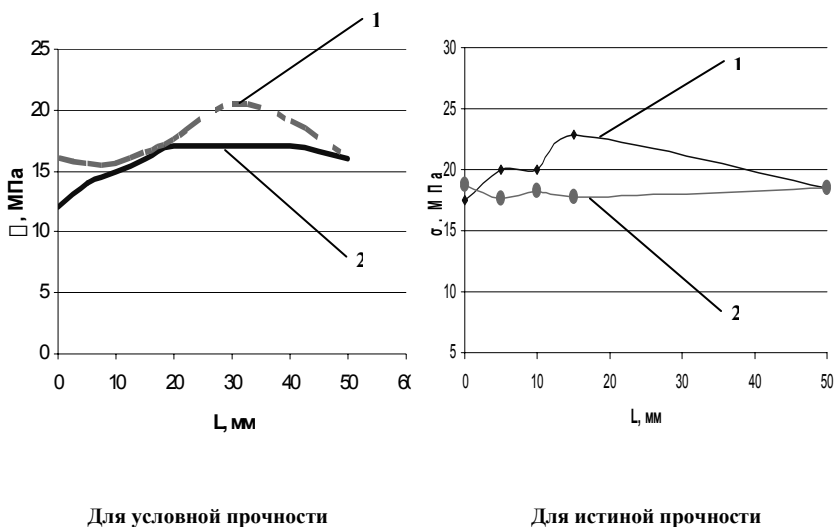


Рис. 4. Влияние смещения концентратора напряжений (1 – отверстие $\varnothing 5$ мм. получено сверлением; 2 – отверстие получено при забивке гвоздя $\varnothing 2,3$ мм.) от центра на прочность древесностружечные плиты.

Из рисунков видно, что концентратор напряжений оказывает значительное влияние на прочностные свойства материалов.

Для древесины опаснее концентраторы напряжений, полученные сверлением. При этом истинная прочность (σ_u) падает на 25 %, а условная (σ_y) в 2 раза. Для древесных композитов картина меняется, т.е. для них опаснее концентраторы напряжений, полученные при забивке гвоздя. При этом для фанеры σ_y и σ_u соответственно падают на 30 %, 4 %, а для ДСП σ_u практически не изменяется. Наиболее сильно наличие концентратора напряжений сказывается на прочности древесноволокнистых плит. Для них истинная прочность падает на 40 %, а условная – на 60 %.

При смещении отверстий относительно центра образца происходит увеличение прочности до величины равной прочности бездефектных образцов. Наличие концентратора напряжений не сказывается на прочности древесины, фанеры и ДСП при его смещении относительно центра образца более чем на 15 мм. Для ДВП это расстояние увеличивается до 30 мм.

Вывод: перед забивкой гвоздя в древесностружечных и древесноволокнистых плитах необходимо сверлить отверстия диаметром, равным диаметру гвоздя плюс 1 мм. Кроме того, места крепления древесины и древесных композитов рекомендуется смещать на безопасное расстояние.

Список литературы

1. Киселёва О.А., Ярцев В.П., Ермаков С.В. Влияние концентраторов напряжений на прочностные свойства древесины и древесных композитов // Сборник материалов: VI Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии» (30 июня – 2 июля 2005г.). – Тула, 2005. – с. 26-27.

Соломатин М. А., Ермаков С. В., Киселева О. А.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

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

ГГТУ, Кафедра «Конструкции зданий
и сооружений»

В настоящее время пенополистирол нашел широкое применение в строительстве в качестве теплоизоляционного материала. В процессе эксплуатации он подвергается воздействию ультрафиолетового облучения и повышенных температур приводящие к старению. Данная работа посвящена изучению влияний данных факторов. Испытания проводились на образцах пенополистирола ПСБС – М 35 размером 20 x 25 x 120 мм после воздействия повышенной температуры (80°C) и УФ излучения при двух видах нагружения (поперечного изгиба и пенетрации). В процессе эксплуатации фиксировали максимальную нагрузку и глубину погружения индентора в течении 10 минут при постоянной нагрузке (1,1 кг). Полученные результаты представлены на рис 1 ...2

