



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

СБОРНИК СТАТЕЙ МАГИСТРАНТОВ

Выпуск 9

Тамбов
2007

УДК 04
ББК Я43
С 23

Издание «Сборника статей магистрантов» одобрено ученым советом ТГТУ,
протокол № 3 от 27 марта 2006 года

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

Сборник статей магистрантов. Выпуск 9. – Тамбов: ОАО
«Тамбовполиграфиздат», 2007. – 132 с.

ISBN 5-94359-038-2

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 5-94359-038-2

© Тамбовский государственный технический университет, 2007

Направление 150400

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Магистерская программа 150400.02

Теория механизмов и машин

Руководитель программы д.т.н., проф. Воробьев Ю. В.

Данилова Е. А., Рублева О. О.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФРИКЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Майниковой Н. Ф.

*ТГТУ, Кафедра «Теория механизмов машин
и детали машин»*

При анализе фрикционного взаимодействия твердых тел следует учитывать ряд основных факторов, схема которых представлена на рис.1. При этом, как правило, рассматривают три последовательных этапа процесса трения и износа: взаимодействие поверхностей; изменение поверхностных слоев в процессе трения; разрушение поверхностей [1].



Рис. 1. Схема факторов, влияющих на фрикционное взаимодействие твердых тел

Фрикционные свойства пар трения оценивают на лабораторных установках. По кинематическому признаку все установки для испытания материалов трением можно разделить на два класса: 1 – установки однонаправленного относительного перемещения; 2 – установки знакопеременного относительного перемещения.

Внутри каждого класса установки разделяются на две группы: 1) машины торцового трения; 2) машины трения с контактом по образующей. Внутри каждой группы различают две подгруппы установок (по коэффициенту взаимного перекрытия $K_{вз}$): а) $K_{вз} \rightarrow 1$; б) $K_{вз} \rightarrow 0$. Следовательно, имеется восемь различных типов машин. Такое подразделение необходимо, во-первых, для моделирования различных видов разрушения поверхностей трения и, во-вторых, для выявления влияния отдельных факторов, в особенности физико-химических процессов [1].

В данной работе приводится описание экспериментальной установки, предназначенной для исследования фрикционных свойств твердых материалов.

Экспериментальная установка позволяет испытывать материалы на трение и износ при скоростях скольжения $V = 0,0035 - 0,5$ м/с, нагрузках до $p = 1,7 \cdot 10^8$ н/м² и температурах до 150°С. На установке можно проводить одновременно испытания на двух образцах: на одном образце при вращательном движении, на другом при возвратно-вращательном. Используются образцы в виде ролика и колодочки. Угол поворота ролика при возвратно-вращательном движении $\alpha = 324^\circ$. Кинематическая схема экспериментальной установки представлена на рис.2.

Основные узлы установки следующие: камеры для испытания образцов при возвратно-вращательном и вращательном движениях 1 и 2,

реверс 3, конический редуктор 4, коробка скоростей 5, механизм нагружения, мотор-редуктор 6, двигатель 7.

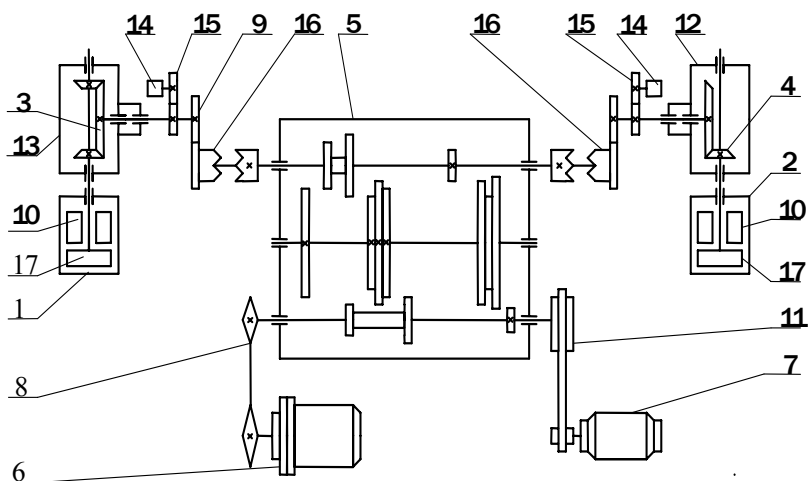


Рис. 2. Кинематическая схема экспериментальной установки:

1, 2 – камеры для испытания образцов; 3 – реверс; 4 – конический редуктор; 5 – коробка скоростей; 6 – мотор-редуктор; 7 – двигатель; 8 – цепная передача; 9 – открытая зубчатая передача; 10 – шпиндель; 11 – ременная передача; 12 – корпус конической передачи; 13 – корпус реверса; 14 – счетчик числа оборотов; 15 – привод счетчика; 16 – муфта; 17 – образец-ролик.

При работе на малых скоростях 0,0036 – 0,1 м/с крутящий момент подается от мотор-редуктора 6 через цепную передачу 8 к коробке скоростей 5, которая имеет семь рабочих скоростей. От коробки скоростей движение через открытую зубчатую передачу 9 и конический реверс 3 передается образцу-ролику 17.

При работе на скоростях 0,1 – 0,6 м/с крутящий момент передается от двигателя 7 к коробке скоростей 5 через ременную передачу 11. Шестерня открытой зубчатой передачи является подвижной кулачковой полумуфтой. Это дает возможность работать на одном образце, отключив другой, если опыт на нем заканчивается раньше.

Реверс 3 представляет собой ведущий конический сектор и две ведомые конические шестерни. За один оборот сектора в зацепление с ним входит поочередно то одна, то другая шестерня. Таким образом, за один оборот ролик делает поворот на угол $\alpha = 324^\circ$ в одну и другую стороны.

Камеры для испытания образцов сварные. В каждую камеру встроен механизм нагружения образцов. Для удобства обслуживания камера имеет три окна, закрытые крышками из стекла. Для подачи и отвода масла или др. жидкостей имеются два штуцера. Камеры для испытания образцов при возвратно-вращательном и при вращательном движениях одинаковые.

Нагрузочное устройство представляет собой систему из двух рычагов с общим отношением плеч 1:7,2. Нагрузка создается подвешиванием соответствующих грузов на большой рычаг и передается на образец через малый рычаг, динамометр, например, ДОСМ-1 и шпindelь 10.

Для фиксирования числа оборотов образцов-роликов служат два счетчика, которые установлены на крышках корпусов реверса и конического редуктора. Измерение момента трения производится с помощью проволочных датчиков сопротивления, которые наклеиваются непосредственно на вал образца. Тензодатчики собраны в электрическую схему, позволяющую измерять момент трения с помощью типовой тензометрической аппаратуры.

Для тарировки используется съемный проградуированный рычаг, который закрепляется на валу образца-ролика. При тарировке на конец этого рычага подвешивают грузы.

Список литературы

1. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ/ И.В.Крагельский, М.Н.Добычин, В.С.Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.

Воробьев Ю. В., Шуваев А. М.

ПОЛУЧЕНИЕ НЕОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ СМЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ «ДИСПЕРСНАЯ СРЕДА – ДИСПЕРСНАЯ ФАЗА»

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Воробьева Ю. В.

ТГТУ, Кафедра «ТММ и ДМ»

Известно, что любая замкнутая система находится под воздействием равновесных и неравновесных явлений. К равновесным явлениям относятся химическое равновесие и теплоемкость, к неравновесным – диффузия, теплопроводность, вязкость, химические реакции.

Если внутренние степени свободы каждой молекулы в жидкости не подвергаются возмущению со стороны соседних молекул, то такая жидкость называется нормальной и ее можно рассматривать как ансамбль.

Результатом взаимодействия двух частей изолированного ансамбля, в нашем случае дисперсионная среда (масло) и дисперсная фаза (вода), может быть только такой процесс, при котором увеличение энергии E_i в одной части равно уменьшению ее в другой [1].

Существуют две однозначные функции состояния ансамбля, одна из которых называется абсолютной температурой T , а другая S -энтропией. В объединенной системе энтропия и энергия будут суммой энтропий и энергий каждой системы, т.е.

$$S = S_1 + S_2 \quad \text{и} \quad E = E_1 + E_2 .$$

Теплота q , поглощаемая ансамблем, определяется как разность между полной энергией E ансамбля и произведенной над ансамблем работой внешних сил. При перемешивании создается постепенный приток энергии и общая энергия будет

$$E = E_1 + E_2 + E_{\text{перем}} .$$

В то же время для необратимых процессов

$$q < T \cdot S .$$

Можно доказать, что производимая над системой работа всегда больше в случае необратимого процесса, чем в случае обратимого, т.е.

$$W_{\text{необр}} > W_{\text{обр}} .$$

Это неравенство имеет место по одной из двух причин: необратимость обусловлена диссипативными процессами и для преодоления диссипации требуется дополнительная работа; процесс необратим вследствие того, что он осуществляется в устройстве, которое не позволяет системе совершать работу.

Диссипативными эффектами являются, например, трение, турбулизация, изменение электрического сопротивления [2].

Скорость изменения энтропии необратимых процессов является суммой:

- следствия диффузии;
- следствия переноса импульса;
- следствия переноса энергии;
- следствия химической реакции.

Таким образом, чтобы получить энтропию необратимого процесса следует знать изменение коэффициентов диффузии, вязкости, плотности в зависимости от концентрации, молекулярной массы, температуры.

Общее количество энергии E (тепловой эффект смешения – изменение энтальпии), абсолютная температура T и энтропия S связаны выражением свободной энергии F

$$F = E - T \cdot S .$$

Обязательным условием образования гомогенной смеси (термодинамического равновесия) является уменьшение свободной энергии системы при смешении компонентов. Это должно достигаться увеличением энтропии на такую величину ΔS , чтобы выполнялось неравенство

$$T \cdot \Delta S > E_{перем} .$$

Показателем этого процесса будет являться величина $\nu(V)$, где V - объем, занимаемый одной молекулой. С возрастанием энтропии увеличивается свободный объем молекулы. Этот процесс адекватен процессу набухания. Таким образом, свободная энергия определяет поведение систем, находящихся в тепловом контакте.

Термодинамика необратимых процессов ограничивается случаем, когда состояние системы мало отличается от термодинамического равновесия. Это означает, что возможно условное дробление вещества на части, в каждой из которых состояние неотлично от равновесного.

Общее количество энергии E тождественно теплоте смешения $E = \Delta H_{см}$,

$$\Delta H_{см} = \nu_{см} (\delta_1 - \delta_2)^2 \Phi_1 \Phi_2 ,$$

где $v_{см}$ - объем смеси; δ_1, δ_2 - параметры растворимости компонентов; Φ_1, Φ_2 - объемные доли компонентов.

Параметр растворимости

$$\delta = c^{0,5},$$

где c - плотность энергии когезии (межмолекулярное и межатомное взаимодействие) и численно равна отношению потенциальной энергии единицы объема вещества к работе удаления взаимодействующих молекул или атомов на бесконечно большое расстояние друг от друга. Для сил Ван Дер-Ваальса

$$c = -\frac{E}{v},$$

где E - молярная потенциальная энергия вещества; v - молярный объем.

Таким образом, свободная энергия включает: функцию состояния всех внутренних степеней свободы; потенциальную энергию, не включающую энергию молекул, а характеризующую возможность перестановки двух молекул, то есть создает равномерное потенциальное поле, в котором перемещается каждая молекула.

В термодинамической форме свободная энергия соответствует выражению

$$F = -k \cdot T \cdot \ln k(T),$$

где $k(T)$ - характеризует кинетическую энергию движения молекул; k - постоянная Больцмана. За часть этой энергии ответственны механические деформации в системе, а за часть – тепло, поступающее в систему из резервуара, обеспечивающего постоянство температуры.

Свободная энергия позволяет найти два важных параметра: внутреннее давление P в системе и эффективную частоту \mathcal{V} движения молекулы.

Список литературы

1. Кутателадзе С.С., Стырикович М.А. Гидродинамика газожидкостных систем. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1976г. – 296с.: ил.
2. В.В. Богданов, Е.И. Христофоров. Эффективные малообъемные смесители. – Л.: Химия, 1989. – 224 с.: ил.

Илясов П. Ю.

СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА ОТ МЕЛКОТОВАРНОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ

*Работа выполнена под руководством доц. Ковергина А. Д.
и к.т.н. Галкина П. А.*

ТГТУ, Кафедра «ТММиДМ»

Молоко является не только ценным продуктом питания но и сырьем для получения высококачественных пищевых изделий. Однако свежесвыдоенное молоко быстро теряет свои редкие питательные свойства. Для сохранения этих свойств чаще всего применяют своевременное охлаждение молока до температуры $2^{\circ}\text{C} \dots 10^{\circ}\text{C}$. На крупных животноводческих фермах и комплексах, первичное охлаждение предусмотрено в линиях молокопровода при движении, а также при последующим хранении молока.

Охлаждение – фактор, играющий важную роль при производстве молока и продуктов его переработки. От скорости охлаждения сырого молока при приёмке зависят показатели его качества.

Согласно нормативам Международной молочной федерации, рекомендуется охлаждать молоко до следующей температуры: доставка молока в течение 4 ч после дойки — 15°C ; доставка молока через 4 — 24 ч после дойки — 10°C ; хранение молока более 24 ч — 4°C .

Охлаждение молока можно проводить с помощью водопроводной или колодезной (артезианской) воды или за счет искусственного холода.

В настоящее время существуют различные теплообменники для охлаждения молока. К ним относятся:

1. Оросительные теплообменники.

На животноводческих фермах оросительные теплообменники в основном применяют как охладители молока и только иногда в качестве рекуператоров теплоты при его пастеризации.

2. Пластинчатые теплообменники.

Пластинчатые теплообменные аппараты благодаря своим достоинствам и универсальности заняли главное место среди оборудования для тепловой обработки молока на фермах. Их используют для немедленного охлаждения молока после доения при получении его от здоровых коров и пастеризации с последующим охлаждением при получении от больных коров.

3. Кожухотрубные теплообменники.

Наряду с пластинчатыми и оросительными теплообменниками широко используются кожухотрубные теплообменники. Их достоинства перед остальными теплообменниками в том, что их проще изготовлять и обслуживать.

Мелковарный производитель молока, объемы которых постоянно растут, не имеют такой возможности, что приносит значительный ущерб сферах аграрного и пищевого производства.

Предлагается следующая (см. рис.) транспортно-технологическая схема для реализации молока от мелких крестьянских хозяйств.

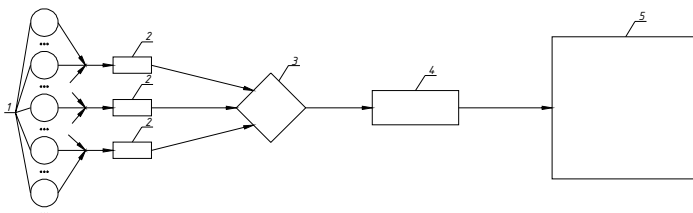


Рис. Транспортно-технологическая схема для реализации молока от мелких крестьянских хозяйств

Позиция 1 обозначен объект первичного накопления молока после дойки. В летнее время года таким объектом является дойное стадо коров на пастбище. В зимнее время года- стоило крестьянского или фермерского двора. В первом случае молоко подается на охлаждение и транспортировку в течении 0,4...1 часа после дойки в ведро. В втором случае- на транспортировку и доохлаждение с соответствующей температурой в заданный период времени. Температура, срок хранения и другие условия устанавливаются по предварительному соглашению.

Объем и температура заливаемого молока в рефрижераторе 2 обусловлены конструкцией автомобиля(типа «Газель») и холодильного устройства. Далее охлажденное молоко поступает на блок перегрузки 3 или минуя блок перегрузки 3 в стандартные автоцистерны 4.

Автоцистерны имеют значительно большую грузоподъемность и плечи обслуживания чем у рефрижераторов 2. Охлажденное молоко поступает на предприятия пищевой отрасли 5, для его дальнейшей переработки в изделия высокого качества. Предлагаемая схема реализации рас-

полагается в зоне, размер которой определяется географией и экономической региона.

Предлагается исследовать и разработать на уровне технического проекта наибольшее наукоемкий и впервые используемый участок схемы 1-2, где обеспечивается:

- доение коров;
- механическая очистка, учет и заливка молока в емкости для первичного охлаждения;
- своевременное первичное охлаждение молока до заданной температуры;

- транспортировка в заданном температурном режиме;
- перегрузка продукта;
- мойка и чистка поверхностей, соприкасающихся с молоком.

Для создания стандартного теплового режима используются:

- типовые холодильные установки;
- разработанные испарители как кожухотрубные так и пластинчатые;
- воздух- в зимнее время года;
- хладон- в летнее время года;
- единичные емкости;
- штучные емкости заданного количества.

Экспериментальные и следования на кафедре ТММ и ДМ проводится для:

- исключения режимов обледенение труб и пластин;
- оптимизация параметров перемешивания;
- определение параметров мойки;
- интенсификации процессов теплоотдачи.

Список литературы

Краснотутский Ю. В. Механизация первичной обработки молока -2-е изд., перераб. И дополненное. М.: Агропромиздат, 1988.

УСТАНОВКА ДЛЯ ДИЛАТОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Работа выполнена под руководством д. т. н., проф. Баронина Г. С.

ГГТУ, Кафедра «Теория машин, механизмов
и детали машин»

Дилатометрические исследования проводили на оптическом дилатометре (рис. 1), состоящем из криотермокамеры 1 специальной конструкции и микроскопа 2 с окулярным микрометром 3, установленных на теплоизолированном основании 4. Криотермокамера изготовлена из тугоплавкого металла. Основными ее частями являются массивный корпус с электронагревательными элементами 7 и узел крепления образца 5, 6.

Стандартный образец 8 в виде цилиндрического прутка диаметром 5 мм. и длиной 55 мм. помещается в паз и закрывается планкой. Один

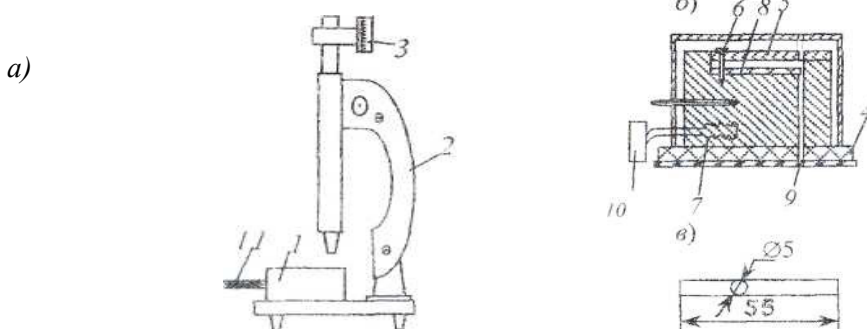


Рис. 1. Общий вид дилатометра (а); схема термокамеры (б); форма и размеры образца (в)

конец его фиксируется с помощью зажимного винта 6. Для снятия внутренних напряжений образцы предварительно отжигаются в термошкафу в течение 1 - 2 ч с последующим медленным охлаждением до комнатной температуры. Для наблюдения за удлинением образца на планке предусмотрена смотровая щель. Внутри корпуса под образцом для его освещения прорезан сквозной канал 9.

Линейная скорость нагрева 1...2 град/мин задается автотрансформатором 10. Температура фиксируется термометром или термопарой 11. Охлаждение образца производится вентилятором.

В ходе работы возникла необходимость исследования образцов, полученных жидко- и твердофазной технологией с размерами, отличными от стандартных. В данной экспериментальной установке диаметр образцов колеблется в пределах 2...3,5 мм., а длина составляла 20...30 мм.. В ходе выполнения работы найдено техническое решение, позволяющее значительно расширить габаритные размеры образцов. С этой целью модернизирован узел крепления образца криотермокамеры так, чтобы можно было исследовать, как стандартные так и не стандартные образцы. Модернизированный узел крепления образца и планки показан на рисунке 2.

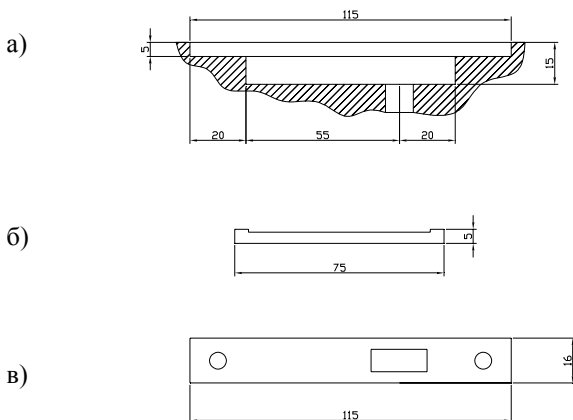


Рис. 2. Общий вид узла крепления образца (а); планка 1(б); планка 2 (в)

Предлагаемый узел крепления образца позволяет исследовать как стандартные образцы длиной 55 мм., так и образцы длиной 20 мм. Планка 1 помещается в паз, на нее помещается образец и прижимается планкой 2. Данный вид закрепления обеспечивает требуемую неподвижность конца образца. Представленная компоновка прибора со специальным узлом крепления образца при помощи пластин различной толщины, подкладываемых под планку 1, позволяет исследовать образцы диаметрами 1...5 мм. На рис. 3 приводится график дилатометрической кривой композита АБС+0,5 м.ч. ТiВ₂, используемый для выбора оптимальной температуры переработки полимерных композитов в твердой фазе.

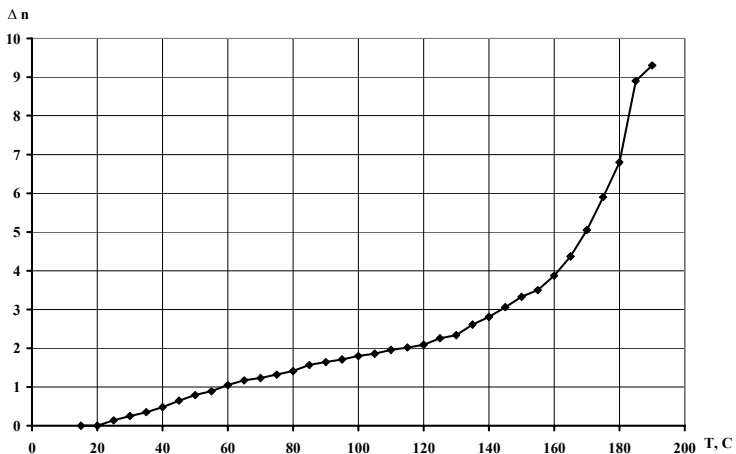


Рис. 3. Дилатометрическая кривая полимерного композита АБС+0,5м.ч.ТlВ₂. Скорость поднятия температуры 1,5 град/мин

Список литературы

Переработка полимеров в твердой фазе: Учебное пособие /Г.С. Баронин, М.Л. Кербер, Е.В. Минкин, П.С. Беляев. Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 88с.

** Работа выполнена при финансовой поддержке Федерального агентства по образованию РФ в рамках целевой отраслевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» в 2006-2007 г.г. Код проекта: 2.2.1.1.5355.*

Крутов А. Ю., Караульных Д. В., Попов М. С., Корнеева Г. С.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ И ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЛИМЕРАХ, ПОЛУЧЕННЫХ ТВЕРДОФАЗНОЙ ЭКСТРУЗИЕЙ

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Баронина Г. С.

*ТГТУ, Кафедра «Теория машин, механизмов
и детали машин»*

Твердофазные технологии переработки полимеров и композитов в изделия, основанные на развитии пластической деформации материала в условиях высокого гидростатического давления, являются технологиями будущего, т.к. относятся к энергосберегающим.

Для определения внутренних ориентационных напряжений (σ) в экструдатах и величины теплостойкости $T_{\text{тп}}$, полученных твердофазной экструзией (ТФЭ) АБС – композиций, использовали метод построения диаграмм изометрического нагрева (ДИН). Исследования проводили на экспериментальной установке при использовании специально разработанной программы сбора данных, которая изображена на рис.1.

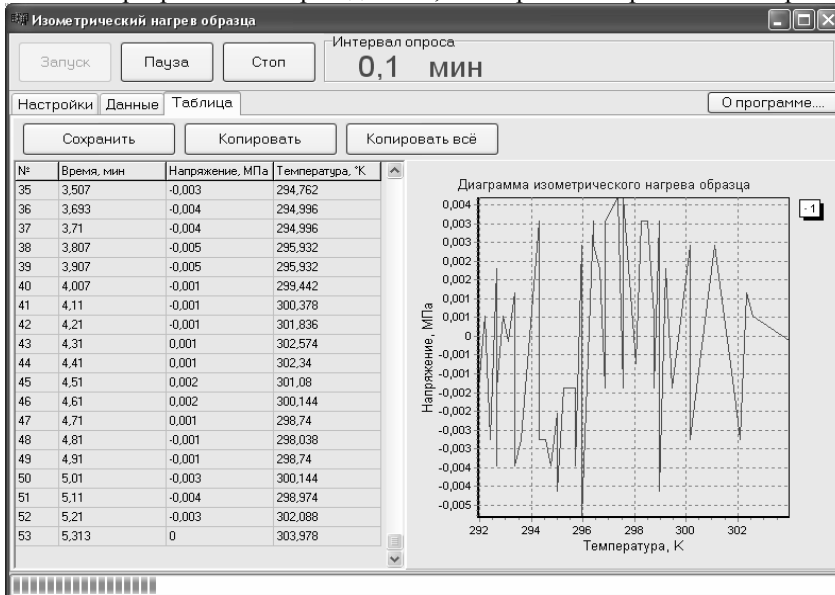


Рис. 1. Программа сбора данных

Программа сбора данных для измерительного модуля E-270 позволяет снимать такие величины как температура (T) и напряжение (σ) для проведения их последующего анализа. Соединение устройства с компьютером осуществляется при помощи USB-порта.

Датчики температуры и напряжения входят в состав одного блока устройства, называемого мезонином, как два независимых канала. Мезонин усиливает сигнал, делая его пригодным для измерения. Далее данные подвергаются аналогово-цифровому преобразованию и поступают в компьютер как цифровые значения.

В программе для сигналов можно изменить смещение нуля и масштабный коэффициент. В работе реализована возможность подстановки измеренных значений в расчётную формулу для получения на выходе итоговых физических величин. В формулу для расчёта можно подставить две переменные.

Программа позволяет строить как графики значения T и σ от времени для каждого канала отдельно, так и график напряжения от температуры. Полученные данные заносятся в таблицу с последующей возможностью копирования.

Во время эксперимента возможно изменение интервала получения результатов в пределах от 0,1 до 600 мин. Доступен механизм, позволяющий разбить весь цикл нагрева на зоны, в каждой из которых будет задаваться свой период снятия данных и название зоны. Для разных материалов можно создать собственные группы зон и выбирать их в зависимости от эксперимента.

Сбор данных осуществляется непрерывно с ожиданием ответа от устройства о готовности данных, поэтому он вынесен в отдельный поток программы. При работе возможны случайные сбои. Программа в данном случае повторяет попытки чтения несколько раз и если же нет результата, то программа оповещает о сбое.

Данная программа значительно улучшила и упростила эксперимент. При этом точность построения графика и обработки полученных результатов увеличилась. На рис.2. показана типичная диаграмма изометрического нагрева для нанокompозита после ТФЭ.

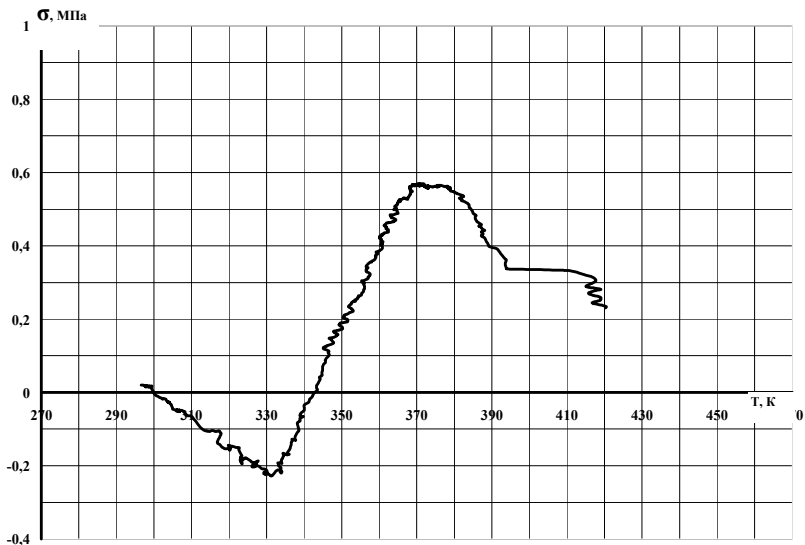


Рис. 2. Диаграмма изометрического нагрева образца нанокompозита АБС+2 м.ч. УНМ-2, экструдированного при $\lambda = 2,07$ и температуре 359 К. Скорость поднятия температуры 1,7 град/мин.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках аналитической ведомственной программы «Развитие научного потенциала высшей школы», код РНИ. 2. 2. 1. 1. 5355.