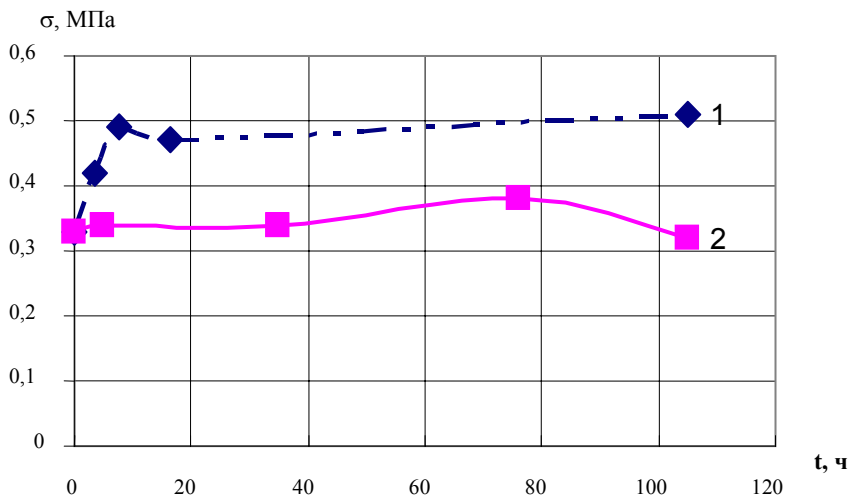


Рис. 1. Зависимость прочности пенополистирола при поперечном изгибе от длительности воздействия.
1 – термостарения; 2 – УФ-облучения

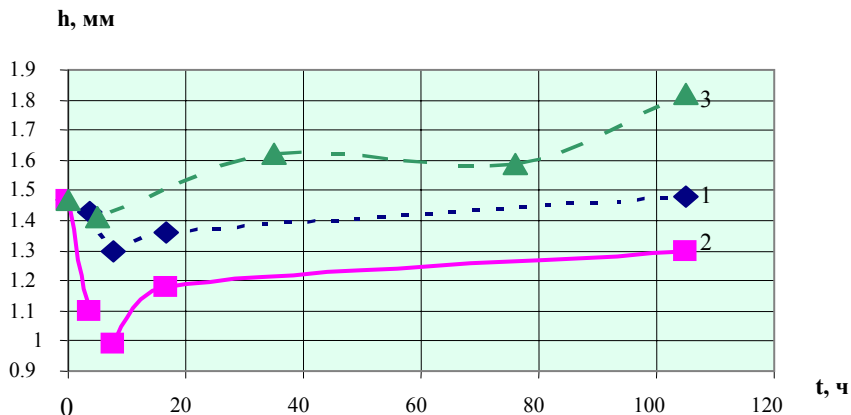


Рис. 2. Зависимость глубины погружения индентора в пенополистирол от длительности воздействия: 1 (верхняя пластина), 2 (нижняя пластина) – термостарения, 3 – УФ – облучения

Из рисунков 1 и 2 видно, что ультрафиолетовое облучение практически не сказывается на прочности пенополистирола, а после 105 часов она повышается на 15%. Однако ультрафиолетовое облучение отрицательно сказывается на твердости материала. При этом падение твердости начинает проявляться после 5 часов, а к 105 часам она падает на 10%. Воздействие ультрафиолетового облучения приводит к изменению цвета образца; с белого на желтоватый.

При тепловом воздействии (80°C) наблюдается улучшение механических характеристик пенополистирола. Резкое повышение прочности (на 48%) происходит в первые 7,5 ч. прогрева. При дальнейшем прогреве (до 105 ч.) прочность пенополистирола остается постоянной. При этом твердость уменьшается.

Одним из существенных недостатков пенополистирола являются его деформируемость и низкая прочность. Избавиться от этих недостатков можно путем нанесения различных покрытий.

В работе было изучено влияния вида покрытия на прочность и механизм разрушения пенополистирола. Испытания проводились при поперечном изгибе в режиме постоянной скорости нагружения, в процессе которых фиксировалась разрушающая нагрузка. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

	Прочность при поперечном изгибе покрытого пенополистирола, МПА			
	Без покрытия	Полиэтиленовая пленка	Бумажные обои	Сетка
Покрытие в сжатой зоне	0,33	0,45	0,6	0,59
Покрытие с двух сторон	-	0,44	0,87	0,77

Из таблицы видно, что при нанесении покрытия прочность пенополистирола повышается. При нанесении полиэтиленовой пленки прочность повышается на 36%. Под действием нагрузки вначале происходит отрыв пленки, а затем разрушение пенополистирола.