Флаат А. А.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ВАКУУМНЫМ СПОСОБОМ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Родионова Ю. В.

*ТГТУ, Кафедра «Теория машин, механизмов
и детали машин»*

Нами проведен анализ производства художественной керамики на заводе ООО «Котовская керамика» (г. Котовск Тамбовской обл.). На этом заводе производится более 400 наименований керамических изделий: горшки, вазы, кашпо, посуда, сувениры различной цветовой гаммы и декора.

Технологический процесс производства керамики включает в себя производство исходной суспензии (шликера) и глазури. Сырье, состоящее из глины, полевого шпата, кварцевого песка, каолина и еще ряда различных компонентов размалывается в шаровых мельницах, в результате чего получается сухая смесь, потом она смешивается с водой, получается суспензия. Далее полученная суспензия разливается по заранее подготовленным гипсовым формам. После этого рабочие следят за нарастанием твердой фазы на границе формы до определенной толщины. В зависимости от этого процесс образования заготовки длится от 35-40 мин. до 3-4 часов в зависимости от необходимой величины и массы изделия. Затем сливают остаточный шликер ручным способом и ждут подсыхания формы. Гипсовые формы в этом процессе являются водопоглощающими матрицами. Во время процесса образования изделия вода поглощается из суспензии, а твердая фаза оседает на стенках формы.

В результате анализа технологического процесса выявлены следующие недостатки:

1. Низкая производительность труда
2. Большая трудоемкость ручного труда.
3. Длительный процесс сушки форм.

Для устранения этих недостатков мы предлагаем использовать жидкостнокольцевой вакуумный насос как оборудование для установки получения заготовок керамических изделий и для установки сушки, а также в качестве транспортирующего органа.

Нами создана экспериментальная установка для получения заготовок керамических изделий вакуумным способом. Схема этой установки показана на рисунке 1.

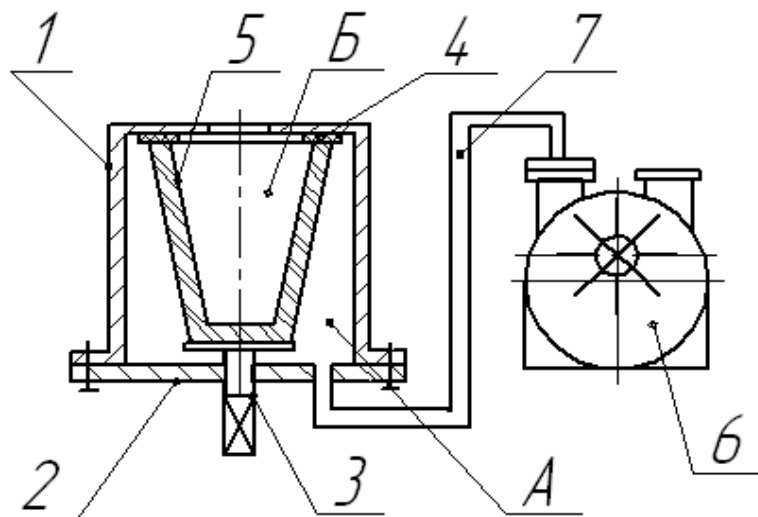


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1-стакан; 2-крышка; 3-поршень; 4-уплотнительная прокладка; 5-гипсовая форма;
6-жидкостнокольцевой вакуумный насос; 7-вакуумпровод

Установка состоит из стакана 1, крышки 2, поршня 3, уплотнительной прокладки 4. Она соединена вакуумпроводом 7 с жидкостно-кольцевым вакуумным насосом 6 изготовленным в ТГТУ на кафедре ТММ и ДМ. Применение такого насоса обусловлено его преимуществами, главным из которых по отношению к производству керамики является то, что в отличие от других типов насосов у жидкостно-кольцевого отсутствуют всасывающие клапаны, а так же распределительные механизмы, что дает возможность использовать их для перекачки пылевых газов [1]. Они не чувствительны к проникновению внутрь песка, шлака и других инородных тел. Так же они характеризуются простотой конструкции и высокой надежностью.

При подготовке установки к работе снимают крышку 2, устанавливают гипсовую форму 5 в стакан 1, закрывают крышку, подключают вакуумпровод и при помощи поршня 3 дают нагрузку на форму для достижения надежного уплотнения. Далее в форму (полость Б) заливают суспензию, а в полости А создается вакуум. За счет вакуумирования достигается более интенсивное поглощение воды из суспензии и как следствие сокращение времени формирования изделия. По истечении времени необходимого для формирования изделия отключают вакуум, открывают крышку и извлекают заготовку вместе с формой для дальнейшей сушки.

В результате проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- время формирования изделия сокращается не менее чем в два раза
- образцы, изготовленные с применением вакуума, имеют более плотную структуру.

Список литературы

1. Родионов Ю.В. Повышение эффективности и эксплуатационных характеристик двухступенчатых жидкостнокольцевых вакуум-насосов: Дис... канд. техн. наук; 05.04.09; – Защищена 14.06.00; Утв. 10.11.00. – Тамбов; ТГТУ, 2000. – 135с.

Приводы и системы управления технологическими машинами и оборудованием

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

Гребенников В. Н.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СТАНКА ПРИ РЕЗАНИИ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

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

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

Повышение требований к точности размеров и формы деталей, обрабатываемых на металлорежущих станках, появление новых труднообрабатываемых материалов, а также широкое внедрение автоматизации технологических процессов, повлекшее за собой создание станков с автоматическими системами управления и регулирования, вызвало резкое увеличение роли динамических процессов в станках.

Повышение динамических качеств металлорежущих станков по виброустойчивости является актуальной задачей. Проблема создания станка, удовлетворяющего заданным требованиям к точности и производительности, связана с его динамическими качествами, от которых зависят границы области устойчивого резания.

Воздействия на упругую систему сил резания изменяют относительное положение инструмента и обрабатываемой заготовки, что ухудшает точность обрабатываемой детали. Потеря системой устойчивости выражается в появлении, относительных колебаний заготовки и инструмента, в неравномерном, скачкообразном перемещении узлов. Поэтому очень важно обеспечить условия работы станка без вибраций для получения деталей с минимальными погрешностями размеров и формы.

На стадии проектирования можно оценить устойчивость станка путем исследования его динамической модели.

Динамическая система станка образуется совокупностью упругой системы (УС) и рабочих процессов при их взаимодействии. УС состоит

из станка, приспособления, инструмента, детали. Наиболее типичными рабочими процессами являются процесс резания, процесс трения и процессы в двигателе.

Пренебрегая обратным воздействием упругой системы на рабочие процессы, в практике часто рассматривают только воздействие рабочих процессов на упругую систему. В этом случае силы являются внешними по отношению к системе. На рис. 1, а представлена условная схема рабочих процессов. Упругой системе и каждому рабочему процессу как источнику воздействия на схеме соответствует отдельный прямоугольник. Силовое воздействие и вызванные им деформации показаны стрелками. Периодические силы инерции неуравновешенных вращающихся деталей и узлов показаны символом $f(t)$.

В действительности УС оказывает обратные воздействия на резание, трение и процессы в двигателе, что принципиально меняет характер динамических явлений в станках. На рис. 1, б приведена схема динамической системы, на которой в дополнение к предыдущей схеме обратное воздействие упругой системы показано стрелками y_1, y_2, y_3 .

В соответствии с этим система может быть замкнутая (рис. 1,б) и разомкнутая (рис. 1,а).

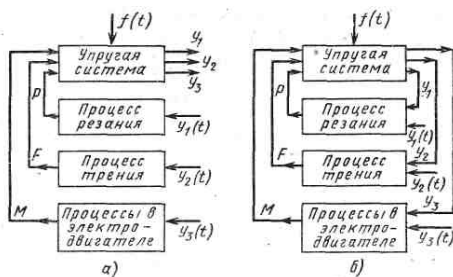


Рис. 1. Схемы динамической системы

Решение одной из главных задач – виброустойчивости (устойчивости) станка возможно путем исследования динамических характеристик элементов системы и всей системы в целом. Они позволяют определить условия возникновения или отсутствия автоколебаний в зависимости от конструктивных и технологических параметров.

Для анализа ДС станка, часто используют частотные динамические характеристики. Их физический смысл и способ получения удобно пояснить на примере временной характеристики (рис. 2,а), которая показывает изменение во времени t параметра X входной 1 и выходной 2 координат при постоянной частоте. Наличие таких характеристик для всего диапазона рабочих частот ω позволяет построить частотные характеристики.

Различают:

амплитудную частотную характеристику (АЧХ) (рис. 2, б)

$$A(\omega) = f(\omega) = A_{\text{вых}} / A_{\text{вх}} \quad (1)$$

фазовую частотную характеристику (ФЧХ) (рис. 2, в)

$$\varphi(\omega) = \varphi_{\text{вых}} - \varphi_{\text{вх}} \quad (2)$$

и амплитудно-фазовую частотную характеристику (АФЧХ), которая совмещает две первых (рис. 2, г).

Значения $A_{\text{вх}}$, $A_{\text{вых}}$ и $\varphi_{\text{вх}}$, $\varphi_{\text{вых}}$ берутся по рис. 2, а.

Используется АФЧХ, как некоторая обобщенная характеристика для оценки устойчивости станков, обозначая ее через $W(i\omega)$. Символы в скобках — мнимая единица i и круговая частота ω — свидетельствует о том, что характеристика частотная динамическая.

АФЧХ является комплексной величиной и строится на комплексной плоскости с действительной Re и мнимой Im осями:

$$W(i\omega) = Re + i Im \quad (3)$$

Каждому значению частоты ω_1 соответствует свой модуль (амплитуда) A_1 и аргумент (разность фаз) φ_1

$$A_1 = \sqrt{Re^2 + Im^2}; \quad tg \varphi_1 = \frac{Im}{Re}; \quad (4)$$

через которые также можно выразить динамическую характеристику (рис. 2, г)

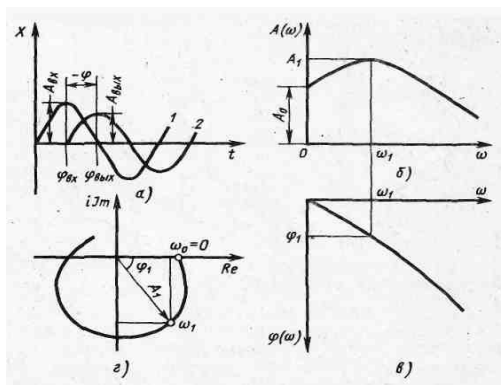


Рис. 2. Временная (а) и частотная (б - г) характеристики ДС

$$W(i\omega) = A_1 (\cos \varphi_1 + i \cdot \sin \varphi_1), \quad (5)$$

Смещение по фазе φ (разность фаз) принимают отрицательным и откладывают по часовой стрелке, если выходная координата отстает от входной, что наиболее характерно для металлорежущих станков.

Для оценки устойчивости ДС, в том числе станков, получили применение различные критерии, которые позволяют определять устойчивость системы по некоторым признакам, без решения уравнений. При исследовании динамики станков чаще всего используются критерий Найквиста, позволяющий оценивать устойчивость замкнутой системы по характеристике разомкнутой системы и использовать экспериментальные АФЧХ, что особенно важно при исследовании таких сложных ДС, как металлорежущие станки.

В соответствии с критерием Найквиста необходимо и достаточно, чтобы АФЧХ разомкнутой системы $W_{раз}$ (характеристика является безразмерной) не охватывала точку с координатой $[-1, i0]$, лежащую на вещественной оси. На рис. 3 показаны характеристики разомкнутой системы для устойчивой a и неустойчивой b замкнутых систем.

Условие устойчивости ДС можно записать через отрезок $Re_{раз}^0$, отсекаемый характеристикой на отрицательной вещественной оси:

$$Re_{раз}^0 < |1|$$

Запас устойчивости по амплитуде определяется как

$$(1 - Re^0) 100\% \quad (6)$$

Угол, φ образованный пересечением единичной окружности с АФЧХ, является запасом устойчивости по фазе и определяется как

$$\varphi_1 = (180 - \varphi)$$

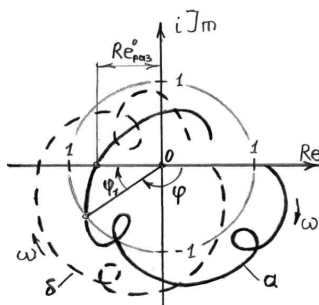


Рис. 3. Амплитудно-фазовые частотные характеристики (АФЧХ) разомкнутой системы

Таким образом, на стадии проектирования оценить устойчивость работы станка можно, исследуя динамическую модель УС станка частотными методами, в частности, применив критерий Найквиста.

Список литературы

1. Металлорежущие станки / Под ред. Н.С. Ачеркана. – М.: Машиностроение, 1965.
2. Колев Н.С., Красниченко Л.В., Никулин Н.С. Металлорежущие станки – М.: Машиностроение, 1980.
3. Металлорежущие станки и автоматы /Под ред. А.С. Проникова. – М.: Машиностроение, 1981.
4. Кудинов В.А. Динамика станков – М.: Машиностроение, 1967.

Инновации и рынок машин и оборудования

Руководитель программы к.т.н., проф. Ткачев А. Г.

Блохин А. Н.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ АРМИРОВАНИЕ УНМ НА ПРИМЕРЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Негров В. Л.

*ТГТУ, Кафедра «Техника и технология
машиностроительных производств»*

После того как современная физика металлов подробно разъяснила нам причины их пластичности, прочности и ее увеличения, началась интенсивная систематическая разработка новых материалов. Это приведет, вероятно, уже в воображимом будущем к созданию материалов с прочностью, во много раз превышающей ее значения у обычных сегодня сплавов. При этом большое внимание будет уделяться уже известным механизмам закалки стали и старения алюминиевых сплавов, комбинациям этих известных механизмов с процессами формирования и многочисленными возможностями создания комбинированных материалов. Два перспективных пути открывают комбинированные материалы, усиленные либо волокнами, либо диспергированными твердыми частицами. У первых в неорганическую металлическую или органическую полимерную матрицу введены тончайшие высокопрочные волокна из стекла, углерода, бора, бериллия, стали или нитевидные монокристаллы. В результате такого комбинирования максимальная прочность сочетается с высоким модулем упругости и небольшой плотностью. Именно такими материалами будущего являются композиционные материалы.

Композиционный материал – конструкционный (металлический или неметаллический) материал, в котором имеются усиливающие его элементы в виде нитей, волокон или хлопьев более прочного материала. Примеры композиционных материалов: пластик, армированный борны-

ми, углеродными, стеклянными волокнами, жгутами или тканями на их основе. Комбинируя объемное содержание компонентов, можно получать композиционные материалы с требуемыми значениями прочности, жаропрочности, модуля упругости, абразивной стойкости, а также создавать композиции с необходимыми магнитными, диэлектрическими, радиопоглощающими и другими специальными свойствами. Композиционные материалы делятся на два вида:

1. Композиционные материалы с металлической матрицей.

Композиционные материалы состоят из металлической матрицы (чаще Al, Mg, Ni и их сплавы), упрочненной высокопрочными волокнами (волокнистые материалы) или тонкодисперсными тугоплавкими частицами, не растворяющимися в основном металле (дисперсно-упрочненные материалы). Металлическая матрица связывает волокна (дисперсные частицы) в единое целое. Волокно (дисперсные частицы) плюс связка (матрица), составляющие ту или иную композицию, получили название композиционные материалы.

2. Композиционные материалы с неметаллической матрицей.

Композиционные материалы с неметаллической матрицей нашли широкое применение. В качестве неметаллических матриц используют полимерные, углеродные и керамические материалы. Из полимерных матриц наибольшее распространение получили эпоксидная, фенолоформальдегидная и полиамидная. Упрочнителями служат волокна: стеклянные, углеродные, борные, органические, на основе нитевидных кристаллов (оксидов, карбидов, боридов, нитридов и других), а также металлические (проволоки), обладающие высокой прочностью и жесткостью.

Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, их сочетания, количественного соотношения и прочности связи между ними. Армирующие материалы могут быть в виде волокон, жгутов, нитей, лент, многослойных тканей.

Содержание упрочнителя в ориентированных материалах составляет 60-80 об. %, в неориентированных (с дискретными волокнами и нитевидными кристаллами) – 20-30 об. %. Чем выше прочность и модуль упругости волокон, тем выше прочность и жесткость композиционного материала. Свойства матрицы определяют прочность композиции при сдвиге и сжатии и сопротивление усталостному разрушению.

По виду упрочнителя композиционные материалы классифицируют на стекловолокниты, карбоволокниты с углеродными волокнами, боро-волокниты и органоволокниты.

Композиционные материалы с полимерной матрицей и углеродными волокнами и стали объектом исследования. Но армирование производилось наногуглеродными волокнами, т.к. на нано уровне проявляются двойственные свойства материалов, как макромира, так и микро. В силу

того что они получают всё более широкое применение в промышленности. Их основные достоинства заключаются в следующем:

- высокие прочностные характеристики, (модуль упругости 1060 гПа – трубки, 750 гПа – волокна, к примеру у стали 500 гПа)
- химическая стойкость
- термостабильность
- тепло- и электропроводность

Высокие механические характеристики и позволяют использовать эти материалы в качестве армирующих добавок.

Армирование углеродными материалами весьма распространено в этой области материалов. Но армирующие добавки находились ранее в миллиметровом диапазоне размеров.

Углеродные нановолокна имеют весьма изогнутую форму, что помогает им сплетаться в клубки, также силы межмолекулярного притяжения помогают им удерживаться в столь плотной связи. И конечно введение их в таком состоянии не даёт ни какого прочностного улучшения, а наоборот являясь концентраторами напряжений ухудшают прочностные характеристики композиционного материала на основе эпоксидной смолы до 15% по отношению к чистому полимеру. Есть два пути правильного внедрения углеродного наноматериала:

1. подбор специального компонента, который в свою очередь прикреплялся бы к нановолокну или к нанотрубке, тем самым облепляя её и разделяя их между собой, и в тоже время он прикреплялся к молекуле полимера, тем самым обеспечивая идеальное распределения армирующих добавок практически на молекулярном уровне.

2. механическое разбиение этого клубка, здесь наиболее подходящий метод – это ультразвуковое диспергирование.

Были проведены опыты по диспергированию углеродного наноуглерода непосредственно в эпоксидной смоле и в жидких растворителях. Наиболее лучшее распределение было в жидких растворителях, что видно из приведённого ниже графика (рис. 1).

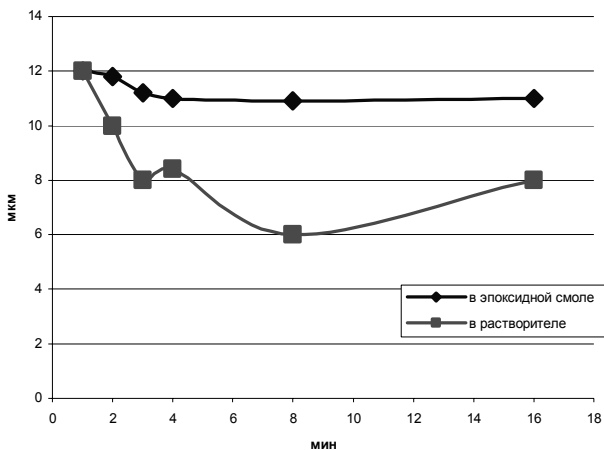


Рис. 1. Зависимость размера частиц от времени диспергирования

Было решено вводить углеродный продукт в смесь растворителей, с последующим добавлением в них эпоксидной смолы при незначительном нагреве и частичной выпаркой растворителей до 80%. Образцы изготовленные таким образом и подвергались дальнейшим исследованиям и испытаниям.

Из рисунка (рис. 2) видно, что вязкость связующего, содержащего 2% нанотрубок в области низких (до 900С) температур ниже по сравнению с более наполненным образцом (3%), затем их поведение практически одинаково. Отверждение начинается при температуре ≈ 130 0С, температура стеклования ≈ 195 0С для обеих композиций. Характер поведения кривой немодифицированной эпоксидной матрицы отличается. Прежде всего более низкой температурой стеклования (≈ 180 0С), более высокой вязкостью, отверждение начинается при температуре (≈ 110 0С).

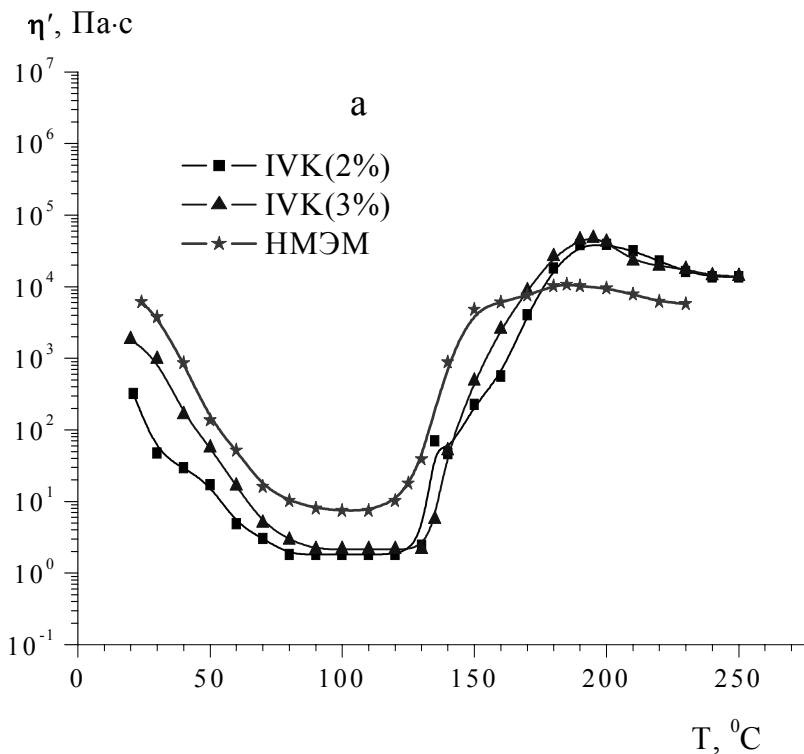


Рис. 2. Зависимость вязкости композита от процентного содержания углерода

Испытания стандартных образцов из углепластика на растяжение, сжатие, изгиб проводились по ГОСТ 25.601-80, ГОСТ 25.602-80, ГОСТ 25.604-82 на универсальных испытательных машинах. Результаты этих испытаний приведены ниже (рис. 3,4).



Рис. 3. Модуль упругости при растяжении образца из композита
предел прочности при сжатии, кгс/мм

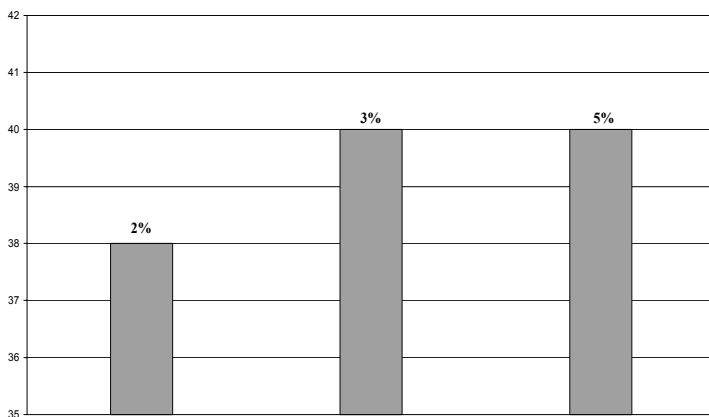


Рис. 4. Предел прочности при сжатии

Из последней диаграммы было определено оптимальное количество нанокремневого композита – 2% (об.).

Осипова Е. А., Бураков А. Е.

СОЗДАНИЕ СИГАРЕТНОГО ФИЛЬТРА, МОДИФИЦИРОВАННОГО УГЛЕРОДНЫМИ НАНОМАТЕРИАЛАМИ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Михалевой Е. А.

*ТГТУ, Кафедра «Техника и Технология
машиностроительных производств»*

В последние годы проявляется высокий интерес к разработке и исследованию углеродных наноматериалов. Ведутся активные работы в области получения фуллеренов, углеродных нанотрубок, наноалмаза и других типов нанофрагментарного углерода. Из углеродных наноматериалов самыми распространёнными являются нанотрубки и нановолокна. На протяжении всего времени их изучения интерес к ним не пропадает, а наоборот, увеличивается количество исследователей.

К нановолокнам относят нитевидные образования, не имеющие внутренней полости или содержащие периодические перегородки в этой полости, а также трубки с внешним диаметром больше определённой величины (по данным разных авторов - больше 20,50 или 100 нм). Однослойные и многослойные трубки, а также многие нановолокна построены из графенов – тех же углеродных слоёв с гексагональным расположением атомов в слоях, которые содержатся в кристаллах графита.

Материалы, состоящие из углеродных нановолокнистых частиц, характеризуются высокоразвитой пористой структурой, включающей два типа пор: макропоры (с размерами в несколько микрон) и нанопоры с узким распределением их по размерам. Размеры нанопор могут варьироваться выбором различных параметров процесса получения УНМ (углеродные наноматериалы).

Такие материалы обладают удельной поверхностью до 1300 м²/г, что делает их ценными для использования в качестве эффективных адсорбентов для газов и жидкостей.

Углеродные материалы, полученные на основе углеродных нановолокон (УНВ) или нанотрубок, являются эффективными сорбентами компонентов из газовых и жидкостных потоков, носителями катализаторов и сами проявляют каталитические свойства. Анализ научно-технической литературы свидетельствует, что исследования, проводимые в этом направлении, практически не затрагивают вопросов влияния условий получения углеродных материалов на их физико-химические и эксплуатационные характеристики.

Углеродные материалы способны сорбировать водород, оксиды углерода, органические соединения из жидкой фазы.

Углеродные сорбенты, полученные на основе УНМ, обладают большей поглотительной способностью по водороду и оксидам углерода, а также проявляют большую активность при извлечении органических соединений из жидкой фазы по сравнению с традиционными сорбентами.

Было предложено использовать сорбционные свойства УНМ для создания фильтра для сигарет. Первыми, кто сделал это, оказались китайские ученые из Института физических и химических исследований города Ланьчжоу, которые создали новый экспериментальный сигаретный фильтр, способный значительно уменьшить количество ядовитого оксида углерода. В экспериментах использовали оксидированные углеродные нанотрубки, полученные при каталитическом пиролизе пропилена и последующей обработке в концентрированной азотной кислоте. Все сорбенты были помещены в фильтрующий мундштук сигарет. Процесс "курения" проводили автоматически в стандартных условиях. Главный поток дыма проходил через сорбенты, затем конденсат собирали на фильтрах и взвешивали. Анализ на никотин и смолу проводили методами газовой хроматографии и масс-спектрометрии. Нанотрубки оказались наиболее эффективными сорбентами никотина (до 0.56 мг/сигарета, что соответствует 50 % эффективности "удаления" никотина) и смолы (до 13 мг/сигарета, что соответствует 80 % эффективности "удаления" смолы), несмотря на то, что их удельная поверхность гораздо меньше, чем у цеолита или активированного угля. На рис.1 приведены полученные с помощью электронной микроскопии изображения углеродных нанотрубок до и после адсорбции.

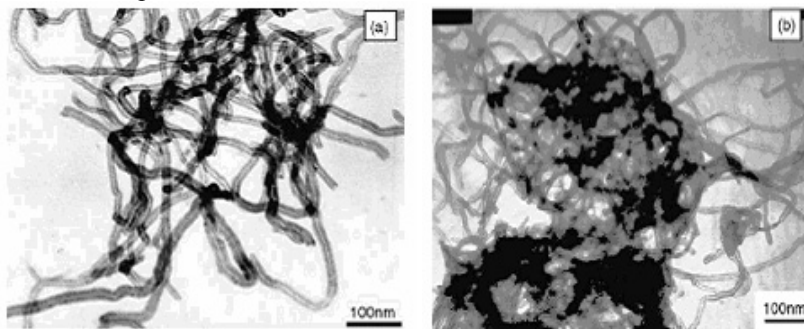


Рис. 1. Углеродные нанотрубки до и после адсорбции

Искривленные нанотрубки длиной от сотен нанометров до микрон образуют агрегированные поры размером 3-40 нм, которые подходят для сорбции всех типов молекул табачного дыма. Обработка азотной кисло-

той приводит к открытию нанотрубок, благодаря чему они используются как контейнеры, внутренние каналы и межслоевые пространства которых заполняются никотином и смолой. Часть вредных веществ адсорбируется на внутренней поверхности стенок нанотрубок, многие соединения (главным образом, полициклические ароматические углеводороды) сорбируется или конденсируется на внешней поверхности.