При нанесении бумажных обоев или сетки прочность пенополистирола повышается на 79%, а при расположении покрытия с двух сторон на 164%, т. е. в 1,64 раза. Кроме того, твердость пенополистирола покрытого бумажными обоями повышается в 2 раза. Следует отметить, что при данном виде покрытия пенополистирол не разрушается, но сильно деформируется.

Список литературы

1. Андрианов К.А., Ярцев В.П. Прочность, долговечность и термостойкость пенополистирола в ограждающих конструкциях // Ч. 3. Конструкции из дерева и пластмасс. Строительная механика: Сб. материалов всерос. науч. – практ. конф. молодых учёных «Строительные конструкции – 2000» / Моск. гос. строит. ун-т. – М., 2000. – С. 48–53.

2. Андрианов К.А., Ярцев В.П. Определение долговечности пенополистирола под нагрузкой // Современные проблемы строительного материаловедения. Материалы пятых академических чтений РААСН: Сб. науч. ст. – Воронеж, 1999. – С. 22–24.

Направление 220200

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Магистерская программа 220200.08

Автоматизация технологических процессов и производств

Руководитель программы д.т.н., проф. Погонин В. А.

Савенков А. П.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО БЕСКОНТАКТНОГО СОВОКУПНОГО КОНТРОЛЯ ПЛОТНОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Мордасова М. М.

*ТГТУ, Кафедра «Автоматизированные системы
и приборы»*

Во многих технологических процессах качество производимого продукта в виде жидкости определяется физико-механическими свойствами: плотностью ρ , поверхностным натяжением σ и вязкостью η . Одним из путей получения информации о качестве продукции является

применение бесконтактных методов контроля физико-механических параметров жидкостей, базирующихся на словом воздействии струи сжатого воздуха на поверхность исследуемой жидкости. [1, 3]

Рассмотрим процессы, происходящие при взаимодействии газовой струи с поверхностью жидкости.

Струя газа, направленная перпендикулярно поверхности жидкости действует на неё с некоторой силой F . Силой F от действия струи газа деформируется поверхность жидкости и образуется углубление, характеризующееся диаметром d и глубиной h . Очевидно, что изменение скорости газа w в струе приводит к изменению силы F , воздействующей на поверхность жидкости, и глубины углубления h .

Энергия сжатого воздуха, направленного на поверхность жидкости, расходуется на работу против архимедовых сил F_A , силы поверхностного натяжения F_σ и силы сопротивления перемещению F_η . Силы F_A , F_σ , F_η , противодействующие силе F имеют следующие характеристики. Сила Архимеда F_A пропорциональна объёму углубления, работа против силы F_A приводит к изменению потенциальной энергии E_A , заключающейся в подъёме уровня жидкости. Сила поверхностного натяжения F_σ пропорциональна интенсивности изменения площади поверхности жидкости, работа против силы F_σ приводит к изменению потенциальной энергии поверхностного натяжения E_σ , пропорциональной изменению площади поверхности жидкости. Сила сопротивления перемещению F_η зависит от взаимной скорости перемещения молекул внутри жидкости, работа против силы F_η приводит к увеличению внутренней энергии жидкости. В статическом режиме при $w=0$ сила $F_\eta=0$.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что физико-механические параметры жидкости плотность ρ , поверхностное натяжение σ и вязкость η необходимо рассматривать в комплексе. При измерении одного из контролируемых параметров отклонение других от номинального значения вносит дополнительную погрешность. Таким образом, при переходе к совокупным измерениям физико-механических параметров жидкостей повышается их точность (исключается взаимное влияние параметров) и информативность (увеличивается число измеряемых величин).