Необходимое для наиболее эффективного удаления никотина и смолы количество окисированных углеродных нанотрубок в фильтре сигареты по оценкам китайских ученых, равно 20 - 30 мг. Даже если стоимость сигареты с таким фильтром немного возрастет, польза для здоровья будет гораздо больше затрат.

На основании китайских исследований нами были приведены эксперименты по модифицированию сигаретного фильтра из ацетатцеллюлозного волокна углеродным наноматериалом «Таунит» на испытательном стенде (рис. 2).

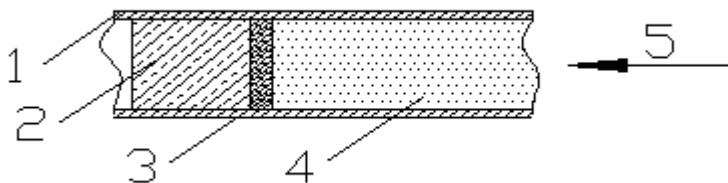


Рис. 2 Схема испытательного стенда

- | | |
|----------------------------------|--------------|
| 1.- стеклянная трубка | 4.- сигарета |
| 2.- сигаретный фильтр | 5.- воздух |
| 3.- фильтровальный образец с УНМ | |

В качестве образца был выбран фильтрующий элемент, представляющий собой многослойный цилиндр из нетканого полотна, на который в электромагнитном аппарате с вихревым слоем ферромагнитных частиц был нанесён углеродный наноматериал «Таунит» (рис. 3).

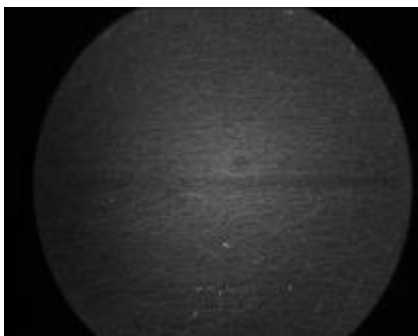


Рис. 3. «Чистый» образец фильтрующего элемента с УНМ «Таунит»

Через образцы прокачивался сигаретный дым, в результате чего на фильтровальном элементе появлялся осадок (рис.4), затем проводился весовой анализ загрязненности фильтров.

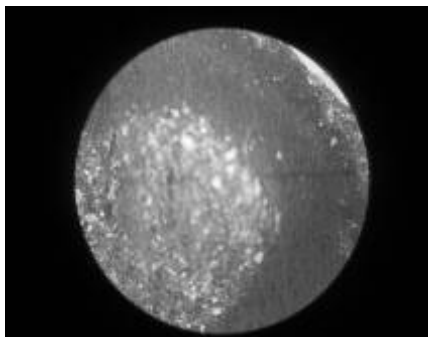


Рис. 4. Отработанный образец (после прокуривания одной сигареты)

Эксперименты показали, что экспериментальный образец толщиной около 0,5 – 0,9 мм демонстрировал такие же результаты очистки, как и угольный фильтр сигареты марки «Парламент» толщиной 10 мм.

Таким образом, найдена новая область применения углеродных нанотрубок – создание идеального фильтра для сигарет.

Стародубцев А. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИСКОВЫХ НАСОСОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н. Пасько А. А.

*ТГТУ, Кафедра «Техника и технология
машиностроительных производств»*

Одной из разновидностей центробежных насосов являются дисковые насосы трения, которые отличаются тем, что их рабочие колеса представляют собой пакет дисков, расположенных с зазором перпендикулярно оси вращения колеса. Передача энергии от колеса потоку жидкости происходит при помощи сил трения в пограничных слоях вращающихся дисков.

Впервые насосы такого типа были описаны в работах Н.Е. Жуковского и Н. Тесла. Большой цикл работ по дисковым насосам был проведен в Днепропетровском государственном университете и Московском авиационном институте под руководством В.И. Мисюры.

Одной из основных задач, стоящих перед исследователями и конструкторами современных насосов, является изучение гидродинамики потоков жидкости, движущейся в междисковом пространстве.

Поскольку перекачиваемые жидкости и малоконцентрированные суспензии обладают свойствами вязкой жидкости, в качестве приближенной модели принимают модель ньютоновской жидкости, а в качестве исходных кинетических уравнений – систему уравнений Навье-Стокса.

В случае, когда перекачиваемая жидкость может содержать твердофазные включения или представляет собой высококонцентрированную суспензию, задача проектирования значительно усложняется.

До сих пор не существует всеобъемлющей методики расчета характеристик дисковых насосов, что задерживает дальнейшее их развитие.

Причины такого положения дел - сложность характера течения, отсутствие осевой симметрии и сильная зависимость гидродинамических характеристик даже при небольших изменениях геометрических параметров дисков и конфигурации корпуса. Поэтому, теоретическое исследование течений в таких устройствах крайне затруднено и решающую роль должен играть эксперимент.

На кафедре «Техника и технологии машиностроительных производств» Тамбовского государственного технического университета изготовлена лабораторная установка для исследования работы дисковых насосов. Установка имеет унифицированный привод с набором корпусов и дисков. Требуемое расстояние между дисками обеспечивается дистанци-

онными втулками. На рис. 1 представлены элементы насоса: корпус, пакет дисков и набор дистанционных втулок.

Целью работы является проведение экспериментальных исследований течения вязких жидкостей, в том числе высококонцентрированных суспензий, содержащих твердофазные включения, в дисковых насосах для получения методики расчета его основных характеристик.

На рис. 2 представлена характеристика двухдискового насоса с осевой подачей и тангенциальным отводом перекачиваемой жидкости. Наружный диаметр дисков составляет 132 мм, расстояние между ними - 9 мм. В диапазоне расходов 2,5 - 6 м³/ч насос имеет к.п.д. более 50%, и не уступает по этому показателю обычным центробежным насосам.

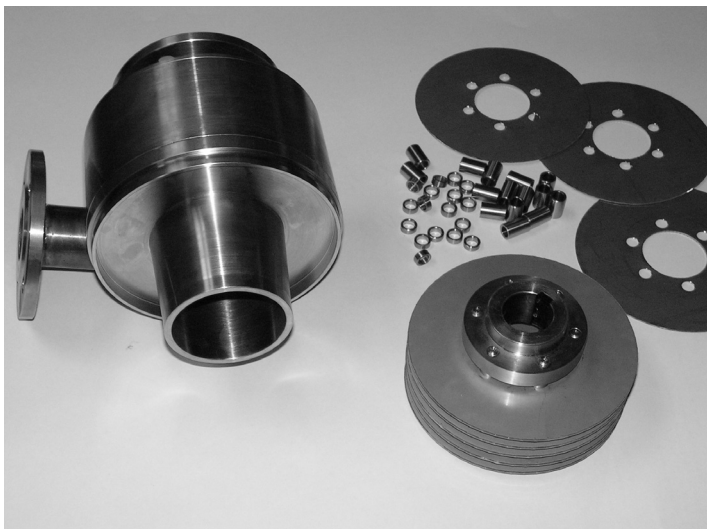


Рис. 1. Элементы дискового насоса

Был проведён ряд опытов по перекачиванию жидкостей, обладающих разной вязкостью, в частности: глицерин, вода, а также густой клейстер с добавлением разнообразных твёрдых компонентов. Полученные характеристики насоса представлены на рис.3. По графику видно, что при увеличении вязкости рабочей жидкости и соответственно числа дисков происходит значительное увеличение напора при одинаковом расходе. Также надо обратить внимание на то, что при одинаковом числе дисков и одинаковом междисковом расстоянии, характеристика работы насоса на

глицерине (жидкости с вязкостью $\rho = 1200$ сПз) лучше, чем при работе на воде.

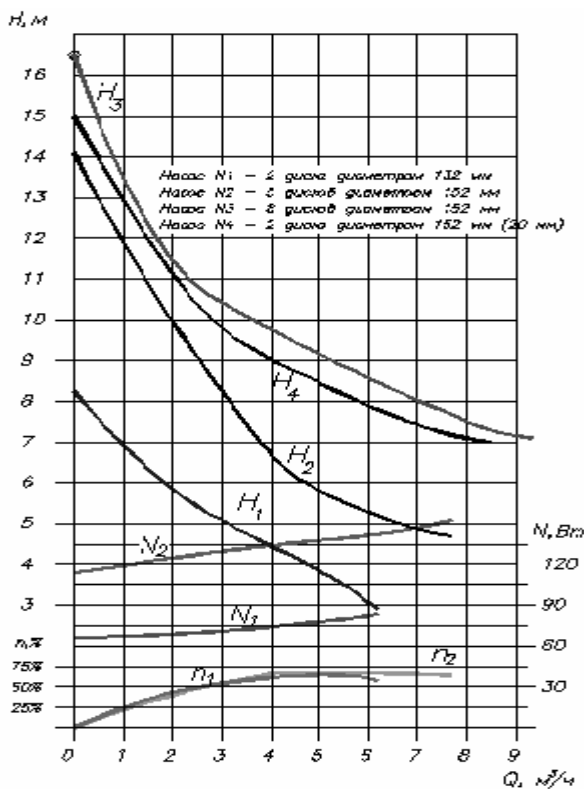


Рис. 2. Характеристика двухдискового насоса

Проведенные исследования показали, что дисковые насосы имеют ряд важных характерных особенностей, делающих их применение в ряде случаев целесообразным и предпочтительным:

- ламинарный поток обеспечивает сохранность требующих бережного обращения продуктов;
- дисковый насос перекачивает, не засоряясь, вязкие и имеющие включения из крупных плотных частиц жидкости, а также справляется с колебаниями размеров плотных частиц;
- благодаря ламинарному потоку внутри дискового насоса, он имеет больший кавитационный запас, чем центробежный, при тех же условиях;

- при работе дискового насоса отсутствуют радиальные нагрузки на его вал, что обеспечивает более продолжительный срок службы уплотнений и подшипников;
- способность эффективно перекачивать большое разнообразие “трудных” жидкостей без поломок при эксплуатации;
- дисковый насос при перекачивании использует трение, и чем выше вязкость жидкости, тем эффективней он работает;
- справляется с перекачкой суспензий, содержащих большой процент плотных частиц, не засоряясь при этом и не останавливаясь;
- осуществляет перекачку абразивных жидкостей с минимальным износом, благодаря постоянному наличию пограничного слоя на поверхности дисков, а также благодаря ламинарному потоку через насос;
- диски в насосе могут располагаться с большим зазором, что позволяет им справляться с перекачкой жидкостей с крупными, плотными частицами;
- по сравнению со всеми другими конструкциями насосов, дисковый насос имеет минимальные затраты на обслуживание и ремонт.

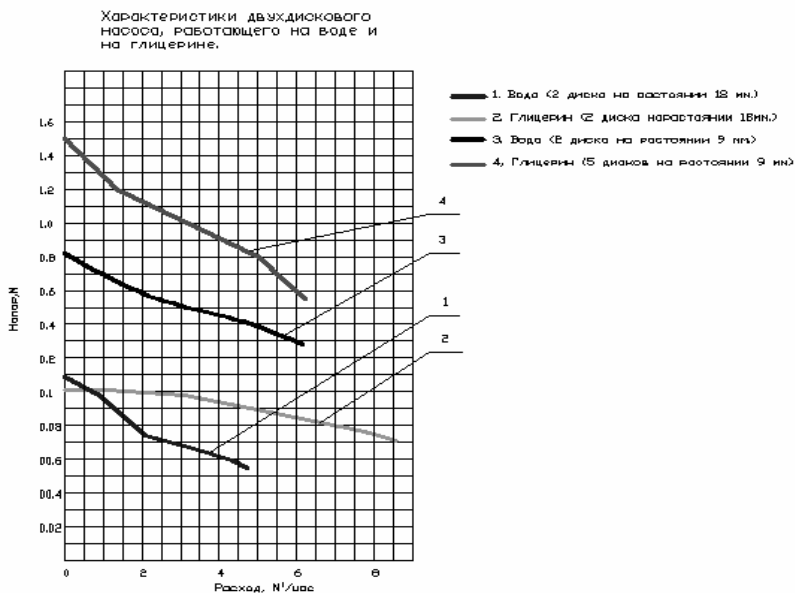


Рис. 3. Характеристика двухдискового насоса, перекачивающего воду и глицерин

Также были проведены эксперименты, в ходе которых была снята характеристика работы насоса при изменении частоты вращения дисков. В качестве рабочей жидкости была использована вода. С помощью преобразователя частоты вращения асинхронного двигателя были проведены замеры расхода перекаченной рабочей жидкости. Замеры проводились с помощью акустического расходомера. Показания с прибора снимались с помощью счётчика импульсов, после чего полученные показания (показания были выражены Hz) переводились в расход, выраженный в м³/час. Частота вращения изменялась с минимальной 500 об/мин. (частота при которой насос начинает работать) до максимальной 3000 об/мин. – номинальной частоте вращения двигателя насоса. Из графика видно, что зависимость получилась линейной, что говорит о пропорциональном увеличении расхода перекачиваемой жидкости с увеличением частоты вращения дисков.

Современные принципы аппаратурного оформления тепломассообменных процессов

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

Нечайкин П. М.

ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ПИВА ПАСТЕРИЗАЦИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО НАГРЕВА

Работа выполнена под руководством к.п.н. Муратовой Е. И.

ТГТУ, Кафедра «ТО и ПТ»

Проблема обеспечения стойкости пива является актуальной для большинства предприятий пивоваренной отрасли. Необходимость получения пива, сохраняющего свой вкус, внешний вид, прозрачность и другие потребительские свойства в течение длительного периода, связана с увеличением времени транспортирования и реализации, с повышением конкурентоспособности производителей пива.

Под стойкостью понимают количество суток, в течение которых в пиве не наблюдаются появления помутнения и осадка при хранении, а также заметного ухудшения органолептических свойств.

Существует различные способы повышения стойкости. Химический представляет собой введение различных добавок и антибиотиков в пиво [1]. Этот способ эффективен, но отпугивает потребителей и запрещен во многих странах.

Обработка ионизирующими излучениями требует обеспечения строгого дозирования излучения и соблюдения особых требований по технике безопасности, поэтому такой способ не получил распространение в промышленности.

Повышение биологической стойкости фильтрованием не влияет на качество и внешний вид пива, характеризуется низкой энергоемкостью, однако требует регенерации или замены фильтрующего материала.

К наиболее распространенным методам повышения биологической стойкости пива и напитков относится пастеризация. Этот процесс осуществляется следующим образом: пиво нагревается до определенной температуры, затем выдерживается строго определенное время после чего охлаждается до температуры розлива. Применяемые на предприятиях методы нагрева отличаются рядом недостатков. Наиболее значимым из них является неэффективный подвод тепла к обрабатываемому продукту. Для решения этой проблемы можно предложить использование сверхвысокочастотного (СВЧ) нагрева.

Принцип преобразования СВЧ-энергии в теплоту основан на эффективном поглощении влагой нагреваемого продукта подводимой к нему СВЧ-энергии. При этом теплота генерируется во всем объеме обрабатываемого продукта и подводимая в рабочую камеру СВЧ-энергия практически полностью поглощается им независимо от его формы и массы. При таком энергоподводе значительно сокращается продолжительность технологического процесса по сравнению с традиционными методами нагрева [2].

Эффективность применения СВЧ-энергии исследована на широком диапазоне пищевых продуктов, при этом отмечается, что при режимах, обеспечивающих бактерицидный эффект, снижающий микрофлору на два порядка, не наблюдается изменения органолептических свойств [3].

Экспериментальные исследования по инаktivации микроорганизмов при воздействии СВЧ-нагрева показали, что характер кривых выживания клеток, т.е. зависимостей логарифма числа микроорганизмов, не потерявших способности к размножению, от длительности нагрева подобен зависимостям, полученным при традиционном нагреве. Основной отрезок кривой выживания от момента нагрева с температурой от 35-40 до 60-80°C и выше соответствует логарифмическому закону термоинаktivации (рис. 1), принятому в консервной и других отраслях промышленности для расчета режимов стерилизации и пастеризации.

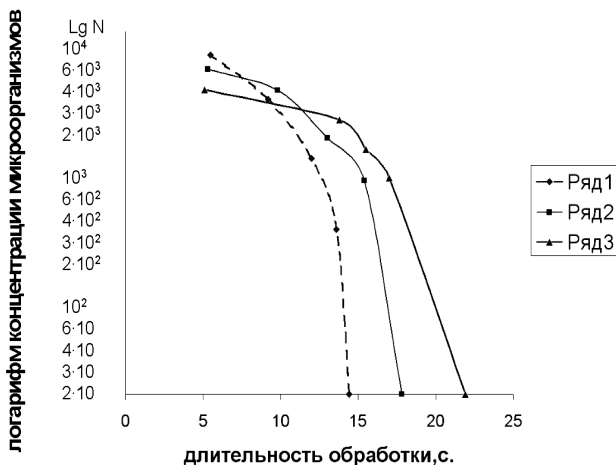


Рис. 1. Кривые выживаемости микроорганизмов при пастеризации пива Жигулевское:
 1 - дрожжи *Candida*; 2 – молочнокислые бактерии;
 3 – уксуснокислые бактерии

Однако скорость инактивации при СВЧ-нагреве несколько выше. Это связано с диэлектрическими параметрами клеточных ассоциаций с гидратированными оболочками, которые состоят из структурированной или «связанной» воды и имеют другие характеристики, отличные от диэлектрических свойств свободной воды. Аналогично с тепловым методом кривые выживаемости, полученные при микроволновом нагреве, бифазные, т.е. имеют в начальный период обработки так называемый период запаздывания, существенно отличающийся от логарифмического закона. Это можно объяснить тем, что популяция микроорганизмов не гомогенна по чувствительности при воздействии СВЧ-излучения. Можно предположить наличие множественности мишеней в биообъекте и аккумуляирования им энергии и накопления повреждений клеточных структур, после чего клетка утрачивает способность к размножению [3].

Использование СВЧ-нагрева позволяет осуществлять высокотемпературную кратковременную пастеризацию, резко снижающую потери питательных веществ и практически не дающую ухудшения органолептических свойств.

Таким образом, проведенный анализ показывает перспективность применения микроволновой энергии для пастеризации пищевых продуктов, в частности пива и безалкогольных напитков, с целью улучшения их

биологической стойкости и увеличения сроков хранения. Использование этого метода в промышленных условиях требует проведения исследований влияния электромагнитного поля сверхвысокой частоты на микроорганизмы, жизнедеятельность которых связана с биологической стабильностью пива и определения кинетических параметров процесса микроволновой пастеризации.

Список литературы

1. Хорунжина С.И. Биохимические и физико-химические основы технологии солода и пива. — М.: Колос, 1999. — 312 с.
2. Рогов И.А., Некрутман С.В. Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов. — М.: Агропромиздат, 1986. — 351 с.
3. Матисон В.А. Повышение стабильности пива и безалкогольных напитков путем применения микроволновой пастеризации. — М.: Агрониитэипп, 1993. — 51 с.

Филадельфийский О. М., Зюзина О. В., Страшнов Н. М.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ КОПТИЛЬНОГО ДЫМА

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

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

Копчение считают одним из видов технологической обработки белково-содержащих продуктов: мясных, рыбных, молочных с целью придания им новых органолептических свойств и достижения эффекта консервирования. В промышленных условиях нашли широкое применение два типа копчения: холодное и горячее. Наряду с традиционными приемами практикуются также комбинированные способы обработки, предусматривающие на отдельных этапах средства, активизирующие процесс, а именно токи высокой частоты и высокого напряжения, инфракрасные и ультрафиолетовые лучи и т. п. [1]

Процесс копчения сопровождается адсорбцией компонентов коптильной среды на поверхности продукта, которые затем диффундируют в толщу массы. На интенсивность процесса копчения оказывает значительное влияние состав газо-воздушной среды, который и определяет степень окраски поверхности продукта, и придает ему специфический аромат. Наиболее активными компонентами дымовой смеси, участвующими в образовании консервирующего эффекта, цвета, аромата и вкуса копченого продукта, являются фенолы (гваякол, метилгваякол, диметоксифенол, формальдегид, тимол, анизол). Также носителями аромата являются карбоновые кислоты, кетоспирты и эфиры.

Реализация способов копчения осуществляется на специальных коптильных установках разнообразных конструкций. По конструктивному признаку коптильные установки могут быть вертикального или башенного, туннельного, камерного и роторного типа. В них может быть организован один из трех методов генерации дыма - путем тления, трения и парогенерации. В нашей стране существуют только дымогенераторы тления древесины, которые в свою очередь подразделяют на две группы: с подогреваемой поверхностью нагрева и без внешнего подвода теплоты. По виду коптильной среды известны установки дымового копчения, бездымного (использующие жидкие коптильные среды) и комбинированные. Также коптильные установки можно классифицировать по наличию средств интенсификации процесса на установки электростатического

копчения, установки с турбулентным и колебательным движением дымо-воздушной среды и установки без средств интенсификации.

Многообразие конструкций коптильных установок обусловлено мощностью производства, свойствами материала и потребительскими свойствами копченого продукта. Были изучены принципы работы и конструктивные особенности производственной установки для копчения плавленых колбасных сыров (рис. 1).

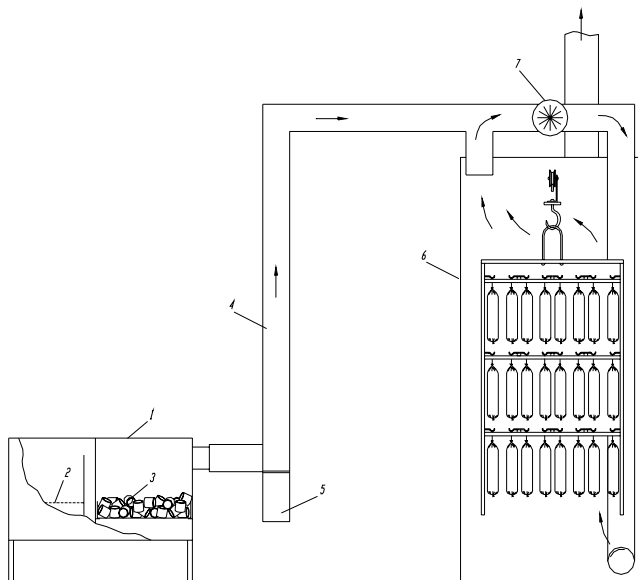


Рис. 1. Схема коптильной установки:

1 – дымогенератор, 2 – решетка, 3 – фильтр, 4 – дымоход,
5 – смолосборник, 6 – камера копчения, 7 – вентилятор

В ней слой опилок располагается на поддерживающей решетке 2 в дымогенераторе 1. Тяга создается вентилятором 7, благодаря которому продукты горения по дымоходу 4 перемещаются в коптильную камеру 6. Для снижения содержания смолистых соединений в дыме, направляемом в коптильную камеру, используется фильтр 3, с насадкой в форме колец Рашига.

При функционировании установки образующийся в процессе пиролиза древесины коптильный дым представляет собой аэрозоль, дисперсной средой в котором являются неконденсируемые газы, а также органические соединения, находящиеся в парообразном состоянии [2]. Дисперсная фаза дыма состоит в основном из тех же органических соединений, которые содержатся в дисперсионной среде, а наиболее значительным по количеству компонентом является смола [1].

Ряд компонентов, образующихся при пиролизе, находясь в капельно-жидком состоянии в виде смол, при продвижении от дымогенератора к камере копчения осаждаются в фильтрующих элементах и на внутренних поверхностях дымоходных каналов. Это приводит к отклонениям от заданных режимов работы установки, дополнительным технологическим паузам для очистки загрязнений, появлению брака и удлинению времени копчения.

Один из технологических приемов предотвращения образования нагара - это очистка дымовой смеси от взвешенных твердых частиц пыли и сажи и капель смолы. Одним из возможных вариантов очистки является адсорбция при пропускании дыма через специальную насадку. При использовании такого способа на извлечение смолистых веществ из дымовой смеси большое значение играют адгезионные способности фильтрующих элементов. Необходимо осуществить рациональный выбор материалов для фильтрующих элементов и дымоходных каналов. В качестве фильтрующих элементов предлагается использовать кольца Рашига, обладающие при использовании "в навал" незначительной величиной гидродинамического сопротивления.

Для изучения кинетики накопления нагара на поверхности элементов был проведен производственный эксперимент. В целях исследования закономерностей образования нагара на элементах насадки и движения потоков дымовоздушной смеси в камере использовали кольца из стали 3, нержавеющей стали 12Х18Н10Т, оцинкованного железа, алюминия и фторопласта, а также элемент из перфорированной сетки с круглыми отверстиями из стали 3. Образцы насадок размещались в камере копчения, где они пребывали в одинаковых условиях на протяжении нескольких дней. За этот период происходило отложение слоев дымового дегтя, по количеству которого можно было судить об адгезии материалов. Эксперимент проводился трехкратно, его результаты приведены в виде диаграммы (рис. 2).

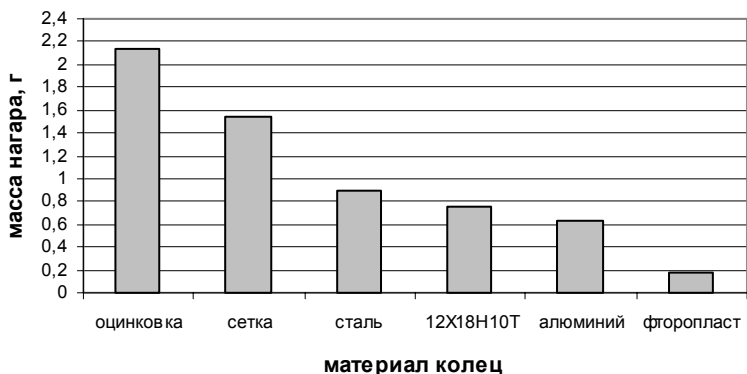


Рис. 2. Распределение дымового дегтя на насадках

Как видно из представленных данных, наибольшее количество нагара сформировалось на элементе из оцинкованной стали, несколько меньше нагара, на 28%, образовалось на элементе в виде перфорированного кольца. Близки по величине значения массы на кольцах из стали 3 и нержавеющей стали 12X18H10T, соответственно на 58% и 65% меньше. На элементе из алюминия нагара меньше на 70%. И совсем малое количество нагара было отмечено на кольце из фторопласта, на 92% меньше чем на элементе из оцинкованной стали, что свидетельствует об отсутствии ярко выраженной адгезии этого материала.

В соответствии с данными эксперимента для промышленных производств, использующих процесс копчения, можно рекомендовать фильтрующие элементы насадки из оцинкованного железа, как материала, наиболее склонного к адгезии смолистых веществ, а для изготовления дымоходов наиболее перспективным материалом может считаться фторопласт.

Список литературы

1. Мезенова О. Я., Ким И. Н., Бредихин С. А. Производство копченых пищевых продуктов. - М.: Колос. 2001. – 208 с.
2. Антипов С. Т., Кретов И. Т., Остриков А. Н., Панфилов В. А., Ураков О. А. Машины и аппараты пищевых производств. – М.: Высш. шк., 2001. – 680 с.

Лалин Е. Д., Белоусов В. В., Желябовский С. В.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА ИЗ ЖИДКИХ ОТХОДОВ БРОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

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

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

В современных условиях мирового дефицита энергоносителей и тяжелой экологической ситуации следует обратить внимание на возможность перевода пищевых производств на безотходные, в частности спиртовую промышленность, которая при использовании в своем производстве мелассы загрязняет своими многотонными отходами близлежащие к предприятию территории. Это связано с тем, что утилизация жидких отходов таким методом как сушка весьма энергоемка. И все же существует ряд методов утилизации ЖООБП, позволяющих не только не усугубить экологическую обстановку, но и принести прибыль предприятию.

Одним из таких методов является анаэробное сбраживание ЖООБП бактериями метаногенного сообщества, позволяющее получать сотни тысяч кубометров биогаза в год и ценные сельскохозяйственные удобрения.

Технологическое оборудование для процессов получения биогаза весьма громоздко (реакторы объемом 500 – 10000 м³ для сахарных, спиртовых заводов; 1 – 20·10⁶ м³ – для свалок бытовых и промышленных отходов) и в связи с этим ошибки в просчете процесса дорого обходятся, к тому же уравнения, а точнее системы, описывающие процесс как правило имеют дифференциальный вид, не так уж и просто рассчитать вручную, поэтому для этого применяют математическое моделирование.