Суть предлагаемого метода совокупных измерений плотности и поверхностного натяжения заключается в следующем. В перпендикулярно падающей на поверхность жидкости струе воздуха устанавливают некоторую постоянную скорость w_1 путём изменения расхода воздуха в трубопроводе. Под действием струи сжатого воздуха на поверхности жидкости формируется углубление глубиной h_1 . В установившемся режиме, что необходимо для исключения влияния

вязкости, величину h_1 измеряют любым доступным методом и ставят в соответствие фиксированному расходу Q_1 . Затем расход изменяют до некоторого значения Q_2 и в установившемся режиме измеряют h_2 . В результате выполнения данных операций по измеренным значениям Q_1, h_1, Q_2, h_2 получают систему уравнений для определения ρ и σ .

Система уравнений для определения плотности и поверхностного натяжения имеет следующий вид:

$$\begin{cases} f(Q_1) = \rho \cdot p(h_1) + \sigma \cdot q(h_1), \\ f(Q_2) = \rho \cdot p(h_2) + \sigma \cdot q(h_2), \end{cases} \quad (1)$$

где $f(Q)$ – функция расхода;

$p(h), q(h)$ – функции глубины.

Система (1) имеет единственное решение при условии

$$\frac{p(h_1)}{p(h_2)} \neq \frac{q(h_1)}{q(h_2)}, \quad (2)$$

в противном случае уравнения системы преобразуются к одному.

С целью выяснения выполняемости условия (2) был проведён эксперимент, в ходе которого для различных значений расхода Q определялись формы углубления, исходя из которых рассчитаны объёмные и поверхностные характеристики. В качестве исследуемой жидкости применялось касторовое масло. Вид функций p, q выбран следующий:

$$p(h) = gV(h), \quad (3)$$

$$q(h) = \frac{dS(h)}{dh} = S'(h), \quad (4)$$

где g – ускорение свободного падения.

По результатам обработки экспериментальных данных построены зависимости объёма углубления $V(h)$ и интенсивности изменения площади поверхности жидкости $S'(h)$, представленные на рисунке 1.

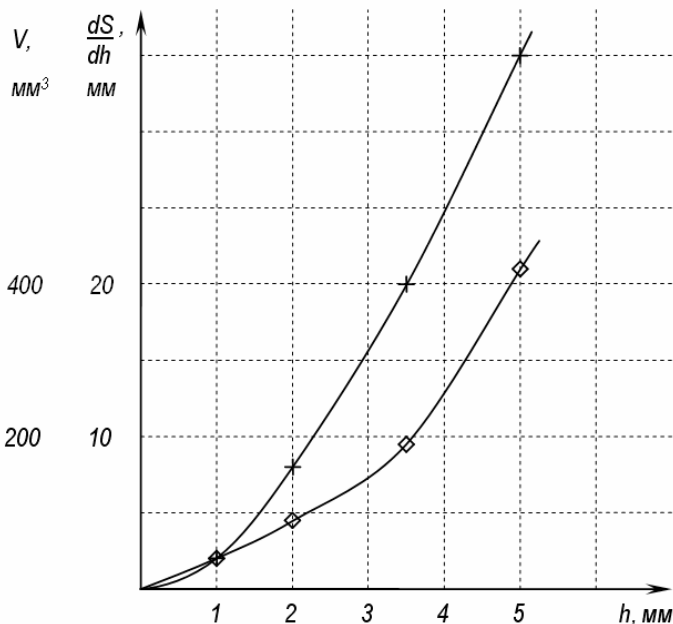


Рис. 1. Зависимости объёма и интенсивности изменения площади углубления от глубины

Из графика, представленного на рисунке 1 видно, что зависимости $V(h)$ и $S'(h)$ не пропорциональны, следовательно система (1) будет иметь единственное решение. Особенно благоприятными для совокупных измерений физико-механических свойств анализируемой жидкости представляются участки кривых, соответствующие изменению h до 2 мм, так как $V(h)$ здесь имеет линейный характер, $S'(h)$ – квадратичный.

С практической точки зрения решить систему уравнений (1) с высокой степенью точности возможно, если слагаемые в правых частях уравнений системы имеют один порядок, в противном случае нахождение одного из параметров будет затруднительно. Проведённый по экспериментальным данным расчёт показал, что комплекс $\rho p(h)$ в среднем по эксперименту в три раза больше значений $\sigma q(h)$.