Математическое моделирование любого биотехнологического процесса, аппарата или системы сводится к оценке скорости протекания биохимических процессов, которая определяется скоростью биохимической деятельности (роста) микрореагентов в зависимости от одного или нескольких параметров среды, обеспечивающей протекание метаболических процессов. При этом микрореагенты представляют весьма сложные объекты, математическое описание которых с традиционных представлений применяемых для описания технологических объектов оказывается затруднительным и возможно только на основе обширной системы допущений.

При непрерывном перемешивании можно считать весь объем культиватора однородно заполненным, концентрации субстрата и клеток микроорганизмов в каждой точке объема одинаковыми, и описывать поведение этих концентраций во времени с помощью системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

Математическая модель процесса получения биогаза из ЖООБП имеет вид [1, 2]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu(S) = \mu_m \frac{S_1}{S_1 + S_1} \cdot \dots \cdot \frac{S_6}{K_6 + S_6} \quad (1) \\ \frac{dX}{dt} = \mu(S)X - DX \quad (2) \\ \frac{dS_1}{dt} = D(S_{1_0} - S_1) - \alpha_1 \mu(S)X \quad (3) \\ \dots \\ \frac{dS_6}{dt} = D(S_{6_0} - S_6) - \alpha_6 \mu(S)X \quad (8) \\ \frac{dP}{dt} = \beta \mu(S)X \quad (9) \end{array} \right.$$

где (1) – зависимость мультипликативного влияния концентрации субстрата по механизму Моно (K_1 - K_6 – константы Михаэлиса; S_1 - S_6 – концентрации компонентов субстрата; μ_m – максимальная скорость роста, определяемая генетическими возможностями популяции); (2) – зависимость для расчета прироста биомассы за счет поглощения субстрата (X – концентрация микроорганизмов; D – относительная скорость потока (для непрерывного процесса)); (3) - (8) – уравнения для определения количества субстрата, поглощенного микроорганизмами (α_1 - α_2 – коэффициент, показывающий, какая часть поглощенного субстрата идет на приращение биомассы); (9) – зависимость для расчета количества накопленного целевого продукта (β – коэффициент, показывающий, сколько продукта выделяется при приращении биомассы).

Составленная математическая модель позволяет при заданных концентрациях составляющих субстрата, коэффициентах Михаэлиса, экономических коэффициентах, коэффициенте накопления продукта, начальной концентрации микроорганизмов определить концентрацию целевого продукта, микроорганизмов, компонентов субстрата как при непрерывном, так и при периодическом ведении процесса.

Рассмотрим мелассную после спиртовую барду как один из видов жидких отходов бродильных производств. Химический состав мелассной после спиртовой барды указан в таблице 1 [3].

Т а б л и ц а 1

Химический состав после спиртовой мелассной барды

Органические соединения	Количество, %	Неорганические вещества	Количество, %
	Мас. СВ		Мас. СВ
Глицерин	6...12	Калий	8,5...13
Триметилглицин (бетаин)	16...26	Натрий	1,3...2,5
Аминокислоты, в том числе глутаминовая кислота	15...25	Кальций	0,5...2,5
Органические кислоты	3...10	Ионы SO_4^{2-}	0,6...4,6
Редуцирующие вещества	4...6	Ионы Cl^-	0,9...3
Коллоиды	13...15	Всего:	13...18
Всего:	80...87	Микроэлементы (Fe, Co, Mg, Cu и др.)	0,12...0,14

Для вычисления были приняты приближенные значения концентраций компонентов субстрата и кинетических коэффициентов.

Исходные данные для расчета: $S_1=5$ г/л; $S_2=6$ г/л; $S_3=4$ г/л; $S_4=8$ г/л; $S_5=7$ г/л; $S_6=10$ г/л; $P=0$ г/л; $K_{s1}=0,5$ г/л; $K_{s2}=0,9$ г/л; $K_{s3}=0,7$ г/л; $K_{s4}=0,65$ г/л; $K_{s5}=0,45$ г/л; $K_{s6}=0,8$ г/л; $\alpha_1=0,53$ г/г; $\alpha_2=0,34$ г/г; $\alpha_3=0,45$ г/г; $\alpha_4=0,47$ г/г; $\alpha_5=0,39$ г/г; $\alpha_6=0,51$ г/г; $\beta=0,3$ г/г; $X_0=3$ г/л; $\mu_m=0,52$ 1/ч; $D=0,241$ ч⁻¹;

В результате расчета математической модели были получены зависимости концентраций компонентов субстрата, микроорганизмов и целевого продукта от времени при периодическом (рис. 2, табл. 2) и непрерывном (рис. 3, табл. 3) ведении процесса.

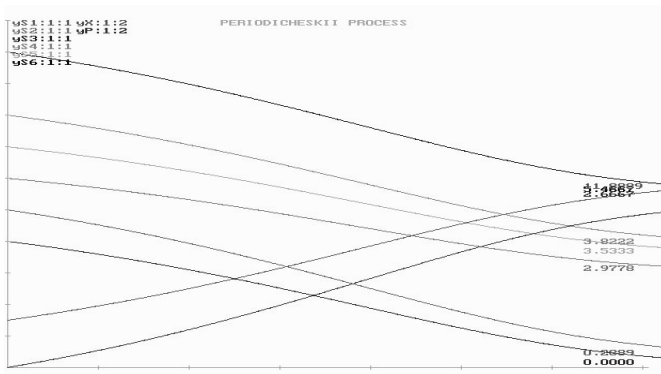


Рис. 2. Результаты расчета периодического процесса

Таблица 2

Результаты расчета периодического процесса

Компонент субстрата	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Концентрация, г/л	0,288	2,977	0	3,822	3,533	5,488

Концентрация микроорганизмов по окончании процесса $X - 11,888$ г/л.

Концентрация целевого продукта $P - 2,667$ г/л.

Время протекания процесса - 31 час.

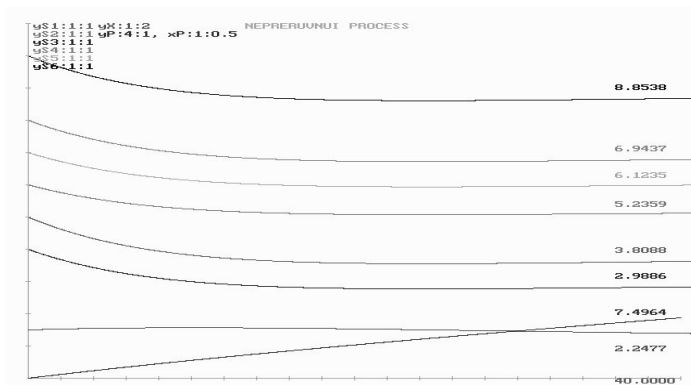


Рис. 3. Результаты расчета непрерывного процесса

Результаты расчета непрерывного процесса

Компонент суб- страта	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Равновесная концентрация, г/л	3,808	5,235	2,988	6,943	6,123	8,853

Равновесная концентрация микроорганизмов: $X = 2,247$.

Время стабилизации процесса – 26 часов.

При помощи математической модели, соответствующей поставленной практической задаче можно приближенно описать процесс получения биогаза из ЖООБП. При рассмотрении различного аппаратного оформления следует учитывать, характерное распределение концентрационных и температурных полей.

Данная математическая модель применима для приближенных расчетов и требует уточнения кинетических коэффициентов. Результатом математического моделирования биотехнологических процессов является создание универсальной математической модели, позволяющей описать процесс биотрансформации в биореакторе любого типоразмера. Предполагается, что такие математические модели будут включать в себя своеобразные зависимости “коэффициент – функция”, входными в которые будут конструктивные параметры биореактора.

Список литературы

1. Васильев Н.Н. и др. Моделирование процессов микробиологического синтеза”. М., Лесная промышленность, 1975, 341 с.
2. Яровенко В.Л., Равинский Л.А. Моделирование и оптимизация микробиологических процессов спиртового производства. М., Пищевая промышленность, 1978, 247 с.
- 3.Н.А. Березкина, О.А. Плотникова, О.В. Солопова, Н.А. Филиппова. Эффективность вермикюльтуры как биологического агента при утилизации мелассной барды. Труды ТГТУ, выпуск 17, Технологические процессы и оборудование. Автоматизация технологических процессов. Машиностроение и металловедение. Строительство и архитектура. Сборник научных статей молодых ученых и студентов. ТГТУ, 2005 г.

Нечайкина Е. В.

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СОЛОДORAЩЕНИЯ

Работа выполнена под руководством к.п.н. Муратовой Е. И.

ГТТУ, Кафедра «ТО и ПТ»

Основной целью совершенствования технологии солодоращения является ускорение процесса и снижение потерь при проращивании на дыхание и образование ростков.

Совершенствование технологии солодоращения осуществляется в следующих направлениях:

- физические методы
- химические методы
- биохимические методы

Все более широкое распространение в теории и практике солодоращения получает применение физических факторов воздействия на зерно (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Физические методы интенсификации солодоращения

Способ	Результат
Обработка ячменя в ультразвуковом поле при частоте колебаний 800 кГц в течение 1-10 мин.	Увеличение энергии прорастания почти в 2 раза вследствие активирования окислительно-восстановительных процессов, сокращение сроков приготовления солода на 25%.
Обработка ячменя электромагнитными полями высокой частоты (20-80 мГц)	Стимулирование роста зародыша, ускорение ферментативных процессов, электромагнитные излучения, ионизируя воздух, образуют ионы кислорода, азота, которые ингибируют дыхательные процессы в прорастающем зерне.
Обработка ячменя электрическим полем при напряжении 12,8 кВ и времени экспозиции 10 мин	Повышение прорастаемости на 7-10 %. Улучшение растворения эндосперма зерна, интенсивное накопление в нем ферментов. Ускорение ростковых процессов на ранних этапах развития зародыша.
Обработка зерна γ - лучами	Угнетение дыхания зерна, торможение развития микроорганизмов, обсеменяющих зерно.
Обработка зерна концентрированной солнечной энергией	Положительное влияние на процесс проращивания ячменя и на увеличение его ферментативной активности

Частичное удаление оболочки зерна	Более быстрое проникновение влаги внутрь зерна при замачивании. Сокращение сроков замачивания в 2 раза, повышение активности в солоде амилолитических ферментов, ускорение всего цикла проращивания ячменя на 2 сут.
Шелушение зерна	Положительное влияние на скорость растворения ячменя при проращивании и качество солода

Однако не всегда физические факторы положительно влияют на процесс солодоращения, в частном случае происходит понижение сбраживаемости сушла, приготовленного из обработанного зерна.

Значительное место в интенсификации солодоращения занимают химические методы (табл.2), основанные на применении активаторов роста зерна и ингибиторов процесса дыхания ячменя при проращивании.

Таблица 2

Химические методы интенсификации солодоращения

Способ	Результат
Обработка зерна гибберелловой кислотой	Усиление поступления азотистых веществ в зародыш ячменя, продуцирование в нем глютамина и цистеина, сокращение процесса солодоращения ячменя на 1-2сут,
Добавление броматов в замочную воду	Подавление протеолитической активности в эндосперме зерна, увеличение растворимости азотистых веществ, ускорение цитолитического распада в эндосперме некрахмалистых полисахаридов.
Применение формальдегида	Ингибирование роста ячменя, снижение активности амилаз и протеаз, уменьшение количества антоцианогенов, подавление развития посторонней микрофлоры, повышение коллоидной стойкости пива.
Обработка ячменя спиртом	Переход в раствор веществ, из оболочек зерна, тормозящих рост зародыша
Добавление в замочную воду щелочных растворов	Ускорение процесса замачивания ячменя, стимулирование выщелачивания горьких и полифенольных веществ, уменьшение антоцианогенов, повышение коллоидной стойкости пива.
Добавление хлоридов ртути, мышьяка, ртути, ванадия	Торможение прорастания зерна
Внесение в замочную воду ионов марганца	Повышение экстрактивности полученного солода на 1,6 %
Внесение в замочную воду ионов калия	Снижение процессов замачивания на 5ч, повышение способности прорастания ячменя на 4-5 %.

Применение уксусной кислоты, сульфитов, в комплексе с минеральной или органической кислотой	Ускорение процесса солодоращения, уменьшение потерь на дыхание и рост корешков
Внесение в воду CaCl_2 или перманганат калия	Ингибирование процесса дыхания и активация гидролитических процессов в зерне
Добавление в воду пероксида водорода	Снижение количества антоцианогенов в готовом солоде, ускорение разрыхления солода
Добавление диаммонийфосфата	Ингибирующее действие на дыхательную систему зародыша, благоприятное влияние на процесс проращивания ячменя

Большое практическое значение имеет применение для интенсификации солодоращения микроорганизмов, вырабатывающих биологически активные вещества (табл 3).

Т а б л и ц а 3

Биохимические методы проращивания солода

Способ	Результат
Использование микроорганизмов	Сокращение солодоращения на 25 %, снижение потерь солода до 7 %.
Предварительная обработка зерна смесью ферментов, состоящей из целлюлазы, пектиназы, ксиланазы,	Увеличение проницаемости мембран оболочек зерна, перевод в растворимое состояние клеточных стенок и промежуточных веществ эндосперма.
Введение вытяжки из цитороземина Пх или цитороземина П10х в замочную воду	Получение качественного солода из трудноразрыхляемых и высокобелковых ячменей, ускорение процесса солодоращения ячменя на 1,5 сут
Использование комплекса ферментных препаратов, содержащих целлюлазу, пектиназу, гемицеллюлазу, α -амилазу, β -амилазу, протеазу	Процесс проращивания сокращается до 65-80 ч, выход экстракта увеличивается на 1-3 %, потери сухих веществ снижаются на 2—5 %.
Использование тиамин, рибофлавина, биотина, фенольных веществ (0,05, 0,26, 0,07 мг %) как регуляторов роста	Ингибирование активности окислительно-восстановительных ферментов в зародыше, улучшение качества солода, сокращение продолжительности солодоращения, ослабление процесса биосинтеза.
Добавление в замочную воду экстракта, полученного из зимних почек (бузины, березы, тополя и др.) или из зимних сухих шишек сосны.	Повышение диастатической активности солода, задержание процесса роста и дыхания, уменьшение потерь экстрактивных веществ.

Применение молочной кислоты при замачивании.	Изменение pH солода в кислую сторону, благодаря чему создаются благоприятные условия для действия ферментов при затирации
Использование декантата ацетонобутиловой барды	Обогащение солода витамином PP
Использование гранулированного органоминерального удобрения	Интенсификация процесса солодоращения, повышение степени прорастаемости зерна.

Из всех перечисленных способов интенсификации процесса солодоращения наиболее эффективны способы с применением биологически активных веществ. Они не требуют дополнительного монтажа оборудования (как, например, способы с применением физических методов), достаточно гибки и недорогостоящи. Особое место принадлежит способам, использующим в качестве биологически активных веществ отходы производства и растительные материалы без дополнительного выделения из них биокатализаторов в чистом виде. Применение таких способов солодоращения позволит кроме интенсификации процесса решать проблемы, связанные утилизацией отходов производства.

Список литературы

1. Хорунжина С.И. Биохимические и физико-химические основы технологии солода и пива. — М.: Колос, 1999. — 312 с.
2. Нарцисс Л. Технология солода. —М.:Пищевая промышленность, 1980.- 503с.
3. Калуняц К.А. Химия солода и пива. —М.: Агропромиздат, 1990.-176 с.

Павленко П. М.

ПРИМЕНЕНИЕ IDEF-МЕТОДОЛОГИИ В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА СБИВНЫХ КОНФЕТ

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

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

Срок годности сбивных конфет может быть определен как время сохранения и устойчивости суммарных показателей качества, включающих: физико-химические показатели (массовая доля влаги, % содержания глазури, содержание редуцирующих веществ); органолептические (внешний вид, консистенция, цвет, запах, вкус); питательную ценность (содержание белков, углеводов, жиров, витаминов, минеральных веществ); микробиологические характеристики (общее количество микроорганизмов и содержание отдельных групп); биологическая безопасность (отсутствие токсинов и других вредных веществ).

Нашей целью является обеспечение качества конфет со сбивными корпусами типа «Птичье молоко», в процессе хранения которых возможно появление кристаллов сахаров в пенообразной массе и, как следствие, ухудшение органолептических свойств, а иногда и полная потеря требуемых потребительских характеристик до окончания срока годности.

Для эффективного отображения и анализа широкого спектра указанных качественных характеристик нами применялась методология функционального моделирования.

Методология IDEF0 (более известная как методология SADT-Structure Analysis and Design Technique) предназначена для представления функций системы и анализа требований к системам и является одной из самых известных и широко используемых методологий проектирования АСУ.

В терминах IDEF0 система представляется в виде комбинации блоков и дуг. Блоки используются для представления функций системы и сопровождаются текстами на естественном языке. Дуги представляют множества объектов (как физических, так и информационных) или действия, которые образуют связи между функциональными блоками. Место соединения дуги с блоком определяет тип интерфейса.

Описание объектов и процессов в IDEF0 выполняется в виде совокупности взаимосвязанных блоков, называемых блоками ICOM (Input – Control – Output – Mechanism), где I – вход, C – управление, M – механизм, O – выход.

Блоки представляют функции (работы), их названия выражаются глаголами или отглагольными существительными.

Число блоков на одном уровне иерархии – не более 6, иначе восприятие диаграмм будет затруднено. Число уровней иерархии не ограничено, но обычно – не более 5. Блоки в диаграммах IDEF0 связаны дугами (стрелками), которые отображают множества объектов (данных). Управление (control) определяет условия выполнения. Механизм (mechanism) выражает используемые средства. Входы и выходы могут быть любыми объектами.

На рисунке 1 изображен функциональный блок, представляющий конкретную функцию в рамках рассматриваемой системы.

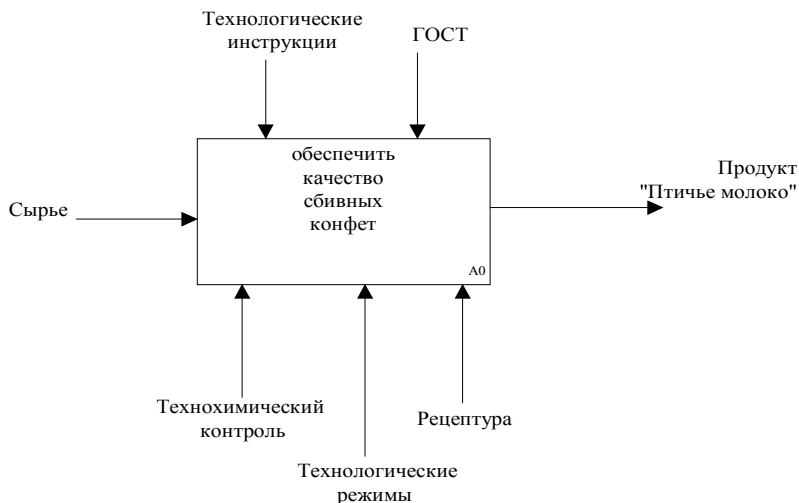


Рис. 1. Функциональный блок

Впоследствии этот блок конкретизируется с помощью диаграммы, изображенной на рисунке 2. Данная диаграмма представляет собой функциональную модель обеспечения качества сбивных конфет типа «Птичье молоко».

На диаграмме показаны четыре этапа, выполнение которых необходимо для достижения цели, а именно, обеспечения качества продукта. На первом этапе нами осуществляется уточнение технологического регламента с целью введения новых показателей для контроля и корректировки уже существующей рецептуры на сбивные конфеты типа «Птичье молоко» вследствие неудовлетворяющего нас соотношения рецептурных ингредиентов (что показали проведенные экспериментальные исследования) и внесения нетрадиционного вида сырья. После этого на следующих

этапах указываются необходимые показатели качества, обязательные к соблюдению и контролируемые нами в ходе исследований, а также условия при соблюдении которых эти показатели могут быть достигнуты.

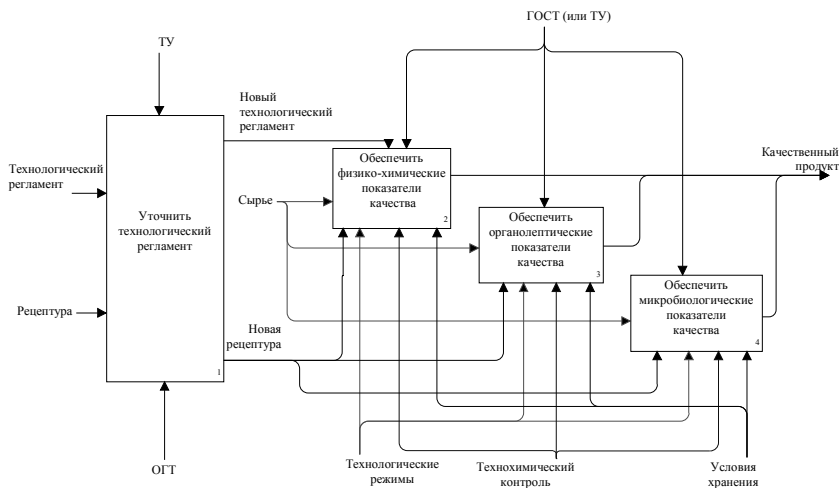


Рис. 2. IDEF0-диаграмма

Окончательная модель представляет собой согласованное представление о системе с заданной точки зрения. Наглядность графического языка делает модель вполне читаемой и для лиц, которые не принимали участия в проекте ее создания. В дальнейшем на базе построенной модели могут быть организованы новые проекты, нацеленные на производство изменений в системе.

Список литературы

1. Верников Г. Основные методологии обследования организаций. Стандарт IDEF0 / Г.Верников // <http://www.cfin.ru/vernikov/idef0>.
2. Марка Д. Методология структурного анализа и проектирования / Д. Марка, К. МакГоуэн. – М.: Метатехнология, 1992. – 239 с.

**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.

**ВАЛКОВАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ
ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕПРЕРЫВНЫМ МЕТОДОМ**

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. Его темпы составляют 5–6% в год. Это не случайно, пластмассы обладают рядом преимуществ перед традиционными материалами. Однако, использование изделий из полимерных материалов неуклонно связано с образованием отходов, что делает проблему их утилизации актуальной [1]. Наиболее перспективным методом утилизации отходов полимерных материалов является механический рециклинг. Этот метод позволяет решить экологические проблемы и становится мощным сырьевым и энергетическим ресурсами. 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.

Экспериментальная установка выполнена на базе лабораторных вальцов 80/80 190 (рис. 1), состоящая из двух горизонтально расположенных валков I, вращающихся навстречу друг другу с разными окружными скоростями и приводного механизма, установленного на раме сварной конструкции. Передняя пара подшипниковых опор выполнена

подвижной, что позволяет производить поджим валков для установки зазора между ними. Крутящий момент с вала электродвигателя 8 передается через муфту 7, редуктор 6 на промежуточный вал, от которого на задний валок через передаточные шестерни 2 и на передний валок через фрикционную передачу 9.

Термостатирование системы осуществляется при помощи термостата 10. Теплоносителем является глицерин. Рабочая поверхность валков имеет температуру равную 130°C.

Технологический процесс вторичной переработки отходов полимерных материалов на вальцах непрерывного действия осуществляется следующим образом: предварительно подготовленные отходы пленочных полимеров непрерывно загружаются на поверхность валков с левой стороны вальцов. Посредством адгезионных сил материал затягивается в межвалковый зазор.

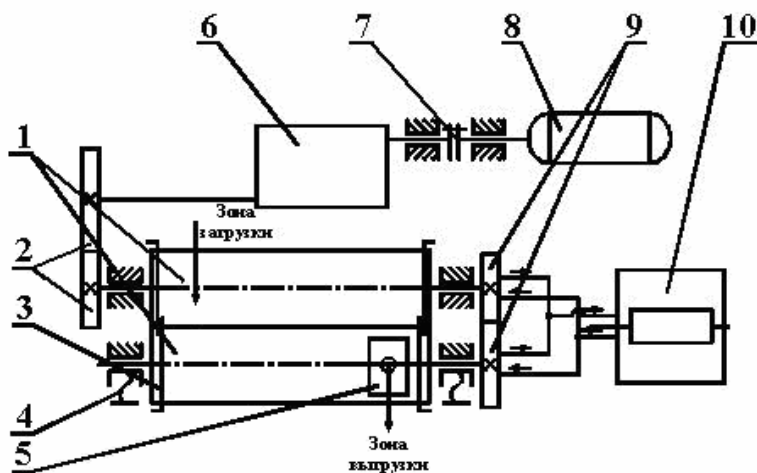


Рис. 1. Кинематическая схема экспериментальной установки

- 1 – валки; 2 – передаточные шестерни; 3 – ограничительные стрелы;
 4 – механизм регулировки зазора; 5 – отборочно-гранулирующее устройство;
 6 – редуктор; 7 – муфта; 8 – электродвигатель; 9 – фрикционная передача; 10 – термостат

Далее двигаясь вдоль поверхности валков, происходит дегазация, плавление и окончательная гомогенизация материала. Возможно окрашивание и модификация расплава полимерного материала. Для снятия расплава с поверхности валков и образования стренг используется отборочно-гранулирующее устройство, расположенное в правой части вальцов. Полученные стренги предварительно охлаждаются сжатым возду-

хом, режутся ножом, после чего полученные гранулы собираются в емкости.

Недостатками использовавшегося ранее отборочно-гранулирующего устройства являлись сложность создания необходимого давления в отборочном устройстве вследствие значительных сопротивлений в формирующих каналах, и как вывод – невозможность получения изделий сложного профиля [2].

Решение указанной технической задачи заключается в использовании пары цилиндр-червяк для срезания вальцуемой массы, дополнительной ее гомогенизации и создания высокого давления перед формирующей головкой.

Шнековое отборочно-гранулирующее устройство (рис. 2) представляет собой приставку. Основным рабочим органом является шнек 2, который расположен в цилиндре 1. Полимерный материал срезается с поверхности валка специальным ножом 5 и направляется в загрузочное окно 4; далее захватываясь витками прямой нарезки червяка, движется в сторону выгрузки. Для создания давления необходимого для продавливания расплава полимера через профилирующую насадку 3 и избежания утечки расплава на червяке есть обратная нарезка. Привод червяка осуществляется отдельным электродвигателем постоянного тока для возможности изменения технологических режимов (частоты вращения шнека) и определения их влияния на качество вторичного гранулята. Возможно изготовление гранулирующего инструмента в виде многоручевой приставки.

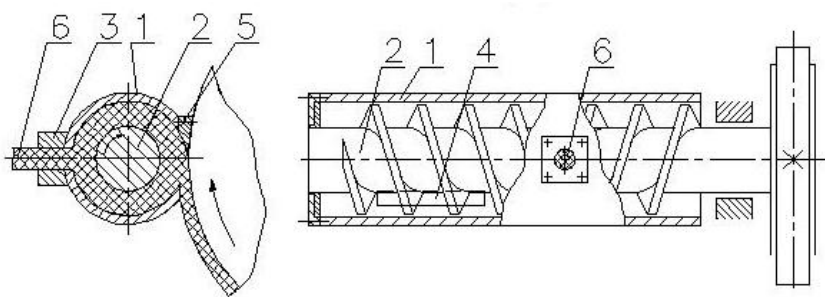


Рис. 2. Шнековое отборочно-гранулирующее устройство

1 – цилиндр, 2 – шнек, 3 – формирующая головка, 4 – загрузочное окно, 5 – нож, 6 – пруток

Предполагается, что использование устройства позволит:

- повысить производительность процесса утилизации;
- получить сложный профиль изделия;

- выполнять регулирование величины межвалкового зазора без демонтажа отборочного устройства;
- осуществлять возврат вальцовой смеси в зону деформации вальцов;
- снизить энерго- и трудовые затраты на гранулирование полимера.

Список литературы

1. Гуреев С.С., Полушкин Д.Л. Переработка отходов полимерных материалов на мировом рынке // Новые идеи молодых учёных в науке XXI века. Интернет-форум магистрантов ВУЗов России. Сб. ст. магистрантов. Тамбов, 2006. Вып. IV. С. 62-64.
2. Шашков И.В. Валковое оборудование и технология процесса непрерывной переработки отходов пленочных термопластов. Автореф. дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. наук по спец. 05.02.13: Тамбов, 2005. 16 с.

Потапов Е. С., Соколов А. Р.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО БИТУМА ПУТЕМ ЕГО МОДИФИКАЦИИ ОТХОДАМИ ПОЛИМЕРНОЙ ТАРЫ И УПАКОВКИ

*Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Беляева П. С.
и к.т.н., доц. Маликова О. Г.*

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

В настоящее время для повышения качества нефтяных битумов используются различные модификаторы, которые позволяют улучшить его физико-механические показатели, в частности, расширить рабочий температурный интервал, придать битуму эластичность. В качестве модификаторов могут выступать различные полимерные материалы: синтетические каучуки, термоэластопласты, специально синтезированные полимеры (сополимеры этилена с винилацетатом) и др.

Технологический процесс модификации битума предполагает его смешение с модификатором по периодической или непрерывной схеме при температуре 160-180°C. При этом полимер распределяется в битуме, образуя определенную структуру [1]. Получаемое полимерно-битумное вяжущее (ПБВ) имеет улучшенные свойства в отличие от свойств не модифицированного битума. Показатели качества ПБВ, модифицированного полимером типа SBS регламентированы ОСТ 218.010-98.

Недостатками известных технологий модификации битумов полимерными материалами являются высокая стоимость модификатора, большие энергозатраты, высокая стоимость используемого оборудования.

Целью работы является получение качественного ПБВ путем модификации дорожного битума отходами полиэтиленовой тары и упаковки за меньший промежуток времени с минимальными энергозатратами. Для этого были проведены исследования процесса модификации дорожного битума отходами полимерной тары и упаковки на быстроходном смесителе периодического действия с перемешивающим органом в виде сочетания лопастных и пропеллерных мешалок.

Исследования проводились на некондиционном битуме марки БНД 60/90, физико-механические характеристики которого в соответствии с ГОСТ 22245-90 составляют: пенетрация P_{25} , 0,1 мм–61-90, температура размягчения по кольцу и шару T , °С – 47, растяжимость D_{25} , см – 55.

Анализ физико-механических показателей полученного ПБВ показал, что введением в битум полиэтиленовых отходов в количестве до 3% мас. и изменением технологических параметров, таких как температура и время смешения, можно, сохранив марку полученного ПБВ (рис. 1) что и у исходного битума, существенно улучшить его эксплуатационные характеристики: температуру размягчения, дуктильность (растяжимость), эластичность [2].

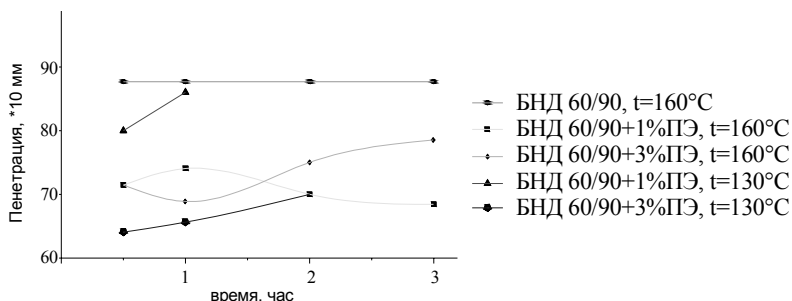


Рисунок 1. Зависимость изменения пенетрации от времени смешения

На рис.1 представлена зависимость изменения пенетрации дорожного битума от времени смешения при его модификации ПЭ с содержанием 1% и 3%, полученных при температуре смешения 160°C и 130°C. Из графика видно, что в результате модификации битума полиэтиленом значение пенетрации уменьшается. Это объясняется тем, что в результате введения ПЭ в битум вязкость системы становится выше, что и уменьшает глубину проникновения иглы (пенетрацию) по сравнению с чистым битумом.

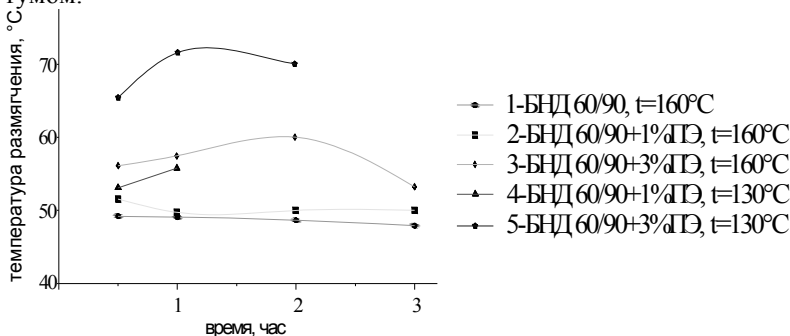


Рисунок 2. Зависимость изменения температуры размягчения от времени смешения

На рис.2 представлена зависимость растяжимости от времени смешения. Чистый битум проявляет постоянство значений растяжимости, а

при добавлении ПЭ значения растяжимости ПБВ уменьшаются, что объясняется действием частичек полиэтилена как концентраторов напряжений.

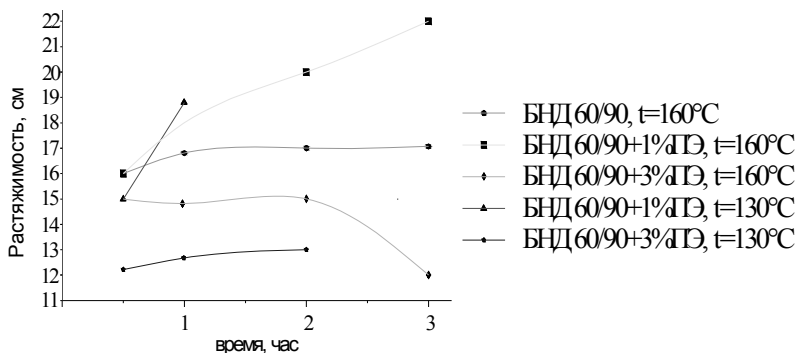


Рисунок 3. Зависимость изменения растяжимости от времени смещения

На рис.3 представлена зависимость изменения температуры размягчения ПБВ от времени смещения. Температура размягчения ПБВ увеличивается по сравнению с чистым битумом и достигает своего максимального значения при трех процентном содержании полиэтилена и температуре смешения 130°C.

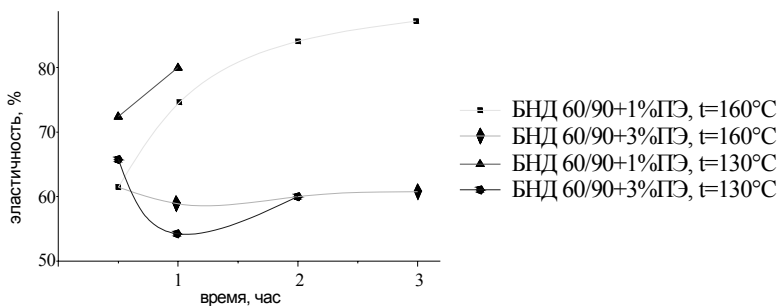


Рисунок 4. Зависимость изменения эластичности от времени смещения

На рис.4 изображена зависимость изменения эластичности ПБВ от времени смещения. Чистый битум не обладает свойством эластичности. ПБВ обладает эластичностью, что позволит улучшить качество дорожного покрытия.

Список литературы

1. Исследование влияния резиновой крошки на физико-механические показатели нефтяного битума в процессе его модификации / Беляев П.С., Забавников М.В., Маликов О.Г., Волков Д.С. / Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2005. Т. 11. №4. С. 923-930.

2. Потапов Е.С., Соколов А.Р. Исследование технологического процесса модификации дорожных битумов полиэтиленом на смесителе турбинного типа // Новые идеи молодых учёных в науке XXI века. Интернет-форум магистрантов ВУЗов России. Сб. ст. магистрантов. Тамбов, 2006. Вып. IV. С. 73-75.

Четвериков С. В.

СМЕСИТЕЛЬ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО КЛЕЕПРИГОТОВЛЕНИЯ

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].

В настоящее время наиболее перспективными смесителями являются смесители непрерывного действия.

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 раст-

ворителем. 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 [1].

Он имеет следующие преимущества над периодическим процессом.

1. Стабильность физико-механических показателей клеевых композиций.

2. Отсутствие пиковых нагрузок, позволяющих уменьшить мощность привода смесителей и получение высококачественных клеевых композиций с минимальными энерго-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.

Смесители типа СН являются наиболее перспективными и универсальными смесителями непрерывного действия и используются на различных стадиях производства и переработки широкого класса полимерных и композиционных материалов на их основе (рис. 1).

Смеситель состоит из раскрывающегося корпуса с горизонтальной линией разъема. Верхняя 1 и нижняя 2 части корпуса имеют рубашки обогрева 3 и 4. Для подвода и отвода теплоносителя в рубашки вварены патрубки с фланцами 5 и 6. Внутри корпуса в горизонтальной плоскости расположены два сборных шнека 7, находящихся в зацеплении и имеющих однонаправленное вращение.

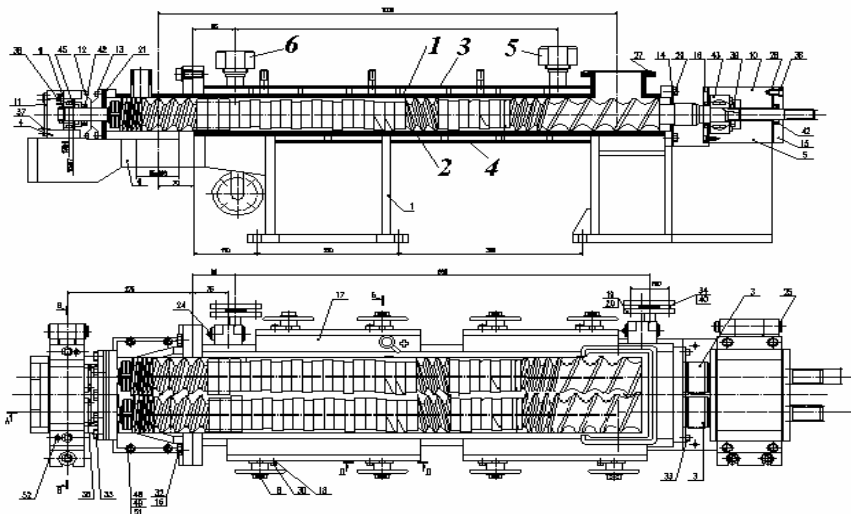


Рис. 1. Смеситель для непрерывного клееприготовления

Сборные шнеки смесителя представляют собой валы 8, на которых монтируются (надеваются) рабочие червячные насадки (прямые 9 и обратные 10), рабочие смесительные диски 11, а также питающие червячные насадки 12. Рабочие червячные насадки и смесительные диски смонтированы в определенной последовательности и закреплены на валах шпонками 13, а питающие червячные насадки установлены на валах с возможностью свободного вращения.

Передача вращающегося момента рабочим шнекам (рабочим червячным насадкам и смесительным дискам) происходит от вала электродвигателя 14 через клиноременную передачу 15, вариатор 16, муфту 17, редуктор 18, муфту 19, редуктор-раздвоитель 20 и шлицевые муфты 21.

Питающие червячные насадки 12, расположенные в зоне загрузочного отверстия (окна), вращаются независимо от рабочих шнеков с помощью индивидуального привода. Передача вращающегося момента им происходит от вала электродвигателя 22 через муфту 23. Вариатор 24, клиноременную передачу 25. Редуктор 26. Клиноременную передачу 27 и зубчатое колесо 28. От этого зубчатого колеса передача вращающегося момента происходит уже непосредственно к питающим насадкам. Которые выполнены в виде полых валов-шестерен (индивидуальный привод на рис. 1. не показан).

Загрузка компонентов смеси в рабочую полость смесителя производится из камеры (бункера) 29. Которая смонтирована над загрузочным отверстием (окном) корпуса смесителя[2].

Кроме того, смеситель имеет два опорных узла, в которых установлены подшипники качения 30. В верхней части корпуса имеются штуцеры для подачи жидких компонентов в полость смешения, а в нижней – отверстие (окно для выгрузки готовой смеси). Корпус смесителя с приводом установлен на сварной раме 31.

В настоящее время изготовлен смеситель СН в металле и ведётся подготовка к проведению экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Р.В. Торнер, М.С. Акутин оборудование заводов по переработке пластмасс.
2. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. Т. 2 – Калуга, 2002, 852 с.
3. Рябинин Д. Д., Лукач Ю. Е. Смесительные машины для пластмасс и резиновых смесей. – М.: Машиностроение, 1972, 268 с.

Кириллов К. С., Туляков Д. В.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ ЭКСТРУЗИИ РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ

Работа выполнена под руководством доц. Соколова М. В.

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

Одним из негативных факторов влияющих на качество изделий получаемых методом экструзии является изменение размеров поперечного сечения экструдата на выходе из формующего инструмента – «разбухание», часто его называют «эффектом Вайссенберга».

Проведен ряд экспериментов целью которых было определить такой режим экструзии и выбрать конструкцию формующего инструмента, чтобы в исследуемом материале не возникало «разбухания», то есть относительное изменение диаметров экструдата (отношение диаметра мундштука к диаметру заготовки) было минимальной при максимальной производительности.

Для изучения проблемы создана экспериментальная установка, выполненная на базе машины МЧХ-32 [1].

ЭУ снабжена системой термостатирования цилиндра, шнека, формирующей головки, которая включает термостат, снабженный термопарой и приборами регулирования и контроля температуры теплоносителя (воды). В цилиндре установлена термопара для измерения температуры резиновой смеси. Формирующая головка снабжена датчиком давления и термопарой для измерения давления и температуры резиновой смеси на выходе из канала нарезки шнека, соответственно. Из формирующей 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 влияние сил тяжести и температуры окружающей среды на выходе из формирующей головки, которые случайным образом влияют на изменение размеров экструдата. Измерение размеров экструдата осуществляется с помощью цифровой камеры в трех положениях, 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 кафедре ПП и УП отработан режим экструзии резиновой смеси НО – 68 – 1 на базе экспериментальной установке при заданной произво-

длительности и получены значения: частоты вращения шнека, удельной мощности и геометрических параметров формирующих каналов, с учетом изменения размеров экструдата на выходе из формирующего канала [2].



Рис. 1. Компоновка формирующих каналов экструзионной головки:
I, II – цилиндрический; III – (три канала произвольной формы),
IV - конический; V – цилиндрический

В процессе эксперимента необходимо назначить такой режим экструзии и конструкцию формирующего инструмента, чтобы в исследуемом материале не возникало разбухания, то есть значение относительное увеличение диаметров экструдата (отношение диаметра мундштука к диаметру заготовки). Эти эксперименты проводились с изменением диаметра выходного отверстия формирующего инструмента.

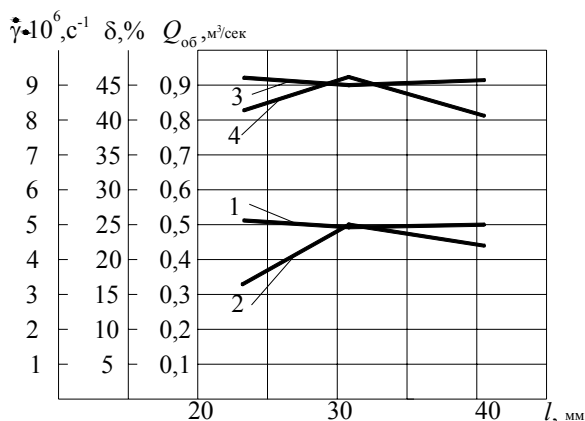


Рис. 2. Зависимость объемной производительности Q (1), относительного изменения размера экструдата δ до и после охлаждения (3 и 2 соответственно), скорости сдвига γ (4) от длины канала мундштука в 5-ом сечении

Был проведен ряд экспериментов, в которых изменялась длина выходного канала формирующего инструмента с постоянным диаметром.

В результате экспериментов, проведенных с данной компоновкой формирующих каналов в экструзионной головке (рис. 1), были получены следующие зависимости, представленные на рисунках 2, 3 и 4.

Из рисунка 2 видно, что относительное изменение размеров экструдата на выходе из формирующего канала остается практически неизменным. Это связано с тем, что напряжение, вызванные температурным напряжением, преобладает над напряжением, вызванным деформацией сдвига. Противоположную картину показывает относительное изменение размеров после охлаждения (кривая 2).

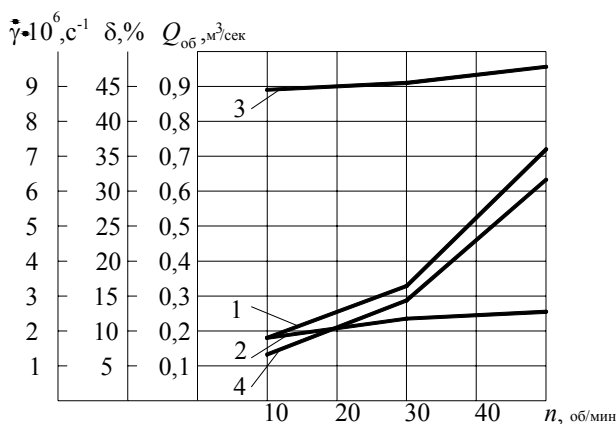


Рис. 3. Зависимость объемной производительности Q (1), относительного изменения размера экструдата δ до и после охлаждения (3 и 2 соответственно), скорости сдвига $\dot{\gamma}$ (4) от скорости вращения шнека (при длине мундштука 0,01 м и диаметре выходного канала мундштука 0,01 м)

Из рисунка 2 видно, что относительное изменение диаметров экструдата на выходе из формирующего канала увеличивается при увеличении длины выходного канала мундштука. Но относительное изменение диаметров после охлаждения с увеличением длины выходного канала мундштука снижается от 7 до 12 %.

Из рисунков 3 и 4 видно, что с увеличением скорости сдвига в выходном канале формирующего инструмента мы наблюдаем рост относительного изменения диаметра экструдата как на выходе из формирующего инструмента, так и после охлаждения.

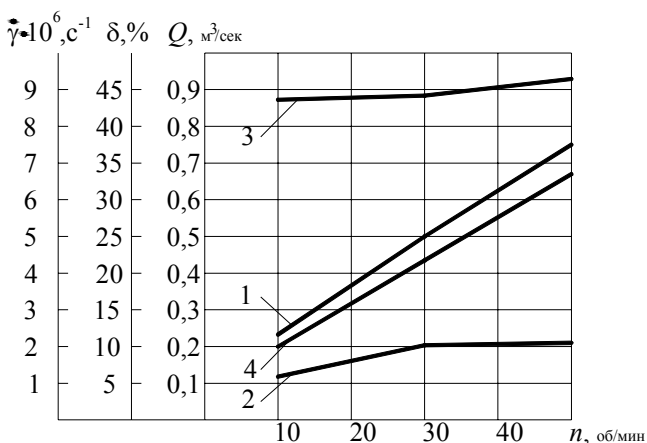


Рис. 4. Зависимость объемной производительности Q (1), относительного изменения размера экструдата δ до и после охлаждения (3 и 2 соответственно), скорости сдвига $\dot{\gamma}$ (4) от скорости вращения шнека (при длине мундштука 0,03 м и диаметре выходного канала мундштука 0,01 м)

В процессе экструзии резиновых смесей для снижения эффекта Вайссенберга (относительное изменение размеров экструдата на выходе из формующего инструмента) необходимо назначить определенный режим переработки и выбрать оптимальное отношение длины канала формующего инструмента к его диаметру.

Список литературы

1. Кириллов К.С., Туляков Д.В. Экспериментальная установка для исследования изменения размеров экструдата из резиновых смесей/ Новые идеи молодых учёных в науке XXI века. Интернет-форум магистрантов ВУЗов России. Сборник статей магистрантов. Вып. 4. – Тамбов: ТОГУП “Тамбовполиграфиздат”, 2004. – С. 204.
2. Соколов М. В. Определение суммарной величины сдвига при переработке резиновых смесей / Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2006. № 8. С. 3-4

Современные принципы аппаратурного оформления тепломассообменных процессов

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

Максименкова Т. А., Гурова А. С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИСТОВЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИСТОВЫХ ОСУШИТЕЛЕЙ

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

ТГТУ, Кафедра «Химическая инженерия»

Широко известно использование зерновых импрегнированных осушителей, представляющих собой гранулы сорбента, пропитанного гигроскопическими солями.

Осушители такого типа обладают повышенной емкостью по сравнению с исходными зерновыми материалами [1,2].

Интересно было поверить возможность использования листовых нетканых материалов различного типа с целью получения листовых осушителей.

В качестве основы для импрегнирования были рассмотрены следующие материалы: лавсановое полотно, стелечное полотно, арселон. Ниже приведены свойства рассмотренных материалов, полученные как из литературных данных, так и из наших экспериментов.

Лавсан

Лавсан - полиэфирное волокно (гетероцепный сложный полиэфир терефталевой кислоты и этиленгликоля), гидрофобен [3, 4]. В нормальных условиях лавсановые волокна поглощают 0,4 % влаги, обладают высокой термостойкостью. При температуре 175°C наблюдается пожелтение волокон, при температуре 260°C - плавление [4]. Лавсановое волокно устойчиво к действию окислителей, органических и неорганиче-

ских кислот, в частности, к холодным концентрированным серной, соляной, фтористоводородным кислотам, а также другим химическим реагентам (кроме горячих крепких щелочных растворов) [4]. Именно поэтому из него делают фильтры, работающие в агрессивных средах. Нами определена кажущаяся плотность лавсанового полотна, которая составила $0,016 \text{ г/см}^2$ или $0,079 \text{ г/см}^3$; суммарный объем пор при использовании этилового спирта составил $10,7 \text{ см}^3/\text{г}$, с использованием воды - $11,2 \text{ см}^3/\text{г}$. Полученное значение суммарного объема пор хорошо совпадает с расчетным, определяемым по формуле:

$$V_{\Sigma} = \frac{1}{\delta} - \frac{1}{d},$$

где V_{Σ} - суммарный объем пор, $\text{см}^3/\text{г}$;

δ - кажущаяся плотность образца, г/см^3 ;

d - истинная плотность образца, г/см^3 .

Истинная плотность лавсана, согласно [3], составляет $1,38 \text{ г/см}^3$.

Тогда расчетное значение суммарного объема пор составило:

$$V_{\Sigma} = \frac{1}{0,079} - \frac{1}{1,38} = 11,8, \text{ см}^3/\text{г}$$

Расчетная величина суммарного объема пор и экспериментальная достаточно хорошо совпадают, что свидетельствует о возможности использования как одного способа определения суммарного объема пор, так и другого (если известна истинная плотность).

При проверке термостойкости с использованием муфельной печи было обнаружено, что образец лавсана расплавился в интервале температур $220-230^{\circ}\text{C}$.

Надо отметить, что использованное лавсановое полотно является нетканым материалом.

Арселон

Арселон – материал, изготовленный из волокна и нити на основе поли-парафенилен-1,3,4-оксадиазола. Термостойкость позволяет эксплуатировать изделия при 250°C сроком до 3 лет; кратковременно изделия выдерживают температуру 400°C , при этом не усаживаются и не плавятся. Ткани на основе этих волокон обладают высокой гигроскопичностью [5].

Известно несколько типов арселонов. Нами в качестве объекта исследования выбран арселон-6.

Арселон – 6 иглопробивной материал, подобен арселону – 2, армированный, без светостабилизатора; толщина $0,2 \text{ см}$; кажущаяся плотность $0,053 \text{ г/см}^2$ или $0,267 \text{ г/см}^3$; суммарный объем пор $3,1 \text{ см}^3/\text{г}$.

Стелечное полотно

Стелечное полотно – нетканый материал на основе полиэфирного волокна; толщина 0,21 см; кажущийся вес 0,031 г/см³; суммарный объем пор 6,5 см³/г.

Полученные результаты по оценке структурных характеристик листовых материалов, используемых для получения осушителя, сведены для наглядности в таблицу 1.

Из таблицы 1 видно, что наиболее легким является лавсан.

С точки зрения термостойкости предпочтительнее использовать более термостойкий материал арселон.

Таблица 1

Структурные характеристики листовых материалов

Наименование материала	Кажущаяся плотность		Истинная плотность г/см ³	Суммарный объем пор, см ³ /г по этиловому спирту	Радиус пор, нм	Термостойкость	Примечание
	г/см ²	г/см ³					
Лавсан	0,016	0,079	1,38	10,7	1500	230	Плавится
Арселон - 6	0,049	0,245	-	3,1	1200	400	Без изменений
Полотно стелечное	0,031	0,150	-	6,5	1500	>180	Плавится

Список литературы

- 1 Пат. РФ №2174870, В 01 J 20/10. Способ получения осушителей воздуха.
- 2 Пат. РФ №2169606, В 01 J 20/20. Композитный осушитель газов и жидкостей.
- 3 Краткий справочник химика. М.- Л.: Химия, 1964, 619с.
- 4 Роскин, Е.С. Химические волокна / Е.С. Роскин.- М - Л.: Химия, 1966. - 135 с.
- 5 Макарова, Р.А., Трусов, Д.Ю. Основные технические характеристики термостойкого волокна арселон и области его применения. В сб. «Новейшие тенденции в области конструирования и применения баллистических материалов и средств защиты». Тезисы докладов VIII Международной конференции. Р.А. Макарова, Д.Ю. Трусов. - Моск. обл. г. Хотьково, 16-15 сент. 2005. - 42 с.

Потапова Н. О., Шредер В. Е.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ПОГЛОТИТЕЛЯ CO₂ ПУТЕМ ПРИВИВКИ АМИНООРГАНОСИЛАНОВ НА ПОВЕРХНОСТЬ СИЛИКАГЕЛЯ

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

ТГТУ, Кафедра «Химическая инженерия»

Известно, что в качестве регенерируемых поглотителей CO₂ используются такие промышленные сорбенты, как цеолиты, силикагели, активированные угли и другие, которые отличаются друг от друга адсорбционными свойствами (вследствие различной природы материала, метода обработки и структуры).

Лучшую сорбционную емкость по CO₂ среди названных поглотителей имеет цеолит, однако его емкость в заметной степени зависит от присутствия паров воды. Например, из сухого воздуха цеолит сорбирует 25 л/кг, а из влажного — 2–3 л/кг [1], аналогично ведут себя силикагель и активированный уголь. Поэтому использование их как поглотителей CO₂ осложняется необходимостью предварительной осушки воздуха. Этого недостатка лишены поглотители на основе крупнопористых носителей, модифицированных аминами.

В ОАО «Корпорация «Росхимзащита» был разработан поглотитель (ХАК), обладающий высокой емкостью по CO₂ в присутствии паров воды. ХАК был получен пропиткой носителя раствором МЭЭДА. Недостатком ХАКа является снижение сорбционной емкости в циклах до постоянной величины 9–10 л/кг.

Представлялось целесообразным произвести прививку органосиланов, содержащих NH₂-группы, к кремнезему, имеющему на поверхности ОН-группы. Наличие ОН-групп предполагает возможность проведения прививки через силоксановую связь, увеличив этим прочность удержания NH₂-групп в силикагеле, а наличие NH₂-групп возможность полученных аминокремнеземов сорбировать CO₂ [2].

В качестве основы для модифицирования были рассмотрены крупнопористый водостойкий силикагель производства ОАО «Корпорации «Росхимзащита»» и крупнопористый силикагель КСКГ ГОСТ 3956—76. Были определены насыпные плотности основ, изотермы адсорбции паров воды эксикаторным методом, рассчитаны удельные поверхности силикагелей, определен суммарный объем пор по раствороемкости. В качестве носителя был выбран крупнопористый водостойкий силикагель произ-

водства ОАО «Корпорации «Росхимзащита», так как водостойкость КСКГ составила всего 25%, при нагревании он растрескался.

В качестве веществ для модифицирования были взяты: γ -аминопропилтриметоксисилан (силан-1), МЭДА и 3(2-аминоэтил)-аминопропил-триметоксисилан (силан-2). Были измерены динамические активности по диоксиду углерода 5%-ных растворов данных аминсоединений (: раствор МЭДА — 1,1 г/л, γ -аминопропилтриметоксисилана — 0,4 г/л, 3(2-аминоэтил)-аминопропилтриметоксисилана — 0,7 г/л. Выходные кривые были сняты при следующих условиях: входная концентрация CO_2 — 0,8%, объемный расход воздуха — 1,46 л/мин.

Из литературных данных [2] известно, что аминоорганические силиланы могут быть привиты на поверхность кремнезема из водного или толуольного раствора. При использовании толуольного раствора методика прививки заключается в нагревании раствора аминсоединения с носителем при 100 °С в течение 36 ч. При использовании водного раствора смесь с носителем нагревали при 75 °С в течение 30 мин [3]. Избыток раствора и непрореагировавшую часть аминсоединения отмывали дистиллированной водой; образец сушили при 120 °С.

Были проверены поглощательные свойства полученных при использовании водного раствора образцов при сорбции диоксида углерода, результаты приведены в таблице 1. Кроме того, в таблице представлены данные оценки сорбционных свойств образцов, полученных пропиткой носителя растворами указанных аминсоединений.