Список литературы

1. Залманзон А. А. Аэрогидродинамические методы измерения входных параметров автоматических систем. – М.: Наука, 1973 – С. 158-162.
2. Rosler R. S. Stewart G. H. Impingement of gas jets on liquid surface // J. Fluid. Mech. – Vol. 31 – Part. 1. – 1968. – Pp. 168-174.
3. Мордасов Д. М. Пневмодинамический бесконтактный контроль плотности жидких веществ. / Д. М. Мордасов: // Вестник ТГТУ. – 2004. – т. 10. №3. – С. 666-674.

Направление 552200

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Магистерская программа 552200.10

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

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

Баршутина М. Н.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ ПЛОТНОСТИ

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Мордасова М. М.

ТГТУ, Кафедра «Автоматизированные системы и приборы»

Дифференциальные пневматические методы измерения плотности жидкости $\rho_{ж}$ нашли широкое применение в промышленности благодаря независимости результатов измерения от колебаний уровня жидкости, величины давления над ее поверхностью и расхода газа, подаваемого в измерительный элемент. Существенным недостатком этих методов является их низкая точность, обусловленная влиянием проводимостей

барботажных трубок на результат измерения [1]. Это влияние устранено в дифференциальном пневматическом плотномере с регулятором расхода, принцип действия которого описан в этой статье.

На рис. 1 представлена схема измерительного элемента, реализующего дифференциальный пневматический метод.

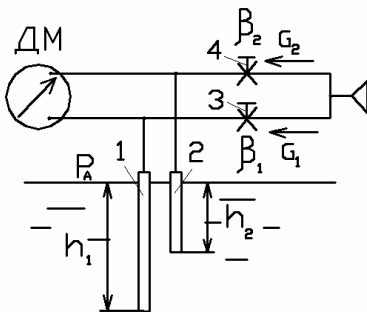


Рис. 1. Дифференциальный первичный измерительный преобразователь барботажного типа

В состав дифференциального измерительного преобразователя входят барботажные (пневмометрические) трубки 1 и 2, погруженные в контролируемую жидкость на глубину h_1 и h_2 , соответственно. В трубки через пневматические сопротивления подают газ с постоянными расходами G_1 и G_2 .

Процессы в емкостях V_1 и V_2 барботажных трубок 1 и 2 описываются дифференциальными уравнениями:

$$\frac{V_1}{RT\alpha_1} \cdot \frac{dP_{V1}}{dt} + P_{V1} = \frac{G_1}{\alpha_1} + P_{Г1}, \quad (1)$$

$$\frac{V_2}{RT\alpha_2} \cdot \frac{dP_{V2}}{dt} + P_{V2} = \frac{G_2}{\alpha_2} + P_{Г2}, \quad (2)$$

где α_1, α_2 – проводимости барботажных трубок 1 и 2; β_1, β_2 – проводимости дросселей 3 и 4; R – газовая постоянная; T – температура; P_{V1}, P_{V2} – давления в емкостях V_1 и V_2 ; $P_{Г1}, P_{Г2}$ – гидростатические давления на концах трубок; t – время.

Гидростатическое давление в трубках определяется из уравнений:

$$P_{Г1} = \rho_{ж}gh_1 + P_A, \quad (3)$$

$$(4) \quad P_{A2} = \rho_a g h_2 + P_A,$$

где P_A – давление над поверхностью жидкости; g – ускорение свободного падения.

Проводимости барботажных трубок при ламинарном режиме течения газа по ним:

$$\alpha_1 = \frac{\pi r_1^4 \rho_G}{8 \eta_G l_1}, \quad (5)$$

$$\alpha_2 = \frac{\pi r_2^4 \rho_G}{8 \eta_G l_2}, \quad (6)$$

где l_1, l_2 – длины барботажных трубок, ρ_G – плотность газа, η_G – вязкость газа, r_1, r_2 – радиусы барботажных трубок.