Таблица 1

Сорбционные свойства аминсиликагелей

№ п/п	Способ обработки	Полная динамическая активность, г/л
1	Прививка 5%-ного р-ра силана-1 (однократная)	0,0
2	Прививка 5%-ного р-ра силана-1 (трехкратная)	2,2
3	Прививка 5%-ного р-ра силана-2	0,7
4	Пропитка 5%-ным р-ром силана-1	0,8
5	Пропитка 10%-ным р-ром силана-1	1,1
6	Пропитка 5%-ным р-ром силана-2	0,8
7	Пропитка 10%-ным р-ром силана-2	2,1
8	Пропитка 5%-ным р-ром МЭДА	5,0
9	Пропитка 10%-ным р-ром МЭДА	10,7

Опыты проводили при следующих условиях: $C_{0,CO_2} = 0.8 \%$;
 $C_{0,H_2O} = (12,5 \pm 1)$ мг/л; $V = 1,46$ л/мин; $L_{\text{слоя}} = 0,06$ м.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что прививка и пропитка не позволили получить высокоактивный сорбент для поглощения CO_2 . Причина этого может заключаться в том, что поверхностные ОН-группы силикагеля одинаково активно взаимодействуют как с ОН-, так и с NH_2 -группами, рассмотренных аминоксоединений (например, силан-1 $(H_5C_2O)_3-Si-(CH_2)_3NH_2$), что могло привести к невозможности их участия в последующем процессе сорбции CO_2 — «выключению». Можно предположить, что избежать этого явления позволит «защита» NH_2 -групп, осуществляемая путем предварительного их взаимодействия с кислотами (соляной, угольной). Проверка этого предположения будет предпринята в дальнейших исследованиях.

Список литературы

1. Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники / Н. В. Кельцев. – М.: Химия, 1967. – 511 с.
2. Модифицированные кремнеземы в сорбции, катализе и хроматографии. / Под ред. Г.В. Лисичкина.— М.: Химия, 1986. — 248 с.
3. Никитин, Ю. С. Синтез и исследование кремнеземных носителей с поверхностью, модифицированной γ -аминопропильными группами / Ю. С. Никитин, О. Н. Ворошилова, А. В. Киселев // Коллоидный журн. – 1980. 42, №2. - С. 223—229.

Дегтярев А. А.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ, ОСЛОЖНЕННОГО РАЗЛОЖЕНИЕМ ЦЕЛЕВОГО ВЕЩЕСТВА

Работа выполнена под руководством д.т.н. Леонтьевой А. И.

*ТГТУ, Кафедра «Химические технологии
органических веществ»*

Для определения технических параметров процесса сушки продуктов органического синтеза (термолабильные) необходимо рассматривать процесс в совокупности с процессом термического разложения целевого вещества количество которого будет определяться из уравнения химической кинетики:

$$dC = k_0 \cdot C^n \cdot \exp\left(\frac{-E_A}{R \cdot T}\right) \cdot dt$$

Где:

k_0 – предэкспоненциальный множитель

n – порядок реакции

E_A – энергия активации

R – универсальная газовая постоянная

C – концентрация целевого вещества

T – его температура

t – время

Задача – интегрировать это уравнение с получением зависимости концентрации от времени или, что гораздо удобнее, от влагосодержания (x), или от пройденного пути(1). Сделаем это на примере прямого движения сушильного агента и материала.

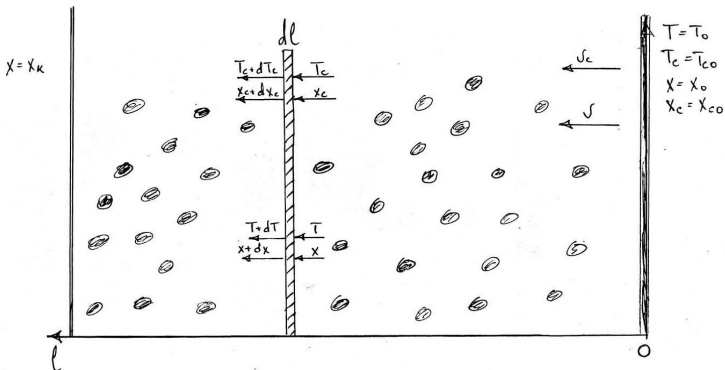


Рис. 1. Схема движения потоков

Примем допущения:

1. Температура по сечению одинакова (т.е. внутри материала и на поверхности).

2. Пренебрегаем продольным теплообменом в сравнении с поперечным (из-за малой движущей силы).

3. Температура материала в первом периоде сушки постоянна

Вводим необходимые величины для проведения замены $d\tau$ на dl и dx :

$v = \partial m / \partial \tau$ – массовый расход материала (кг/с).

$v_c = \partial m_c / \partial \tau$ – массовый расход сушильного агента (кг/с).

$v_l = dl / d\tau$ – скорость передвижения элемента dl (м/с).

dm – масса материала в элементе dl .

$$dm = \rho \cdot dV = \rho \cdot S \cdot dl$$

где ρ – плотность абсолютно сухого материала (кг/м³)

$\rho \cdot S$ – линейная плотность абсолютно сухого материала (кг/м)

Тогда поток материала через dl :

$$\frac{dm}{d\tau} = \frac{\partial m}{\partial \tau} - \rho \cdot S \cdot dl$$

Поток сушильного агента:

$$\frac{dm_c}{d\tau} = \frac{\partial m_c}{\partial \tau} - \rho_c \cdot S_c \cdot dl$$

$\rho_c \cdot S_c$ – линейная плотность абсолютно сухого сушильного агента (кг/м)

Химическую реакцию не учитываем т.к. в итоге мы подбираем условия при которых она незначительна.

Возьмем такое v_1 , что $\partial m / \partial \tau = \rho \cdot S \cdot v_1$, т.е. элемент dl движется вместе с элементом dm , тогда:

$$\frac{dm_c}{d\tau} = \frac{\partial m_c}{\partial \tau} - \frac{\rho_c \cdot S_c}{\rho \cdot S} \cdot \frac{\partial m}{\partial \tau}$$

$$\text{вводим } a = \frac{\rho_c \cdot S_c}{\rho \cdot S}$$

тогда:

$$dm_c = (v_c - a \cdot v) \cdot d\tau$$

Проводя математические преобразования из материального баланса получаем:

$$dx_c = \frac{v_{\text{вл}} \cdot b}{v_c - a \cdot v} \cdot dl$$

$$dx = -\frac{v_{\text{вл}} \cdot b}{v} \cdot dl$$

Где:

x – влагосодержание материала(кг/кг).

x_c – влагосодержание сушильного агента(кг/кг).

$v_{\text{вл}}$ – скорость сушки(кг/(м²·с)).

b – коэффициент пропорциональности.

Из теплового баланса:

$$\begin{aligned} & (c + c_{H_2O} \cdot x) \cdot \rho \cdot S \cdot dl \cdot dT + \\ & + (c_c + c_n \cdot x_c) \cdot (v_c - a \cdot v) \cdot d\tau \cdot dT_c + (r + E) \cdot v_{\text{вл}} \cdot b \cdot dl \cdot d\tau = 0 \end{aligned}$$

Где:

c, c_c, c_n, c_{H_2O} – теплоемкости соответственно материала, сушильного агента, пара и воды.

r – удельная теплота растворения.

E – удельная энергия связи влаги с материалом.

T_c – температура сушильного агента.

Периодом сушки пренебрегаем из-за его не очень высокой температуры (только интегрируя совместно полученные уравнения плюс уравнение теплообмена:

$$dQ = K \cdot (T_c - T) \cdot dF \cdot d\tau$$

находим границы зоны).

Для периода постоянной скорости ($T = \text{const}$):

$$dC = k_0 \cdot C^n \cdot \exp\left(\frac{-E_A}{R \cdot T}\right) \cdot \left(-\frac{v}{v_{\text{вн}} \cdot b \cdot v_l}\right) dx$$

Находим границы зоны аналогично периоду прогрева.

Для второго периода аналитические решения не получаются и поэтому решения дифференциальных уравнений находят путем численного или графического интегрирования.

Далее закрепляем конечные результаты сушки (конечная допустимая влажность) и находим минимум функции $C = f(\text{параметры сушки})$, дифференцируя эту функцию попеременно по одному или нескольким параметрам в диапазоне в котором возможно их изменение в промышленных условиях. Параметры сушки – это: температура, скорость и влажность сушильного агента, скорость подачи материала

Казанский П. А.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЦЕССА УДАЛЕНИЯ
СУЛЬФАТОВ НАТРИЯ И КАЛИЯ ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ
РАСТВОРОВ ПОК МЕТОДОМ ИЗОГИДРИЧЕСКОЙ
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

Работа выполнена под руководством к.х.н., доц. Дьячкова Т. П.

*ТГТУ, Кафедра «Химические технологии
органических веществ»*

Одним из путей решения проблемы удаления водорастворимых примесей из суспензий полупродуктов органических красителей (ПОК) является применение процесса кристаллизации на стадии очистки суспензий.

В производстве ПОК растворы суспензий содержат значительное число всевозможных примесей, которые оказывают влияние на ход процесса. Так суспензия Гамма – кислоты имеет следующий состав, представленный в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Концентрация компонентов в растворе суспензии ПОК
(на примере Гамма – кислоты)**

№	Содержание компонентов в растворе суспензии (г/л)					
	Na ₂ SO ₄	K ₂ SO ₄	H ₂ SO ₄	Гамма-кислота растворенная	Неорганич еские примеси	Гамма- кислота нераств.
1	140	20	40	4,6	12	67
	180					
	240					
2	140	20	40	7		
	180					
	240					
3	140	20	60	4,6		
	180					
	240					
4	140	20	60	7		
	180					
	240					
5	140	40	40	4,6		
	180					
	240					
6	140	40	40	7		
	180					
	240					

7	140	40	60	4,6		
	180					
	240					
8	140	40	60	7		
	180					
	240					

Основными примесями в суспензиях ПОК являются растворенные сульфаты натрия и калия, удаление которых предложено было проводить методом изогидрической кристаллизации.

Для прогнозирования кинетических характеристик процесса кристаллизации сульфатов калия и натрия, необходимо было определить значения равновесных величин растворимости этих соединений в многокомпонентных растворах.

Определение равновесных значений растворимости солей натрия и калия в многокомпонентных растворах суспензий ПОК проводилось экспериментально. Схема установки представлена на рис. 1 Результаты определения влияния концентрации серной и Гамма-кислот на растворимость сульфата натрия представлены на рис. 2 а,б, для сульфата калия на рис. 2 в,г. .

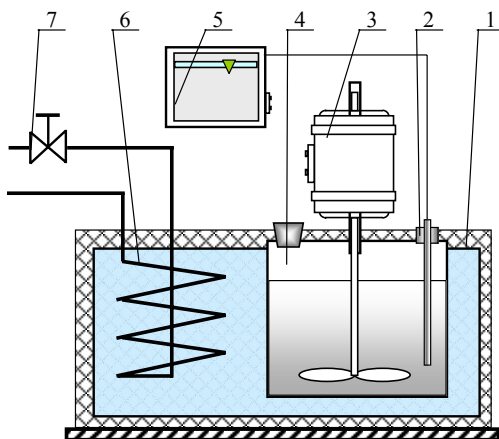
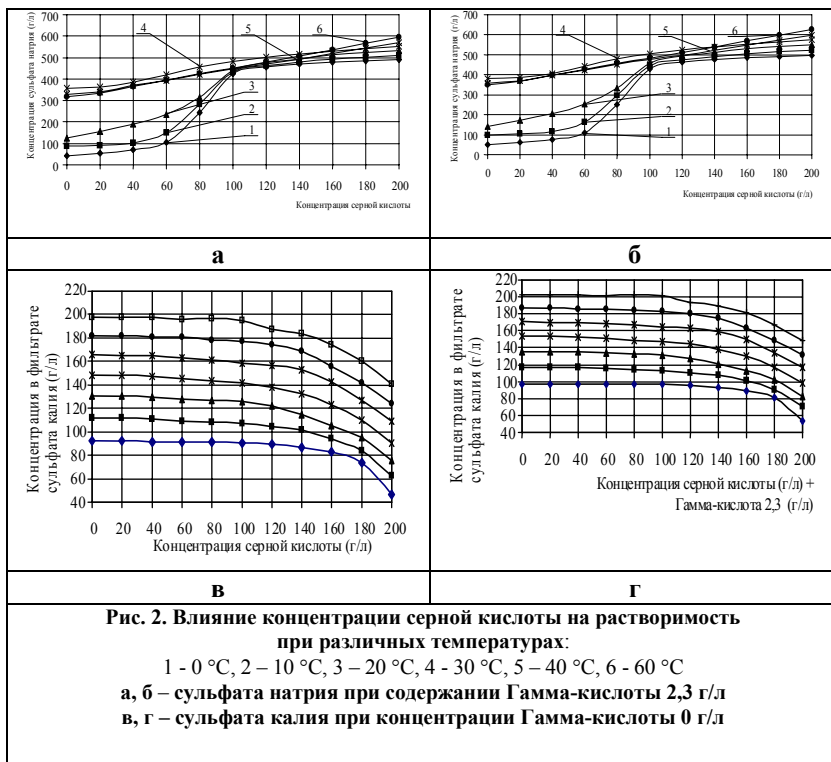


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования кинетики процесса кристаллизации Na_2SO_4 из многокомпонентного раствора суспензии Гамма-кислоты:

1 – рубашка охлаждения с термоизоляцией; 2 – термоизмерительный элемент; 3 – перемешивающее устройство; 4 – кристаллизационная емкость; 5 – записывающий прибор КСП-4; 6 – змеевик; 7 – регулировочный вентиль



С увеличением температуры при концентрациях серной кислоты 0÷80 г/л (рис. 2 а, б), растворимость сульфата натрия увеличивается. Повышение температуры с 30 до 60 °С практически не оказывает влияния на растворимость Na_2SO_4 . Влияние температуры на растворимость сульфата натрия в диапазоне концентраций 80÷100 г/л менее заметно, чем при концентрациях 0÷80 г/л. Это подтверждает, что на растворимость Na_2SO_4 прежде всего оказывает влияние серная кислота (при концентрациях более 80 г/л), которая, является хорошим растворителем для электролитов. Присутствие Гамма-кислоты в растворе увеличивает равновесную концентрацию сульфата натрия. В молекуле Гамма-кислоты имеется сульфогруппа, поэтому увеличение растворимости сульфата натрия в этом случае можно объяснить проявлением ею гидротропных свойств. Гидротропный эффект объясняется тем, что растворителем является не только вода но и гидратированные молекулы гидротропного вещества.

Зависимости (рис. 2 в, г), характеризующие влияние Гамма-кислоты и серной кислоты на равновесную растворимость сульфатов калия пока-

зали что, при увеличении температуры при концентрации серной кислоты от 0 до 200 г/л растворимость сульфата калия увеличивается, это наблюдается для всего диапазона температур 0÷60 °С при концентрации Гамма-кислоты 0÷7 г/л. Изменение концентрации серной кислоты в растворе от 0 до 100 г/л не оказывает существенного влияния на растворимость сульфата калия. Повышение концентрации серной кислоты от 100 до 200 г/л приводит к снижению равновесной растворимости сульфата калия в растворе. Увеличение концентрации Гамма-кислоты от 0 до 7 г/л повышает равновесную растворимость сульфата калия для всего диапазона исследованных температур и концентраций серной кислоты. Повышение равновесной растворимости для сульфата калия при увеличении концентрации Гамма-кислоты объясняется также наличием гидротропного эффекта. Понижение равновесной растворимости сульфата калия при концентрации серной кислоты более 100 г/л является следствием того, что при диссоциации серной кислоты и сульфата калия образуется одноименный ион сульфатной группы, а так как скорость диссоциации серной кислоты на ионы гораздо выше чем у сульфата калия, то явление равновесия по сульфат ионам в растворе наступает сначала с ионами серной кислоты.

На основе полученных экспериментальных данных для описания процесса изогидрической кристаллизации многокомпонентного раствора суспензии ПОК (на примере суспензии Гамма-кислоты) были получены эмпирические зависимости, описывающие изменение равновесной концентрации компонента в растворе в зависимости от температуры и концентрации примесей (серной и Гамма-кислот).

Калашиников А. Н., Щекочихин С. С.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРАЦИИ БЕЛОФОРА ОБ-ЖИДКОГО МЕТОДОМ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ

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

ТГТУ, Кафедра «Химические технологии органических веществ»

В настоящее время потребление белогофора ОБ составляет 21% российского рынка, продукт не экспортируется. Это связано с проникновением на Российский рынок иностранных производителей оптических отбеливателей, чей товар по качественным и другим показателям более удобен для потребителя.

Для повышения конкурентоспособности белогофора ОБ на российском и мировом рынках необходимо решить ряд вопросов по улучшению качества, созданию новых выпускных форм и т.п. Одной из важнейших стадий получения белогофора является стадия кристаллизации кислоты белогофора с последующим фильтрованием. Целью данного исследования является изучение возможности снижения энергозатрат на стадии кристаллизации.

Согласно методу, предложенному Firmой Хилтон-Девис в действующем производстве, белыйфор ОБ-жидкий получают последовательным взаимодействием хлористого цианура на 1-й стадии с Na-солью 4-аминобензол сульфокислоты при 0-5°C и pH 6,3-6,8, на 2-й стадии с суспензией ДС-кислоты при 5-60 С и pH 7,3-7,8, выделением полученного промежуточного дихлорзамещенного продукта (ДХЗ) посредством длительного упаривания и взаимодействием полученного ДХЗ с диэтанолламином. Продукт выделяют в виде водного раствора ди-натрий-ди-калийевой соли с добавлением мочевины. Низкий выход продукта (58%) и значительные энергозатраты при упаривании ДХЗ приводят к высокой себестоимости белогофора.

Известно, что в сильно кислой среде при нагревании, например при кипячении в концентрированной уксусной кислоте, цианурхлорид полностью гидролизуеться до циануровой кислоты. При этом не удается выделить продукты моно- и ди- замещения, то есть процесс гидролиза в сильно-кислой среде не ступенчатый.

В то же время, предварительное добавление к водно-ацетоновой суспензии цианурхлорида соляной кислоты замедляет начальную ступень гидролиза. В отличие от кислого гидролиза, в присутствии щелочи процесс проходит ступенчато.

Таким образом, возможность образования побочных соединений оксизамещенных цианурхлорида, существует как в кислой, так и в щелочной среде. Следовательно, проведение процесса в слабощелочной среде, как это осуществляется на действующем производстве, нельзя считать предпочтительным.

Также известно, что промежуточный продукт ДХЗ можно выделить после 2-3-х часовой выдержки при 50-60°C высаливанием до содержания соли 14%, ДХЗ выпадающий при этом в осадок отфильтровывать.

В этой связи, представляется целесообразным проверить возможность проведения 1-й и 2-й стадий получения белофора ОБ в слабо кислой среде (рН 4-5). Проведение процесса в указанных условиях позволит исключить из состава сырья динатрийфосфат, применяющийся в качестве буфера для поддержания слабо-щелочной среды на 1-ой стадии, и следовательно, уменьшить количество минеральных солей в готовом продукте.

Как уже отмечалось, применяемый в действующем производстве способ выделения ДХЗ в результате длительной упарки, требует больших энергозатрат, что приводит к значительному увеличению себестоимости готового продукта. В то же время, процесс выделения ДХЗ представляется целесообразным с точки зрения качества готового продукта, так как при фильтрации отделяются побочные продукты и неорганические соли. Возможно, тот же эффект может быть достигнут при выделении и фильтрации кислоты.

Таким образом, для повышения выхода и снижения энергетических затрат был предложен и апробирован следующий метод получения белофора : провести 1-е и 2-е ацилирование в условиях действующего регламента, но без упарки и фильтрации ДХЗ и перевести ее в выпускную форму готового продукта.

Согласно этого, была проведена серия опытов получения белофора ОБ без упаривания ДХЗ с выделением кислой формы белофора.

По результатам анализа опытных наработок на действующем оборудовании было установлено, что предложенный способ получения белофора ОБ-жидкого обеспечивает снижение энергозатрат на 50% и повышение выхода на 5-10%, что соответствует снижению себестоимости на 7-10% и обеспечивает улучшение качества продукта за счет снижения содержания примесей на 1,5%.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ПРИ ЦИКЛИЧНО-ИМПУЛЬСНОМ ОТВОДЕ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В СУШИЛКАХ СВЛ НА ПРИМЕРЕ СУШКИ АЗОПИГМЕНТОВ

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

ГТУ, Кафедра «Химические технологии
органических веществ»

Самым распространенным и массовым производством в химической промышленности тонкого органического синтеза является производство азокрасителей и азокрасителей.

Технологическая схема производства на стадии сушки готового продукта предусматривает использование вальцеленточной сушилки (СВЛ). Однако, данная сушилка, предназначенная для работы в непрерывном режиме, не обеспечивает необходимую производительность с заданной конечной влажностью продукта. Для разработки технических решений по интенсификации процесса сушки азокрасителей ВКС, ВКС/2 было проведено обследование существующего технологического процесса работы СВЛ в непрерывном режиме рис. 1

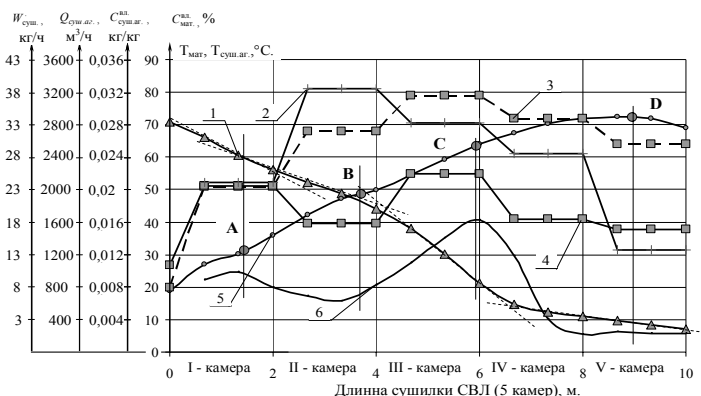


Рис. 1. Кинетика сушки пигмента ВКС/2 на СВЛ со стандартным воздухоперетоком:
1- влажность материала; 2 – расход сушильного агента; 3 – температура сушильного агента; 4- влажность сушильного агента; 5 - температура материала;
5 - скорость удаления влаги

По результатам анализа полученных данных были сделаны следующие выводы и приняты следующие решения:

1. По сравнению с проектными данными НИИОПиК [Тех Рачет СВЛ] сушильный агент в СВЛ используется неэффективно (кривая 4, рисунок 1): по камере 1 на 59%, по камере 2 на 43%, по камере 3 на 66%, по камере 4 на 71%, по камере 5 на 84%.

2. Применяя «Единую кинетическую классификацию» В.И. Коновалова, приведенные на рисунке 1 температурно-влажностные зависимости для пигмента ВКС/2 можно отнести к 5 кинетическому типу. Для материалов данного кинетического типа характерно быстрое коркообразование и дальнейшее удаление влаги затруднено образовавшимся плотным поверхностным слоем сухого материала.

3. Для интенсификации процесса сушки необходимо поднять температуру по камерам до максимально допустимой температуры сушки пигментов ВКС, ВКС/2, (рисунок 1, кривая 3) [регламент ВКС].

4. Анализируя кривую скорости процесса можно констатировать, что скорость удаления влаги во второй камере падает на 20% по отношению к 1 камере (камера работает не эффективно), а далее возрастает в третьей камере на 47%, и в 4, 5 камере убывает.

5. Отрезок АВ на кривой температуры сушильного агента соответствует снижению скорости удаления влаги (кривые 2, 6 рисунок 1), это явление может быть объяснено образованием поверхностной корки препятствующей дальнейшему удалению влаги. Тогда отрезок АВ на кривой 5 соответствующий повышению температуры материала с 30 до 49 °С и удалению 12% влаги, характеризует процессы накопления энергии в материале необходимой для преодоления образовавшейся корки и удаления влаги с поверхностных слоев материала (увеличение толщины корки), скорость удаления на этом отрезке снижается. Дальнейшее увеличение температуры с 49 до 64 °С (отрезок ВС) приводит к разрушению поверхностной корки образовавшееся парожидкостной смесью в капиллярах материала, на этом отрезке удаляется 26% влаги, при этом скорость удаления влаги в точке В увеличивается до 9,5 кг/ч и в дальнейшем возрастает до 18,7 кг/ч (в точке С). Отрезок CD характеризует удаление адсорбционно и молекулярно связанной влаги, а за тем наступает период постоянной скорости удаления влаги, изменение температуры слоя незначительное 8°С.

Для повышения эффективности использования сушильного агента был предложен циклично-импульсный способ отвода отработанного сушильного агента из СВЛ. Суть, которого заключается в импульсном, прерывном режиме отвода отработанного воздуха.

Определение времени цикла отвода сушильного агента и времени цикла интенсивного теплообмена между сушильным агентом и

материалом осуществлялось следующим образом останавливался вытяжной вентилятор СВЛ, при непрерывной работе рециркуляционных вентиляторов (цикл интенсивного теплообмена). Оптимальное время этого цикла определялось по достижению “квазистационарного” режима по влажности воздуха и температуре отработанного сушильного агента. Далее включается вытяжной вентилятор (цикл отвода отработанного сушильного агента), оптимальное время этого цикла аналогично вышеописанному.

Экспериментальные данные исследований кинетики сушки пигмента ВКС/2 на СВЛ с циклично-импульсным режимом представлен на рисунке 2.

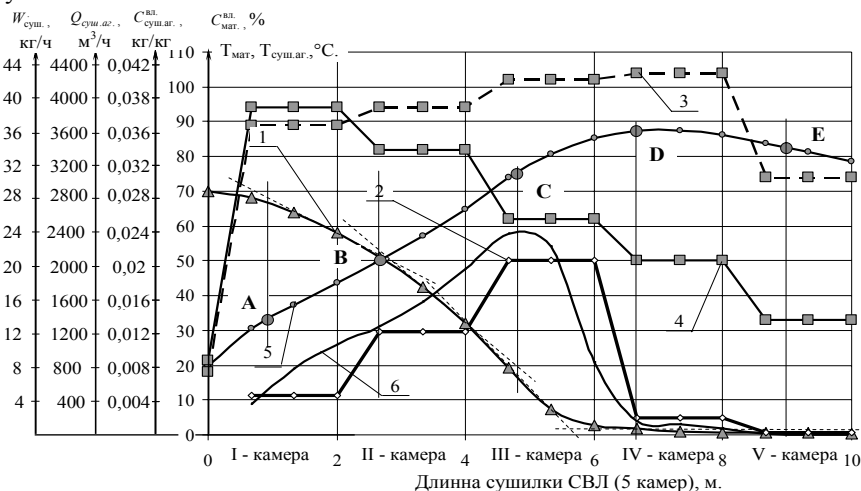


Рис. 2. Кинетика сушки пигмента ВКС/2 на СВЛ с циклично-импульсным режимом отвода сушильного агента:

1- влажность материала; 2 – расход сушильного агента; 3 – температура сушильного агента; 4- влажность сушильного агента; 5 - температура материала; 5 - скорость удаления влаги

Применение циклично-импульсного режима позволило повысить температуру сушильного агента в первой камере на 16°C, во второй снизилась на 6°C, в третьей выросла на 7°C, в четвертой выросла на 16°C, а в пятой температурный режим не изменился.

Анализ данных представленных на рисунке 2 позволяет определить длительность цикла: продолжительность отвода сушильного агента 4 минуты, продолжительность остановки 7 минут.

Для обеспечения циклично-импульсного режима отвода сушильного агента была предложена система регулирования расходов пара, и су-

сушильного агента по его влагосодержанию в самой напряженной по влаге камере – второй.

Температура во второй камере сушилки поддерживается регулируемой расхода пара в калорифере. Влагосодержание сушильного агента контролируется по температуре. Процесс сушки переходит в автоматический режим, когда система сама задает расход сушильного агента и греющего пара в зависимости от влагосодержания воздуха на выходе из камеры.

Коленченко А. А., Сергеев П. Н.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ОТМЫВКИ ПАСТ ТОНКОДИСПЕРСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ФИЛЬТРУЮЩИХ ПЕРЕГОРОДКАХ

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

*ГТУ, кафедра «Химические технологии
органических веществ»*

Состав (концентрация целевого продукта и примесей) полупродуктов органических красителей в значительной степени определяют качество товарного продукта. Основными примесями являются хлориды и сульфаты калия и натрия, а также серная и соляная кислота, которые снижают качество продукта. Эти примеси являются водорастворимыми. Их можно удалить промывкой

Существует несколько режимов проведения процесса промывки осадка на фильтровальном оборудовании: промывка – продувка, циклическая подача промывной жидкости и воздуха и циклическая подача промывной жидкости и воздуха, с отключением технологических потоков.

Для выявления наилучшего из режимов промывки осадка, провели ряд экспериментов на модели рамного фильтрпресса. Экспериментальная установка показана на рисунке 1.

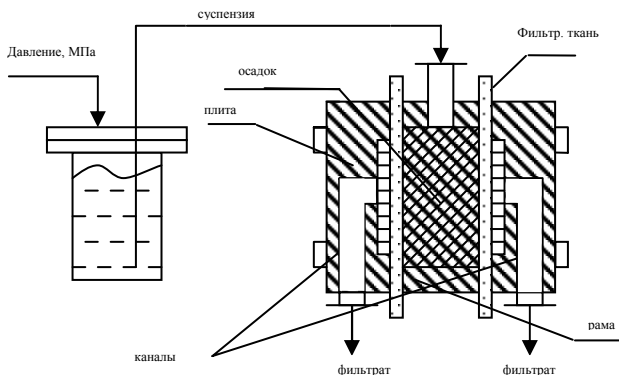


Рис. 1. Схема эскизной установки

Экспериментальные исследования проводились на установке состоящей из цилиндрической емкости для суспензии, с герметично закрывающейся крышкой. Суспензия под давлением $1,6 \cdot 10^5$ - $1,8 \cdot 10^5$ па

подается в элемент рамного фильтра - пресса, который состоит из двух плит и рамы, с фильтровальной тканью.

Сформировавшийся осадок, подвергался промывке и продувке, по следующим длительностям циклов: промывка - 40 минут, продувка - 5 минут.

Качество отмывки оценивалось по количеству солей в фильтрате и осадке (отбор проб производился, с последующим их анализом в центральной лаборатории ОАО "Пигмент").

В настоящее время в технологии производства красителей применяют непрерывный режим промывки осадка на фильтрующих перегородках (рис. 2). Процесс отмывки тонкодисперсного осадка на фильтрующей перегородке мало эффективен, так как связан с большим расходом воды и энерго - ресурсов.

Предлагаемый метод циклической подачи промывной жидкости и воздуха (рис. 3), позволяет снизить количество водопотребления, что в свою очередь приводит к снижению потребления электроэнергии.

Проанализируем результаты по отмывке: желтого, красного и рубинового красителей.

При непрерывной отмывке паст красителей желтого, красного и рубинового были получены результаты представленные на рисунке 2 из которых видно, что даже при значительном расходе промывной жидкости добиться желаемого качества продукта (низкое содержание примесей) проблематично.

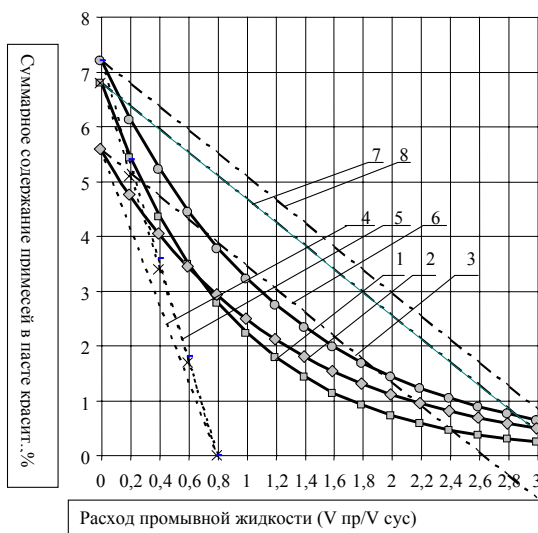


Рис. 2:

- 1 – промывка желтого красителя; 2 – промывка красного красителя;
 3 – промывка рубинового красителя;
 4, 5, 6, 7, 8 – кривые соответствующие полному перемешиванию жидкой фазы и промывной жидкости
 в процессе промывки, соответственно желтого, красного и рубинового красителя

Результаты по исследованию циклично - импульсного режима представлены на рисунке 3, из анализа которых можно сделать следующие выводы: использование циклического режима отмывки тонкодисперсных осадков на фильтровальной перегородке, позволяет получить продукт с низким содержанием водорастворимых примесей, при отношении объема промывной жидкости $V_{пр.}$ к объему фильтрующей суспензии $V_{сус.}$, при значениях в три раза меньших, чем при непрерывном режиме отмывки.

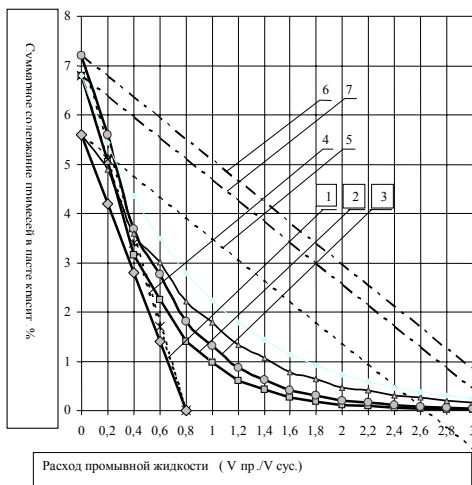


Рис. 2:

- 1 – промывка желтого красителя; 2 – промывка красного красителя;
 3 – промывка рубинового красителя.
 4, 5, 6, 7 – кривые соответствующие полному перемешиванию жидкой фазы и промывной жидкости
 в процессе промывки, соответственно желтого, красного и рубинового красителя

Как видно из выше рассмотренных рисунков циклической подачи промывной жидкости более эффективна, так как обеспечивает высокую чистоту продукта и позволяет уменьшить расход промывной жидкости на процесс.

Поздников А. А.

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ МЕТАЛЛУГЛЕРОДНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ СИНТЕЗА МОНОМЕТИЛАНИЛИНА

Работа выполнена под руководством к.т.н., проф. Ткачева А. Г.

*ГГТУ, Кафедра «Техника и технологии
машиностроительных производств»*

Целью данной работы является определение методов получения катализатора для синтеза монометиланилина с использованием носителей на основе углеродного наноматериала “Таунит”.

Соотношение цены и качества высокооктанового бензина является актуальной проблемой.

Октановое число (ОЧ) отвечает за степень стабильности молекул бензина к детонации. Наиболее опасным последствием детонации может быть повреждение и разрушение деталей двигателя – поршней, поршневых колец, выпускных клапанов и т.д.

В настоящее время получение высокооктанового бензина из нефти достигается методом - каталитического риформинга, но данная технология не рентабельна (доля в общем балансе высокооктановых топлив не более 50%) . При производстве бензина менее сложными и более дешевыми методами - каталитический крекинг, гидрокрекинг (ОЧ 82-85), для повышения ОЧ необходимо присутствие различного рода присадок и добавок.

Наиболее стабильной и высокооктановой добавкой является монометиланилин (ММА), чье октановое число равняется 280. Увеличение ОЧ происходит в результате смешения базового бензина и ММА.

Основной задачей является снижение себестоимости и трудоемкости в производстве ММА за счет увеличения межрегенерационного периода работы катализатора.

Были исследованы следующие катализаторы (Рис.1):

- 1) катализатор К-99 (на основе носителя В-3);
- 2) катализатор на основе носителя из углеродного наноматериала (УНМ);
- 3) катализатор на основе носителя В-3 и УНМ.

Отличие носителей из УНМ от традиционных носителей низким содержанием минеральных примесей, что особенно важно при приготовлении каталитических систем. К числу их достоинств относятся также

устойчивость к кислой и основной среде, стабильность при высоких температурах, возможность управления пористой структурой.

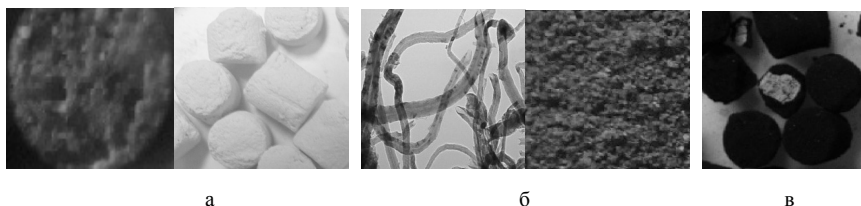


Рис. 1. Исследуемые катализаторы:
а) К-99; б) Катализатор на УНМ; в) Катализатор на В-3 с УНМ

Катализаторы, содержащие по 10-11% меди и 1,8-2,0% марганца, готовили пропиткой раствором солей Cu и Mn с добавлением солей железа, хрома, кобальта с последующей прокалкой в муфельной печи до 400°C и выдержкой 4 часа.

Испытания проводились на лабораторной установке по производству MMA (Рис.2) .

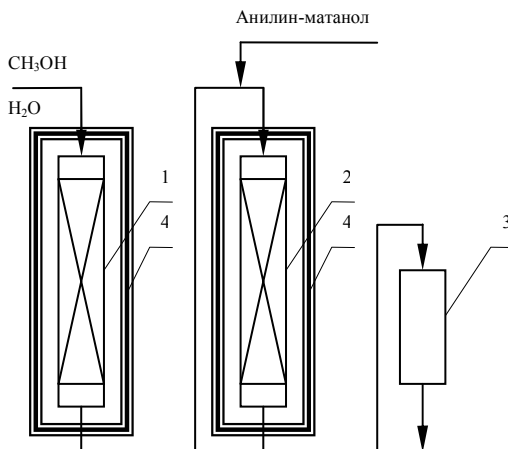


Рис. 2. Схема лабораторной установки:
1- испаритель; 2-контактный реактор; 3-холодильник;
4-термостаты.

В реактор загружали 48 г (80см³) гранулированного катализатора. Восстановление в течение 2 часов, скорость подачи газов 36 л/ч.

Испытания проводились в течение 20 часов на смеси анилин : метанол = 1: 1,5 моля, скорость подачи 0,6 см³/мин. (Табл.1)

Т а б л и ц а 1

Результаты испытаний

Катализатор	Время, час	Температура в алкираторе, T=±2°C	Содержание в органической фазе, %			
			Анилин	ММА	ДМА	Вода + метанол
На УНМ	4	231,6	46,7	29,9	следы	23,4
	8	232,3	48,9	26,8	следы	24,3
	12	232,1	49,8	23,7	следы	26,5
	16	235,9	44,5	33,8	следы	21,7
	20	236	45,5	32,5	следы	22,0

В результате проведенных испытаний оказалось, что катализатор на носителе из УНМ менее эффективен при синтезе ММА, чем катализатор на носителе В-3. Катализатор на носителе В-3 и УНМ неактивен вследствие блокирования пор носителя В-3 частицами УНМ (ультрадисперсная среда). Но в связи со свойствами, которыми обладают УНМ, полученный результат говорит о необходимости дальнейших исследований в данном направлении.

Использование носителей из УНМ является перспективной технологией для повышении показателей качества высокооктановых добавок, модификаторов трения, стабилизаторов, моющих добавок, антикоррозионных и приработочных присадок.

Список литературы

1. Ряшенцева М.А., Егорова Е.В., Трусов А.И., Нугманов Е.Р., Антонюк С.Н. Успехи химии, 75 (11), 1119 (2006)
2. Барнаков Ч.Н., Исмагилов З.Р., Керженцев М.А., Козлов А.П., Сеит-Аблаева С.К. В кн. Тезисы докладов 4-ой Международной конференции «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология». Москва, 2005. с. 23
3. Аношкин И.В., Базыкина О.С., Блинов С.Н., Иванов И.Г., Ракова Е.В., Гаврилов Ю.В., Раков Э.Г. В кн. Тезисы докладов 4-ой Международной конференции «Углерод: фундаментальные проблемы науки, материаловедение, технология». Москва, 2005. с. 49

Попов А. Е., Нефедов В. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ БЕЛОФОРА В РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШИЛКЕ

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

*ТГТУ, Кафедра «Химические технологии
органических веществ»*

На существующих производствах процессы, связанные с получением выпускной формы оптических отбеливающих веществ, могут быть организованы по трем вариантам: 1) сушка пасты на вакуум-гребковой сушилке, упаковка порошка; 2) сушка пасты на пневмосушилке с одновременным размолотом, упаковка; 3) разбавление пасты белофора до получения подвижной суспензии, сушка суспензии на распылительной сушилке, упаковка порошка.

Все три существующих варианта позволяют получить сухой продукт, однако имеют ряд существенных недостатков.

Сушка продукта на вакуум-гребковых сушилках сопряжена со значительными удельными энергозатратами на проведение процесса, получаемый продукт имеет крайне неоднородный тонкодисперсный состав. Продукт слеживается, пылит, обладает плохой сыпучестью.

Получение выпускной формы на пневмосушилке с предварительным размолотом дает продукт также неоднородный по дисперсному составу, с присущими ему недостатками.

Высушивание продукта на распылительной сушилке позволяет получить продукт, наиболее полно отвечающий существующим требованиям. Однако, плохая сыпучесть и пыление, все же снижают качество продукта.

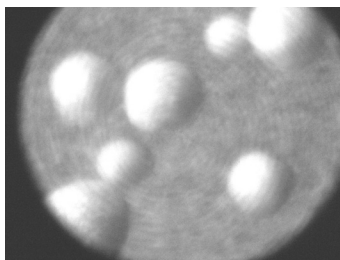


Рис. 1. Фотография белофора КД-2(кратность увеличения 45) ОАО «Пигмент»

В результате проведенного обзора литературы было установлено, что информация по технологии получения микрогранулированных продуктов органического синтеза довольно скудна и практически ограничивается либо единичными отчетами, либо ссылками упоминательного характера.

В патентной литературе также отсутствуют данные о способах получения и свойствах пористых микрогранулированных отбеливателей. Это не случайно, так как наличие такой структуры у гранулы отбеливателя придает ей очевидные преимущества. Они выражаются в следующем:

- испарение влаги при сушке возможно происходит в порах микрогранулы, что интенсифицирует процесс. Продукт получается легко сыпучим и практически не пылящим;
- гранула имеет большую внутреннюю поверхность и при попадании в воду, за счет проявления капиллярных сил обладает повышенной диспергируемостью.

В производстве порошкообразных оптических отбеливателей необходимо получить именно микрогранулированную форму порошка, что обусловлено легкостью его применения как составной части в производствах СМС, на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности и др.

Решение проблемы получения хорошо сыпучего однородного, неплящего порошка (микрогранул) на распылительной сушилке возможно несколькими путями.

1. Размеры гранул растут с увеличением объема капли распыливаемого исходного раствора. Что достигается регулированием окружной скорости диска или подбором соответствующего диска. Изменить какие либо физико-механические свойства распыливаемой среды путем изменения состава, концентрации или введением каких-либо добавок в значительных количествах часто не представляется возможным.

При снижении частоты вращения диска относительно величины подобранной для данного продукта по условию однородности гранулометрического состава может привести к уменьшению последней [1-3] и получению большой доли мелкого продукта. Поэтому разработка данного направления не имеет практической ценности.

2. Уменьшение насыпного веса сухого продукта при одновременном увеличении размера частиц можно получить двумя путями:

а) Доработка конструкции сушилки или подбор таких технологических параметров сушки, при которых возможно получение частиц шаровидной формы или частиц полых внутри [1,2]

б) Добавка в исходный раствор вещества (например, порофора), выделяющего в процессе сушки (при термическом воздействии) некоторое

количество газов, формирующего внутреннюю микропористую структуру и снижающего объемный вес сухого порошка.

Было предложено и реализовано изменение существующей конструкции распылительной сушилки с внедрением контура рецикла по мелкой фракции. Принципиальное отличие заключается в том, что пылевоздушная смесь мелкодисперсного белафора подается на пневматический распылитель, который обеспечивает смешение данной смеси с суспензией белафора.

Благодаря внесенным изменениям был получен микрогранулированный порошок (размеры частиц от 350 до 400 мкм) с внутренней пористой структурой, что позволило исключить недостатки, присущие продукту, высушенному на распылительной сушилке по традиционной технологии.



Рис. 2. Фотография белафора КД-2 микрогранулированного (кратность увеличения 45) ОАО «Пигмент»

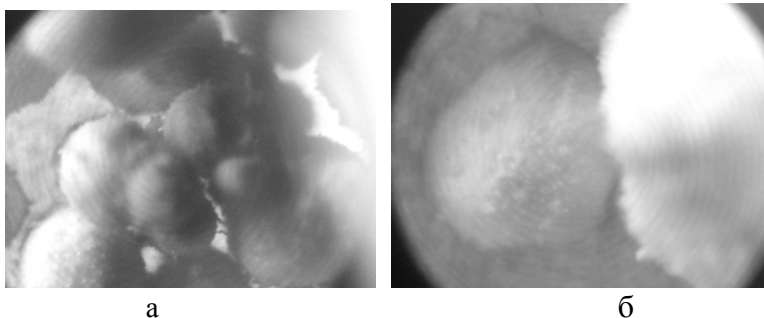


Рис. 3. Фотографии белафора китайского(а) и израильского(б) производств

Список литературы

1. Лыков М.В., Леончик Б.И. Распылительные сушилки. - М.: Машиностроение, 1966. - 331 с.
2. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Оптимизация процессов распылительной сушки. - Киев.: Наукова Думка, 1984. - 240 с
3. Шапиро С.И. Исследования условий центробежного распыления суспензий при сушке высокодисперсных красителей. Автореф. дисс. канд. техн. наук. - Л.: ЛТИ им. Ленсовета, 1962. - 16 с.

Машины и аппараты химических производств

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

Воробьева Ю. В.

О СВОЙСТВАХ ПЫЛЕЙ ПОЛУЧАЮЩИХСЯ ПРИ СУШКЕ КРАСИТЕЛЕЙ НА ИНЕРТЕ В АППАРАТАХ КИПЯЩЕГО СЛОЯ

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

ТГТУ, Кафедра «Химическая инженерия»

При производстве красителей на стадии сушки на инерте в аппаратах кипящего слоя готовый продукт должен уноситься из аппарата потоком отработанного сушильного агента. Продукт представляет собой мелкодисперсную твердую фазу с определенным фракционным составом. В этом случае **важнейшей задачей** является обеспечение максимально возможного сбора готового продукта (т.е. максимизация степени очистки, а в пределе вообще недопустимость попадания твердой фазы продукта в окружающую среду), т.е. выбор эффективного пылеулавливающего оборудования.

В зависимости от физико-химических свойств продукта и фракционного состава, а также от требуемой степени очистки в промышленности применяют различные **способы** пылеулавливания: механические, физико-химические, химические, термические. В основном способ очистки зависит от предельно допустимых концентраций продукта, находящихся в газовых выбросах в окружающую среду. При этом возможны различные комбинации способов пылеулавливания для достижения заданной цели. Классификация основных способов пылеочистки применяемых в промышленности приведена на рис.1.

Рассмотрим **основные характеристики пылей** получающихся в результате производства порошковых красителей после стадии сушки в аппаратах кипящего слоя на инерте.

Химический состав пыли определяется характером производства и технологическими условиями формирования частиц. По химическому составу пыли судят о ее токсичности и коррозионной активности.

Плотность пыли (монолита и насыпная) играет значительную роль в эффективности работы газоочистительной аппаратуры. Более плотные частицы лучше улавливаются из газового потока при прочих равных условиях. При исследовании нами частиц синего пищевого красителя насыпная плотность изменялась от 803 до 938 кг/м³.

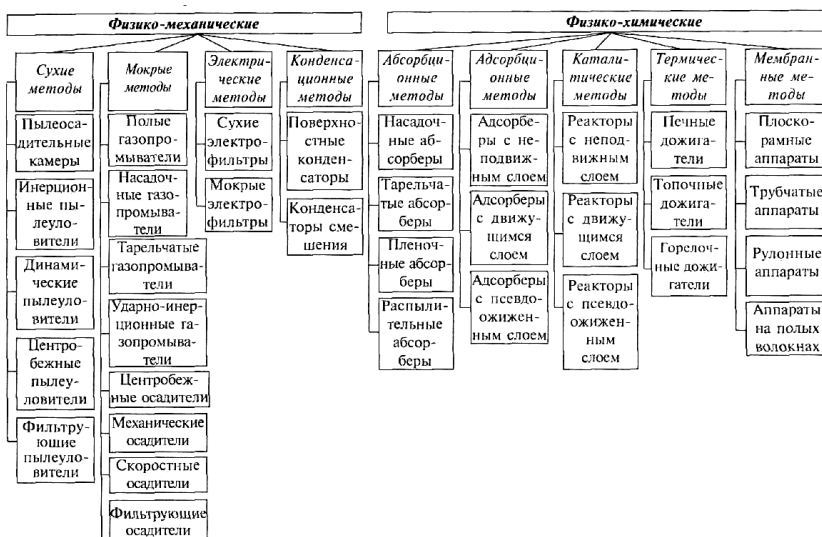


Рис. 1. Классификация основных способов пылеулавливания

Угол естественного откоса пыли (угол между образующей и основанием свободно сформированного конуса сыпучего материала) оказывает существенное влияние на выбор бункеров аппаратов газоочистки.

Смачиваемость частиц пыли характеризуется способностью смачиваться жидкостями. Чем меньше размер частиц, тем меньше их способность к смачиванию. Гладкие частицы смачиваются лучше, чем частицы с неровной поверхностью. Эта величина оказывает существенное влияние на работу мокрых пылеуловителей. Однако в случае получения красителя в виде порошка после стадии сушки применение подобных мето-

дов может быть рекомендовано только в случае неприемлемости попадания частиц красителя в окружающую среду (токсичность, крайняя дороговизна продукта и т.п.), т.к. обезвоживание или утилизация слабоконцентрированного раствора красителя является дорогой и энергоемкой задачей.

Удельное электрическое сопротивление пыли. Зависит от поверхностной и внутренней электропроводности, формы и размеров частиц, а также от структуры слоя и параметров газового потока. Оказывает существенное влияние на работу электрофильтров, т.к. в этих аппаратах хорошо улавливаются пыли с удельным сопротивлением $10^4 \div 10^{10}$ Ом·см.

Форма и структура частиц. Пыль может состоять из частиц различной формы: от частиц имеющих каноническую форму (шар, куб, цилиндр, тетраэдр и т.д.), до частиц неправильной формы. Поэтому на практике вводят понятие эквивалентного диаметра. Частицы красителя уносимые из сушилки имеют широкий фракционный состав. Максимальный эквивалентный диаметр частиц пылей красителей достигает 0.1 мм. Минимальный эквивалентный диаметр частиц пылей красителей достигает $8 \div 2$ мкм. Для оценки формы материалов обычно используют следующую обобщенную классификацию: округлые без резких выступов, округлые с резкими выступами, угловатые, пластинчатые, волокнистые. Частицы неправильной формы хуже улавливаются в пылеулавливающем оборудовании. При сушке во взвешенном слое на инерте происходит скол высушенного продукта с поверхности инерта, взаимодействие полученных частиц высушенного продукта с частицами инерта, друг с другом и со стенками аппарата. Интенсивность этого взаимодействия в аппарате зависит от расхода высушиваемого продукта, расхода сушильного агента, формы, материала и размеров частиц инерта. Чем выше интенсивность такого взаимодействия тем ближе форма частиц уносимых из сушилки к округлым без резких выступов. Однако вследствие того, что среднее время пребывания частиц высушенного продукта в аппарате невелико (т.к. длительное воздействие высокотемпературного теплоносителя отрицательно сказывается на качестве готового продукта), то на выходе из сушилки в основном наблюдаются частицы угловатые и округлые с резкими выступами. Для частиц синего пищевого красителя получен следующий фракционный состав: 0,03 мм – 7%, 0,01 мм – 40%, 0,005 мм – 40%, 0,001 мм – 13%. Форма частиц угловатая.

Токсичность пыли зависит от химического состава пыли и тем выше чем меньше диаметр частиц пыли, т.к. мелкие частицы обладают большей способностью к проникновению вместе с воздухом в органы дыхания человека.

Адгезионные свойства пыли определяют склонность частиц к налипанию на поверхности оборудования и коагуляции частиц пыли. Коа-

гуляция частиц пыли улучшает ее задерживаемость в пылеулавливающем оборудовании, но как правило ухудшают качество готового продукта. По классификации большинство пылей красителей относятся к среднеслипающимся (плотность на разрыв 300-600 Па).

Список литературы

1. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. Химия, 1978, 258 с.
2. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т1. Калуга, 2003, 914 с.

Редин Д. Ю., Горбачев А. С.

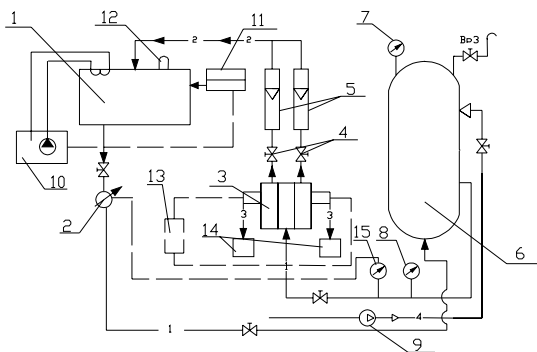
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА КОЭФФИЦИЕНТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

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

*ГГТУ, Кафедра «Машины и аппараты химических производств»,
Кафедра «Прикладная геометрия и компьютерная графика»*

Постановка задачи исследования: изучение влияния электрического поля на процесс мембранной разделения водного раствора сульфанилата натрия, в частности на такие его параметры как коэффициент задерживания (k) и удельную производительность (G).

Исследования по изучению влияния электрического поля на селективные свойства мембран проводились на экспериментальной установке представленной на рисунке 1.



**Рис. 1. Схема экспериментальной установки.
Описание экспериментальной установки**

Из расходной емкости (1) через систему вентилях высокого давления рабочий раствор нагнетался в камеру разделения плунжерным насосом НД 100/63 (2), пройдя рабочую ячейку (3), дроссель (4) и поплавковые ротаметры (5), разделяемый раствор возвращался обратно в расходную емкость (1). Для сглаживания пульсаций давления и расхода рабочего раствора в системе установлен ресивер (6), который представляет собой цилиндрический сосуд ($V=3,5$ л), предварительно заполненный сжатым воздухом до давления, составляющего 30-40 % от рабочего, компрессором высокого давления (9). Давление в установке контролируется образцовым манометром (7). В качестве измерительного манометра в

установке использовался электроконтактный манометр (8), который выключает плунжерный насос с помощью электроконтактного реле при повышении давления выше установленного значения. Расход раствора задавался рабочим ходом плунжерного насоса (2). Температура раствора в системе определялась температурой воды в термостате и измерялась с помощью потенциометра (11) и термометром (12) и регулировалась автоматически. Регулирование напряжения и, как следствие, плотности тока в процессе электроосмофльтрации производилось блоком питания 13. Жидкость, прошедшая в процессе разделения через мембраны, собиралась в емкости (14). Регулировка давления в системе осуществлялась игольчатым вентилем (15). Трубопроводы, плунжер насоса, игольчатые вентили, соприкасающиеся с насосом были изготовлены из нержавеющей стали.

Методика проведения эксперимента

Перед началом эксперимента исследовали образцы мембран на дефекты. Затем образцы мембран вымачивали в дистиллированной воде для удаления раствора глицерина. Перед проведением эксперимента погружали образцы мембран в исследуемые растворы. После предварительной подготовки образцов мембран собирали разделительный модуль. Мембрану укладывали на подложку (ватман), для того чтобы мембрана не имела контакта с металлическими поверхностями. Мембрану размещали активным слоем к разделяемому раствору. Затем разделяемую ячейку крепили к установке показанной на рис. 2.2.1. Регулировкой хода плунжера устанавливали необходимый расход для обеспечения необходимой скорости в межмембранном канале. Для охлаждения плунжера насоса в рубашку плунжера подавали охлаждающую жидкость. Затем при закрытых вентилях (4) включали насос. По мере увеличения рабочего давления проводили холостой опыт в течении 30 мин. Затем выключали установку, сбрасывали давление в системе. Собранный раствор из емкости (14) сливали в исходную емкость (1) и оставляли установку на несколько часов. После выдержки оставшийся раствор в установке сливали в емкость (1). Запускали установку, выводили на рабочий режим и проводили контрольный опыт в течении 4 часов для обжатая мембран и приведения их в нормальное рабочее состояние. После этого проводили рабочий в течении 0.5-2 часов, в зависимости от производительности мембран и необходимого собранного пермеата. Время проведения фиксировали секундомером, измеряли объем собранного пермеата и его концентрацию. После рабочего эксперимента сбрасывали давление, установка отключалась. Экспериментальное значение селективности определяли по формуле:

$$K = 1 - \frac{C_{пер}}{C_{исх}} ;$$

K - коэффициент задерживания, $C_{пер}$ - концентрация растворенного вещества в пермеате, $C_{исх}$ - концентрация растворенного вещества исходном растворе.