В установившемся режиме при условии $r_1 = r_2$, вычитая (2) из (1), получим:

$$\Delta P = P_{V1} - P_{V2} = \frac{G_1}{\alpha_1} - \frac{G_2}{\alpha_2} + P_{Г1} - P_{Г2}. \quad (7)$$

Так как о контролируемой величине судят по разности давлений $P_{Г1} - P_{Г2}$, то должно соблюдаться равенство $P_{V1} - P_{V2} = P_{Г1} - P_{Г2}$, выполняющееся при условии:

$$G_1 / \alpha_1 = G_2 / \alpha_2. \quad (8)$$

Подставляя α_1 и α_2 из (5) и (6) в (8), с учетом $r_1 = r_2$ получим:

$$(9) \quad G_1 / G_2 = l_2 / l_1.$$

Выполнение равенства (9) возможно при подаче газа на вход барботажных трубок с расходами, пропорциональными длине этих трубок.

Следует отметить, что из-за различных длин барботажных трубок в них может возникнуть разность давлений порядка 20-30 Па. Эта разность обуславливает ошибку в измерении плотности, которая в диапазоне измерения 1000-1020 кг/м³ при разности глубин погружения пневмометрических трубок в контролируемую жидкость 0,5 м и диаметре этих трубок 4-8 мм может достигнуть 20-30 % [2].

На рис. 2 изображена принципиальная пневматическая схема дифференциального пневмометрического плотномера барботажного типа, в котором выполняется условие (9) за счет применения блока, обеспечивающего определенное соотношение расходов [3].

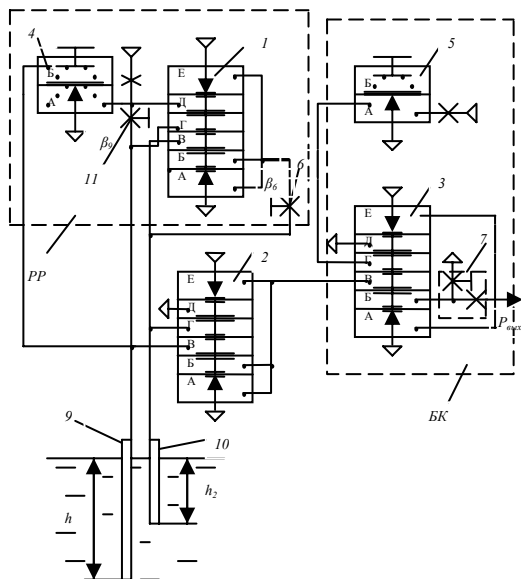


Рис. 2. Принципиальная пневматическая схема Дифференциального пневмометрического плотномера

Дифференциальный пневмометрический плотномер состоит из двух барботажных трубок 9 и 10, погруженных в контролируемую жидкость, регулятора расхода *PP*, элемента сравнения 2 и блока компенсации балластного давления *БК*.

Регулятор соотношения расходов содержит два регулируемых дросселя *b* и *11*, элемент сравнения 1 и повторитель со сдвигом 4. Газовый поток, поступающий с повторителя со сдвигом 4, с расходом G_0 создает на дросселе 11 перепад давления ΔP_{ex} , определяемый соотношением.

$$\Delta P_{\text{а\ddot{o}}} = G_0 / \beta_0, \quad (10)$$

где β_0 – проводимость дросселя 11.

В соответствии со схемой включения элемента сравнения 1 равновесие обеспечивается лишь в том случае, когда перепад давлений на дросселе *b* равен входному перепаду ΔP_{ex} . Соответственно, расход G_0

в выходную линию регулятора, соединенную со входом барботажной трубки l_0 , пропорционален входному расходу G_9 .

$$G_6 = \frac{\beta_6}{\beta_9} G_9, \quad (11)$$

где β_6 – проводимость дросселя 6.

Таким образом, в регуляторе расхода определенное соотношение проводимостей регулируемых дросселей обеспечивает такое соотношение расходов, при котором выполняется условие (9). При этом подставляя (11) в (9) и считая, что $G_1 = G_9$ и $G_2 = G_6$, получаем соотношение:

$$\beta_9 / \beta_6 = l_1 / l_2, \quad (12)$$

на основании которого можно сделать вывод, что проводимости регулируемых дросселей должны подбираться пропорционально длинам соответствующих барботажных трубок. При выполнении условия (12) на выходе дифференциального пневматического плотномера с регулятором расхода формируется выходной сигнал $P_{\text{вых}}$, значение которого не зависит от проводимостей барботажных трубок.