Значение водопроницаемости рассчитывали по следующей зависимости:

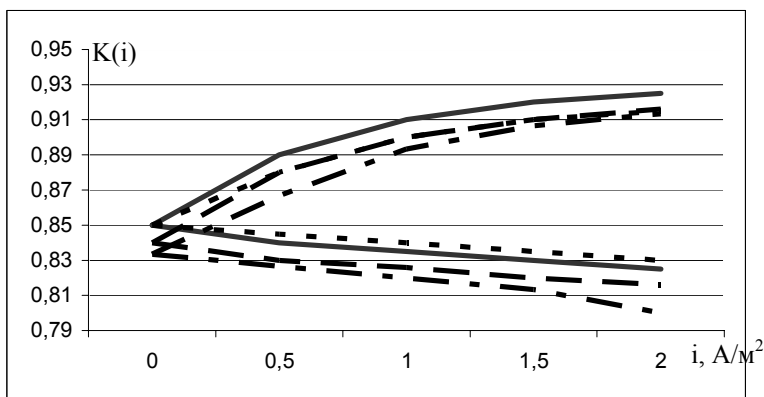
$$G = \frac{V}{F \cdot \tau} ;$$

V - объем собранного пермеата, F - площадь поверхности мембраны, τ - время проведения эксперимента.

Для исследования влияния электрического поля на кинетические характеристики такие как коэффициент задерживания и водопроницаемость использовали ячейку выполненную из диэлектрического материала – капрлона. Во время рабочего опыта все данные (концентрацию в растворенных веществ в исходном растворе, в прикатодном и прианодном пермеате, расход разделяемого раствора, давление, температуру, напряжение, силу тока, и время проведения опыта) заносили в рабочий журнал.

Результаты эксперимента

По результатам эксперимента были получены следующие графические зависимости:



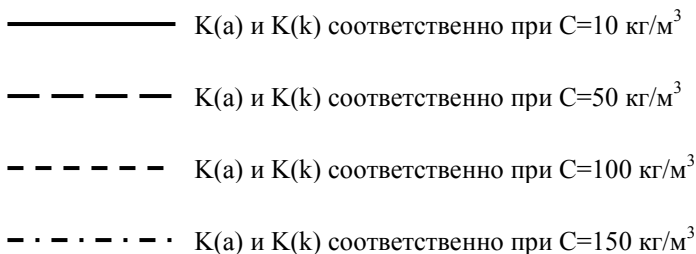


Рис. 2. Зависимость коэффициента распределения от силы тока при различных концентрациях

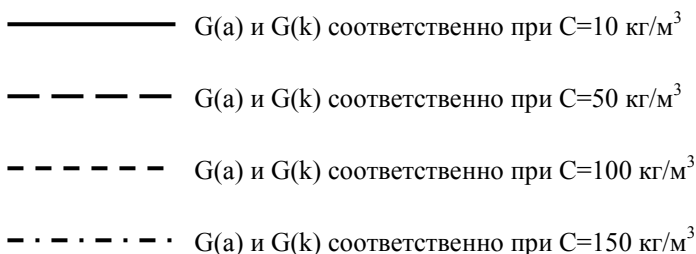
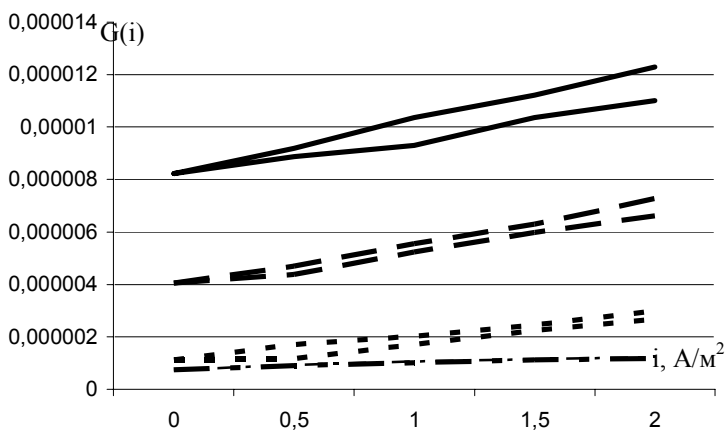


Рис. 3. Зависимость селективности от силы тока при различных концентрациях

В результате проведенных экспериментов выявлены следующие закономерности. На прианодной мембране с увеличением плотности тока наблюдается увеличение коэффициента задерживания для исследуемых

типах мембран. В тоже время наблюдается незначительное уменьшение коэффициента задерживания для прикатодной мембраны. Это связано с отрицательным зарядом основной группы ионнов сульфанилата натрия, что не противоречит общепринятым представлениям. При увеличении концентрации коэффициент задерживания на прианодной мембране МГА-90Т возрастает незначительно от плотности тока. Здесь необходимо отметить увеличении сорбции активного слоя мембраны, что в свою очередь ведет к закупорки пор. На прикатодной мембране с увеличением плотности тока наблюдается противоположная картина. В результате проведения эксперимента можно говорить об интенсификации массопереноса процесса баромембранного разделения раствора сульфанилата натрия при наложении электрического.

Список литературы

1. Дытнерский Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. – М.: Химия, 1986. (Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии) 272 с.

Денисов Е. В., Никитин А. А.

ОБРАБОТКА НЕФТЕПРОДУКТОВ В РОТОРНО-ИМПУЛЬСНЫХ АППАРАТАХ

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Промтова М. А.

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

Роторно-импульсные аппараты (РИА) используются для интенсификации гидромеханических и массообменных процессов. Одно из применений РИА – это использование для обработки вязких нефтепродуктов с целью изменения их физико-химических параметров.

Нами проведены экспериментальные исследования по обработке вакуумного газойля в РИА. Целью исследований было снижение вязкости смеси газойля со светлыми нефтепродуктами при удержании температуры вспышки в заданных границах, для дальнейшего использования ее в качестве топлива.

Проводились серии экспериментов по обработке смеси газойля с керосином и дизельным топливом. Исследования проводились на установке РИА – 200. Для проведения экспериментов разработана и смонтирована установка, схема которой показана на рис. 1.

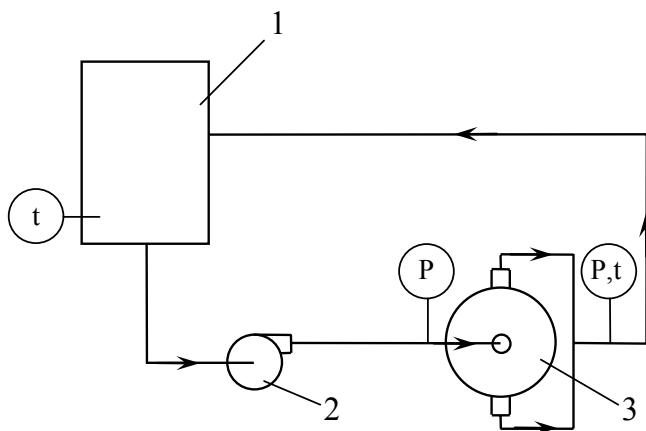


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Установка работает следующим образом. Газойль насосом 2 из емкости 1 нагнетается в полость ротора, проходит каналы ротора, зазор и каналы статора попадает в рабочую камеру, далее через выходные пат-

рубки возвращается обратно в емкость. При работе установки контролировались следующие параметры: температура на выходе из аппарата, давление на входном и выходном патрубках аппарата, расход продукта и потребляемая мощность. В дальнейшем измерялись температура вспышки, вязкость и плотность продукта.

Методика экспериментальных исследований заключалась в следующем. Предварительно подогретый газойль заливался в емкость установки. Для вытеснения воздуха и равномерного прогревания всех элементов установки включали насос и обеспечивали циркуляционное перемешивание газойля через РИА насос и емкость в течение 1 мин. Электродвигатель РИА не включали, для уменьшения гидравлического сопротивления аппарата каналы ротора и статора совмещали. При составлении многокомпонентной смеси при циклическом перемешивании в газойль добавляли дизельное топливо и/или керосин в заданном процентном соотношении.

Для многофакторной импульсной обработки газойля и его смеси со светлыми нефтепродуктами включали РИА, и проводили обработку в циклическом режиме, отбирая пробы через определенные интервалы времени. Отобранные пробы топлива термостатировали и определяли их физико-механические характеристики: кинематическую вязкость, плотность и температуру вспышки в закрытом тигле. Для этого использовали приборы ВПЖ-2, ГОСТ 10028-81, АНТ-1, ГОСТ 18481-81, ТВЗ-ПХП, ГОСТ 6356.

Для составления композиций газойля со светлыми нефтепродуктами производили импульсную многофакторную обработку газойля с добавлением дизельного топлива летнего и керосина осветительного в заданном соотношении. В таблице 1 приведены параметры топливных смесей при различных концентрациях газойля, дизельного топлива и керосина. На рис. 2 – рис. 4 показаны графические трехмерные зависимости кинематической вязкости топливной смеси от концентрации дизельного топлива и керосина.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что импульсная многофакторная обработка газойля способствует уменьшению вязкости на 1 – 2 сСт и температуры вспышки на 4 – 6 °.

Таблица 1

Параметры топливной смеси, обработанной в РИА-200

Содержание легких компонентов в газойле		Параметр		
		μ^{40} , сСт	$t_{всп.}$, °С	ρ^{40} , кг/м ³
Дизельное топливо	-20%	21	100	878
Дизельное топливо	-25%	16	92	880
Дизельное топливо	-30%	14	80	870
Дизельное топливо	-35%	13	83	872
Дизельное топливо	-40%	10	78	867
Дизельное топливо	-10%	13	55	872
Керосин	-15%			
Дизельное топливо	-5%	16	70	876
Керосин	-15%			
Дизельное топливо	-10%	16	75	879
Керосин	-10%			
Дизельное топливо	-15%	18	80	880
Керосин	-5%			
Дизельное топливо	-15%	13	65	875
Керосин	-10%			
Дизельное топливо	-20%	12	65	870
Керосин	-10%			
Керосин	-20%	14	69	873
Керосин	-15%	18	70	875
Керосин	-10%	23	80	879

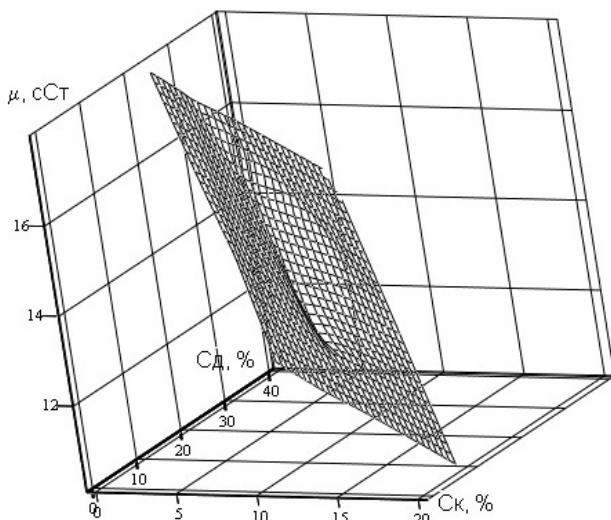


Рис. 2. Зависимости вязкости топливной смеси от содержания светлых топлив при обработке в РИА. C_d – концентрация дизельного топлива, %; C_k – концентрация керосина, %; μ – кинематическая вязкость, сСт

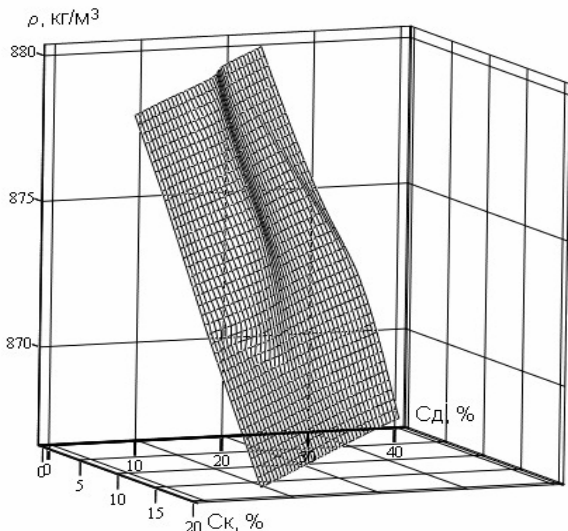


Рис. 3. Зависимости плотности топливной смеси от содержания светлых топлив при обработке в РИА. C_d – концентрация дизельного топлива, %; C_k – концентрация керосина, %; ρ – плотность, кг/м^3

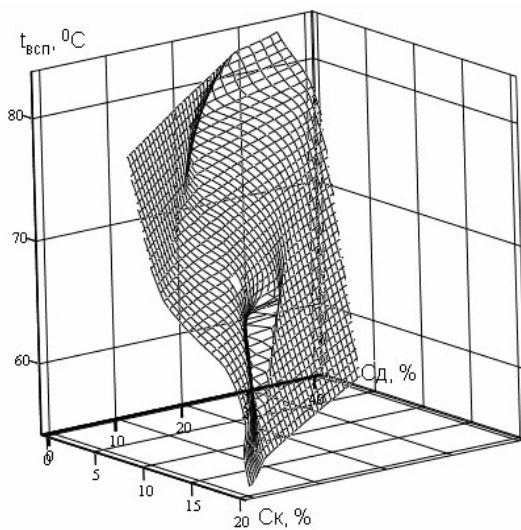


Рис. 4. Зависимости температуры вспышки топливной смеси от содержания светлых топлив при обработке в РИА. C_d – концентрация дизельного топлива, %; C_k – концентрация керосина, %; $t_{всп}$ – температура вспышки, °C

Магистерская программа 150400.37

Машины и оборудование промышленной экологии

Руководитель программы к.т.н., проф. Ткачев А. Г.

Иванов С. А., Иванова И. В., Завражин Д. О.

ТВЕРДОФАЗНАЯ ЭКСТРУЗИЯ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Баронина Г. С.

*ТГТУ, Кафедра «Теория машин, механизмов
и детали машин»*

В настоящее время проблема получения высокопрочных полимерных материалов и изделий находится под пристальным вниманием исследователей. Успешный путь решения этой проблемы связан с использованием методов пластического деформирования материалов в твердом состоянии, обеспечивающих высокую степень ориентации как аморфным, так и частично кристаллическим полимерам.

Существует ряд технологических процессов ориентационного пластического деформирования полимеров в твердом состоянии: холодная вытяжка, твердофазная экструзия (ТФЭ), прокатка.

Объектами исследования настоящей работы являются сополимер акрилонитрила, стирола и бутадиена (АБС-сополимер), и полиэтилен высокой плотности ПЭВП. В качестве модифицирующих добавок применяли: углеродные наноматериалы «Таунит» - наномасштабные нитевидные образования поликристаллического графита в виде сыпучего порошка. Производитель УНМ «Таунит» - ООО «НаноТехЦентр» (Тамбов).

Опыты по твердофазной плунжерной экструзии полимерных образцов при температуре ниже $T_{пл}$ проводили на экспериментальной установке типа капиллярного вискозиметра с загрузочной камерой диаметром 5мм и набором сменных фильер. Измерялось давление, необходимое для твердофазной экструзии исследуемых композитов на основе АБС и ПЭВП в зависимости от состава, температуры и геометрических параметров зоны выдавливания.

Зависимость необходимого давления ТФЭ от содержания УНМ для композиций ПЭВП+УНМ представлена на рис.1. Экспериментально установлено, что введение малых добавок модификатора УНМ в количестве 0,5 м.ч. снижает необходимое давление формования.

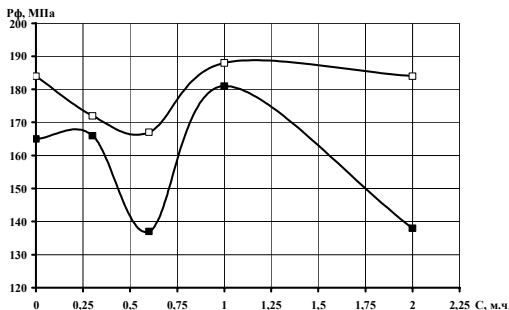


Рис. 1. Зависимость необходимого давления ТФЭ для ПЭВП- композиций от количества модификатора: $\lambda_{экс}=2.07$; $T_{экс}=22^{\circ}\text{C}$ (□) и $T_{экс}=86^{\circ}\text{C}$ (■)

При оценке физико-механических показателей в условиях напряженный среза полимерных композитов, прошедших ТФЭ по сравнению ЖФЭ - полимером, наблюдается резкое повышение прочностных характеристик материала в направлении, перпендикулярном ориентации. Наибольшее повышение прочности в условиях среза наблюдается после обработки ПЭВП при температуре вблизи $T_{пл}$, по сравнению с ТФЭ при комнатной температуре, и введении в полимерную матрицу модифицирующих добавок УНМ в количестве 0,5 м.ч. (рис. 2).

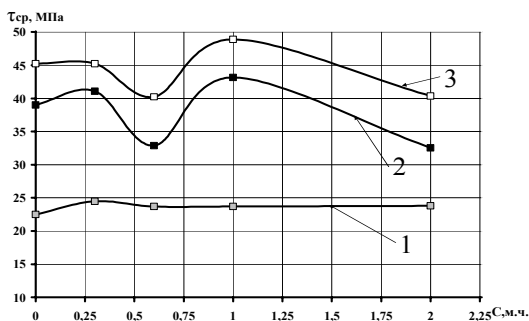


Рис. 2. Зависимость разрушающего напряжения в условиях среза $\tau_{ср}$ ПЭВП – композиций, полученных ЖФЭ (1) и ТФЭ при $\lambda_{экс}=2.07$, $T_{экс}=22^{\circ}\text{C}$ (2) и $T_{экс}=86^{\circ}\text{C}$ (3) от количества модификатора.

Проводились экспериментальные исследования ударной вязкости исходного ПЭВП и композиций ПЭВП+УНМ в зависимости от содержания углеродного модификатора. Максимальное значение ударной вязкости отмечено при содержании 0,6 м.ч.УНМ в ПЭВП.

Для определения внутренних ориентационных напряжений в экструдатах и величины теплостойкости $T_{\text{тп}}$, полученных ТФЭ полимерных композиций, использовали метод построения диаграмм изометрического нагрева. Исследования проводили на специально разработанной экспериментальной установке с АЦП и ПК.

Установлено, что введение малых добавок УНМ в ПЭВП приводит к формированию структуры с повышенной теплостойкостью и низким уровнем внутренних напряжений в материале.

Отмеченные закономерности должны учитываться при выборе технологических режимов ТФЭ и в других процессах обработки полимерных композитов давлением в твердой фазе.

Список литературы

1. Баронин Г.С. Переработка полимеров в твердой фазе. Физико- химические основы / Г.С. Баронин, М.Л. Кербер, Е.В. Минкин, Ю.М. Радько. – М:Машиностроение – 1,2002. – 320 с.
2. Радько Ю.М., Минкин Ю.В., Кербер М.Л., Акутин М.С. Установка для определения остаточных напряжений в ориентированных термопластах. Заводская лаборатория. 1980. №7.С.669 – 670.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках аналитической ведомственной программы «Развитие научного потенциала высшей школы», код РНП. 2. 2. 1. 1. 5355.

Буракова Е. А.

МЕТОД ОБРАБОТКИ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОПРОДУКТОВ

*Работа выполнена под руководством к.т.н. Михалева З. А.
и при поддержке РФФИ грант №06-08-96354*

*ТГТУ, Кафедра «Техники и технологий
машиностроительных производств»*

Перспективы использования углеродных нанопроductов (нанотрубок) в промышленности представляют огромный интерес. Это объясняется тем, что эти материалы обладают уникальными свойствами: химической стойкостью, высокой прочностью, жесткостью, ударной вязкостью, теплопроводностью и электропроводностью. Поэтому области применения данных материалов очень разнообразны: нанoeлектроника, применение в качестве армирующих добавок к полимерным материалам, в качестве материала для сорбции газов и др.

При получении углеродных нанопроductов каталитическим пиролизом углеводородов очень важную роль играет катализатор (в нашем случае это MgO/NiO), и каталитическая активность, отнесенная к единице его массы, зависит как от активности единицы поверхности катализатора, так и от его порозности. Следовательно, важную роль при этом играет дисперсность катализатора, которая влияет на селективность вещества в данных условиях. Измельчение катализатора приводит к увеличению доступной поверхности для газа за счет разрушения пор, и тем самым увеличивает границы нанозерен (структурных элементов катализатора), на которых происходит осаждение углерода.

С целью исследования влияния дисперсного состава катализатора на выход продукта были проведены эксперименты по обработке катализатора (MgO/NiO) в шаровой мельнице и в электромагнитном аппарате с вихревым слоем ферромагнитных частиц. В единице объёма аппарата концентрируется огромная энергия, непосредственно воздействующая на катализатор.

Под влиянием переменного электромагнитного поля происходят изменения в строении вещества и его активация.

Как известно, активация катализатора приводит к возрастанию скорости физико-химических и механо-физических реакций, что подтверждается экспериментами с магнето-управляемыми катализаторами на основе нанокристаллического оксида меди.

Начальный дисперсный состав катализатора определялся методом ситового анализа. Средний диаметр частиц составил 0,5мм. После обработки катализатора в электромагнитном поле аппарата вихревого слоя в течение 15 с дисперсность катализатора составила 0,177мм, соответственно, степень измельчения – 2,82. В результате обработки вещества (MgO/NiO) в шаровой мельнице в течение часа было установлено, что средний диаметр частиц катализатора составил 0,212мм, а степень измельчения 2,42мм.

Катализатор после диспергирования был рассеян по фракциям. Полученные фракции катализатора использовались для получения углеродных наноматериалов на лабораторном реакторе. Качество и размеры нановолокон определяли с помощью микроскопа ЭМВ-100А. Полученные результаты отражены в виде диаграмм (1, 2, 3, 4,)

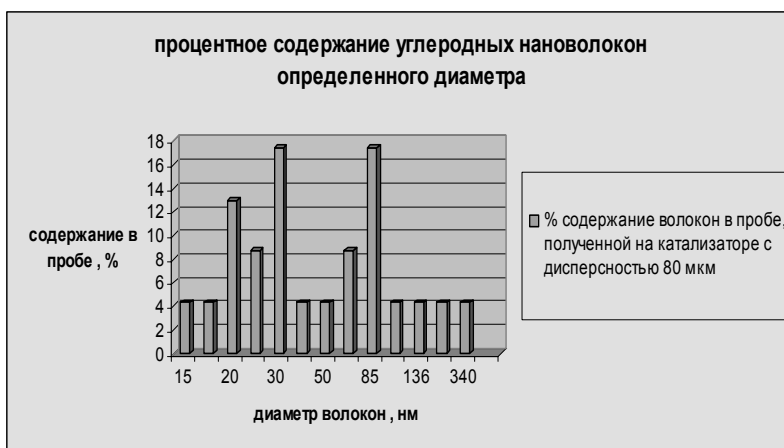


Диаграмма 1. Размер и процентное содержание УНМ, полученного на катализаторе дисперсностью 80 мкм

По диаграмме можно сделать вывод о том, что на катализаторе дисперсностью 80 мкм разброс размеров углеродных наноматериалов составляет 15-340 нм, причем большое содержание волокон диаметром 30 и 85 нм.



Диаграмма 2. Размер и процентное содержание УНМ, полученного на катализаторе дисперсностью 63 мкм

На катализаторе дисперсностью 63 мкм разброс размеров углеродных наноматериалов составляет 25-80 нм, причем большое содержание волокон диаметром 42 и 50 нм.



Диаграмма 3. Размер и процентное содержание УНМ, полученного на катализаторе дисперсностью 56 мкм

Диапазон размеров УНМ, полученных на катализаторе дисперсностью 56 мкм, составил 35-62 нм. Преобладают углеродные нановолокна диаметром 62 нм.



Диаграмма 4. Размер и процентное содержание УНМ, полученного на катализаторе дисперсностью 40 мкм

Катализатор дисперсностью 40 мкм дает диапазон УНМ 15-45 нм. Следовательно можно сделать вывод о том, что диаметр углеродных нанопродуктов непосредственно взаимосвязан с дисперсностью катализатора. Чем мельче используемая фракция катализатора, тем меньше диаметр нанотрубок, получаемый в результате пиролиза.

В процессе экспериментального исследования обработки вещества в шаровой мельнице было установлено, что частицы катализатора становятся склонны к агломерации, а это осложняет равномерное нанесение катализатора на распределительную основу в реакторе, что очень важно при получении нанопродуктов методом пиролиза углеводородов. Однако таких проблем не возникает при обработке катализатора магнитным полем. Помимо ускорения процесса пиролиза, катализатор, обработанный электромагнитным полем, повышает выход нанопродуктов.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Направление 150400

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Магистерская программа 150400.02

ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН 3

Данилова Е. А., Рублева О. О. Экспериментальная установка
Для исследования фрикционных свойств материалов 3

Воробьев Ю. В., Шуваев А. М. Получение необратимых процессов
смешения системы «дисперсная среда – дисперсная фаза» 7

Ильсов П. Ю. Схема переработки молока от мелкотоварного производителя 10

Кобзев Д. Е., Канищева Ю. В., Звездин С. Е. Установка для дилатометрических
исследований полимерных композитов 13

Крутов А. Ю., Караульных Д. В., Попов М. С., Корнеева Г. С. Использование
компьютерных технологий для оценки теплостойкости и внутренних
напряжений в полимерах, полученных твердофазной экструзией 16

Флаат А. А. Разработка технологического оборудования
Для получения заготовок керамических изделий вакуумным способом 19

Магистерская программа 150400.15

ПРИВОДЫ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МАШИНАМИ И ОБОРУДОВАНИЕМ 22

Гребенников В. Н. Оценка устойчивости станка при резании
на стадии проектирования 22

Магистерская программа 150400.20

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН 27

Блохин А. Н. Композиционные материалы и их армирование УНМ на примере
эпоксидных смол 27

Осипова Е. А., Бураков А. Е. Создание сигаретного фильтра, модифицированного
углеродными наноматериалами 33

Стародубцев А. А. Исследование работы дисковых насосов 37

Магистерская программа 150400.22

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН 42

Нечайкин П. М. Повышение биологической стойкости
пива пастеризацией с использованием сверхвысокочастотного нагрева 42

Филадельфийский О. М., Зюзина О. В., Страшнов Н. М. Совершенствование подготовки копильного дыма	46
Лапин Е. Д., Белоусов В. В., Желябовский С. В. Разработка математической модели процесса получения биогаза из жидких отходов бродительных производств	50
Нечайкина Е. В. Способы интенсификации солодоращения	55
Павленко П. М. Применение IDEF-методологии в контроле качества сбивных конфет	59
Магистерская программа 150400.26 СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ	62
Гуреев С. С., Полушкин Д. Л. Валковая установка для переработки отходов полимерных материалов непрерывным методом	62
Потапов Е. С., Соколов А. Р. Исследование возможности улучшения качества дорожного битума путем его модификации отходами полимерной тары и упаковки	66
Четвериков С. В. Смеситель для непрерывного клееприготовления	70
Кириллов К. С., Туляков Д. В. К вопросу определения режимов экструзии резиновых смесей	74
Магистерская программа 150400.32 СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	78
Максименкова Т. А., Гурова А. С. Исследование возможности использования листовых синтетических нетканых материалов для получения листовых осушителей	78
Потапова Н. О., Шредер В. Е. Исследование возможности получения поглотителя CO ₂ путем прививки аминоорганосиланов на поверхность силикагеля	81
Дегтярев А. А. Математическое моделирование процесса сушки, осложненного разложением целевого вещества	84
Казанский П. А. Исследование технологии процесса удаления сульфатов натрия и калия из многокомпонентных растворов ПОК методом изогидрической кристаллизации	88
Калашников А. Н., Щекочихин С. С. Исследование процесса концентрации белафора ОБ-жидкого методом кристаллизации	92
Коваленко А. А. Разработка технологического режима при циклично-импульсном отводе сушильного агента в сушилках СВЛ на примере сушки азопигментов	94
Коленченко А. А., Сергеев П. Н. Разработка технологических режимов отмычки паст тонкодисперстных материалов на фильтрующих перегородках	98

Поздникин А. А. Подходы к разработке металлуглеродных катализаторов для синтеза монометиланилина	101
Попов А. Е., Нефедов В. А. Исследование процесса гранулирования белофора в распылительной сушилке	104
<i>Магистерская программа 150400.35</i>	
МАШИНЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ	108
Воробьева Ю. В. О свойствах пылей получающихся при сушке красителей на инерте в аппаратах кипящего слоя	108
Редин Д. Ю., Горбачев А. С. Изучение влияния электрического поля на коэффициент распределения	112
Денисов Е. В., Никитин А. А. Обработка нефтепродуктов в роторно-импульсных аппаратах	117
<i>Магистерская программа 150400.37</i>	
МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ	122
Иванов С. А., Иванова И. В., Завражин Д. О. Твердофазная экструзия полимерных нанокompозитов	122
Буракова Е. А. Метод обработки катализаторов для получения углеродных нанопроductов	125

**СБОРНИК СТАТЕЙ
МАГИСТРАНТОВ**

Выпуск 9

Технический редактор Л. Николаева

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 7,67. Тираж 100 экз. Изд. № 1.

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