Список литературы

1. Мордасов М.М., Мищенко С.В., Мордасов Д.М. Физические основы измерения плотности и поверхностного натяжения пневматическими методами. –Тамбов: ТГТУ, 1999. 76 с.
2. Глыбин И.П. Автоматические плотномеры и концентратомеры в пищевой промышленности. - М.: Пищевая промышленность, 1975.-270 с.
3. А. с. № 446036 СССР, кл. G 05 D 7/03, Пневматический регулятор расхода / Мордасов М.М., Трофимов А.В., - № 3893615/24-24; Заявл. 05.05.85; Опул. 23.04.87. Бюл. № 15.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Направление 150400

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Магистерская программа 150400.15

ПРИВОДЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ И ОБОРУДОВАНИЕМ 3

Борисов И. П. Электромагнитные порошковые муфты и методика их расчета. 3

Гребенников В. Н. Погрешности обработки на металлорежущих станках
со следящими приводами 8

Сундуков А. С. Копировальные приводы и их использование
в металлорежущих станках 12

Магистерская программа 150400.19

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН 16

Павлова Е. В., Карпушкин С. В. Система выбора конструкции
механического перемешивающего устройства
вертикального емкостного аппарата 16

Туголуков Е. Н., Егоров С. Я., Подойницын С. А. Информационная система
расчета паропроводов 21

Сорокин М. А., Карпушкин С. В. Система автоматизированного расчета
и выбора уплотнительных устройств машин и аппаратов 25

Магистерская программа 150400.22

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 29

Акифьева Ю. А., Желябовский С. В., Смолихин А. В. Повышение эффективности
методов утилизации жидких органических отходов бродильных производств 29

Желябовский С. В., Акифьева Ю. А., Смолихин А. В. Анализ методов
вермикультивирования и устройств для получения биогумуса
и вермикультуры 33

Белоусов В. В., Лапин Е. Д., Юрина О. А. Аппаратурное оформление процесса
получения биогаза на основе жидких органических отходов 37

Лапин Е. Д., Белоусов В. В., Юрина О. А. Математические модели
биотехнологических процессов 41

Смолихин А. В., Желябовский С. В., Акифьева Ю. А. Утилизация жидких
органических бродильных производств 45

Карев В. И., Юрина О. А. К разработке получения биогаза
на основе мелассной послеспиртовой барды 48

Голикова И. В., Филиппова О. В. Изучение влияния растительного белка на консистенцию плавленого сыра	52
Павленко П. М. Влияние рецептурных ингредиентов и технологических режимов на качество сбивных конфет	55
Ивойлова Н. А. Влияние рецептурных ингредиентов на скорость высыхания помадного слоя комбинированных помадно-желейных конфет	58
<i>Магистерская программа 150400.26</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ	62
Гуреев С. С., Полушкин Д. Л. Переработка отходов полимерных материалов на мировом рынке	62
Давыдов А. Н. Переработка композиций на основе вторичного ПЭТФ экструзионным способом	65
Кириллов К. С., Туляков Д. В. Экспериментальная установка для исследования изменения размеров экструдата из резиновых смесей.	69
Потапов Е. С., Соколов А. Р. Исследование технологического процесса модификации дорожных битумов полиэтиленом в смесителе турбинного типа	73
Четвериков С. В., Хрущёв С. П. Современное состояние получения высоковязких клеевых композиций.	76
Скворцов А. А. Исследование долговечности композиционных материалов на основе битума	80
<i>Магистерская программа 150400.32</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	83
Лукина Н. В., Шикунов А. Н., Манельюк Б. И. Влияние азодикарбонамида на кинетику сушки оптического отбеливателя – производного бистриазиниламиностильбена	83
Редин Д. Ю., Ковалев С. В., Мамонтов В. В. Секционирование мембранной установки трубчатого типа при разделении водного раствора сульфата натрия	87
Орлов А. Ю., Главатских Н. С. Количественная оценка деструктивных процессов при сушке органических полупродуктов	92
<i>Магистерская программа 150400.35</i> МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	96
Воробьева Ю. В. К вопросу использования инертных носителей при сушке в псевдоожиженном слое	96

Направление 210200

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Магистерская программа 210200.05

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ 100

Караульных Д. В. Технология распознавания речи 100

Котов И. О. Установка для измерения диэлектрической проницаемости
методом СВЧ с применением ПК 105

Канаев А. В., Артемова С. В. Решение задачи ресурсосберегающего управления
на базе языка высокого уровня РНР 108

Магистерская программа 210200.08

ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА

ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ 111

Ежов Р. В. О возможности термокомпенсации мостовой схемы
с помощью МДП структуры 111

Маняхин И. М. Установка для реализации метода
резонансной спектроскопии 113

Богданов Д. В. Изготовление высококоэрцитивных магнитных материалов
методом порошковой металлургии 115

Яценко А. И., Баршутин С. Н. Динамический метод определения состава
полупроводников 119

Королёв В. А. Влияния отжига на электрические свойства сульфида свинца 123

Кудрявцев С. И., Кузьмин А. Ю., Поляков Е. В. Разработка микропроцессорной
системы измерения спектральной плотности инфракрасного излучения 126

Попов А. В., Шелохвостов В. П., Попов В. Ф. Технология создания
композитных материалов на базе медного порошка,
армированного углеродными нанотрубками 130

Коняхин А. Н., Попов В. Ф. Установка для получения аморфных гидрированных
полупроводниковых пленок методом плазменного напыления 134

Рязанов Р. Н., Баршутин С. Н. Резонансный метод определения ионного состава
водного раствора 137

Власюк Д. А., Образцов Д. В. Методика подготовки объектов
из углеродных нанопродуктов для просвечивающей электронной микроскопии 140

Мажаров Д. А., Баршутин С. Н. Модель взаимодействия ионоселективных мембран
с ионами в водных растворах 143

Теребин Л. П. Использование полупроводниковых датчиков для измерения теплового потока как показателя энергоинформационного обмена 147

Платенкин А. В., Шелохвостов В. П. Нанотехнология. Нанотрубки и способы их формирования 151

Направление 270100

СТРОИТЕЛЬСТВО

Магистерская программа 270100.01
ТЕОРИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ 155

Шевелёв А. С. Определение усилий в элементах, усиленных снизу листом фанеры или стали 155

Северина И. В. Экспериментальное определение коэффициента неравномерного распределения напряжений по ширине клефанерной плиты 160

Переделкин А. В. Применение программного комплекса «ANSYS» для расчета НДС бетонных пластин с дефектами в виде наклонных ступенчатых трещин 164

Антонов В. М., Антонов С. В., Диавара Сонда. Исследование напряженно-деформированного состояния песчаного основания 168

Кузнецов И. Н., Елагин В. Н., Вахонин А. В. Экспериментальные исследования НДС стальной П-образной рамы на деформируемом основании 173

Елагин В. Н., Кузнецов И. Н., Вахонин А. В. Исследование влияния плотности основания на напряженное состояние однопролетной стальной рамы 176

Дедов В. Л., Забродин С. В. Влияние повторных нагружений на прочностные характеристики связных грунтов 180

Магистерская программа 270100.07
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ 182

Ермаков С. В., Соломатин М. А., Киселева О. А. Влияние вида концентратора напряжений на прочностные свойства древесных материалов 182

Соломатин М. А., Ермаков С. В., Киселева О. А. Влияние внешних факторов на механические свойства пенополистирола 186

Направление 220200

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Магистерская программа 220200.08
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ 189

Савенков А. П. О возможности пневматического бесконтактного
совокупного контроля плотности и поверхностного натяжения жидкостей189

Направление 552200

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Магистерская программа 552200.10

**МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА,
СВОЙСТВ И СОСТАВА ВЕЩЕСТВ, МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ194**

Баршутина М. Н. Повышение точности дифференциальных
пневматических устройств контроля плотности194

**НОВЫЕ ИДЕИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
В НАУКЕ XXI ВЕКА**

Интернет-форум магистрантов ВУЗов России

Выпуск 4

Технический редактор Л. Николаева

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 11,86. Тираж 100 экз. Изд. № 913.

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